



**ANALISA SAMBUNGAN PORTAL BAJA ANTARA BALOK DAN
KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN LAS DAN BAUT**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

FABER PARLINDUNGAN S

NIM : 118110058



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2014**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

**ANALISA SAMBUNGAN PORTAL BAJA ANTARA BALOK DAN
KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN LAS DAN BAUT**

SKRIPSI

Oleh:

FABER PARLINDUNGAN S

NIM: 11.811.0058

Disetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II

(Ir. H. Edy Hermanto, MT)

(Ir. H. Subur Panjaitan, MT)

Mengetahui:

Dekan

Ka. Program Studi

(Ir. Hj. Haniza, MT)

(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

RINGKASAN

Pada bangunan gedung yang menggunakan struktur bangunan baja, sambungan merupakan hal yang penting diperhatikan. Karena bangunan baja tidak seperti beton yang konstruksinya adalah monolit sehingga pada konstruksi beton perhatian terhadap sambungan tidak begitu besar. Oleh karena itu Pada bangunan baja harus terdapat sambungan yang menyatukan kolom dan balok tersebut menjadi portal. Sambungan tersebut berguna untuk menyalurkan beban yang terdapat pada balok diteruskan pada kolom dan sambungan tersebut ditunjukkan untuk memindahkan semua momen dan memperkecil atau meniadakan rotasi batang pada sambungan (sambungan portal kaku).

Pada perhitungan mekanika teknik, metode yang digunakan adalah metode takabeya. Serta sistem pembebanan dilakukan dengan membagi 2 beban tersebut. Dari data pembebanan yang sudah diperoleh maka dilakukan analisa perhitungan dengan memakai peraturan AISC.

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa pemakaian sambungan baik itu kombinasi antara las dan baut, sambungan baut saja maupun sambungan las saja semuanya semuanya aman digunakan karena tegangan yang terjadi pada sambungan lebih kecil dari tegangan ijin. Namun dari segi efisiensi pelaksanaan dilapangan pemakaian sambungan baut merupakan sambungan yang paling efisien, karena pengerjaannya lebih praktis/mudah, juga memiliki kekuatan yang cukup tinggi. Begitu juga dengan kekuatan dari sambungan tersebut dipengaruhi oleh, jumlah baut, susunan baut, jarak antar baut, diameter baut, tebal pelat penyambung, besar gaya yang terjadi begitu juga dengan tebal las.

Kata kunci: sambungan, portal baja, las, baut

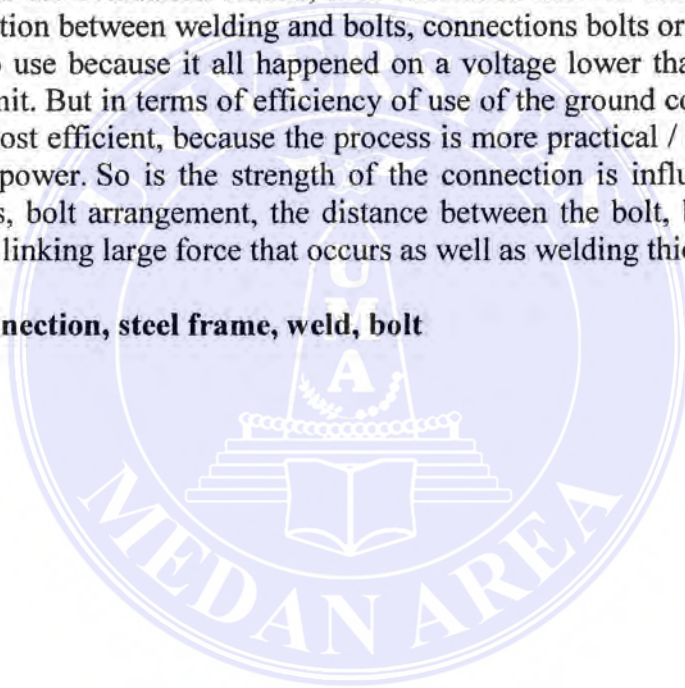
ABSTRACT

In buildings that use steel structures, connections are important things. Because unlike steel building construction is concrete so that the construction of the concrete monolith attention to the connection is not so great. Therefore, there must be the steel building connections that unite the columns and beams into the portal. The connection is useful to distribute the load contained in the transmitted beam and column connection is shown to move all the moments and minimize or eliminate the rotation rod on the connection (connection rigid portal).

In mechanics calculation technique, the method used is the method of takabeya. And system loading is done by dividing the load 2. From the data that has been obtained loading analysis is carried out calculations using the AISC rules.

Based on the evaluation results, it is concluded that the combined use of both the connection between welding and bolts, connections bolts or welded joints are only safe to use because it all happened on a voltage lower than the voltage connection permit. But in terms of efficiency of use of the ground connection bolt connection is most efficient, because the process is more practical / easy, also has a high enough power. So is the strength of the connection is influenced by the number of bolts, bolt arrangement, the distance between the bolt, bolt diameter, thick plate with linking large force that occurs as well as welding thick.

Keywords: connection, steel frame, weld, bolt



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya yang memberikan kesempatan kepada pihak penulis, sehingga mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Skripsi ini Berjudul “Analisa Sambungan Portal Baja Antara Balok dan Kolom Dengan Menggunakan Sambungan Las dan Baut” sebagai salah satu syarat ujian sidang sarjana.

Dalam proses penulisan Skripsi ini, penulis banyak menemukan kesulitan, namun berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak yang berkaitan dengan penulisan Skripsi ini, sehingga dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Ir. Hj. Haniza, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
2. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT, Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area;
3. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT, Dosen Pembimbing I;
4. Bapak Ir. H. Subur Panjaitan, MT, Dosen Pembimbing II;
5. Kedua Orangtua yang tercinta dan seluruh keluarga yang telah banyak membantu;
6. Seluruh Dosen dan Pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area;
7. Seluruh Rekan-rekan mahasiswa teknik sipil Universitas Medan Area.

Meskipun penulis telah berusaha semaksimal mungkin, namun penulis juga menyadari kemungkinan masih terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dimasa yang mendatang.

Medan, September 2014

Hormat Saya Penulis



FABER P. S.

11.811.0058



DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Permasalahan	2
1.3.Maksud dan Tujuan	2
1.4.Pembatasan Masalah.....	2
1.5.Metode Penulisan	3
1.6.Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Baja	4
2.2 Konstruksi Baja	8
1. Struktur Rangka	8
2. Struktur Selaput	9
3. Struktur Gantung	9
2.3 Sambungan	11
2.3.1 Tipe-Tipe Sambungan	12
2.3.2 Jenis-jenis Alat Penyambung	13
2.3.2.a Baut	13
2.3.2.b Sambungan Las	18
1. Kemampuan di Las dari Baja Struktural	19
2. Jenis-jenis Sambungan Las	20
3. Faktor yang Mempengaruhi Mutu Sambungan Las	27
2.3.3 Sambungan Balok dengan Kolom	28
1. Sambungan Momen	28
a. T Connection	29
b. End Plate Connection	31
2. Framed connection dan Seat connection	32
a. Frame Connection (flexible connection)	32
b. Seat Connection	33

BAB III METODE ANALISIS KEKAKUAN SAMBUNGAN ANTARA BALOK DAN KOLOM

3.1 Pembebanan	36
3.2 Kombinasi pembebanan	39
3.3 Metode Pembagian beban.....	40
3.4 Metode Takabeya.....	40
3.5 Sambungan	50
1. Sambungan Momen	51
2. Sambungan baut mengalami gaya aksial akibat momen..	55
3. Sambungan las.....	57

BAB IV APLIKASI

4.1 Pembebanan	63
4.2 Perhitungan Gaya-gaya dalam Dengan Cara Metode Takabeya.....	71
4.3 Rencana Sambungan.....	83

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN	97
5.2 SARAN	97

DAFTAR PUSTAKA	98
----------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur Rangka.....	9
Gambar 2.2.	Struktur Selaput.....	9
Gambar 2.3.	Struktur Gantung.....	10
Gambar 2.4.	Baut Mutu Tinggi.....	13
Gambar 2.5.	Baut Bersirip.....	17
Gambar 2.6.	Jenis Sambungan Las.....	20
Gambar 2.7.	Las Sudut.....	21
Gambar 2.8.	Ukuran Las a.....	22
Gambar 2.9.	Ukuran las a dan s tebal pelat.....	22
Gambar 2.10.	Ukuran las a dan s tebal pelat.....	23
Gambar 2.12.	Bidang Retak Las	23
Gambar 2.13.	Bidang Retak Las.....	24
Gambar 2.14.	Jenis-jenis Sambungan Las	26
Gambar 2.15.	Detail Sambungan T.....	29
Gambar 2.16.	Gaya Tarik Profil T.....	29
Gambar 2.17.	Penampang Kritis Profil T	30
Gambar 2.18.	End Plat Connection	31
Gambar 2.19.	Hubungan Balok-Kolom pada End Plate Connection.....	32
Gambar 2.20.	Detail Frame Connection (balok-kolom).....	32
Gambar 2.21.	Detail Unstiffened Seat Connection.....	33
Gambar 2.22.	Detail Stiffened Seat Connection.....	34
Gambar 2.23.	Sambungan balok-balok rata atas	35
Gambar 2.24.	Sambungan balok-balok rata bawah	35
Gambar 2.25.	Sambungan balok-balok di tengah-tengah.....	35
Gambar 3.1.	Perputaran dan Pergeseran Sudut.....	40
Gambar 3.2.	Perputaran dan Pergeseran Sudut.....	41
Gambar 3.3.	Portal.....	44
Gambar 3.4.	End Plate connection.....	51
Gambar 3.5.	Hubungan Kolom-balok pada end plate connection	52
Gambar 3.6.	Detail frame connection.....	53
Gambar 3.7.	Detail unstiffened seat connection.....	53

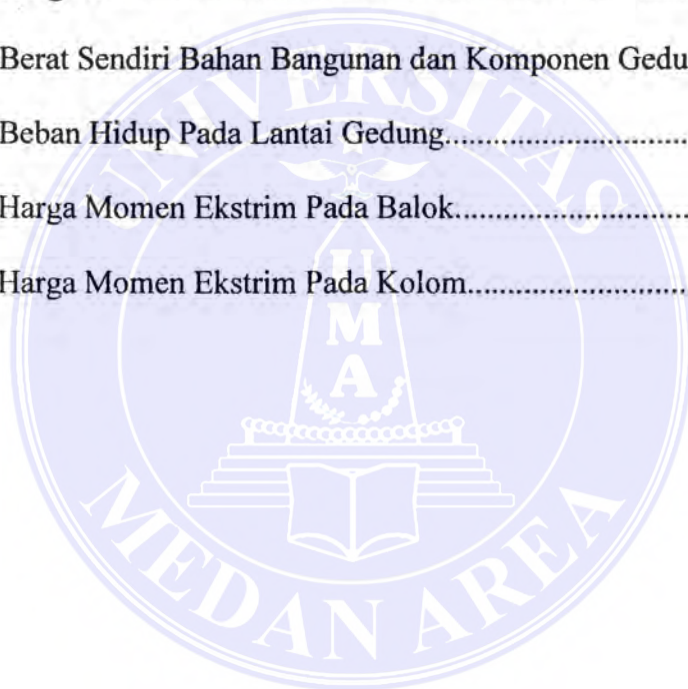
Gambar 3.8.	Detail unstiffened seat connection.....	54
Gambar 3.9.	Sambungan Memakai Profil L.....	55
Gambar 3.10.	Luasan pengganti.....	56
Gambar 3.11.	Las sudut.....	58
Gambar 3.12.	Ukuran Las a.....	58
Gambar 3.13.	Ukuran Las a dan s.....	59
Gambar 3.14.	Ukuran Las a dan s tebal pelat.....	59
Gambar 3.15.	Ukuran Las a dan s tebal pelat.....	59
Gambar 3.16.	Bidang retak las.....	60
Gambar 3.17.	Bidang retak las.....	60
Gambar 4.1.	Pembebanan pelat.....	63
Gambar 4.2.	Potongan melintang portal.....	65
Gambar 4.3.	Potongan melintang portal.....	71
Gambar 4.4.	Gambar momen primer.....	80
Gambar 4.5.	IWF 400x200x8x13.....	83
Gambar 4.6.	HB 300x300x10x15.....	84
Gambar 4.7.	Gambar penentuan jarak antar baut.....	85
Gambar 4.8.	Rencana sambungan.....	85
Gambar 4.9.	Gambar sambungan baut.....	87
Gambar 4.10.	Rencana sambungan las.....	88
Gambar 4.11.	Rencana sambungan las.....	90
Gambar 4.12.	Rencana sambungan baut.....	92

Gambar 4.13.	Gambar nomogram.....	94
Gambar 4.14.	Gambar sambungan memakai profil L.....	96



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tegangan-tegangan Baja Menurut ASTM	7
Tabel 2.2.	Tegangan-tegangan Baja.....	8
Tabel 2.3.	Sifat-sifat Baja.....	14
Tabel 2.4.	Harga Faktor Geser Permukaan.....	13
Tabel 2.5.	Analisa Baja Karbon yang Lebih Baik Disukai untuk Kemampuan Dilas yang Baik.....	19
Tabel 2.6.	Harga c.....	25
Tabel 3.1.	Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.....	37
Tabel 3.2.	Beban Hidup Pada Lantai Gedung.....	37
Tabel 4.1.	Harga Momen Ekstrim Pada Balok.....	82
Tabel 3.2.	Harga Momen Ekstrim Pada Kolom.....	82



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada dunia konstruksi saat ini, pemakaian baja merupakan bahan yang menjadi pilihan. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya bangunan saat ini yang menggunakan konstruksi baja seperti bangunan pabrik, gudang bahkan gedung-gedung bertingkat banyak. Banyaknya pemakaian konstruksi baja saat ini dikarenakan oleh, 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. Baja merupakan hasil produksi pabrik dengan standar mutu yang baku, sehingga mutu baja dapat dipertanggung jawabkan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, biaya lebih ekonomis. Pengerjaannya cepat (waktu pengerjaan lebih sedikit).

Setiap struktur merupakan rangkaian bagian-bagian tunggal yang harus disambungkan satu sama lain. Sambungan ini dibuat karena tidak mungkin dilakukan pabrikasi untuk sebuah portal frame sebab pengerjaannya sulit (keterbatasan bahan), untuk memudahkan pengangkutan, bahkan untuk mempermudah erectionnya dilapangan. Oleh karena itu, maka konstruksi tersebut dipecah-pecah, baik itu kolom, balok, span dan lain-lain. Untuk menyatukan bagian-bagian tersebut maka dilakukan sambungan. Biasanya pada pada ujung batang sambungan dilakukan dengan berbagai macam cara yaitu dengan sambungan paku keling, baut dan las.

Pada beberapa bangunan, penulis sering memperhatikan sambungan yang digunakan pada portal antara balok dan kolom maupun kolom dengan span, sambungan yang digunakan yaitu kombinasi antara sambungan baut dan las. Oleh karena keingintahuan maka penulis ingin membandingkan antara kombinasi sambungan tersebut dengan sambungan dengan menggunakan baut saja, maupun dengan menggunakan las saja. Bagaimana tingkat kekuatan (kekakuan)

sambungan, apa kelebihan dan kekurangannya, serta bagaimana tingkat efisiensi penggunaan sambungan tersebut.

1.2. Permasalahan

Sambungan yang terjadi pada balok dan kolom ditunjukkan untuk memindahkan semua momen dan memperkecil atau meniadakan rotasi batang pada sambungan (sambungan portal kaku). Pada sambungan antara balok dan kolom tingkat kekakuan yang terjadi pada balok dan kolom mempunyai peranan penting dalam analisa struktur, untuk menghitung gaya-gaya dalam dan deformasi, terutama untuk statis tidak tentu. Bagaimana perbedaan kekuatan jika sambungan menggunakan sambungan baut saja ataupun menggunakan sambungan las saja dan kelebihan dan kekurangannya begitu juga tingkat efisiensinya. Apakah dengan pemakaian lebih dari satu alat penyambung pada suatu sambungan akan memperkuat konstruksi atau bahkan sebaliknya.

1.3. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui berapa besar beban kerja yang terdapat pada sambungan balok dan kolom (kekuatan sambungan) dan apakah sambungan tersebut dalam kondisi aman atau tidak.

Tujuan dari pembahasan ini untuk mengetahui kekuatan sambungan yaitu sambungan baut dan sambungan las pada sambungan balok dan kolom pada struktur baja. Menganalisis kekuatan sambungan balok dan kolom pada portal baja dengan cara membandingkan momen yang terjadi pada sambungan dengan momen kapasitas yang dapat dipikul oleh balok dalam batas elastisnya sehingga tidak menimbulkan resiko pada konstruksi yang direncanakan. Dan untuk mengetahui perencanaan yang benar dan standard serta efektifitas pemakaian sambungan tersebut.

1.4. Pembatasan Masalah

Pada Tugas Akhir ini dibatasi pada beberapa masalah saja yaitu:

1. Konstruksi yang dianalisis yaitu portal dengan elemen 2 dimensional dalam bentuk portal bidang (portal frame).

2. Pembahasan hanya meliputi hubungan antara balok dan kolom.
3. Sambungan yang dianalisis yaitu sambungan balok dan kolom.

1.5. Metode Penulisan

Pada penulisan proposal tugas akhir ini metode yang akan digunakan nantinya yaitu study literature yang bersumber dari buku-buku yang berhubungan dengan analisa yang akan dibahas, dengan membandingkan dengan yang ada dilapangan (gambar project). Analisa perhitungan/kontrol sambungan akan dihitung dengan perencanaan AISC serta PPBBI.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Pada masa awal penggunaannya sekitar tahun 4000 SM, besi (komponen utama penyusun baja) digunakan untuk membuat peralatan-peralatan sederhana. Material ini dibuat dalam bentuk besi tempa, yang diperoleh dengan memanaskan bijih-bijih besi dengan menggunakan arang. Sekitar akhir abad ke-18 dan permulaan abad ke-19, besi tuang dan besi tempah sudah mulai banyak digunakan untuk pembuatan struktur jembatan. Jembatan lengkung Coalbrukedale yang melintas diatas sungai severn (inggris) adalah jembatan pertama yang terbuat dari besi tuang. Jembatan dengan panjang bentang sekitar 30m ini dibangun oleh Abraham Darby III.

Pada abad ke 19 muncul material baru yang dinamakan dengan baja, yang merupakan logam paduan antara besi dan karbon. Material baja mengandung kadar karbon yang lebih sedikit daripada besi tuang, dan mulai digunakan dalam konstruksi-konstruksi berat. Pembuatan baja dalam volume besar dilakukan pertama kali oleh sir Henry Bassemer dari inggris. Beliau mempelajari bahwa dengan menghembuskan aliran udara diatas besi cair panas akan membakar kotoran-kotoran yang ada dalam besi tersebut, namun secara bersamaan proses tersebut juga menghilangkan komponen-komponen penting seperti karbon dan mangan. Selanjutnya komponen-komponen penting ini akan digantikan dengan logam paduan antara besi, karbon dan mangan, disamping itu juga mulai ditambah batu kapur yang dapat mengikat senyawa posfor dan sulfur. Dengan ditemukannya proses Bassemer, maka di tahun 1870 baja karbon mulai dapat diproduksi dalam skala besar dan secara perlahan material baja mulai menggantikan besi tuang sebagai elemen konstruksi.

Baja merupakan salah satu bahan bangunan yang unsur utamanya terdiri dari besi. Baja ditemukan ketika dilakukan penempaan dan pemanasan yang menyebabkan tercampurnya besi dengan bahan karbon pada proses pembakaran, sehingga membentuk baja yang mempunyai kekuatan yang lebih besar dari pada besi.

Bila dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya, baja lebih banyak memiliki keunggulan-keunggulan yang tidak terdapat pada bahan-bahan konstruksi lain. Disamping kekuatannya yang besar untuk menahan kekuatan tarik dan kekuatan tekan tanpa membutuhkan banyak volume, baja juga mempunyai sifat-sifat lain yang menguntungkan sehingga menjadikannya sebagai salah satu material yang umum dipakai.

Sifat-sifat baja antara lain :

a. Kekuatan tinggi

Kekuatan baja bisa dinyatakan dengan kekuatan tegangan leleh f_y atau kekuatan tarik f_u . Mengingat baja mempunyai kekuatan volume lebih tinggi dibanding dengan bahan lain, hal ini memungkinkan perencanaan sebuah konstruksi baja bisa mempunyai beban mati yang lebih kecil untuk bentang yang lebih panjang, sehingga struktur lebih ringan dan efektif.

b. Kemudahan pemasangan

Komponen-komponen baja biasanya mempunyai bentuk standar serta mudah diperoleh dimana saja, sehingga satu-satunya kegiatan yang dilakukan dilapangan adalah pemasangan bagian-bagian yang telah disiapkan.

c. Keseragaman

Baja dibuat dalam kondisi yang sudah diatur (fabrikasi) sehingga mutunya seragam.

d. Daktilitas (keliatan)

Daktilitas adalah sifat dari baja yang dapat mengalami deformasi yang besar dibawah pengaruh tegangan tarik tanpa hancur atau putus. Daktilitas mampu mencegah robohnya bangunan secara tiba-tiba.

e. Modulus elastisitas besar

Dengan modulus yang besar, struktur akan cukup kaku sehingga dapat memberikan kenyamanan bagi pemakai. Jika dibandingkan dengan bahan yang lain, untuk regangan yang sama baja akan mengalami tegangan yang lebih besar sehingga kekuatannya lebih optimal.

Secara umum baja mempunyai kekurangan/kelemahan seperti:

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 dipersyaratkan dalam Pasal 14 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 seringkali 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).

Banyak jenis baja ini dan ASTM mengelompokkannya dalam beberapa notasi. Selain mengandung karbon dan mangan, baja ini mendapatkan kekuatan tinggi dengan adanya bahan tambahan seperti columbium, vanadium, kromium, silikon, tembaga, dan nikel. Dalam kelompok baja ini adalah baja dengan tegangan leleh 40 ksi (276 MPa) dan 70 ksi (483 MPa). Baja ini mempunyai daya

tahan korosi yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon. Istilah *low-alloy* digunakan untuk menyatakan bahwa baja mempunyai persentase total bahan tambahan kurang dari 5% dari total komposisi baja.

Tabel 2.1 Tegangan-tegangan Baja menurut ASTM

ASTM	Jenis Baja	Bentuk	Rekomendasi Penggunaan	Tegangan Leleh Minimum F_y , ksi ^a (MPa)	Kuat Tarik Minimum F_u , ksi ^b (MPa)
A36	Karbon	Profil, bar, dan pelat	Gedung dengan sambungan baut atau las dan jembatan dan jenis struktur lain.	36 (248), tetapi 32 (221) jika tebal > 8 in.	58(400) – 80 (552)
A529	Karbon	Profil dan pelat s.d. ½ in.	Sama dengan A36	42 (290) – 50 (345)	60 (414) – 100 (689)
A572	High-strength low-alloy Columbium-	Profil, pelat, bar s.d. 6 in.	Konstruksi dengan sambungan baut dan las. Tidak untuk jembatan sambungan las dengan	42 (290) – 65 (448)	60 (414) – 80 (552)
	Vanadium		F_y lebih besar atau sama dengan 55 ksi.		
A242	Atmospheric corrosion-resistant high-strength low-alloy	Profil, pelat, bar s.d. 5 in.	Konstruksi sambungan baut atau las; teknik pengelasan sangat penting.	42 (240) – 50 (345)	63 (434) – 70 (483)
A588	Atmospheric corrosion-resistant high-strength low-alloy	Pelat dan bar s.d. 4 in.	Konstruksi sambungan baut.	42 (240) – 50 (345)	63 (434) – 70 (483)
A852	Quenched and tempered alloy	Hanya pelat s.d. 4 in.	Konstruksi sambungan baut atau las, khususnya jembatan dan gedung sambungan las. Teknik pengelasan sangat penting.	70 (483)	90 (621) – 100 (689)
A514	Quenched and tempered alloy	Hanya pelat 2½ s.d. 6 in.	Struktur sambungan las dengan perhatian khusus pada teknik pengelasan. Tidak disarankan jika daktilitas diutamakan.	90 (621) – 100 (689)	100 (689) –

Sumber: Perancangan Struktur Baja Metode LRFD – Elemen Aksial, POLBAN

Tabel 2.2 Tegangan-tegangan Baja

Jenis Baja	Tegangan leleh (kg/cm^2)	Tegangan Dasar (kg/cm^2)
BJ 34	2100	1400
BJ 37	2400	1600
BJ 41	2500	1666
BJ 44	2800	1867
BJ 50	2900	1933
BJ 52	3600	2400

Sumber: Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia

2.2 Konstruksi Baja

Dalam dunia konstruksi baja, struktur baja dibagi atas tiga kategori umum yaitu:

- Struktur rangka (frame struktur), dimana elemennya bisa terdiri dari batang tarik; kolom, balok, dan batang yang mengalami gabungan lenturan dan beban aksial.
- Struktur selaput (shell), yang tegangan aksialnya dominan.
- Struktur gantung (suspension), yang sistem pendukung utamanya mengalami tarikan aksial yang dominan.

1. Struktur Rangka

Kebanyakan konstruksi gedung yang umum berada dalam kategori ini. Gedung bertingkat banyak biasanya terdiri dari balok dan kolom yang disambung secara kaku atau dengan sambungan ujung sederhana bersama sokongan (bracing) diagonal untuk stabilitas. Walaupun gedung bertingkat banyak berwujud tiga dimensi, tetapi bila direncanakan dengan sambungan kaku biasanya memiliki kekuatan yang jauh lebih besar dalam satu arah dibanding arah lainnya sehingga cukup beralasan untuk diperlakukan sebagai himpunan portal bidang. Namun, jika kerangkanya sedemikian rupa hingga kelakuan batang dalam satu bidang berpengaruh terhadap kelakuan dalam bidang yang lain, maka gedung tersebut harus diperlakukan sebagai portal ruang. Bangunan industri dan bangunan satu tingkat seperti gereja, sekolah, dan arena umumnya bisa berupa struktur rangka secara keseluruhan atau sebagian.



Gambar 2.1 struktur rangka

2. Struktur Selaput

Pada struktur ini, selaput memiliki fungsi pemakaian disamping ikut mendukung beban. Salah satu jenis yang tegangan utamanya bersifat tarik adalah tempat penyimpanan cairan (baik yang bersuhu tinggi maupun rendah), misalnya tangki diatas tanah. Silo, tangki dan badan kapal merupakan contoh lainnya. Banyak struktur selaput merupakan gabungan dari struktur rangka dan selaput.



Gambar 2.2 Struktur Selaput

3. Struktur Gantung

Pada struktur gantung, kabel tarik merupakan merupakan elemen pendukung paling utama. Atap bisa bertumpu pada kabel, struktur yang paling umum adalah jembatan gantung. Biasanya subsistem dari struktur tersebut terdiri dari struktur rangka seperti rangka batang pengaku untuk jembatan gantung. Karena elemen tarik adalah elemen paling efisien untuk memikul beban, struktur yang memanfaatkan konsep ini sekarang banyak digunakan.



Gambar 2.3 Struktur Gantung

Konstruksi baja merupakan konstruksi bangunan yang terbuat dari rangka baja, yang dibuat dengan susunan dari beberapa sambungan baja yang membentuk suatu portal frame 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.

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

- a. Proses pemasangan di lapangan berlangsung dengan cepat.
- b. Dapat di las.
- c. Komponen-komponen strukturnya bisa digunakan lagi untuk keperluan lainnya.
- d. Komponen-komponen yang sudah tidak dapat digunakan lagi masih mempunyai nilai sebagai besi tua.
- e. Struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang tidak terlalu sukar.

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

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

Suatu konstruksi bangunan baja adalah tersusun atas batang-batang baja yang digabung membentuk satu kesatuan bentuk konstruksi dengan menggunakan berbagai macam teknik sambungan. Adapun fungsi / tujuan sambungan baja antara lain :

1. Untuk menggabungkan beberapa batang baja membentuk kesatuan konstruksi sesuai kebutuhan.
2. Untuk mendapatkan ukuran baja sesuai kebutuhan (panjang, lebar, tebal, dan sebagainya).
3. Untuk memudahkan dalam penyetakan konstruksi baja di lapangan.
4. Untuk memudahkan penggantian bila suatu bagian / batang konstruksi mengalami rusak.
5. Untuk memberikan kemungkinan adanya bagian / batang konstruksi yang dapat bergerak missal peristiwa muai-susut baja akibat perubahan suhu.

Untuk menjadikan suatu konstruksi baja tersebut, maka diperlukan sambungan pada konstruksi tersebut baik di kolom maupun di span.

2.3 Sambungan

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

2.3.1 Tipe-Tipe Sambungan

Menurut AISC-1.2 tentang perencanaan tegangan kerja (working stress) dan AISC-2.1 tentang perencanaan plastis, konstruksi baja dibedakan atas tiga kategori sesuai dengan jenis sambungan yang dipakai. Ketiga jenis ini adalah sebagai berikut:

a. Sambungan portal kaku.

Sambungan jenis ini adalah sambungan yang memiliki kontinuitas penuh sehingga sudut pertemuan antara batang-batang tidak berubah, yakni pengekangan (restraint) rotasi sekitar 90% atau lebih dari yang diperlukan untuk mencegah perubahan sudut. Sambungan ini dipakai baik pada perencanaan tegangan kerja maupun perencanaan plastis.

b. Sambungan kerangka sederhana (simple framing)

Sambungan jenis ini yaitu dimana pengekangan rotasi di ujung-ujung batang dibuat sekecil mungkin. Untuk balok, sambungan kerangka sederhana hanya melibatkan pemindahan gaya geser di kedua ujung balok. Suatu kerangka dapat dianggap sederhana jika sudut semula antara batang-batang yang berpotongan dapat berubah sampai 80% dari besarnya perubahan teoritis yang diperoleh dengan menggunakan sendi tanpa gesekan (frictionless). Perencanaan balok bertumpuan sederhana dengan metode tegangan kerja memakai sambungan kerangka sederhana. Kerangka sederhana tidak digunakan dalam perencanaan plastis, kecuali pada sambungan batang-batang tegak lurus bidang portal yang harus mencapai kekuatan plastis. Dua atau lebih struktur bidang yang direncanakan secara plastis dapat dihubungkan dengan system kerangka sederhana yang digabungkan bersama penopang silang (cross bracing).

c. Sambungan kerangka semi kaku

Jenis sambungan ini yaitu sambungan yang pengekangan rotasinya berkisar antara 20 dan 90% dari yang diperlukan untuk mencegah perubahan sudut. Alternatifnya, kita dapat menganggap momen yang disalurkan pada sambungan kerangka semi kaku tidak sama dengan nol (kecil sekali) seperti

pada kerangka sambungan sederhana, dan juga tidak memberikan kontinuitas momen penuh seperti anggapan yang dipakai pada elastic portal kaku. AISC-1.2 menyatakan bahwa perencanaan konstruksi berdasarkan sambungan jenis 3 dapat diterapkan bila “sambungan balok dan gelagar memiliki derajat pengekatan momen yang dapat diandalkan dan jelas berada diantara ketegaran (rigidity) jenis 1 dan fleksibilitas jenis 2.

2.3.2 Jenis-Jenis Alat Penyambung

Setiap struktur adalah gabungan dari bagian-bagian tersendiri atau batang-batang harus disambung bersama dengan menggunakan beberapa cara. Jenis alat penyambung yang sering dipakai yaitu sambungan dengan menggunakan baut, paku keling dan las. Dalam skripsi ini yang akan dibahas yaitu sambungan jenis Baut dan sambungan las.

A. Baut

1. Baut Kekuatan tinggi

Ada dua jenis utama baut kekuatan (Mutu) tinggi ditunjukkan oleh ASTM sebagai A325 dan A490 baut ini memiliki kepala segi enam yang tebal dan digunakan dengan mur segi enam yang setengah halus (semifinished) dan tebal seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1, bagian berulirnya lebih pendek dari pada baut tidak structural. Dan dapat dipotong atau digiling (roller). Baut A325 terbuat dari baja karbon sedang yang diberikan perlakuan panas dengan kekuatan leleh sekitar 81 sampai 92 ksi 558 sampai 634 MPa) yang tergantung pada diameter. Baut A490 juga diberi perlakuan panas tetapi terbuat dari baja paduan (alloy) dengan kekuatan leleh sekitar 115 sampai 130 ksi (793 sampai 896 MPa) yang tergantung pada diameter. Baut A449 kadang-kadang digunakan bila diameter yang diperlukan berkisar dari 1½ sampai 3 inchi dan juga dibuat untuk angkur serta batang bulat berulir.



UNIVERSITAS MEDAN AREA Gambar 2.4 baut mutu tinggi

Diameter baut kekuatan tinggi berkisar antara ½ dan 1 ½ inci (3 inci untuk A449). Diameter yang paling sering digunakan untuk konstruksi gedung adalah ¾ inci dan 7/8 inci dan 1 inci.

Tabel 2.3 sifat-sifat baja

Identifikasi ANSI/ASTM	Diameter inci (mm)	Beban leleh, ^a		Kekuatan Tarik
		Metode	Metode	
		Pengukuran ^b panjang	Pengukuran ^b panjang	Ksi (Mpa)
		Ksi (Mpa)	Ksi (Mpa)	
A307 ^d , baja karbon Rendah Mutu A dan B	1/4 s/d 4 (6,35 - 10,4)	-	-	60
A325 ^e , baja berkekuatan tinggi				
Tipe 1,2 dan 3	1/2 s/d 1 (12,7 - 25,40)	85 (585)	92 (635)	120 (825)
Tipe 1,2 dan 3	1 1/8 s/d 1 1/2 (28,6 - 38,1)	74 (510)	81 (560)	105 (725)
A449 ^f , baja berkekuatan tinggi (catatan pemakaiannya dibatasi oleh AISC hanya untuk baut yang lebih besar dari 1 1/2 inci serta untuk batang beruli dan baut angkur	1/4 sd 1 (6,35 - 25,4)	85 (585)	92 (635)	120 (825)
	1 1/8 s/d 1 1/2 (28,6 - 38,1)	74 (510)	81 (560)	105 (725)
	1 3/4 s/d 3 (6,35 - 76,2)	55 (380)	58 (400)	90 (620)
A490 ^g baja paduan yang diberi perlakuan panas	1/2 s/d 1 1/2 (12,7 - 38,1)	120 (825)	130 (895)	150 (1035)

sumber: Struktur Baja Desain dan perilaku jilid 1

1. Beban leleh (prof load) dan beban tarik sesungguhnya yang diperoleh dengan mengalikan harga tegangan tertentu dan luas tegangan tarik A_s ; $A_s = 0,7584 [D-(0,9743/n)]^2$, dengan A_s = luas tegangan dalam inci persegi, D = diameter baut nominal dalam inci dan n =jumlah ulir per inci.

2. Perpanjangan 0,5% akibat beban

3. Nilai pada regangan tetap 0,2%

4. ANSI/ASTM A307 – 78
5. ANSI/ASTM A325 – 78a
6. ANSI/ASTM A449 – 78a
7. ANSI/ASTM A449 – 78

Baut kekuatan tinggi dikencangkan (tightened) untuk menimbulkan tegangan tarik yang ditetapkan pada baut sehingga terjadi gaya jepit (klem/clamping force) pada sambungan. Oleh karena itu pemindahan beban kerja yang sesungguhnya pada sambungan terjadi akibat gaya gesekan (friksi) pada potongan yang disambung. Sambungan dengan baut kekuatan tinggi dapat direncanakan sebagai tipe geser (friction type), bila daya tahan gelincir yang tinggi tidak dibutuhkan.

Pada baut mutu tinggi tipe geser, kekuatan sebuah baut terhadap geser dihitung dengan persamaan:

$$N_g = F/\phi \cdot n \cdot N_o$$

Kekuatan sebuah baut terhadap gaya aksial tarik dihitung dengan persamaan :

Untuk beban statis : $N_t = 0,6 N_o$

Untuk beban bolak balik : $N_t = 0,5 N_o$

Apabila terdapat kombinasi pembebanan tarik dan geser, maka:

$$N_g = F/\phi \cdot n (N_o - 1,7 T)$$

Dimana :

F = faktor geser permukaan

ϕ = faktor keamanan

N_o = pembebanan tarik awal (proof load)

N = jumlah bidang geser

T = gaya aksial tarik yang bekerja

Tabel 2.4 Harga faktor geser permukaan

Keadaan Permukaan	F
Bersih	0,35
Digalvanis	0,16 – 0,26
Dicat	0,07 – 0,10
Berkarat, dengan karat lepas dihilangkan	0,45 – 0,70
Disemprot pasir (saud blasted)	0,40 – 0,70

(Sumber:Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, hal. 72)

Pada baut mutu tinggi type tumpu, tegangan-tegangan yang diizinkan dalam menghitung kekuatan baut adalah:

Tegangan geser yang diizinkan :

$$\bar{\tau} = 0,6 \bar{\sigma}$$

Tegangan tarik yang diijinkan :

$$\bar{\sigma} = 0,7 \bar{\sigma}$$

Tegangan tumpu yang diijinkan :

Untuk $s_1 \geq 2d$, $\bar{\sigma}_{tu} = 1,5 \bar{\sigma}$

Untuk $1,5d \leq s_1 < s_1$, $\bar{\sigma}_{tu} = 1,2 \bar{\sigma}$

Pada pemasangan tegangan geser dan tegangan tarik menggunakan tegangan dasar bahan baut dan untuk persamaan tegangan tumpu menggunakan tegangan dasar yang terkecil antara bahan baut dengan bahan batang yang akan disambung. Pada waktu pemasangan baut, ring harus dipasang pada bagian bawah kepala baut dan bagian bawah mur.

2. Baut Hitam

Baut ini dibuat dari baja karbon rendah yang diidentifikasi sebagai ASTM A307 dan merupakan jenis baut yang paling murah. Namun baut ini belum tentu menghasilkan sambungan yang paling murah, karena banyaknya jumlah baut yang dibutuhkan pada suatu sambungan. Pemakaiannya terutama pada struktur yang ringan, batang sekunder atau pengaku, anjungan (platform), jalan haluan (catwalk), gording, rusuk dinding, rangka batang yang kecil dan lain-lain yang bebannya kecil dan bersifat statis. Baut ini juga dipakai sebagai alat penyambung

UNIVERSITAS MEDAN AREA

sementara pada sambungan yang menggunakan kekuatan tinggi, paku keling atau las. Baut hitam (yang tidak dihaluskan) kadang-kadang disebut baut biasa, baut mesin atau baut kasar, serta kepala dan murnya dapat berbentuk bujur sangkar.

3. Baut Sekrup (Turned Bolt)

Baut yang secara praktis sudah ditiinggalkan ini dibuat dengan mesin dari bahan berbentuk segi enam dengan toleransi yang lebih kecil (sekitar 1/50 inchi) bila dibandingkan baut hitam. Jenis baut ini terutama digunakan bila sambungan memerlukan baut yang pas dengan lubang yang dibor. Kadang-kadang baut ini bermanfaat dalam mensejajarkan peralatan mesin dan batang structural yang posisinya harus akurat. Pada saat ini baut sekrup jarang sekali digunakan pada sambungan structural, karena baut kekuatan tinggi lebih baik dan lebih murah.

4. Baut Bersirip (Ribbed Bolt)

Baut ini terbuat dari paku keeling biasa dan berkepala bundar dengan tonjolan sirip-sirip yang sejajar tangkainya. Baut bersirip telah lama dipakai sebagai alternative dari paku keeling. Diameter yang sesungguhnya pada baut bersirip dengan ukuran tertentu sedikit lebih besar dari lubang tempat baut tersebut. Dalam pemasangan baut bersirip baut memotong tepi keeling lubang sehingga diperoleh cengkraman yang relative erat. Jenis baut ini terutama bermanfaat pada sambungan tumpu (bearing) dan pada sambungan yang mengalami tegangan berganti (bolak-balik).



Gambar 2.5 Baut bersirip

Variasi modern dari baut bersirip adalah baut dengan tangkai bergigi (interference-body bolt) pada gambar 2.3, yang terbuat dari baja baut A325.

Sebagai pengganti sirip longitudinal, baut ini memiliki gerigi keliling dan sirip sejajar tangkainya. Karena gerigi sekeliling tangkai memotong sirip sejajar, baut ini kadang-kadang disebut bersirip terputus (*interrupted-rib*). Baut kekuatan tinggi A325 dengan tangkai bergerigi yang sekarang juga sukar dimasukkan ke lubang yang melalui sejumlah plat, namun baut ini digunakan bila hendak memperoleh baut yang bercengkeraman erat pada lubangnya. Selain itu pada saat pengencangan mur, kepala baut tidak perlu dipegang seperti yang umumnya dilakukan pada baut A325 biasa yang polos.

Keuntungan dari pemakaian sambungan dengan menggunakan baut ialah:

1. Mudah pemasangannya sehingga ongkos pemasangannya lebih murah bila dibandingkan dengan ongkos pemasangan paku keeling. Pada pemasangan paku keeling dibutuhkan tenaga yang memang ahli dalam pemasangan paku keeling. Diperlukan tenaga yang cukup banyak, karena pemasangan paku keeling memakan waktu yang jauh lebih lama dari pada pemasangan baut.
2. Mudah diganti dan mudah dilepas sehingga dapat dipindahkan.

Kekurangan dari pemakaian baut yaitu tidak baik dipakai pada konstruksi yang mengalami beban berulang. Oleh karena itu pada jembatan dipakai paku keeling.

B. Sambungan Las

Pengelasan adalah proses penyambungan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. Meskipun pengetahuan tentang las sudah ada sejak beberapa ribu tahun yang silam, namun pemakaian las dalam bidang konstruksi dapat terbilang masih baru, hal ini antara lain disebabkan pemikiran para ahli mengenai beberapa kerugian las yaitu bahwa las dapat mengurangi tahanan lelah bahan (*fatigue strength*) dibandingkan paku keeling dan mereka juga berpendapat bahwa tidak mungkin untuk memastikan kualitas yang baik.

Melalui banyak penelitian tentang las, belakangan ini las mulai banyak digunakan dalam bidang konstruksi. Hal ini antara lain karena proses penyambungan dengan las memberikan beberapa keuntungan yakni:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

1. Dari segi ekonomi, harga konstruksi dengan menggunakan las lebih murah dibandingkan dengan pemakaian baut atau keling, hal ini dikarenakan pemakaian pelat-pelat sambungan maupun pelat buhul dapat dikurangi. Pada konstruksi rangka jembatan bahkan dapat mengurangi berat baja hingga 15% jika dipakai sambungan las.
2. Pada beberapa jenis elemen struktur tertentu, tidak mungkin memakai baut atau keling untuk menyambungannya, seperti contoh adalah proses penyambungan kolom bundar, tentu lebih memungkinkan untuk memakai las.
3. Struktur yang disambung dengan las akan lebih kaku dari pada baut/keeling.
4. Komponen struktur dapat tersambung secara kontinu.
5. Mudah untuk membuat perubahan desain dalam struktur.
6. Tingkat kebisingan dalam pekerjaan las lebih rendah dari pada baut/keeling.

1. Kemampuan dilas dari baja structural

Kebanyakan baja konstruksi dalam spesifikasi ASTM dapat dilas tanpa prosedur khusus. Kemampuan dilas (weldability) dari baja adalah ukuran kemudahan menghasilkan sambungan structural yang teguh tanpa retak. Beberapa baja structural lebih sesuai dilas dari pada yang lain. Prosedur pengelasan sebaiknya didasarkan pada kimiawi baja, bukan pada kandungan paduan maksimum yang ditetapkan, karena kebanyakan hasil pabrik berada dibawah batas paduan maksimum yang ditentukan oleh spesifikasinya. Tabel berikut memperlihatkan analisa kimia ideal dari baja karbon. Kebanyakan baja lunak berada dalam batas ini, sedang baja yang berkekuatan lebih tinggi dapat melampaui analisa ideal yang ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.5 Analisa baja karbon yang lebih disukai untuk kemampuan dilas yang baik

Unsur	Batas Nominal (%)	Persen yang memerlukan perlakuan khusus
Karbon	0,06-0,25	0,35
Mangan	0,35-0,80	1,40
Silikon	0,10 maks	0,30
Sulfur	0,035 maks	0,050
Fosfor	0,030 maks	0,040

Sumber: Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1

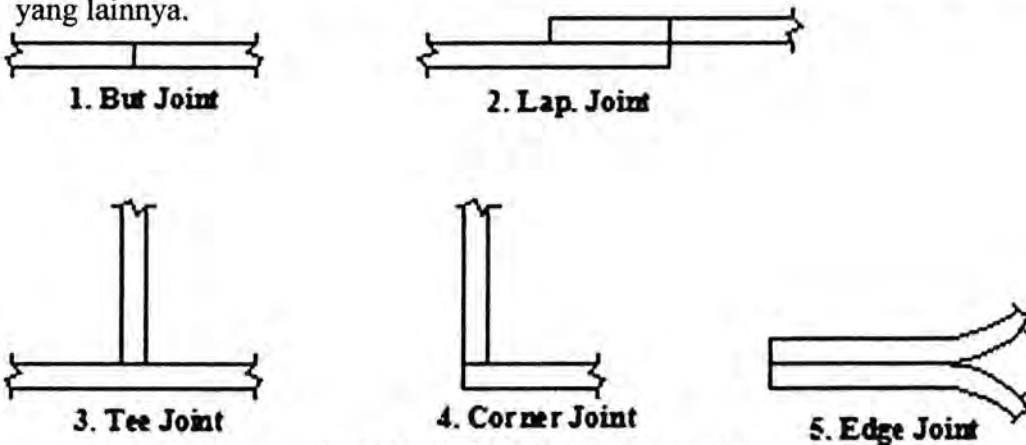
Pabrik baja umumnya memiliki catatan lengkap dari kandungan kimiawi baja untuk semua profil yang dibuat dari acuan (ingot) tertentu. Jika perencana

hendak mengetahui kandungan kimiawi dari mutu baja tertentu, ia dapat meminta Mill Test Report. Variasi kandungan kimia di atas harga ideal mungkin dijumpai, dan prosedur pengelasan khusus harus dilakukan untuk mendapatkan sambungan las yang baik.

2. Jenis-Jenis Sambungan Las

Beberapa jenis sambungan yang sering ditemui dalam sambungan las adalah:

1. Sambungan sebidang (butt joint), sambungan ini umumnya dipakai untuk pelat-pelat datar dengan ketebalan sama atau hampir sama, keuntungan sambungan ini adalah tak adanya eksentrisitas. Ujung-ujung yang hendak disambung harus dipersiapkan terlebih dahulu (diratakan atau dimiringkan) dan elemen yang disambung harus dipertemukan secara hati-hati.
2. Sambungan lewatan, (lap joint), jenis sambungan ini paling banyak dijumpai karena sambungan ini mudah disesuaikan dengan keadaan dilapangan dan juga penyambungan relatif mudah. Juga cocok untuk tebal pelat yang berlainan.
3. Sambungan tegak (tee joint), sambungan ini baynak dipakai terutama untuk membuat penampang tersusun seperti bentuk 1, pelat girder, stiffener.
4. Sambungan sudut (corner joint), dipakai untuk penampang tersusun berbentuk kotak yang digunakan untuk kolom atau balok yang menerima gaya torsi yang besar.
5. Sambungan sisi (edge joint), sambungan ini bukan jenis structural dan digunakan untuk menjaga agar dua atau lebih pelat tidak bergeser satu dengan yang lainnya.



Gambar 2.6 Jenis sambungan las

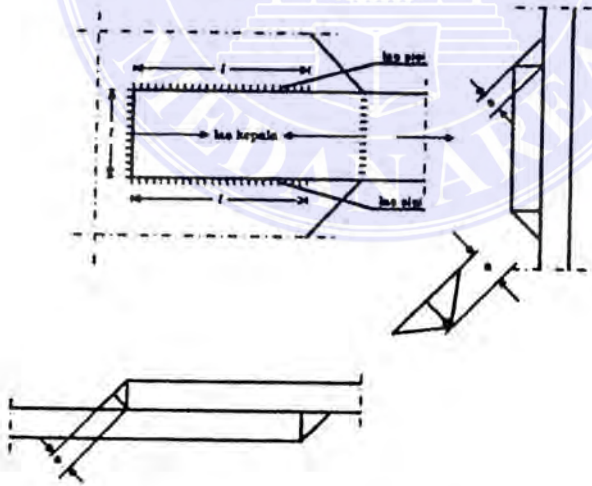
Jenis-jenis Las

Jenis-jenis las yang sering dijumpai antara lain:

1. Las tumpul (groove welds), las ini dipakai untuk menyambung batang-batang sebidang, karena las ini harus menyalurkan secara penuh beban yang bekerja, maka las ini harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang yang disambunginya. Las tumpul dimana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang tebal penuh sambungan dinamakan las tumpul penetrasi penuh. Sedangkan bila tebal penetrasi lebih kecil daripada tebal penuh sambungan, dinamakan las tumpul penetrasi sebagian.
2. Las sudut (fillet welds), tipe las ini paling banyak dijumpai dibandingkan tipe las yang lain, 80% sambungan las menggunakan tipe las sudut. Tidak memerlukan presisi tinggi dalam pengerjaannya.

Las sudut tergantung dari tempat dimana ia harus memikul. Jenis ini dibagi menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut:

- a. Las kepala (koplas), disini tegak lurus pada arah gaya.
- b. Las sisi (Zijlas), disini sejajar arah gaya.



Gambar 2.7 Las sudut

Umumnya las sudut penampangnya merupakan segitiga siku-siku sama kaki, sehingga penampang terkecilnya melalui garis tinggi pada sisi miring dari Δ siku-siku sama kaki (a).

Kalau panjang las = l , maka luas terkecil dari las ialah: $A = a.l$

Ukuran terbesar dari a , umumnya tergantung dari tebal terkecil dari bahan yang disambung. Pada umumnya $a_{\min} = 4\text{mm}$

Untuk konstruksi yang lebih kecil $a_{\min} = 3\text{mm}$

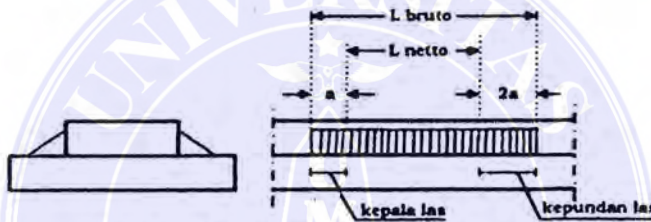
Dalam perhitungan dipakai panjang netto las, dimana $l_{\text{netto}} = l_{\text{brutto}} - 3a$

Untuk las sudut:

$L_{\min} = 8a$ atau $L_{\min} = 40\text{ mm}$; $L_{\max} = 40a$

Bila s adalah tebal pelat yang disambung, maka:

$$a \leq \frac{1}{2} s \sqrt{2} = 0,7 s$$



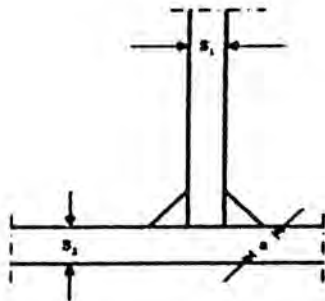
Gambar 2.8 Ukuran las a

Panjang kepala las = a

Panjang kepundan las = $2a$

Maka panjang $L_{\text{netto}} = L_{\text{brutto}} - 3a$

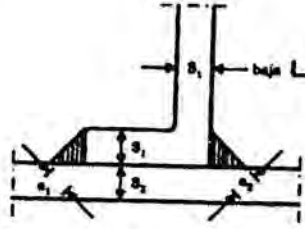
Ukuran las (a) untuk bermacam-macam keadaan sebagai berikut:



Gambar 2.9 Ukuran las a dan s tebal pelat

Jika $s_1 < s_2$, maka $a \leq 0,7 s_1$

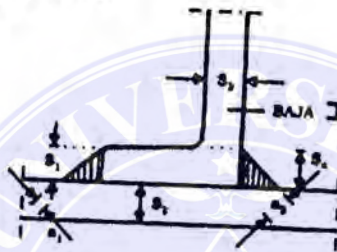
Dalam hal khusus $a = s_1$



Gambar 2.10

Jika $s_1 < s_2$, maka $a_1 \leq 0,7s_1$

Jika $1,2 s_1 < s_2$, maka $a_2 \leq 0,7 \times 1,2s_1$



Gambar 2.11 Ukuran las a dan s tebal pelat

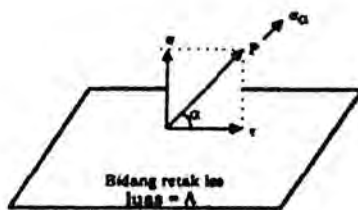
Jika $s_1 < s_2$, maka $a_1 \leq 0,7s_1$

Jika $s_4 < s_2$, maka $a_2 \leq 0,7s_4$

Bila suatu gaya P yang bersudut α terhadap bidang retak las akan terjadi tegangan miring σ_α yang bersudut α juga terhadap bidang retak las. Tegangan miring yang diijinkan ialah:

$$\bar{\sigma}_\alpha = c \cdot \bar{\sigma}_\alpha$$

Tegangan α ini mempunyai komponen yang terletak pada bidang retak las, ialah τ , dan komponen yang tegak lurus bidang retak las σ .



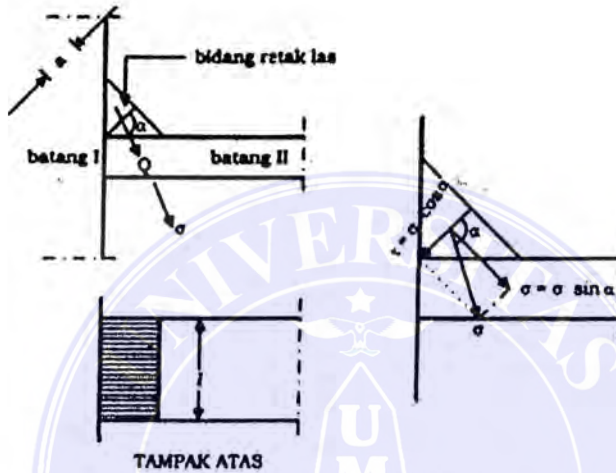
Gambar 2.12 Bidang retak las

Tegangan σ_α yang terjadi = P/A dimana P adalah gaya yang arahnya bersudut α terhadap bidang retak las dan A adalah luas bidang retak las.

Dengan adanya komponen-komponen σ dan τ maka terjadi tegangan idiil:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

mencari besarnya c adalah sebagai berikut:



Gambar 2.13 Bidang retak las

Gaya Q bekerja terhadap bidang retak las (selebar a dan sepanjang l) bersudut α terhadap bidang retak las. Akibat gaya Q terjadi σ_α yang komponen-komponennya σ dan τ .

$$\begin{aligned} \sigma_i &= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \\ &= \sqrt{\sigma_\alpha^2 \sin^2 \alpha + 3\sigma_\alpha^2 \cos^2 \alpha} \end{aligned}$$

Untuk $\sigma_i = \bar{\sigma}$ dan $\sigma_\alpha = \bar{\sigma}_\alpha$, maka

$$\bar{\sigma} = \bar{\sigma}_\alpha \sqrt{\sin^2 \alpha + 3\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{\bar{\sigma}_\alpha}{\bar{\sigma}} = \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3\cos^2 \alpha}}$$

$$\bar{\sigma}_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3\cos^2 \alpha}} \bar{\sigma}$$

$$\bar{\sigma}_\alpha = c \bar{\sigma} \qquad c = \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}}$$

$$\frac{\bar{\sigma}_\alpha}{\bar{\sigma}} = c$$

Selanjutnya harga c ini untuk bermacam-macam sudut dicantumkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2.6 Harga c

α	σ_α/σ	α	σ_α/σ	α	σ_α/σ
0°	0,58	35°	0,65	70°	0,9
5°	0,58	40°	0,68	75°	0,94
10°	0,58	45°	0,71	80°	0,94
15°	0,59	50°	0,74	85°	0,97
20°	0,6	55°	0,78	90°	1
25°	0,61	60°	0,82		
30°	0,63	65°	0,86		

Sumber: Konstruksi Baja, Oentoeng

Bila $\alpha = 0$

Q bekerja pada bidang retak las, tidak ada tegangan normal σ , yang ada ialah tegangan geser τ .

$$\bar{\sigma}_\alpha = 0,58\bar{\sigma} \rightarrow \bar{\sigma}_\alpha = \bar{\tau}_\alpha = 0,58\bar{\sigma}$$

Jika $\alpha = 45^\circ$; $\bar{\sigma}_\alpha = 0,71\bar{\sigma}$

Jika $\alpha = 90^\circ$

Q bekerja + bidang retak las, sehingga tidak ada tegangan geser τ .

$$\bar{\sigma}_\alpha = \bar{\sigma}$$

Catatan:

Mengenai las ini, PPBBI 1983 masih memakai peraturan Belanda TGB 1949 (*Technise Grondslangen voor Bouwvoorschriften 1949*). Di negeri Belanda sendiri sudah dipakai TGB 1970 Staal, dimana dasar perhitungan idiil dari las

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

melainkan memakai:

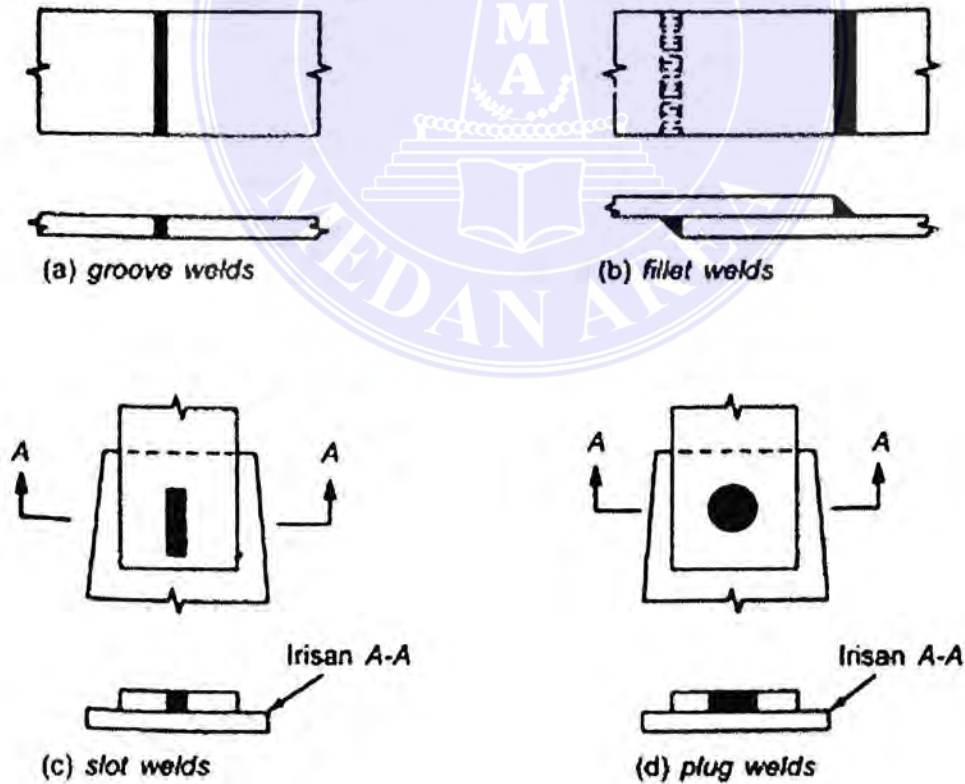
$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 1,8\tau^2}$$

dengan demikian harga c yang didapat lebih besar dari harga c yang didasarkan:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

sehingga kemampuan las dengan ukuran yang sama adalah lebih besar, jadi lebih ekonomis. Mungkin alasan PPBBI 1983 memakai cara lama, karena kurang yakin akan keahlian tukang las di Indonesia.

3. Las baji dan pasak (slot and plug welds), jenis las ini biasanya digunakan bersama-sama dengan las sudut. Manfaat utamanya adalah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila ukuran panjang las terbatas oleh panjang yang tersedia untuk las sudut.



Gambar 2.14 Jenis-jenis sambungan las

3. Faktor yang mempengaruhi mutu sambungan las

Dalam pengerjaan las pada konstruksi bangunan baja, untuk memperoleh sambungan las yang memuaskan, gabungan dari banyak keahlian individu diperlukan, mulai dari perencanaan las sampai operasi pengelasan. Para ahli struktur perlu memperhatikan factor-faktor yang mempengaruhi kualitas dan merencanakan sambungan dengan mempertimbangkan hal tersebut.

a. Elektroda yang sesuai, alat las dan prosedur

Setelah bahan elektroda yang tepat ditentukan sesuai dengan kekuatan baja yang akan disambung, diameter elektroda las harus dipilih. Ukuran elektroda dipilih berdasarkan ukuran las yang akan dibuat dan arus listrik yang dihasilkan oleh alat las. Karena umumnya mesin las mempunyai pengatur untuk memperkecil arus listrik, elektroda yang lebih kecil dari kemampuan maksimum mudah diakomodasi dan sebaiknya digunakan.

b. Persiapan tepi yang sesuai

Persiapan yang umum untuk las tumpui diperlihatkan pada gambar berikut. Lebar celah (root opening) R adalah jarak pisah antara potongan yang akan disambung dan dibuat agar elektroda dapat menembus dasar sambungan. Semakin kecil lebar celah, semakin besarlah sudut lereng yang harus dibuat.

c. Pengontrolan distorsi

Factor lain yang mempengaruhi kualitas sambungan las yaitu distorsi atau penyusutan. Jika las titik diberikan secara menerus pada suatu plat, maka plat tersebut akan mengalami distorsi (perubahan geometric). Distorsi ini akan terjadi jika tidak berhati-hati baik dalam perencanaan sambungan maupun prosedur pengelasan. Walaupun banyak teknik yang dapat digunakan untuk memperkecil distorsi, salah satu yang paling umum ialah pertama las dibuat terputus-putus secara berseling. Berikut ini ringkasan cara untuk memperkecil distorsi:

1. Perkecil gaya susut dengan,
 - Menggunakan logam las minimum; untuk las tumpul, lebar celah jangan lebih besar dari yang diperlukan, jangan mengelas berlebihan.
 - Mempersedikit jumlah lintasan sedapat mungkin.
 - Melakukan persiapan tepi dan penyesuaian yang tepat.
 - Menggunakan las terputus-putus, minimal untuk sambungan pra konstruksi.
 - Menggunakan langkah mundur (*backstepping*), yaitu menimbulkan las pada alas sebelumnya yang telah selesai, atau menimbun dalam arah berlawanan dengan arah pengelasan sambungan.
2. Biarkan penyusutan terjadi dengan
 - Mengungkit plat sehingga setelah penyusutan terjadi plat akan berada pada posisi yang tetap.
 - Menggunakan potongan awal yang diberi lenturan awal.
3. Seimbangkan gaya susut dengan
 - Melakukan pengelasan simetris; las sudut pada setiap sisi potongan menghasilkan pengaruh yang saling menghilangkan.
 - Menggunakan segmen las tersebar.
 - Pemukulan, yaitu meregangkan logam dengan sejumlah pukulan.
 - Menggunakan klem, alat pemegang dan lain-lain, alat ini membuat logam las meregang ketika mendingin.

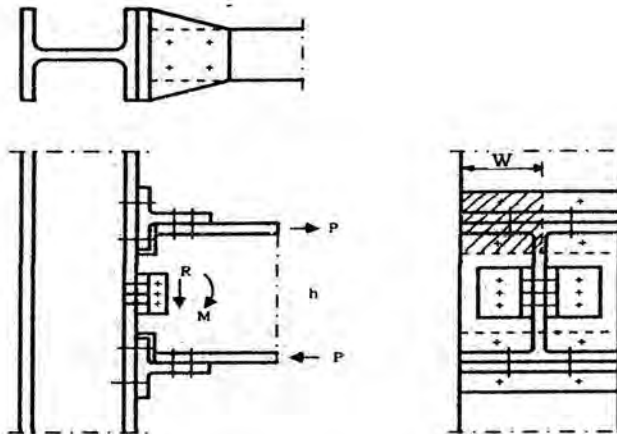
2.3.3 Sambungan Balok Dengan Kolom

1. Sambungan Momen

Sambungan momen (*rigid connection*) merupakan salah satu sambungan yang dapat digunakan pada sambungan balok dengan kolom. Sambungan momen ini banyak macamnya, diantaranya yang sering dipakai ialah sambungan momen dengan menggunakan :

- a. *T connection* ialah sambungan yang menggunakan profil T.
- b. *End plate connection* ialah akhir dari balok diberi *end-plate* yang disambung dengan las antara ujung balok dengan *end-plate*.

a. T Connection



Gambar 2.15 Detail Sambungan T

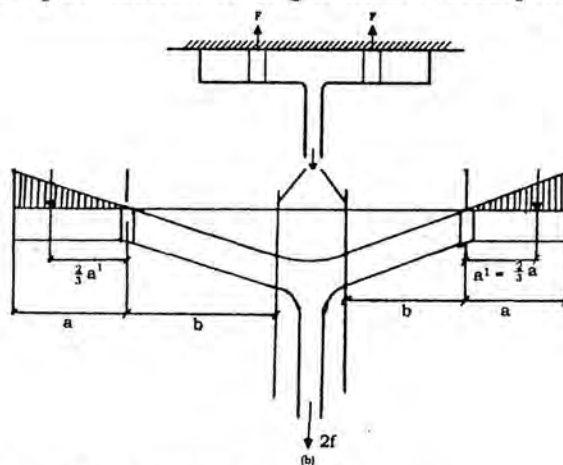
Prinsip-prinsip perancangan sambungan *T connection* ini diuraikan sebagai berikut :

1. Gaya reaksi R dipikul oleh baut/paku keling yang menghubungkan baja L dengan badan balok, dan baja L dengan *flange*.
2. Momen M dipikul oleh baut/paku keling yang menghubungkan sayap baja T dengan *flange* kolom. Dalam hal ini, momen diubah dulu menjadi gaya aksial P pada *flange* atas dan bawah dari balok, sehingga :

$$M = P \cdot h \text{ atau } P = M/h$$

Baut/paku keling yang menghubungkan profil T dengan *flange* kolom bagian atas harus memikul gaya aksial tarik P ini.

3. Gaya P sebagai gaya geser pula untuk sambungan antara badan profil T dengan sayap balok.



Gambar 2.16 Gaya Tarik Profil T

4. Jika *flange* cukup tebal (kaku), maka tidak akan terjadi perubahan bentuk dari profil T seperti gambar diatas, sehingga baut/paku keling menerima gaya tarik aksial sebesar F.
5. Jika *flange* tidak kaku (tipis), maka profil T akan mengalami perubahan bentuk dari *flange*-nya, menjadi lengkung seperti gambar diatas. Ujungujung *flange* akan menekan sehingga terjadi prying force Q .Jadi pada baut/paku keling tidak hanya terjadi gaya F saja, melainkan ada tambahan gaya Q, sehingga baut/paku keling menerima gaya tarik aksial F+Q.
6. Besarnya gaya tarik Q dapat dihitung dengan rumus (menurut AISC) :

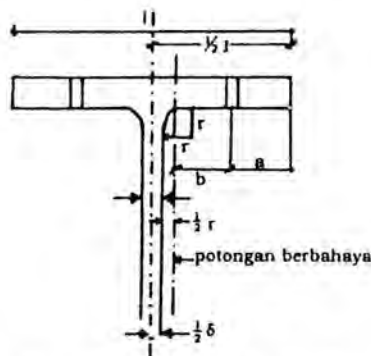
$$Q = \frac{\frac{1}{2} \frac{W.t^4}{30.a.b^2.A_b}}{\frac{3a}{4b} \left(\frac{a}{4b} + 1 \right) + \frac{W.t^4}{30.a.b^2.A_b}}$$

dimana :

- A_b = luas tampang baut
- B = jarak antara baut/paku keling ke ikatan badan profil T
- A = jarak antara baut/paku keling dengan ujung *flange*, jika $a > 1,25 b$, maka besarnya diambil $= 1,25 b$
- W = panjang *flange* diukur \perp bidang gambar.
- t = tebal *flange* dari profil T, kecuali bila t lebih tebal dari pelat penghubungnya yang lebih tipis dan tidak kaku, maka T diambil tebal yang terkecil.

$$b = \frac{1}{2} l - a \left(\frac{1}{2} \delta + \frac{1}{2} r \right)$$

r dapat diambil dari tabel baja



Gambar 2.17 Penampang kritis Profil T



Momen pada potongan kritis dari *flange* profil **T** ialah :

$$M = Q (a' + b) - (F + Q) b = Q \cdot a' - F \cdot b$$

Kekuatan profil **T** dapat dihitung dengan persamaan :

- a) Bila harga dalam kurung dari rumus *prying force* $Q = (> 0) F$, maka :

$$\sigma = M/w \leq \bar{\sigma}$$

Dimana :

$$M = Q \cdot a - F \cdot b$$

- b) Bila harga dalam kurung dari rumus *prying force* $Q = (\leq 0) F$, maka:

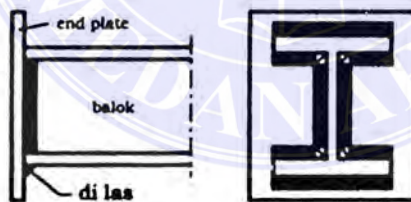
$$\sigma = M/w \leq \bar{\sigma}$$

Dimana :

$$M = F \cdot b \text{ (tidak ada prying force)}$$

b. End plate connection

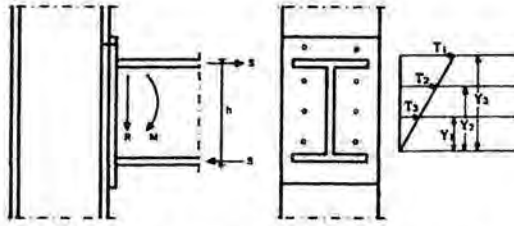
Untuk menghubungkan kolom dengan balok, pada ujung balok di beri *end plate*, yang selanjutnya antara *end plate* dengan kolom disambung dengan baut/paku keling. *End plate* dihubungkan dengan las kepada ujung balok seperti diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 2.18 End Plate Connection

Hubungan antara kolom dengan balok

Cara mencari besarnya gaya tarik maksimum baut/paku keling yang teratas sama dengan cara pendekatan. Jadi baut/paku keling yang paling atas menerima gaya tarik $\frac{1}{2} T1$ dan gaya geser $R/8$.



Gambar 2.19 Hubungan Balok-Kolom pada End Plate Connection

End plate akibat gaya tarik P akan melentur dalam *double curvature*. Besarnya momen lentur per baut ialah :

$$M = F_1 \times \frac{1}{2} e$$

Momen tahanan dari bagian pelat untuk satu baut :

dimana :

$$W = \frac{s \cdot t^2}{6}$$

t = tebal pelat sayap (*flange T*)

s = (lihat gambar)

$$t_{min} = \sqrt{\frac{3 \cdot F_1 \cdot e}{s \cdot \sigma}}$$

$F_1 = \frac{1}{4} P$, yaitu untuk 1 baut/paku keling

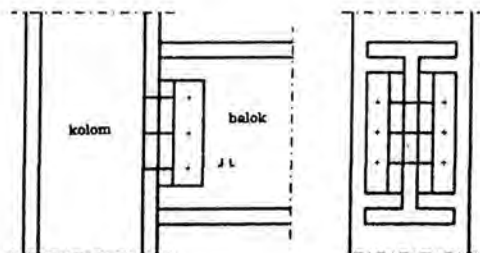
2. Framed connection dan Seat connection

Selain *Rigid connection (moment connection)*, sambungan antara kolom dengan balok atau balok dengan balok, masih ada lagi jenis sambungan yang lain, yaitu :

1. *Framed Connection (flexible connection)*, hanya memikul gaya reaksi saja tanpa memikul momen.
2. *Seat Connection* : hanya memikul gaya reaksi saja tanpa memikul momen.

a. Framed connection (flexible connection)

Sambungan kolom-balok :



UNIVERSITAS SUMEDAN ARDA Detail Frame Connection (balok-kolom)

Prinsip-prinsip perancangan sambungan *Frame Connection* diuraikan sebagai berikut:

1. Baut/Paku yang menghubungkan balok dengan baja L memikul gaya reaksi dari balok.
2. Baut/Paku yang menghubungkan flange kolom dengan baja L juga memikul gaya reaksi dari balok tadi.
3. Tebal minimum baja siku L harus dipilih sedemikian rupa untuk memenuhi persyaratan berikut :

$$t \geq 0,314 d$$

dimana:

t = tebal baja siku.

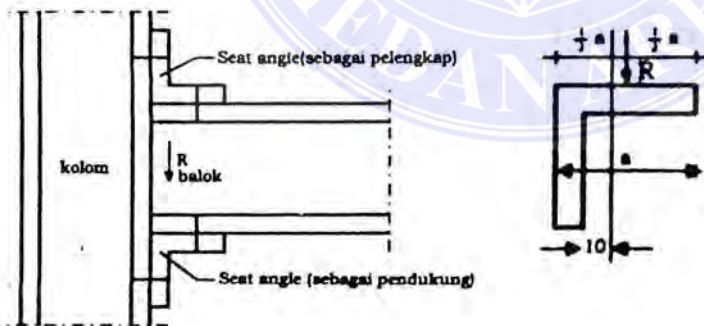
d = diameter baut.

b. Seat connection

Seat connection merupakan tipe sambungan yang hanya memikul reaksi saja tanpa memikul momen. Terdapat dua macam *seat connection*, yaitu :

1. *Unstiffened Seat connection* (tanpa pengaku)
2. *Stiffened Seat connection* (dengan pengaku)

1. Unstiffened seat connection



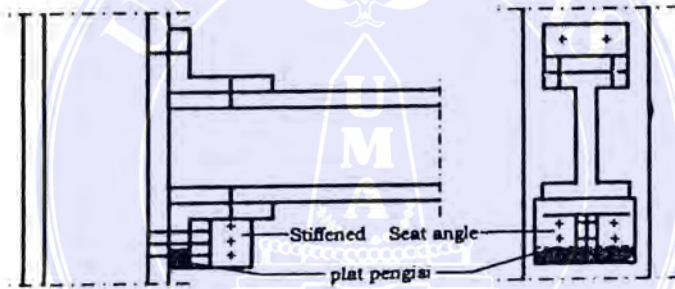
Gambar 2.21 Detail Unstiffened Seat Connection

Prinsip perancangan sambungan *unstiffened seat connection* diuraikan sebagai berikut:

- a. Reaksi balok disini diterima oleh *seat angle*, diteruskan oleh *seat angle* pada kolom melalui baut.

- b. Mengingat kemampuan baja L pendukung, reaksi balok yang didukung maksimum ≤ 8 ton.
- c. Bila reaksi balok yang didukung > 8 ton, dipakai *stiffened seat connection*
- d. Baja siku pendukung pada *unstiffened seat connection* ini harus diperiksa tegangan geser dan tegangan geser yang terjadi pada penampang berbahaya/kritis.
- e. Penampang berbahaya dari *seat angle* terletak 10 mm dari permukaan kaki *seat angle* yang tegak.
- f. Gaya reaksi bekerja di tengah-tengah bidang kaki *seat angle* yang mendatar.
- g. *Cleat angle* (baja L pelengkap) berfungsi mencegah Bergeraknya bagian atas dari balok, tetapi *cleat angle* tidak ikut mendukung gaya reaksi vertikal.

2. Stiffened seat connection



Gambar 2.22 Detail Stiffened Seat Connection

Sambungan *stiffened seat connection* mirip dengan *unstiffened seat connection*, bedanya hanya diperkuat dengan pengaku pada seat angle. Prinsip-prinsip perancangan sambungan *stiffened seat connection* ini diuraikan sebagai berikut :

- *Seat angle* diberi pengaku yang terdiri dari 2 baja siku yang setangkup ($\gamma \ \gamma$), yang dipasang rapat pada *seat angle*.
- Dapat menahan gaya reaksi vertikal yang lebih besar.
- Tegangan tumpu (*bearing stress*) yang terjadi pada baja pendukung dan pengaku tidak boleh melebihi tegangan tumpu izin :

$$\sigma_b = 1,35 \sigma$$

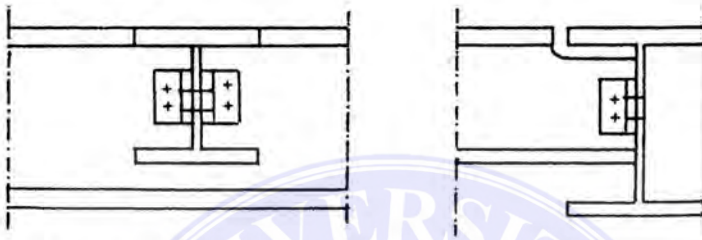
3 Sambungan Balok dengan Balok

Ada beberapa macam sambungan balok dengan balok, antara lain :

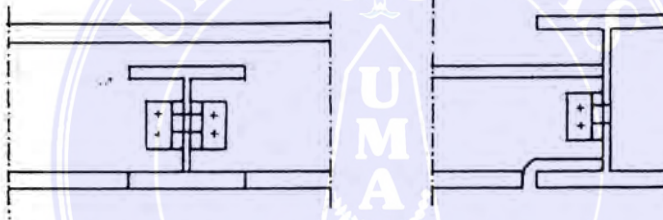
UNIVERSITAS MEDAN AREA

1. Sambungan rata atas.
2. Sambungan rata bawah.
3. Balok yang kecil di tengah-tengah antara *flange* atas dan bawah dari balok yang besar.

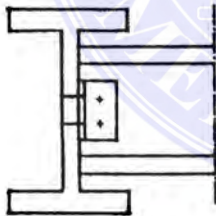
Pada tipe sambungan ini, baut/paku keling hanya dirancang untuk menahan gaya reaksi vertikal saja. Gambar detail sambungan balok dengan balok dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.23 Sambungan balok-balok rata atas



Gambar 2.24 Sambungan balok-balok rata bawah



Gambar 2.25 Sambungan balok-balok di tengah-tengah

BAB III

METODE ANALISIS KEKAKUAN SAMBUNGAN ANTARA BALOK DAN KOLOM

3.1 PEMBEBANAN

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. dan pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan estimasi saja. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi dari struktur dapat diketahui secara pasti, namun distribusi beban dari elemen ke elemen, dalam suatu struktur umumnya memerlukan asumsi dan pendekatan. Jika beban-beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku, sedangkan masalah kombinasi dari beban-beban yang bekerja diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2 .

a. **Beban mati**, adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung/bangunan yang bersifat tetap selama masa layan struktur, termasuk unsur-unsur tambahan , finishing, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung/bangunan tersebut. Termasuk dalam beban ini adalah berat struktur, pipa-pipa, saluran listrik, AC, lampu-lampu, penutup lantai, dan plafon. Beberapa contoh berat dari beberapa komponen bangunan penting yang digunakan untuk menentukan besarnya beban mati suatu gedung/bangunan diperlihatkan dalam table sebagai berikut:

Tabel 3.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung

Bahan Bangunan	Berat
Baja	7850 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Kayu (kelas I)	1000 kg/m ³
Pasir (kering udara)	1600 kg/m ³
Komponen Gedung	
Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m ²
Dinding bata merah 1/2 batu	250 kg/m ²
Penutup atap Genteng	50 kg/m ²

Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Setiawan

- b. Beban Hidup**, adalah beban gravitasi yang bekerja pada suatu struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan suatu gedung. Termasuk beban ini adalah berat manusia, perabotan yang dapat dipindah pindah, kendaraan, dan barang-barang lain .karena besar dan lokasi beban yang senantiasa berubah-ubah, maka penentuan beban hidup yang secara pasti adalah merupakan suatu hal yang cukup sulit. Beberapa contoh beban hidup menurut kegunaan suatu bangunan adalah seperti table berikut:

Tabel 3.2 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

Kegunaan Bangunan	Berat
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m ²
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m ²
Lantai ruang olahraga	400 kg/m ²
Lantai pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang mesin dan lain-lain	

Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Setiawan

- c. Beban Angin**, adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat tergantung dari lokasi dan ketinggian dari struktur. Besarnya tekanan tiup harus diambil minimum sebesar 25 kg/m², kecuali untuk bangunan-bangunan berikut:
1. Tekanan tiup di tepi laut hingga 5 km dari pantai harus diambil minimum 40kg/m².

2. Untuk bangunan di daerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari 40kg/m^2 , harus diambil sebesar $p=v^2/a6$ (kg/m^2), dengan V kecepatan angin dalam m/s .
 3. Untuk cerobong, tekanan tiup dalam kg/m^2 harus ditentukan dengan rumus $(42,5 + 0.6h)$, dengan h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter. Nilai tekanan tiup yang diperoleh dari hitungan diatas harus dikalikan dengan suatu koefisien angin, untuk mendapatkan gaya resultan yang bekerja pada bidang kontak tersebut.
- d. Beban Gempa**, adalah semua beban static ekivalen yang bekerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah oleh gempa bumi, baik pergerakan arah vertical maupun horizontal. Namun pada umumnya percepatan tanah arah horizontal lebih besar dari pada vertikalnya, sehingga gaya gempa horizontal jauh lebih menentukan dari pada arah vertikalnya, sehingga pengaruh gempa horizontal jauh lebih menentukan dari pada gempa vertical. Besarnya gaya geser dasar (static ekivalen) ditentukan bersamaan $V=\frac{C \times I}{R} Wt$ dengan C adalah faktor respon gempa yang ditentukan berdasarkan lokasi bangunan dan jenis tanahnya. I adalah factor keutamaan gedung, R adalah factor reduksi gempa yang tergantung pada jenis struktur yang bersangkutan, sedangkan Wt adalah berat total bangunan termasuk beban hidup yang bersesuaian.

Perencanaan suatu struktur untuk keadaan-keadaan stabil batas, kekuatan batas, dan kemampuan-layan batas harus memperhitungkan pengaruh-pengaruh dari aksi sebagai akibat dari beban-beban berikut ini:

1. Beban hidup dan mati seperti disyaratkan pada SNI 03-1727-1989 atau penggantinya;
2. Untuk perencanaan keran (alat pengangkat), semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 03-1727-1989, atau penggantinya;
3. Untuk perencanaan pelataran tetap, lorong pejalan kaki, tangga, semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 03-1727- 1989, atau penggantinya;
4. Untuk perencanaan lift, semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 03-1727 1989, atau penggantinya;
5. Pembebanan gempa sesuai dengan SNI 03-1726-1989, atau penggantinya;

UNIVERSITAS MEDAN AREA

6. Beban-beban khusus lainnya, sesuai dengan kebutuhan.

3.2 KOMBINASI PEMBEBANAN

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

$$1,4D \text{ (6.2-1)}$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5 (La \text{ atau } H) \text{ (6.2-2)}$$

$$1,2D + 1,6 (La \text{ atau } H) + (\gamma L L \text{ atau } 0,8W) \text{ (6.2-3)}$$

$$1,2D + 1,3W + \gamma L L + 0,5 (La \text{ atau } H) \text{ (6.2-4)}$$

$$1,2D \pm 1,0E + \gamma L L \text{ (6.2-5)}$$

$$0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E) \text{ (6.2-6)}$$

Keterangan:

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap

L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain

La adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak

H adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air

W adalah beban angin

E adalah beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 03-1726-1989, atau penggantinya

dengan,

$$\gamma L = 0,5 \text{ bila } L < 5 \text{ kPa, dan } \gamma L = 1 \text{ bila } L \geq 5 \text{ kPa.}$$

Kekecualian: Faktor beban untuk *L* di dalam kombinasi pembebanan pada persamaan 6.2-3, 6.2-4, dan 6.2-5 harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah di mana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa.

3.3 METODE PEMBAGIAN BEBAN

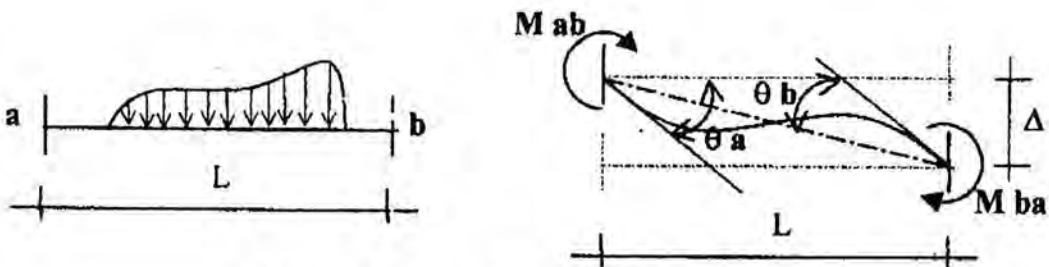
Perhitungan pembebanan grafitasi umumnya menggunakan sistem amplop dengan menggunakan sudut 45° . Ada dua macam pembebanan yang dihasilkan dari sistem amplop yaitu segitiga dan trapesium. Namun karena pada pelat menggunakan shear connector maka beban bagi rata dibagi dua.

3.4 METODE TAKABEYA

Dalam perhitungan konstruksi portal dengan metoda Takabeaya, didasarkan pada asumsi-asumsi Bahwa :

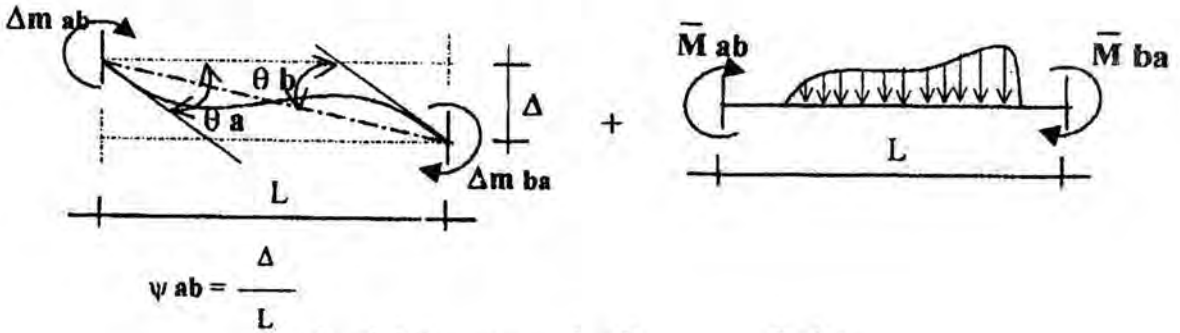
- a. Deformasi akibat gaya aksial (Tarik dan Tekan) dan gaya geser dalam diabaikan ($= 0$).
- b. Hubungan antara balok-balok dan kolom pada satu titik kumpul adalah kaku sempurna.

Berdasarkan asumsi-asumsi tersebut, maka pada titik kumpul akan terjadi perputaran dan pergeseran sudut pada masing-masing batang yang bertemu yang besarnya sebanding dengan momen-momen lentur dari masing-masing ujung batang tersebut. Gambar 3.1 berikut ini, memperlihatkan dimana ujung batang (titik b) pada batang ab bergeser sejauh ' Δ ' relatif terhadap titik a. Besarnya momen-momen akhir pada kedua ujung batang (M_{ab} dan M_{ba}) dapat dinyatakan sebagai fungsi dari perputaran dan pergeseran sudut.



Gambar 3.1 Perputaran dan Pergeseran Sudut

Kemudian keadaan pada gambar3.1 tersebut, selanjutnya diuraikan menjadi dua keadaan seperti terlihat pada gambar 3.2 di bawah ini :



Gambar 3.2 Perputaran dan Pergeseran Sudut

Sehingga menghasilkan suatu persamaan :

$$M_{ab} = \Delta m_{ab} + \bar{M}_{ab}$$

$$M_{ba} = \Delta m_{ba} + \bar{M}_{ba}$$

-----> Persamaan 4.1

Dari prinsip persamaan Slope Depletion secara umum telah diketahui bahwa :

$$\theta_a = \omega_a + \psi_{ab}$$

$$\theta_b = \omega_b + \psi_{ab} \quad \text{dan}$$

$$\theta_a = \frac{\Delta m_{ab} \cdot L}{3EI} - \frac{\Delta m_{ba} \cdot L}{6EI} + \psi_{ab} \quad \left. \begin{array}{l} \text{x 2} \\ \text{x 1} \end{array} \right\}$$

$$\theta_b = \frac{\Delta m_{ab} \cdot L}{6EI} - \frac{\Delta m_{ba} \cdot L}{3EI} + \psi_{ab} \quad \left. \begin{array}{l} \text{x 2} \\ \text{x 1} \end{array} \right\}$$

$$2\theta_a + 2\theta_b \frac{\Delta m_{ab} \cdot L}{2EI} + 3\psi_{ab}$$

Sehingga :

$$\Delta m_{ab} = 2 EI/L (2\theta_a + \theta_b - 3\psi_{ab})$$

$$\Delta m_{ba} = 2 EI/L (2\theta_b + \theta_a - 3\psi_{ab})$$

Jika $I/L = K$ untuk batang ab, maka :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

$$\Delta m_{ab} = 2 E K_{ab} (2\theta_a + \theta_b - 3\psi_{ab}) \quad \Rightarrow \quad \text{Persamaan 4.2}$$

$$\Delta m_{ba} = 2 E K_{ab} (2\theta_b + \theta_a - 3\psi_{ab})$$

Masukkan Persamaan 4. 2 ke dalam persamaan 4. 1 , diperoleh :

$$M_{ab} = 2 E K_{ab} (2\theta_a + \theta_b - 3\psi_{ab}) + \bar{M}_{ab} \quad \Rightarrow \quad \text{Pers.4.3}$$

$$M_{ba} = 2 E K_{ab} (2\theta_b + \theta_a - 3\psi_{ab}) + \bar{M}_{ba}$$

Oleh Takabeya, dari persamaan slope depletion ini disederhanakan menjadi :

$$M_{ab} = k_{ab} (2m_a + m_b + \bar{m}_{ab}) + \bar{M}_{ab} \quad \Rightarrow \quad \text{Persamaan 4.4}$$

$$M_{ba} = k_{ba} (2m_b + m_a + \bar{m}_{ba}) + \bar{M}_{ba}$$

Dimana :

$$m_a = 2EK\theta_a \quad \bar{m}_{ab} = -6 EK \psi_{ab}$$

$$m_b = 2EK\theta_b \quad k_{ab} = K_{ab}/K$$

Keterangan :

M_{ab}, M_{ba} = Momen akhir batang ab dan batang ba (ton m).

$\bar{M}_{ab}, \bar{M}_{ba}$ = Momen Primer batang ab dan batang ba (ton m).

$\Delta m_{ab}, \Delta m_{ba}$ = Koreksi momen akibat adanya pergeseran pada titik b sejauh Δ

θ_a, θ_b = Putaran sudut pada titik a dan titik b

k_{ab} = Angka kekakuan batang ab = K_{ab} / K (m^3)

k_{ab} = Faktor kekakuan batang ab = $I/L(m^3)$

K = Konstanta

m_a, m_b = Momen parsial masing-masing titik a dan b akibat putaran sudut θ_a dan θ_b disebut momen rotasi di titik a dan titik b (ton m).

\bar{m}_{ab} = Momen parsial akibat pergeseran titik b relatif terhadap titik a sejauh Δ disebut momen displacement dari batang ab (ton m).

Perjanjian Tanda

Momen ditinjau terhadap ujung batang dinyatakan positif (+) apabila berputar ke kanan dan sebaliknya negatif (-) apabila berputar ke kiri



Arah momen selalu dimisalkan berputar ke kanan pada tiap-tiap ujung batang dari masing-masing free body. Apabila ternyata pada keadaan yang sebenarnya berlawanan (berputar ke kiri), diberikan tanda negatif (-) sesuai dengan perjanjian tanda.

PORTAL DENGAN TITIK HUBUNG YANG TETAP

Yang dimaksud dengan portal dengan titik hubung yang tetap adalah suatu portal dimana pada tiap-tiap titik kumpulnya (titik hubungannya) hanya terjadi perputaran sudut, tanpa mengalami pergeseran titik kumpul. Sebagai contoh :

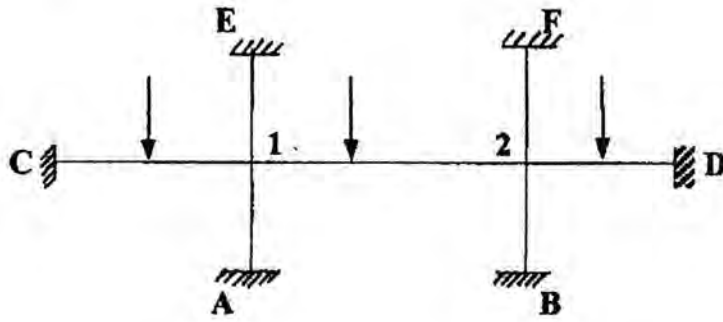
- Portal dengan struktur dan pembebanan yang simetris
- Portal dimana baik pada struktur balok maupun kolom-kolomnya disokong oleh suatu perletakan.

Oleh karena portal dengan titik hubung yang tetap tidak terjadi pergeseran pada titik-titik hubungannya, maka besarnya nilai momen parsial akibat pergeseran titik ($\bar{m}_{..}$) adalah = 0. Sehingga rumus dasar dari Takabeya (persamaan 4.4) akan menjadi :

$$M_{ab} = k_{ab} (2m_a + m_b) + \bar{M}_{ab} \quad \text{-----> Persamaan. 2.5}$$

$$M_{ba} = k_{ba} (2m_b + m_a) + \bar{M}_{ba}$$

Sebagai contoh, penerapan persamaan untuk Takabeya, perhatikan gambar berikut ini :



Gambar 3.3 Portal

Berdasarkan rumus dasar dari Takabeya, maka untuk struktur di atas, diperoleh persamaan :

$$\begin{aligned}
 M_{12} &= k_{12}(2m_1 + m_2) + \bar{M}_{12} \\
 M_{1A} &= k_{1A}(2m_1 + m_A) + \bar{M}_{1A} \\
 M_{1C} &= k_{1C}(2m_1 + m_C) + \bar{M}_{1C} \\
 M_{1E} &= k_{1E}(2m_1 + m_E) + \bar{M}_{1E}
 \end{aligned}
 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{Persamaan 4.6}$$

Keseimbangan di titik 1 = 0 $\implies \sum M_1 = 0$, sehingga :

$$M_{12} + M_{1A} + M_{1C} + M_{1E} = 0 \quad \text{Persamaan 4.7}$$

Dari persamaan 4.6 dan persamaan 4.7 menghasilkan :

$$2m_1 \begin{bmatrix} k_{12} \\ k_{1A} \\ k_{1C} \\ k_{1E} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_{12} \cdot m_2 \\ k_{1A} \cdot m_A \\ k_{1C} \cdot m_C \\ k_{1E} \cdot m_E \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{M}_{12} \\ \bar{M}_{1A} \\ \bar{M}_{1C} \\ \bar{M}_{1E} \end{bmatrix} = 0 \quad \text{Pers. 4.8}$$

dimana :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

$$2 \begin{bmatrix} k_{12} \\ k_{1A} \\ k_{1C} \\ k_{1E} \end{bmatrix} = \rho_1 \quad \text{dan} \quad \begin{bmatrix} \overline{M}_{12} \\ \overline{M}_{1A} \\ \overline{M}_{1C} \\ \overline{M}_{1E} \end{bmatrix} = \tau_1 \quad \text{dan} \quad \begin{aligned} \gamma_{12} &= k_{12} / \rho_1 \\ \gamma_{1A} &= k_{1A} / \rho_1 \\ \gamma_{1C} &= k_{1C} / \rho_1 \\ \gamma_{1E} &= k_{1E} / \rho_1 \end{aligned}$$

Persamaan 4. 8 di atas dpt ditulis sebagai pers. momen rotasi pada titik kumpul 1 persamaan 4.6 dan persamaan 4.7 menghasilkan :

$$\rho_1 \cdot m_1 = -\tau_1 + \begin{bmatrix} -k_{12} \cdot m_2 \\ -k_{1A} \cdot m_A \\ -k_{1C} \cdot m_C \\ -k_{1E} \cdot m_E \end{bmatrix}$$

$$m_1 = -(\tau_1 / \rho_1) + \begin{bmatrix} -\gamma_{12} \cdot m_2 \\ -\gamma_{1A} \cdot m_A \\ -\gamma_{1C} \cdot m_C \\ -\gamma_{1E} \cdot m_E \end{bmatrix} \rightarrow \text{Persamaan 4.9}$$

Untuk persamaan momen rotasi pada titik kumpul yang lainnya dapat dicari/ ditentukan seperti pada persamaan 4.9 di atas, dimana indeks/angka pertama diganti dengan titik kumpul yang akan dicari dan angka kedua diganti dengan titik kumpul yang berada di seberangnya. Perlu diingat, bahwa pada suatu perletakan jepit tidak terjadi putaran sudut sehingga besarnya $m_A = m_B = m_C = m_D = m_E = m_F = 0$

Untuk langkah awal pada suatu perhitungan momen rotasi titik kumpul, maka titik kumpul yang lain yang berseberangan dengan titik kumpul yang dihitung, dianggap belum terjadi rotasi. Sehingga :

$$m_1 = m_1^{(0)} = -(\tau_1 / \rho_1)$$

$$m_2 = m_2^{(0)} = -(\tau_2 / \rho_2)$$

$$m_1^{(1)} = -(\tau_1/\rho_1) + \begin{bmatrix} -\gamma_{12} \cdot m_2^{(0)} \\ -\gamma_{1A} \cdot m_A^{(0)} \\ -\gamma_{1C} \cdot m_C^{(0)} \\ -\gamma_{1E} \cdot m_E^{(0)} \end{bmatrix}$$

$$m_1^{(1)} = m_1^{(0)} + \begin{bmatrix} -\gamma_{12} \cdot m_2^{(0)} \\ -\gamma_{1A} \cdot m_A^{(0)} \\ -\gamma_{1C} \cdot m_C^{(0)} \\ -\gamma_{1E} \cdot m_E^{(0)} \end{bmatrix}$$

dan seterusnya dilakukan pada titik 2 sampai hasil yang konvergen (hasil-hasil yang sama secara berurutan pada masing-masing titik kumpul) yang berarti pada masing-masing titik kumpul sudah terjadi putaran sudut.

Setelah pemberesan momen-momen parsial mencapai konvergen, maka untuk mendapatkan momen akhir (design moment), hasil momen parsial selanjutnya disubstitusikan dalam persamaan 2. 6 sebagai persamaan dasar. Sebagai contoh : pemberesan momen parsial dicapai pada langkah ke-7 maka pada titik kumpul 1 adalah :

$$M_{12} = M_{12}^{(7)} = k_{12} (2m_1^{(7)} + m_2^{(7)}) + \bar{M}_{12}$$

$$M_{1A} = M_{1A}^{(7)} = k_{1A} (2m_1^{(7)} + m_a^{(7)}) + \bar{M}_{1A}$$

$$M_{1C} = M_{1C}^{(7)} = k_{1C} (2m_1^{(7)} + m_2^{(7)}) + \bar{M}_{1C}$$

$$M_{1D} = M_{1E}^{(7)} = k_{1E} (2m_1^{(7)} + m_a^{(7)}) + \bar{M}_{1E}$$

$$\text{Keseimbangan di titik kumpul 1} = 0 \implies \sum M_1 = 0$$

$$M_{12} + M_{1A} + M_{1C} + M_{1E} = 0$$

Apabila $\sum M_1 \neq 0$, maka momen-momen perlu dikoreksi.

Koreksi momen akhir :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

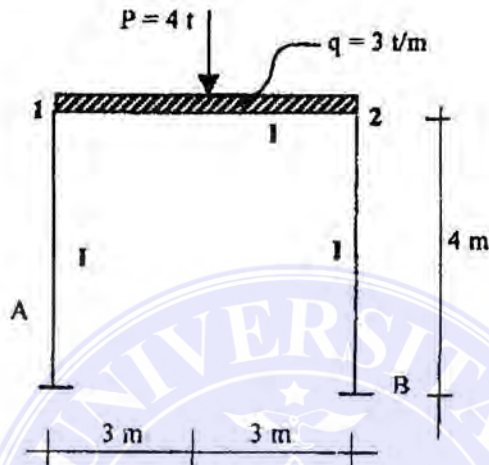
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

$$M_{12} = M_{12} \pm [(k_{12} / (k_{12} + k_{1A} + k_{1C} + k_{1E})) \times \Delta M]$$

Berikut ini diberikan beberapa contoh/kasus pada suatu konstruksi portal dengan titik kumpul yang tetap.

Contoh 1 : Hitung momen akhir dan reaksi perletakan dengan metode Takabeya



Penyelesaian:

A. Menghitung Momen-momen Parsiil.

1. Hitung Angka Kekakuan Batang (k)

$$K_{1A} = I/H = 1/4 = 0,2500 \text{ m}^3$$

$$K_{12} = I/L = 1/6 = 0,1667 \text{ m}^3$$

$$K_{2B} = I/H = 1/4 = 0,2500 \text{ m}^3$$

==> Konstanta K diambil = 1 m³

Jadi :

$$k_{1A} = K_{1A}/K = 0,2500, \quad k_{12} = K_{12}/K = 0,1667, \quad k_{2B} = K_{2B}/K = 0,2500$$

2. Hitung Nilai p tiap titik hubung :

$$\rho_1 = 2 (k_{1A} + k_{12}) = 2 (0,2500 + 0,1667) = 0,8333$$

$$\rho_2 = 2 (k_{12} + k_{2B}) = 2 (0,1667 + 0,2500) = 0,8333$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

3. Hitung Nilai γ (Koefisien Rotasi) batang :

$$\gamma_{1A} = k_{1A} / \rho_1 = 0,2500 / 0,8333 = 0,3$$

$$\gamma_{12} = k_{12} / \rho_1 = 0,1667 / 0,8333 = 0,2$$

$$\gamma_{21} = k_{21} / \rho_2 = 0,1667 / 0,8333 = 0,2$$

$$\gamma_{2B} = k_{2B} / \rho_2 = 0,2500 / 0,8333 = 0,3$$

4. Hitung Momen Primer (\bar{M}) :

$$\bar{M}_{12} = - (1/12 \cdot q \cdot L^2 + 1/8 \cdot P \cdot L) = - (1/12 \cdot 3 \cdot 6^2 + 1/8 \cdot 4 \cdot 6) = -12 \text{ tm}$$

$$\bar{M}_{21} = 12 \text{ tm}$$

5. Hitung Jumlah momen primer tiap titik hubung (τ) :

$$\tau_1 = \bar{M}_{12} + \bar{M}_{1A} = -12 + 0 = -12 \text{ tm}$$

$$\tau_2 = \bar{M}_{21} + \bar{M}_{2B} = 12 + 0 = 12 \text{ tm}$$

6. Hitung Momen rotasi Awal (m^0)

$$m_1^0 = - (\tau_1 / \rho_1) = - (-12 / 0,8333) = 14,40 \text{ tm}$$

$$m_2^0 = - (\tau_2 / \rho_2) = - (12 / 0,8333) = -14,40 \text{ tm}$$

B. Pembersan Momen-momen Parsiil

Pembersan momen parsiil dimulai dari titik 1 ke titik 2 dan kembali ke titik 1 kemudian ke titik 2 dan seterusnya, secara beraturan.

Langkah 1

$$m_1^1 = m_1^0 + (-\gamma_{12} \cdot m_2^0) = 14,40 + (-0,2 \cdot 14,400) = 11,520$$

$$m_2^1 = m_2^0 + (-\gamma_{21} \cdot m_1^1) = -14,40 + (-0,2 \cdot 11,520) = -16,704$$

Langkah 2

$$m_1^2 = m_1^0 + (-\gamma_{12} \cdot m_2^1) = 14,40 + (-0,2 \cdot -16,704) = 17,741$$

$$m_2^2 = m_2^0 + (-\gamma_{21} \cdot m_1^2) = -14,40 + (-0,2 \cdot 17,741) = -17,948$$

Langkah 3

$$m_1^3 = m_1^0 + (-\gamma_{12} \cdot m_2^2) = 14,40 + (-0,2 \cdot -17,948) = 17,990$$

$$m_2^3 = m_2^0 + (-\gamma_{21} \cdot m_1^3) = -14,40 + (-0,2 \cdot 17,990) = -17,998$$

Langkah 4

$$m_1^4 = m_1^0 + (-\gamma_{12} \cdot m_2^3) = 14,40 + (-0,2 \cdot -17,998) = 18,000$$

$$m_2^4 = m_2^0 + (-\gamma_{21} \cdot m_1^4) = -14,40 + (-0,2 \cdot -17,998) = -18,000$$

Langkah 5

$$m_1^5 = m_1^0 + (-\gamma_{12} \cdot m_2^4) = 14,40 + (-0,2 \cdot -18,000) = 18,000$$

$$m_2^5 = m_2^0 + (-\gamma_{21} \cdot m_1^5) = -14,40 + (-0,2 \cdot 18,000) = -18,000$$

Perhitungan Momen Akhir (design moment).

$$\begin{aligned} M_{12} &= M_{12}^{(5)} = k_{12} (2m_1^{(5)} + m_2^{(5)}) + \bar{M}_{12} \\ &= 0,16667 (2 \cdot 18,000 + -18,000) + (-12) = -9,000 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{1A} &= M_{1A}^{(5)} = k_{1A} (2m_1^{(5)} + m_A^{(5)}) + \bar{M}_{1A} \\ &= 0,2500 (2 \cdot 18,000 + 0) + 0 = 9,000 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{21} &= M_{21}^{(5)} = k_{21} (2m_2^{(5)} + m_1^{(5)}) + \bar{M}_{21} \\ &= 0,16667 (2 \cdot -18,000 + 18,000) + (12) = 9,000 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{2B} &= M_{2B}^{(5)} = k_{2B} (2m_2^{(5)} + m_B^{(5)}) + \bar{M}_{2B} \\ &= 0,2500 (2 \cdot -18,000 + 0) + 0 = -9,000 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_{A1} = M_{A1}^{(5)} = k_{A1} (2m_A^{(5)} + m_1^{(5)}) + \bar{M}_{A1}$$

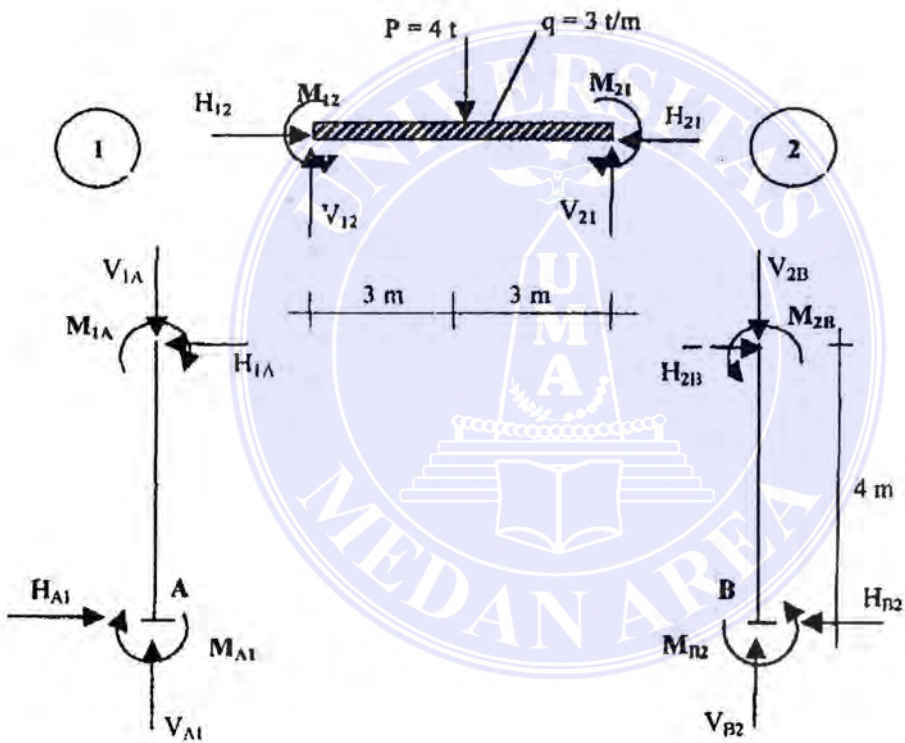
$$= 0,2500 (2,0 + 18,000) + (0) = 4,5000 \text{ tm}$$

$$M_{B2} = M_{B2}^{(5)} = k_{B2} (2m_B^{(5)} + m_2^{(5)}) + \bar{M}_{B2}$$

$$= 0,2500 (2,0 + -18,000) + (0) = -4,5000 \text{ tm}$$

Catatan : Oleh karena pada suatu perletakan jepit tidak terjadi perputaran sudut, maka besarnya nilai $m_A = m_B = 0$.

Diagram Fase Body Momen Struktur.



Reaksi Perletakan :

$$\sum M_1 = 0 \text{ (tinjau batang 1 A)}$$

$$H_A = H_{A1} = (M_{A1} + M_{1A}) / 4 = (4,500 + 9,00) / 4 = 3,375 \text{ ton (arah } \Rightarrow \text{)}$$

$$\sum M_2 = 0 \text{ (tinjau batang 2 B)}$$

$$H_B = H_{B2} = (M_{B2} + M_{2B}) / 4 = (4,500 + 9,00) / 4 = 3,375 \text{ ton (arah } \Leftarrow \text{)}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)4/1/24

$$\sum M_2 = 0 \text{ (tinjau batang 1 2)}$$

$$V_{12} \cdot 6 - P \cdot 3 - \frac{1}{2} q L^2 + M_{21} - M_{12} = 0$$

$$V_{12} = (P \cdot 3 + \frac{1}{2} q L^2 - M_{21} - M_{12}) / 6$$

$$V_{12} = (4 \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 6^2 - 9,000 + 9,000) / 6 = 11,000 \text{ ton}$$

$$V_A = V_{A1} = V_{12} = 11,000 \text{ ton}$$

$$\sum M_1 = 0 \text{ (tinjau batang 1 2)}$$

$$-V_{21} \cdot 6 + P \cdot 3 + \frac{1}{2} q L^2 + M_{21} - M_{12} = 0$$

$$V_{21} = (P \cdot 3 + \frac{1}{2} q L^2 + M_{21} - M_{12}) / 6$$

$$V_{21} = (4 \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 6^2 + 9,000 - 9,000) / 6 = 11,000 \text{ ton}$$

$$V_B = V_{B2} = V_{21} = 11,000 \text{ ton}$$

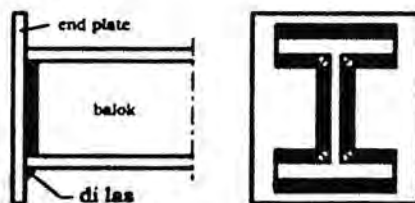
Catatan : Arah momen pada diagram freebody di atas sudah merupakan arah yang sebenarnya, sehingga nilai momen yang digunakan dalam perhitungan sudah merupakan nilai positif (+).

3.5. SAMBUNGAN

1. Sambungan Momen

a. End plate connection

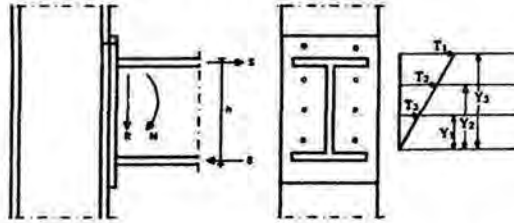
Untuk menghubungkan kolom dengan balok, pada ujung balok di beri *end plate*, yang selanjutnya antara *end plate* dengan kolom disambung dengan baut/paku keling. *End plate* dihubungkan dengan las kepada ujung balok seperti diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 3.4 End Plate Connection

Hubungan antara kolom dengan balok

Cara mencari besarnya gaya tarik maksimum baut/paku keling yang teratas sama dengan cara pendekatan. Jadi baut/paku keling yang paling atas menerima gaya tarik $\frac{1}{2} T_1$ dan gaya geser $R/8$.



Gambar 3.5 Hubungan Balok-Kolom pada End Plate Connection

End plate akibat gaya tarik P akan melentur dalam *double curvature*. Besarnya momen lentur per baut ialah :

$$M = F_1 \times \frac{1}{2} e$$

Momen tahanan dari bagian pelat untuk satu baut :

dimana :

$$W = \frac{s \cdot t^2}{6}$$

t = tebal pelat sayap (*flange T*)

s = (lihat gambar)

$$t_{min} = \sqrt{\frac{3 \cdot F_1 \cdot e}{s \cdot \sigma}}$$

$F_1 = \frac{1}{4} P$, yaitu untuk 1 baut/paku keling

1. Framed connection dan Seat connection

Selain *Rigid connection (moment connection)*, sambungan antara kolom dengan balok atau balok dengan balok, masih ada lagi jenis sambungan yang lain, yaitu :

- a. Framed Connection (*flexible connection*), hanya memikul gaya reaksi saja tanpa memikul momen.
- b. Seat Connection : hanya memikul gaya reaksi saja tanpa memikul momen.

a. Framed connection (*flexible connection*)

Sambungan kolom-balok :

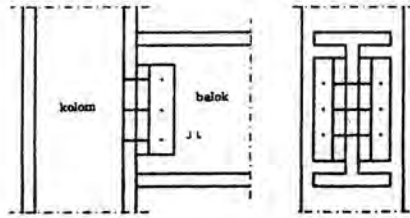
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



Gambar 3.6 Detail Frame Connection (balok-kolom)

Prinsip-prinsip perancangan sambungan *Frame Connection* diuraikan sebagai berikut:

- Baut/Paku yang menghubungkan balok dengan baja L memikul gaya reaksi dari balok.
- Baut/Paku yang menghubungkan flange kolom dengan baja L juga memikul gaya reaksi dari balok tadi.
- Tebal minimum baja siku L harus dipilih sedemikian rupa untuk memenuhi

persyaratan berikut :

$$t \geq 0,314 d$$

dimana:

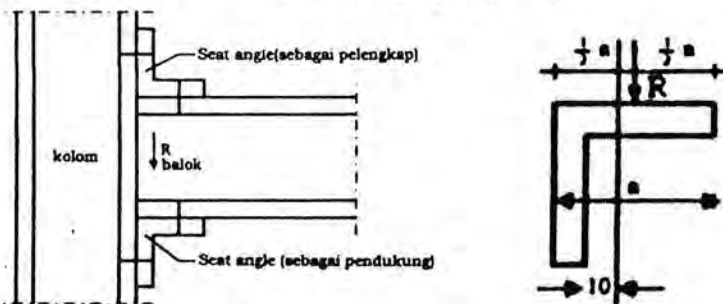
t = tebal baja siku.

d = diameter baut.

b. *Seat connection*

Seat connection merupakan tipe sambungan yang hanya memikul reaksi saja tanpa memikul momen. Terdapat dua macam *seat connection*, yaitu :

1. *Unstiffened seat connection*(tanpa pengaku)

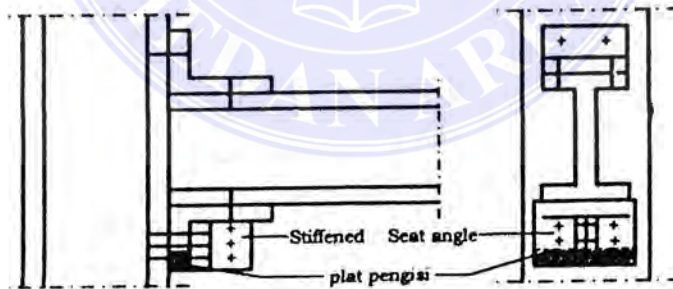


Gambar 3.7 Detail Unstiffened Seat Connection

Prinsip perancangan sambungan *unstiffened seat connection* diuraikan sebagai berikut:

- Reaksi balok disini diterima oleh *seat angle*, diteruskan oleh *seat angle* pada kolom melalui baut.
- Mengingat kemampuan baja L pendukung, reaksi balok yang didukung maksimum ≤ 8 ton.
- Bila reaksi balok yang didukung > 8 ton, dipakai *stiffened seat connection*
- Baja siku pendukung pada *unstiffened seat connection* ini harus diperiksa tegangan geser dan tegangan geser yang terjadi pada penampang berbahaya/kritis.
- Penampang berbahaya dari *seat angle* terletak 10 mm dari permukaan kaki *seat angle* yang tegak.
- Gaya reaksi bekerja di tengah-tengah bidang kaki *seat angle* yang mendatar.
- *Cleat angle* (baja L pelengkap) berfungsi mencegah Bergeraknya bagian atas dari balok, tetapi *cleat angle* tidak ikut mendukung gaya reaksi vertikal.

2. Stiffened seat connection (dengan pengaku)



Gambar 3.8 Detail Unstiffened Seat Connection

Sambungan *stiffened seat connection* mirip dengan *unstiffened seat connection*, bedanya hanya diperkuat dengan pengaku pada seat angle. Prinsip-prinsip perancangan sambungan *stiffened seat connection* ini diuraikan sebagai berikut :

- a. Seat angle diberi pengaku yang terdiri dari 2 baja siku yang setangkup (γ γ), yang dipasang rapat pada *seat angle*.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa menyebutkan sumber

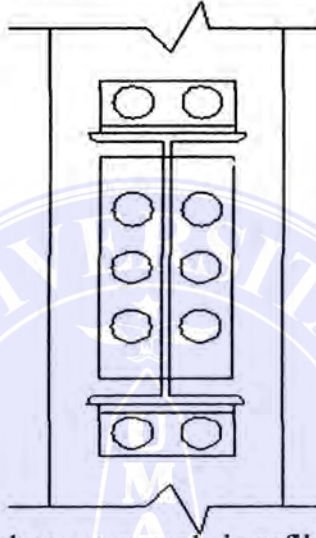
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

- b. Dapat menahan gaya reaksi vertikal yang lebih besar.
- c. Tegangan tumpu (*bearing stress*) yang terjadi pada baja pendukung dan pengaku tidak boleh melebihi tegangan tumpu izin : $\sigma_b = 1,35 \sigma$

2. Sambungan Baut Mengalami Gaya Aksial Akibat Momen

Pada sambungan antara balok dan kolom, baut yang mengikat baja siku akan menerima tegangan tarik dan tekan. Oleh karena itu baut yang berada diatas garis netral akan tertarik dan baut yang berada dibawah garis netral akan tertekan.



Gambar 3.9 sambungan memakai profil L

Untuk menghitung tegangan yang terjadi pada baut dapat digambarkan oleh luasan bidang pengganti atau luasan rata-rata (luasan tertarik) yang berupa sebuah persegi panjang dengan lebar.

$$A = A_b \times \frac{m}{s} \times \frac{\sigma_{bt}}{\sigma_{pr}}$$

Dimana :

A_b = luasan baut (cm^2)

m = jumlah baris baut

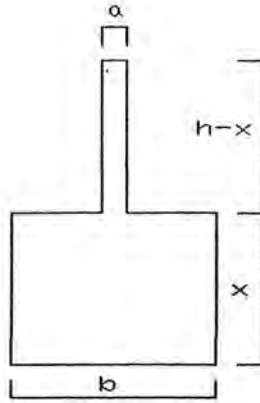
s = jarak sumbu ke sumbu baut (cm)

σ_{bt} = tegangan ijin baut (kg/cm^2)

σ_{pr} = tegangan ijin profil (kg/cm^2)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang



Gambar 3.10 Luasan Pengganti

Lebar bagian baja siku penghubung yang tertekan adalah sama dengan kaki baja siku tersebut yang menekan flens kolom.

Menentukan garis netral:

$$A(h-x)\left(\frac{h-x}{2}\right) = b \cdot x \cdot x/2$$

$$(b-a) \cdot x^2 + 2 \cdot a \cdot h \cdot x - a \cdot h^2 = 0$$

Dari persamaan tersebut diperoleh harga x, yaitu letak garis netral. Tegangan maksimum akibat momen yang terjadi pada baut (baut paling atas), adalah sama dengan tegangan maksimum yang terjadi pada luasan pengganti ini.

$$\text{Momen inersia : } I_x = 1/3 \cdot a \cdot (h-x)^3 + 1/3 \cdot b \cdot x^3$$

$$\text{Momen tahanan : } W_x = \frac{I_x}{(h-x)}$$

Tegangan tarik maksimum yang terjadi (untuk dua baris baut) adalah:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{M(h-x)}{I_x} \times \frac{\sigma_{bt}}{\sigma_{pr}}$$

tegangan geser: disamping tegangan tarik geser diatas, maka baut tersebut juga mendapat gaya geser. Apabila sebaris baut adalah n, maka tiap baut mendapat gaya sebesar P/n, sehingga tegangan geser rata-rata yang terjadi pada tiap baut adalah:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

$$\tau = \frac{P/n}{A_b} = \frac{p/n}{\frac{1}{4}\pi d^2}$$

Tegangan kombinasi : karena momen dan gaya geser bekerja pada saat yang sama, maka tiap baut akan mendapaty kombinasi tegangan aksial dan tegangan geser. Maka tegangan kombinasi yang terjadi haruslah memenuhi syarat:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 1,56(\tau)^2} \leq \sigma_{bt}$$

Dimana

σ_i = tegangan idiil (kg/cm^2)

σ = tegangan aksial yang terjadi (kg/cm^2)

τ = tegangan geser yang terjadi (kg/cm^2)

σ_{bt} = tegangan ijin baut (kg/cm^2)

cara untuk menghitung tegangan aksial pada baut akibat momen tersebut dinamakan Transformed Area Methode (metode luasan pengganti).

3. Sambungan Las

Jenis-jenis las yang sering dijumpai antara lain:

1. Las tumpul (groove welds), las ini dipakai untuk menyambung batang-batang sebidang, karena las ini harus menyalurkan secara penuh beban yang bekerja, maka las ini harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang yang disambungny. Las tumpul dimana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang tebal penuh sambungan dinamakan las tumpul penetrasi penuh. Sedangkan bila tebal penetrasi lebih kecil daripada tebal penuh sambungan, dinamakan las tumpul penetrasi sebagian.
2. Las sudut (fillet welds), tipe las ini paling banyak dijumpai dibandingkan tipe las yang lain, 80% sambungan las menggunakan tipe las sudut. Tidak memerlukan presisi tinggi dalam pengerjaannya.

Las sudut tergantung dari tempat dimana ia harus memikul. Jenis ini dibagi menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut:

- a. Las kepala (koplas), disini tegak lurus pada arah gaya.
- b. Las sisi (Zijlas), disini sejajar arah gaya.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

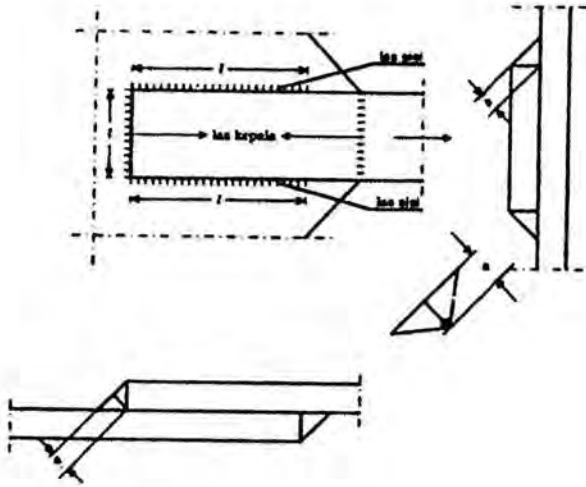
Document Accepted 4/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)4/1/24



Gambar 3.11 Las sudut

Umumnya las sudut penampangannya merupakan segitiga siku-siku sama kaki, sehingga penampang terkecilnya melalui garis tinggi pada sisi miring dari Δ siku-siku sama kaki (a).

Kalau panjang las = l, maka luas terkecil dari las ialah: $A = a.l$

Ukuran terbesar dari a, umumnya tergantung dari tebal terkecil dari bahan yang disambung. Pada umumnya $a_{min} = 4mm$

Untuk konstruksi yang lebih kecil $a_{min} = 3mm$

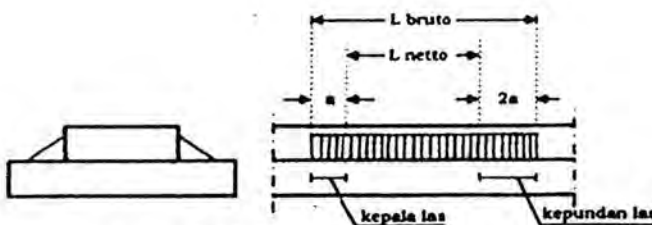
Dalam perhitungan dipakai panjang netto las, dimana $l_{netto} = l_{brutto} - 3a$

Untuk las sudut:

$$L_{min} = 8a \text{ atau } L_{min} = 40 \text{ mm ; } L_{max} = 40a$$

Bila s adalah tebal pelat yang disambung, maka:

$$a \leq \frac{1}{2} s \sqrt{2} = 0,7 s$$



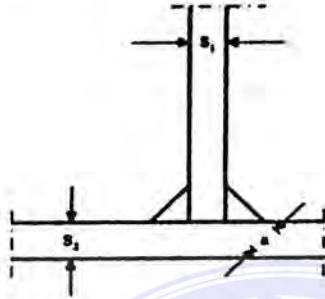
Gambar 3.12 Ukuran las a

Panjang kepala las = a

Panjang kepundan las = 2a

Maka panjang $L_{netto} = L_{bruto} - 3a$

Ukuran las (a) untuk bermacam-macam keadaan sebagai berikut:



Gambar 3.13 Ukuran las a dan s tebal pelat

Jika $s_1 < s_2$, maka $a \leq 0,7 s_1$

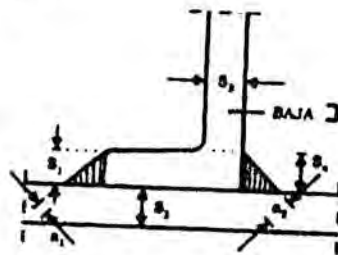
Dalam hal khusus $a = s_1$



Gambar 3.14

Jika $s_1 < s_2$, maka $a_1 \leq 0,7s_1$

Jika $1,2 s_1 < s_2$, maka $a_2 \leq 0,7 \times 1,2s_1$



Gambar 3.15 Ukuran las a dan s tebal pelat

Jika $s_1 < s_2$, maka $a_1 \leq 0,7s_1$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

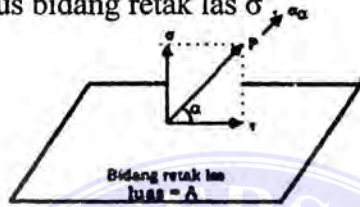
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Jika $s_4 < s_2$, maka $a_2 \leq 0,7s_4$

Bila suatu gaya P yang bersudut α terhadap bidang retak las akan terjadi tegangan miring σ_α yang bersudut α juga terhadap bidang retak las. Tegangan miring yang diijinkan ialah:

$$\bar{\sigma}_\alpha = c \cdot \bar{\sigma}_\alpha$$

Tegangan α ini mempunyai komponen yang terletak pada bidang retak las, ialah τ , dan komponen yang tegak lurus bidang retak las σ



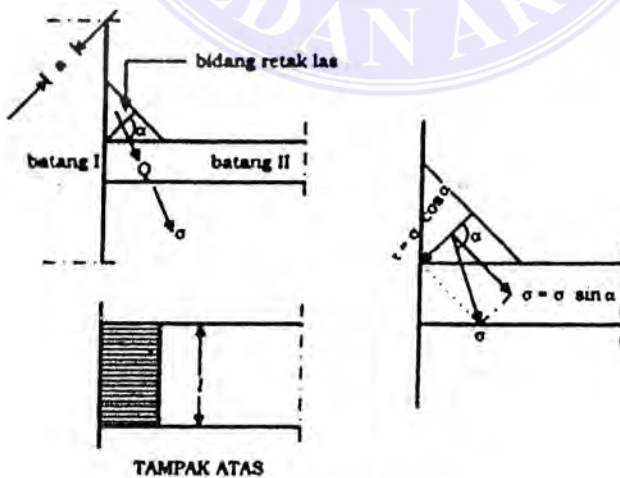
Gambar 3.16 Bidang retak las

Tegangan σ_α yang terjadi = P/A dimana P adalah gaya yang arahnya bersudut α terhadap bidang retak las dan A adalah luas bidang retak las.

Dengan adanya komponen-komponen σ dan τ maka terjadi tegangan idiiil:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

mencari besarnya c adalah sebagai berikut:



Gambar 3.17 Bidang retak las

Gaya Q bekerja terhadap bidang retak las (selebar a dan sepanjang l) bersudut α terhadap bidang retak las. Akibat gaya Q terjadi σ_α yang komponennya σ dan τ .

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$= \sqrt{\sigma_\alpha^2 \sin^2 \alpha + 3\sigma_\alpha^2 \cos^2 \alpha}$$

Untuk $\sigma_i = \bar{\sigma}$ dan $\sigma_\alpha = \bar{\sigma}_\alpha$, maka

$$\bar{\sigma} = \bar{\sigma}_\alpha \sqrt{\sin^2 \alpha + 3\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{\bar{\sigma}_\alpha}{\bar{\sigma}} = \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3\cos^2 \alpha}}$$

$$\bar{\sigma}_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3\cos^2 \alpha}} \bar{\sigma}$$

$$\bar{\sigma}_\alpha = c \bar{\sigma}$$

$$\frac{\bar{\sigma}_\alpha}{\bar{\sigma}} = c$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3\cos^2 \alpha}}$$

Selanjutnya harga c ini untuk bermacam-macam sudut dicantumkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3.3 Harga c

α	σ_α/σ	α	σ_α/σ	α	σ_α/σ
0°	0,58	35°	0,65	70°	0,9
5°	0,58	40°	0,68	75°	0,94
10°	0,58	45°	0,71	80°	0,94
15°	0,59	50°	0,74	85°	0,97
20°	0,6	55°	0,78	90°	1
25°	0,61	60°	0,82		
30°	0,63	65°	0,86		

Sumber: Konstruksi Baja, Oentoeng

Bila $\alpha = 0$

Q bekerja pada bidang retak las, tidak ada tegangan normal σ , yang ada

ialah tegangan geser τ .

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

$$\bar{\sigma}_\alpha = 0,58\bar{\sigma} \rightarrow \bar{\sigma}_\alpha = \bar{\tau}_\alpha = 0,58\bar{\sigma}$$

Jika $\alpha = 45^\circ$; $\bar{\sigma}_\alpha = 0,71\bar{\sigma}$

Jika $\alpha = 90^\circ$

Q bekerja \perp bidang retak las, sehingga tidak ada tegangan geser τ .

$$\bar{\sigma}_\alpha = \bar{\sigma}$$

Catatan:

Mengenai las ini, PPBBI 1983 masih memakai peraturan Belanda TGB 1949 (*Technise Grondslagen voor Bouwvoorschriften 1949*). Di negeri Belanda sendiri sudah dipakai TGB 1970 Staal, dimana dasar perhitungan idiil dari las bukan lagi:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

melainkan memakai:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 1,8\tau^2}$$

dengan demikian harga c yang didapat lebih besar dari harga c yang didasarkan:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

sehingga kemampuan las dengan ukuran yang sama adalah lebih besar, jadi lebih ekonomis. Mungkin alasan PPBBI 1983 memakai cara lama, karena kurang yakin akan keahlian tukang las di Indonesia.

3. Las baji dan pasak (slot and plug welds), jenis las ini biasanya digunakan bersama-sama dengan las sudut. Manfaat utamanya adalah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila ukuran panjang las terbatas oleh panjang yang tersedia untuk las sudut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perhitungan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisis sambungan diperoleh data sambungan las merupakan sambungan yang lebih kuat dimana didapat data sebagai berikut:
 - a. Tebal pelat penyambung 15 mm
 - b. Kontrol terhadap momen $\sigma_a = 1237,777 \text{ kg/cm}^2$
 - c. Kontrol terhadap geser $\tau = 261,009 \text{ kg/cm}^2$
 - d. Tegangan ijin idiil $\sigma_i = 1279,99 \text{ kg/cm}^2 \leq 2400 \text{ kg/cm}^2$
 - e. Tebal las 6mm
2. Dari segi efisiensi pelaksanaan dilapangan pemakaian sambungan baut merupakan sambungan yang paling efisien, karena pengerjaannya lebih praktis/mudah, juga memiliki kekuatan yang cukup tinggi. Kekuatan dari sambungan tersebut dipengaruhi oleh, jumlah baut, susunan baut, jarak antar baut, diameter baut, tebal pelat penyambung, besar gaya yang terjadi begitu juga dengan tebal las.

5.2 Saran

1. Dalam menganalisis kekuatan dari suatu konstruksi sebenarnya bukan hanya gaya dalam, Momen (M), Lintang (D), dan Normal (N) saja yang harus diperhitungkan, tetapi momen torsi yang bekerja juga seharusnya diperhitungkan, diharapkan apabila ada mahasiswa yang melanjutkan skripsi ini agar melanjutkan sampai dengan perhitungan torsi.