

# **POLA SAMBUNGAN PADA BATANG KUDA-KUDA KONSTRUKSI BAJA ( STUDI LITERATUR )**

**TUGAS AKHIR**  
Di Ajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana

Oleh :

**REZA FAHLEVI**  
**NIM : 07 811 0005**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2011**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

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)28/12/23

# POLA SAMBUNGAN PADA BATANG KUDA-KUDA KONSTRUKSI BAJA ( STUDI LITERATUR )

Oleh :

**REZA FAHLEVI**  
NIM : 07 811 0005



Disetujui :

Pembimbing I ,

Pembimbing II ,

  
**Ir. H. Edy Hermanto , MT**

  
**Ir. H. Subur Panjaitan, MT**

Mengetahui :

Dekan ,

Ka . Program Studi ,



**Ir. Hj. Haruza AS, MT**



  
**Ir. Kamaluddin Lubis , MT**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/12/23

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

## KATA PENGANTAR



**Assalamu a'laikum.**

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayah Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“ Pola Sambungan Pada Batang Kuda – Kuda Konstruksi Baja ( Studi Literature )”**.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh guna meraih gelar sarjana Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah banyak mendapat bantuan mulai dari awal penulisan sampai akhir penyelesaian skripsi ini, dan melalui kesempatan ini penulis mengucapkan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Drs. H. M. Erwin Siregar MBA sebagai ketua badan pengurus harian Yayasan Pendidikan Haji Agus Salim ( YPHAS ) Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. DR. H.A.Ya'kub Matondang MA, selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Hj. Haniza.A.S MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
4. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis MT selaku ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area..
5. Bapak Ir. H. Edi Hermanto MT selaku Dosen Pembimbing I.

6. Bapak Ir. H . Subur Panjaitan MT, selaku dosen pembimbing II.
7. Tim penguji Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
8. Bapak Ir. H. Zainal Arifin Msc, Ir. Kamaluddin Lubis, Ir. Amsuardiman, Ir. Melloukey Ardan MT, dan Ibu Ir. Nurmaidah MT beserta Ibu Ir. Nuril Mahda MT yang tidak jemu-jemunya mengajari, membimbing, memotivasi, menasehati dan mendo'akan saya selama mengikuti perkuliahan di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.
9. Kedua Orang Tua penulis, yang telah banyak memberikan dorongan baik moral maupun materi serta do'a untuk penulis selama ini.
10. Seluruh rekan – rekan Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Medan Area, serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
11. Semua Staf pengajar dan karyawan pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa isi maupun teknik penulisannya masih jauh dari kesempurnaan, maka untuk itu penulis mengharapkan kritik maupun saran dari para pembaca yang bersifat positif demi menyempurnakan dari penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan bagi mahasiswa teknik sipil pada khususnya.

Wassalam

Medan, September 2011

Penyusun



## ABSTRAK

Suatu Balok baja yang pada kedua ujungnya disambungkan terhadap Balok – kolom dengan menggunakan sambungan memakai baut, maka balok diatas merupakan konstruksi statis tertentu, karena kedua ujung tersebut bersifat sendi . akan tetapi bila sambungan pada kedua ujung menggunakan beberapa baut atau pun dilas, maka akan terbentuk konstruksi statis momen tidak tentu, karena sambungan tidak dapat lagi berputar bebas. Dalam keadaan ekstrim sambungan dapat bersifat kaku sempurna ( rigid ), dimana sudutnya adalah Nol.

Akan tetapi pada sambungan – sambungan yang menggunakan paku keeling/ baut selalu akan terjadi deformasi elastis, yang mengakibatkan sifat kaku sempurna tidak tercapai. Sambungan menjadi semi kaku ( semi rigid ). Keberadaan lain dari suatu sambungan ( sendi , semi kaku atau kaku sempurna ) atau dengan kata lain tingkat kekakuan dari sambungan , akan mempengaruhi besarnya perubahan bentuk ( lenturan atau pun putaran sudut ) dan gaya gaya dalam ( momen lentur , gaya lintang , gaya normal dan torsi ) pada analisis strukturnya.

Pada tugas akhir ini, gaya dalam yang dibahas hanya momen lentur M, yang bekerja pada sambungan. Gaya lintang D, Gaya normal N dan torsi ( momen punter ) T yang seharusnya turut bekerja pada sambungan tidak diikutkan . dari hasil analisis di peroleh Teg. Geser Baut = 66377,14 N, Teg. Tumpu = 111888 N . Teg. Geser Las = 658440 N. Teg. Tumpu = 673437,1257 N dan Teg.Geser Paku = 80347,3 N. Teg. Tumpu = 271391 N. Terlihat bahwa tipe sambungan Las mempunyai kekuatan sambungan yang paling tinggi jika besar gaya yang bekerja sama besar, dan sambungan yang paling efisien adalah jenis sambungan baut, dimana dalam pekerjaannya dilapangan paling praktis diantara ketiga jenis sambungan yang dibahas dan memiliki nilai kekuatan yang cukup tinggi.

**Kata kunci :** Sambungan balok dan kolom konstruksi baja.

## ABSTRACT

*A steel beam at both ends are connected to the beam - a column by using a connection using bolts, then the beams above a certain static construction, because both ends of the joints are. but if the connection at both ends using a few bolts or welded, it will form the static moments of the construction is not necessarily, because the connection can no longer rotate freely. In extreme circumstances the connection may be perfectly rigid (rigid), where the angle is zero.*

*However, the connection - a connection that uses Keeling nails / bolts are always going to happen elastic deformation, which results in perfect inelasticity is not reached. A semi-rigid connections (semi rigid). Another existence of a connection (joints, semi-rigid or rigid perfect) or in other words the stiffness of the connection, will affect the magnitude of deformation (bending or rotation angle) and the style in style (bending moment, the style of latitude, the normal force and torque ) on the analytical structure.*

*In this thesis, the style in which discussed only the bending moment  $M$ , acting on the connection. Style latitude  $D$ ,  $N$  normal force and torque (moment punter)  $T$  which should also work on the connection is not included. analytical results obtained from the TEG. Slide Bolts = 66377.14 N, TEG. Pivot = 111 888 N. TEG. Scroll Las = 658 440 N. TEG. Fulcrum  $N = 673,437.1257$  and Teg. Geser Paku = 80347.3 N. TEG. Pivot = 271 391 N. Las seen that type of connection has the power connection is highest when a large force acting as large, and the most efficient connection is kind of bolted connection, which in most practical field work among the three types of connections are discussed and have a fairly high strength values.*

**Key words :** *Connection of stell beam and column construction.*

## DAFTAR ISI

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| <b>Kata pengantar.....</b> | <b>i</b>    |
| <b>Abstrak.....</b>        | <b>iii</b>  |
| <b>Daftar Isi.....</b>     | <b>v</b>    |
| <b>Daftar Tabel .....</b>  | <b>viii</b> |
| <b>Daftar Gambar.....</b>  | <b>ix</b>   |
| <b>Daftar Notasi .....</b> | <b>xi</b>   |

### BAB I PENDAHULUAN

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang.....    | 1 |
| 1.2 Maksud dan tujuan..... | 4 |
| 1.3 Permasalahan.....      | 4 |
| 1.4 Metode penelitian..... | 4 |
| 1.5 Kerangka berpikir..... | 5 |

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 2.1 Umum.....                      | 6  |
| 2.2 Sifat bahan baja.....          | 7  |
| 2.3 Sambungan.....                 | 12 |
| 2.3.1 Permodelan sambungan .....   | 13 |
| 2.3.2 Tipe – tipe sambungan .....  | 19 |
| 2.3.3 Jenis alat penyambung .....  | 21 |
| A . Baut .....                     | 21 |
| B . Las .....                      | 28 |
| 2.3.4 Sambungan balok rangka ..... | 37 |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 2.3.5  | Sambungan sudut portal kaku .....                   | 40 |
| 2.3.6  | Sambungan kolom ke balok menerus .....              | 42 |
| <b>BAB III METODE ANALISIS SAMBUNGAN BAJA ANTARA BALOK<br/>DAN KOLOM</b> |   |    |
| 3.1  | Sambungan penahan momen .....                       | 44 |
| 3.2  | Sambungan penahan momen yang direncanakan .....     | 46 |
| 3.3  | Kekuatan sambungan baut .....                       | 47 |
| 3.3.1  | Kekuatan geser baut .....                           | 47 |
| 3.3.2  | Kekuatan Desak ( tumpu ) baut .....                 | 49 |
| 3.3.3  | Sambungan baut mengalami pembebanan Eksentris ..... | 52 |
| A.   | Baut yang memikul gaya geser .....                  | 53 |
| B.   | Baut mengalami gaya aksial akibat momen .....       | 57 |
| C.   | Baja siku dengan baut yang mendapat tarikan .....   | 60 |
| 3.4  | Kekuatan sambungan Las .....                        | 62 |
| 3.4.1  | Kekuatan sambungan Las .....                        | 62 |
| 3.4.2  | Kekuatan Las sudut .....                            | 63 |
| 3.4.3  | Sambungan Las yang Eksentris .....                  | 66 |
| <b>BAB IV APLIKASI</b>   |   |    |
| 4.1  | Perhitungan sambungan baut .....                    | 76 |
| 4.1.1.   | Perhitungan Baut A .....                            | 77 |
| 4.1.2.   | Perhitungan Baut B .....                            | 80 |
| 4.2  | Perhitungan sambungan las .....                     | 83 |
| 4.2.1.   | Perhitungan las A .....                             | 83 |
| 4.2.2.   | Perhitungan las B .....                             | 86 |



|                            |   |     |
|----------------------------|---|-----|
| 4.3                        | perhitungan sambungan paku keling ..... | 90  |
| <b>BAB V KESIMPULAN</b>    |   |     |
| 5.1                        | Kesimpulan .....                        | 96  |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b> |   | xii |



## DAFTAR TABEL

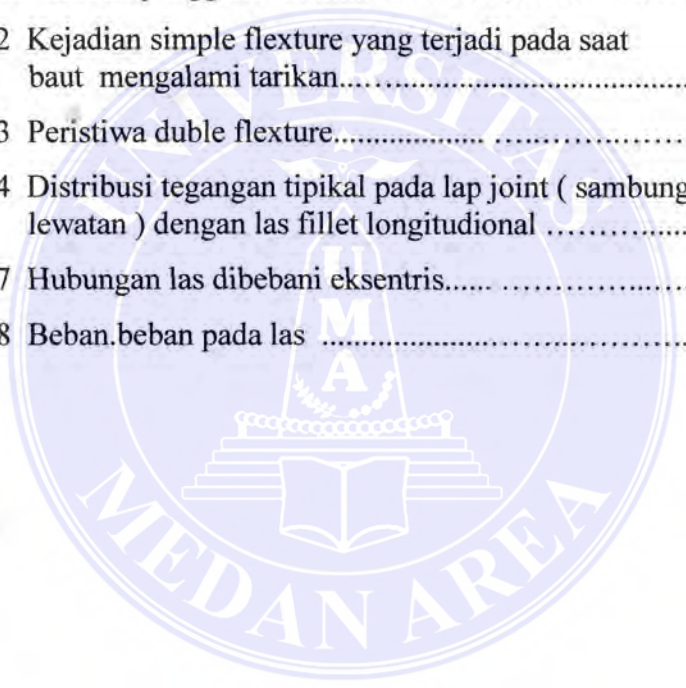
|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabel 2.1 | Harga tegang leleh .....                   | 11 |
| Tabel 2.2 | Sifat – sifat baja .....                   | 22 |
| Tabel 2.3 | Harga faktor geser permukaan .....         | 27 |
| Tabel 2.4 | Analisa kimia ideal dari baja karbon ..... | 30 |
| Tabel 2.5 | Harga c untuk beberapa $\alpha$ .....      | 36 |



## DAFTAR GAMBAR

|        |   |    |
|--------|---|----|
| Gambar | 1.1 gambar bagan alur penulisan .....   | 5  |
| Gambar | 2.1 Hubungan tegangan regangan untuk uji tarik pada baja lunak...                                     | 9  |
| Gambar | 2.2 Penentuan tegangan leleh .....  | 11 |
| Gambar | 2.3 Deformasi rotasi sambungan .....  | 13 |
| Gambar | 2.4 Kurva $M . \theta$ r sambungan .....  | 14 |
| Gambar | 2.5 Tipe sambungan ( a ) single web. angle dan ( b ) single plate....                                 | 16 |
| Gambar | 2.6 Tipe sambungan double single web. angle .....   | 16 |
| Gambar | 2.7 Tipe sambungan Top and seat web. angle with –<br>double web.angle.....                            | 17 |
| Gambar | 2.10 Tipe sambungan flush end plate .....   | 17 |
| Gambar | 2.13 Pengaruh deformasi elastis terhadap sambungan top and<br>Seat angle dengan double web angle..... | 18 |
| Gambar | 2.14 Mekanisme collapse pada tipe sambungan top and<br>seat angle dengan double web angle .....       | 18 |
| Gambar | 2.17 Hubungan antara tegangan tarik dengan<br>perpanjangan batang baut.....                           | 26 |
| Gambar | 2.18 Tipe. tipe las .....   | 30 |
| Gambar | 2.19 Tipe.tipe las groove .....   | 31 |
| Gambar | 2.20 Penggunaan las groove pada sambungan T .....   | 32 |
| Gambar | 2.21 Kegunaan tipical las fillet .....  | 33 |
| Gambar | 2.22 Las slot dan las plug dalam kombinasi dengan las fillet.....                                     | 33 |
| Gambar | 2.23 Tebal las .....  | 34 |
| Gambar | 2.24 Gaya p yang membentuk sudut $\alpha$ terhadap<br>bidang retak las .....                          | 35 |
| Gambar | 2.25 Gaya P izin yang dapat dipikul beberapa jenis<br>sambungan las.....                              | 36 |
| Gambar | 2.26 Sambungan balok rangka .....   | 38 |
| Gambar | 2.27 Kegagalan akibat sobekan diujung pada sambungan<br>Balok rangka .....                            | 39 |
| Gambar | 2.28 Sudut portal kaku .....  | 42 |
| Gambar | 2.29 Sambungan kolom kebalok menerus .....  | 43 |
| Gambar | 3.1 Sambungan T . conection .....   | 44 |
| Gambar | 3.2 Sambungan bracket conection .....   | 45 |

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Gambar 3.3   | Sambungan penahan momen .....   | 46 |
| Gambar 3.4   | Baut yang mengalami geser tunggal .....   | 47 |
| Gambar 3.5   | Baut yang mengalami geser rangkap .....   | 48 |
| Gambar 3.6   | Bentuk. bentuk kegagalan yang mungkin timbul pada sambungan baut.....                                 | 49 |
| Gambar 3.7   | Tekanan tumpu pada sambungan baut .....   | 50 |
| Gambar 3.8   | Jarak baut .....  | 52 |
| Gambar 3.9   | Sambungan eksentris .....   | 53 |
| Gambar 3.10  | Analisa sambungan yang eksentrisitas .....  | 53 |
| Gambar 3.11  | Sambungan antara kolom dan balok .....  | 57 |
| Gambar 3.11a | Luasan pengganti .....  | 58 |
| Gambar 3.12  | Kejadian simple flexure yang terjadi pada saat baut mengalami tarikan.....                            | 60 |
| Gambar 3.13  | Peristiwa duble flexure.....  | 61 |
| Gambar 3.14  | Distribusi tegangan tipikal pada lap joint ( sambungan-lewatan ) dengan las fillet longitudinal ..... | 64 |
| Gambar 3.17  | Hubungan las dibebani eksentris.....  | 67 |
| Gambar 3.18  | Beban.beban pada las .....  | 68 |



## DAFTAR NOTASI

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| A         | = | Luas tahanan efektif Las                      |
| Ab        | = | Luasan baut                                   |
| a         | = | Lebar luasan tertarik pada baut               |
| b         | = | Lebar profil pengaku                          |
| be        | = | Lebar efektif                                 |
| D         | = | Gaya lintang                                  |
| e         | = | Eksentrisitas                                 |
| Fp        | = | Gaya putus las sudut                          |
| h         | = | Tinggi penampang profil kolom                 |
| I         | = | Momen kelembaman                              |
| M         | = | Momen   |
| m         | = | Jumlah baris baut                             |
| n         | = | Jumlah baut                                   |
| P         | = | Beban terpusat                                |
| q         | = | Beban mati                                    |
| R         | = | Resultante                                    |
| s         | = | Jarak sumbu ke sumbu baut                     |
| T         | = | Gaya tarik                                    |
| t         | = | Tebal plat penyambung                         |
| w         | = | Momen tahanan                                 |
| $\alpha$  | = | Sudut antara gaya P terhadap bidang retak las |
| $\delta$  | = | Tebal profil yang dilas                       |
| $\alpha$  | = | Tegangan dasar baja                           |
| $\sigma$  | = | Tegangan idiil                                |
| $\tau$    | = | Tegangan geser ijin baja                      |
| $\varphi$ | = | Koefisien kejut                               |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Pada umumnya dalam merencanakan suatu konstruksi baja, yang menjadi perhatian utama adalah masalah sambungan, baik itu dalam bentuk portal maupun dalam bentuk rangka. Sambungan tidak boleh mengalami perubahan bentuk yang permanen dan tidak boleh terjadi kelelahan bahan, sehingga detail sambungan perlu mendapat perhatian yang lebih, agar pemindahan tegangan yang terjadi baik pada konstruksi ataupun pada sambungan tidak boleh melampaui tegangan ijin. Pada struktur portal baja, sambungan berfungsi untuk menggabungkan profil-profil wals menjadi batang, kolom, balok dan bagian-bagian konstruksi lainnya menjadi satu kesatuan bangunan. Syarat-syarat perencanaan juga berlaku pada sambungan tersebut yaitu kekuatan dan kekakuannya. Ada beberapa jenis sambungan yang sering dipakai, yaitu sambungan sederhana (simple/flexible connection), sambungan rigid (rigid connection), sambungan semi rigid (semi-rigid connection). Dan juga pada suatu konstruksi bangunan, tidak terlepas dari elemen-elemen seperti balok, kolom pelat maupun kolom balok, baik itu yang terbuat dari baja, kayu maupun beton, pada tempat-tempat tertentu harus harus di sambung. Hal ini dikarenakan keterbatasan ketersediaan material dipasaran dan juga berhubungan dengan kemudahan pemasangan di lapangan. Khusus untuk konstruksi yang terbuat dari bahan beton, boleh jadi sambungan bukan merupakan sesuatu hal yang perlu dipermasalahkan, karena pada konstruksi beton struktur secara keseluruhan adalah bersifat monolit ( menyatu secara kaku ). Lain

halnya dengan konstruksi yang terbuat dari baja maupun kayu, sambungan merupakan sesuatu hal yang perlu mendapat perhatian serius yang matang karena pada konstruksi baja dan kayu, elemen-elemen struktur yang di sambung tidak dapat bersifat monolit seperti konstruksi beton.

Pada umumnya sambungan berfungsi untuk memindahkan gaya-gaya yang bekerja pada elemen-elemen struktur yang disambung. Sambungan dibuat karena keterbatasan bahan yang tersedia dipasaran dan juga untuk kemudahan pemasangan dilapangan serta kemudahan dalam hal pengangkutan .misalkan saja akan dibuat suatu struktur rangka gading-gading kap terbuat dari baja profil siku, maka tidak mungkin melaksanakannya secara langsung dilapangan karena tidak akan ekonomis, tetapi akan lebih hemat jika terlebih dahulu merakitnya di pabrikasi ( bengkel / workshop) , baru selanjutnya tinggal menyambungannya pada kolom-kolom dilapangan.

Alat –alat sambung yang biasa digunakan pada konstruksi baja adalah :

1. Sambungan dengan paku keling ( rivet )
2. Sambungan dengan baut ( bolt )
3. Sambungan dengan las ( welding )

Jika dibandingkan ketiga alat sambung ini , maka las merupakan alat sambung yang menghasilkan kekakuan yang paling besar , sedangkan paku keling menghasilkan sambungan sambungan yang lebih kaku dibandingkan dengan baut, tetapi kurang kaku jika dibandingkan dengan las. Tetapi pada dewasa ini sambungan dengan menggunakan paku keling sudah jarang karena kesulitan dalam pemasangannya.oleh karena itu pada tugas akhir ini pola sambungan akan

memakai sambungan baut ( tipe baut : baut bubut ) dan las ( tipe las : fillet/sudut).

Bahan baja sebagai bahan bangunan, diproduksi dipabrik-pabrik peleburan dalam bentuk ukuran dan panjang yang tertentu sesuai dengan standar yang ditentukan.

Oleh karena itu tidaklah mungkin membangun suatu konstruksi secara monolit ( dipabrikasi , dicetak ) akan tetapi terpaksa dibangun dari elemen-elemen yang disambung satu persatu dilapangan dengan menggunakan salah satu alat-alat sambung atau kombinasi dari dua alat sambung seperti yang telah di sebut diatas.

Sifat dari sambungan ini sangat tergantung pada jenis dan konstruksi sambungan bervariasi mulai dari yang berkekakuan sendi sampai dengan kaku sempurna.

Untuk menghilangkan salah satu pengertian, perlu terlebih dahulu dijelaskan tentang istilah kekakuan pada struktur batang , kata stiffness. Suatu struktur sambungan dapat bersifat sendi ( ekstrem bawah ) dan kaku atau rigid pada ekstrem atas. Diantaranya terdapat sifat semi kaku " rigid " .tidak ada ukuran yang dapat dipakai untuk menentukan tingkat kekakuan dan sambungan dimaksud disini cara yang ditempuh adalah dengan menggunakan kombinasi sendi dengan pegas momen sebagai pengganti sambungan ( perletakan ) yang semi kaku . besarnya konstanta pegas adalah menunjukkan tingkat kekakuan dari sambungan . maka untuk seterusnya bila dipakai kata kekakuan sambungan yang dimaksud adalah kekakuan ( konstante ) pegas yang dimaksud diatas.



## 1.2. MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari studi ini adalah : untuk mengetahui pola sambungan baja pada konstruksi baja yang berkaitan dengan sambungan baja antara balok dan kolom dengan menggunakan sambungan las , baut dan paku keling.

Ada pun tujuannya adalah untuk mengetahui kekuatan alat sambungan pada sambungan balok dan kolom pada batang konstruksi baja dengan cara membandingkan antara sambungan las dengan sambungan baut dan paku keling.

## 1.3. PERMASALAHAN

Berdasarkan latar belakang diatas beberapa masalah yang dibahas dalam penulisan skripsi ini diantaranya adalah sebagai berikut :

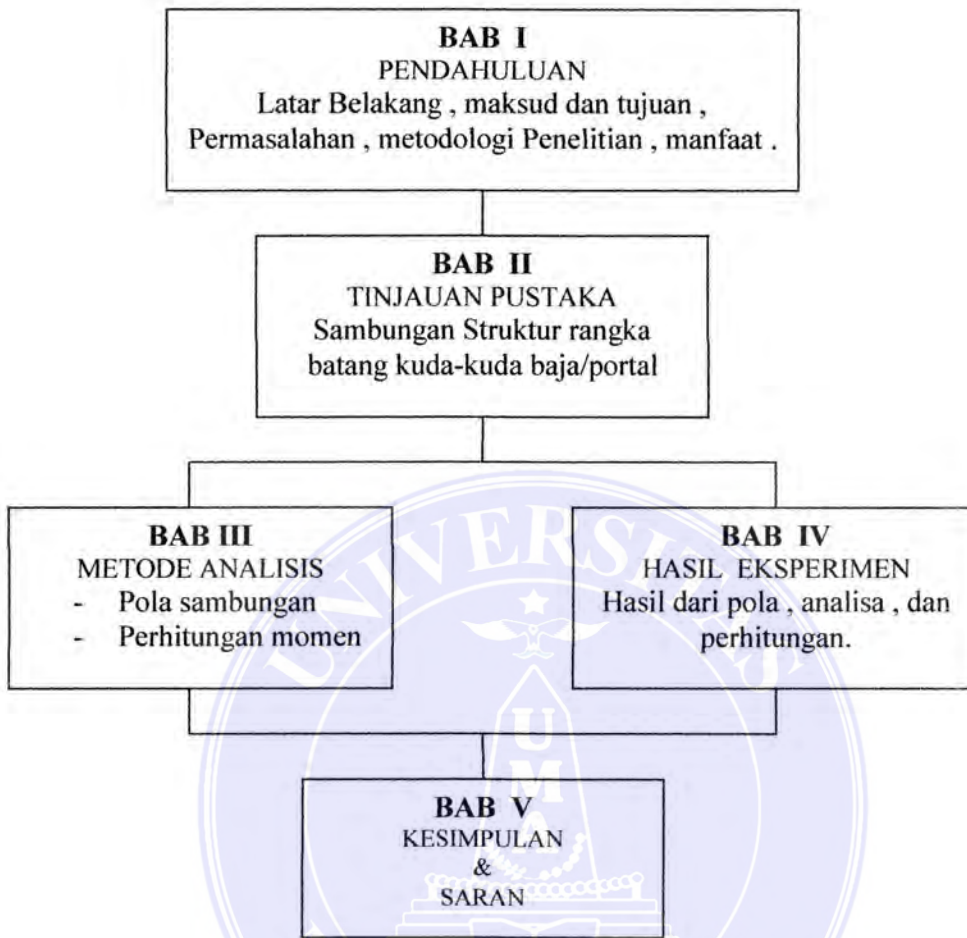
1. pola sambungan yang efektif .
2. jenis alat atau bahan sambung yang digunakan pada sambungan

## 1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Metode pembahasan yang dilakukan dalam pengambilan data dari metode literatur dengan mengumpulkan data primer dan sekunder yang kemudian di analisa, disintesa, dan disimpulkan, sehingga muncul konsep dasar dalam perencanaan . Adapun tahap-tahap yang dilakukan yaitu:

1. Studi kepustakaan, metode ini dilakukan dengan mempelajari acuan-acuan berupa literatur sesuai dengan materi, yang berguna untuk mempelajari fakta secara ilmiah.
2. Mengumpulkan data dan keterangan tentang sambungan sejenis yang memiliki kesamaan fungsi, yang kemudian dijadikan pembanding dalam penulisan ini.

**1.5 KERANGKA BERPIKIR**



Gambar 1.1 bagan alur penulisan

## BAB II

### TINJAUAN KEPUSTAKAAN

#### 2. 1. UMUM

Sambungan merupakan sesuatu hal yang tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan struktur baja. Hal ini dikarenakan bentuk struktur bangunan yang begitu kompleks. Adapun contoh yang dapat kita jumpai distruktur bangunan adalah sambungan antara kolom dan balok . kegagalan dalam sambungan tersebut dapat mengakibatkan perubahan fungsi struktur bangunan tersebut, dan yang paling berbahaya adalah keruntuhan pada struktur tersebut.sehingga untuk mencegah hal tersebut maka kekakuan sambungan antara balok dan kolom tersebut harus baik.

Alat penyambung yang sering digunakan adalah dengan pembautan dan pengelasan yang diberi pengaku samping. Secara umum sambungan antara balok dan kolom baja terdiri dari 3 elemen yaitu : (a). Balok, (b). Kolom (c). Alat penyambung

Jadi ketiga elemen tersebut yang harus diperhitungkan sehingga perencanaan struktur tersebut akan sesuai seperti yang direncanakan. Dan pada akhirnya struktur bangunan ini akan berdiri sesuai dengan fungsi yang diinginkan.

## 2. 2. Sifat Bahan Baja

Sifat baja yang terpenting dalam penggunaannya sebagai bahan konstruksi adalah kekuatannya yang tinggi, dibandingkan dengan bahan lain seperti kayu, dan sifat keliatannya, yaitu kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan baik dalam regangan maupun dalam kompresi sebelum kegagalan, serta sifat homogenitas yaitu sifat keseragaman yang tinggi.

Baja merupakan bahan campuran besi (Fe), 1,7 % zat arang atau karbon (C), 1,65 % mangan (Mn), 0,6 % silikon (Si), dan 0,6 % tembaga (Cu). Baja dihasilkan dengan menghaluskan bijih besi dan logam besi tua bersama-sama dengan bahan tambahan pencampur yang sesuai, dalam tungku temperatur tinggi untuk menghasilkan massa-massa besi yang besar, selanjutnya dibersihkan untuk menghilangkan kelebihan zat arang dan kotoran-kotoran lain.

Berdasarkan persentase zat arang yang dikandung, baja dapat dikategorikan sebagai berikut :

1. Baja dengan persentase zat arang rendah ( low carbon steel ).  
Yakni lebih kecil dari 0,15%
2. Baja dengan persentase zat arang ringan ( mild carbon steel ).  
Yakni 0,15%- 0,29%
3. Baja dengan persentase zat arang sedang ( medium carbon steel ).  
Yakni 0,30%- 0,59%
4. Baja dengan persentase zat arang tinggi ( high carbon steel ).  
Yakni 0,60%- 1,7%

Baja untuk bahan struktur termasuk kedalam baja yang persentase zat arang yang ringan ( mild carbon steel ), semakin tinggi kadar zat arang yang

terkandung didalamnya, maka semakin tinggi nilai tegangan lelehnya, sifat-sifat bahan struktur yang paling penting dari baja adalah sebagai berikut :

1. modulus elastis ( E ) berkisaran antara 193000 Mpa sampai 207000 Mpa.

Nilai untuk design lazimnya diambil 210000 Mpa.

2. modulus geser ( G ) dihitung berdasarkan persamaan :

$$G = E / 2(1+\mu)$$

Dimana :  $\mu$  = angka perbandingan poisson

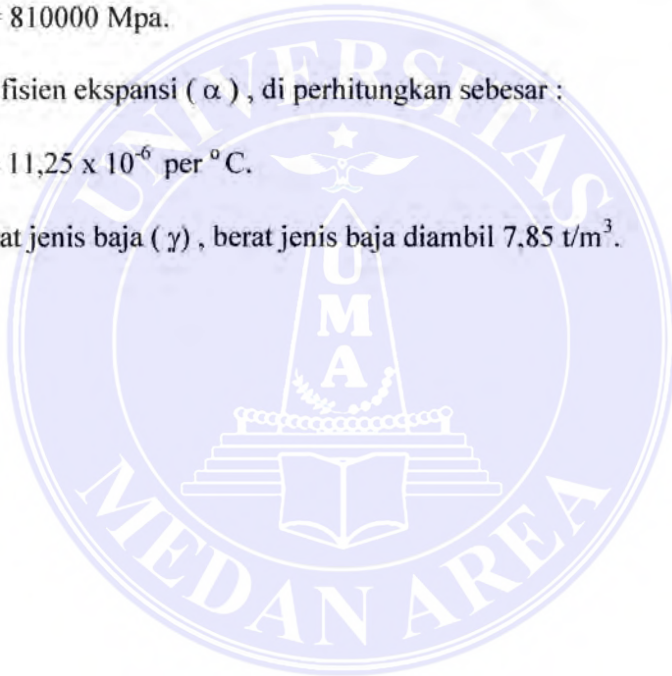
Dengan mengambil  $\mu = 0,30$  dan  $E = 210000$  Mpa , akan memberikan

$$G = 810000 \text{ Mpa.}$$

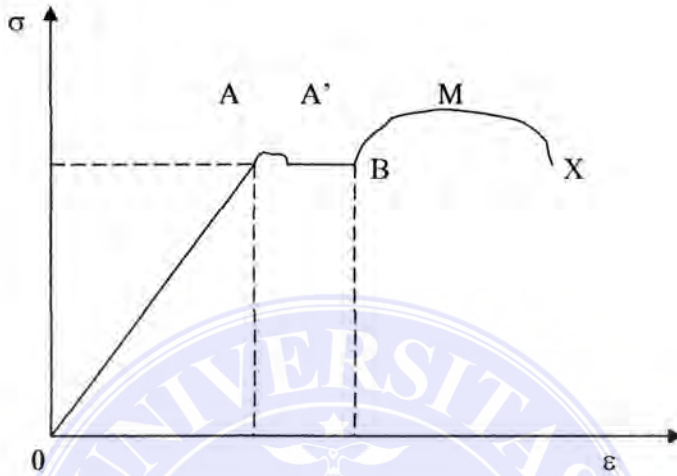
3. koefisien ekspansi (  $\alpha$  ) , di perhitungkan sebesar :

$$\alpha = 11,25 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C.}$$

4. Berat jenis baja (  $\gamma$  ) , berat jenis baja diambil  $7,85 \text{ t/m}^3$ .



Untuk mengetahui hubungan antara tegangan dan regangan pada baja dapat dilakukan dengan uji tarik dilaboratorium . sebagian besar percobaan atas baja akan menghasilkan bentuk hubungan tegangan dan regangan seperti gambar 2.1 dibawah ini.



( sumber : charles G salmon, 1986:38)

Gambar 2.1 Hubungan tegangan regangan untuk uji tarik pada baja lunak

Keterangan gambar :

$\sigma$  = tegangan baja

$\epsilon$  = regangan baja

A = titik proporsional

A' = titik batas elastis

B = titik batas plastis

M = titik runtuh

C = titik putus

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa titik A hubungan tegangan dengan regangan masih linier atau keadaan masih mengikuti hukum hooke. Kemiringan garis OA menyatakan besarnya modulus elastisitas E. Diagram regangan untuk baja lunak umumnya memiliki titik leleh atas ( upper yield point ).  $\sigma_{y0}$  dan daerah leleh datar. Secara praktis, letak titik leleh A' tidaklah terlalu berarti sehingga pengaruhnya sering diabaikan . titik A' sering juga disebut sebagai titik batas elastis ( elasticity limit ). Sampai batas ini bila gaya tarik dikerjakan pada batangbaja maka batang tersebut akan berdeformasi.selanjutnya bila gaya ini dihilang kan maka batang akan kembali kebentuk semula. Dalam hal ini batang tidak mengalami deformasi permanen.

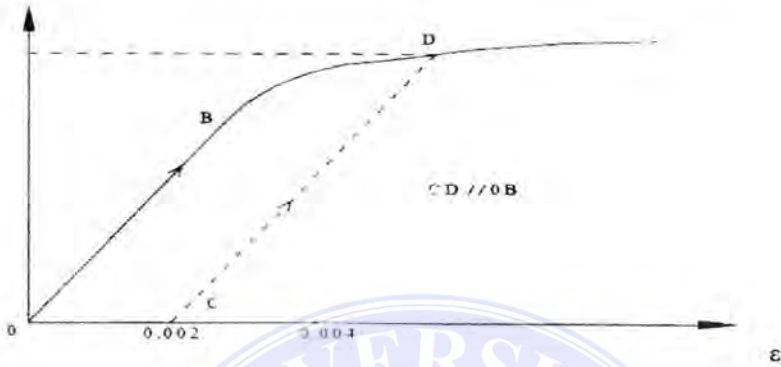
Bila beban yang bekerja ditambah, maka akan terjadi penambahan regangan

Tampa adanya penambahan tegangan. Sifat pada daerah AB inilah yang disebut sebagai keadaan plastis. Lokasi titik B, yaitu titik batas plastis tidaklah pasti tetapi sebagai perkiraan dapat ditentukan yakni terletak pada regangan 0.014.

Daerah BC merupakan daerah *strain hardening* , dimana penambahan regangan akan diikuti dengan sedikit penambahan tegangan. Disamping itu, hubungan tegangan dengan regangannya tidak lagi bersifat linier. Kemiringan garis setelah titik B ini di defenisikan sebagai  $E_z$ , di titik M, yaitu regangan berkisar antara 20% dari panjang batang. Tegangan nya mencapai nilai maksimum yang disebut sebagai tegangan tarik Batas (*ultimatre tensile strength*). Akhirnya bila beban semakin bertambah besar lagi maka titik C batang putus.

Tegangan leleh adalah tegangan yang terjadi pada saat baja mulai meleleh. Dalam kenyataan, sulit untuk menentukan besarnya tegangan leleh, sebab

perubahan dari elastisitas menjadi plastik seringkali besarnya tidak tetap. Sebagai standar menentukan besarnya tegangan leleh dihitung dengan menarik garis sejajar dengan sudut kemiringan modulus elastisitasnya, dari regangan sebesar 0.2% (Gambar 2.2)



( sumber : charles G salmon, 1986:38)

Gambar 2.2 Penentuan tegangan leleh

Dari titik regangannya 0.2% ditarik garis sejajar dengan garis OB sehingga memotong grafik tegangan regangan sehingga memotong tegangan. Tegangan yang diperoleh ini tersebut leleh. Tegangan-tegangan leleh dari bermacam-macam baja bangunan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Harga tegangan leleh

| Macam Baja    | Tegangan leleh     |     |
|---------------|--------------------|-----|
|               | Kg/cm <sup>2</sup> | Mpa |
| Bj 34= fe 310 | 2100               | 210 |
| Bj37= fe 360  | 2400               | 240 |
| Bj41          | 2500               | 250 |
| Bj44= fe 430  | 2800               | 280 |
| Bj50          | 2900               | 290 |
| Bj52= fe 510  | 3600               | 360 |

( sumber : Oentoeng, 1999,2004:64)



Baja memiliki beberapa kelebihan sebagai bahan konstruksi, diantaranya :

1. Nilai kesatuan yang tinggi per satuan berat
2. Keseragaman bahan dan komposit bahan yang tidak berubah terhadap waktu
3. Dengan sedikit perawatan akan didapat masa pakai yang tidak terbatas
4. Daktilitas yang tinggi.
5. Mudah untuk diadakan pengembangan struktur

Di samping itu baja juga mempunyai kekurangan dalam hal :

1. Biaya perawatan yang besar
2. Biaya pengadaan anti api yang besar (*fire proofing costs*)
3. Dibandingkan dengan kekuatannya kemampuan baja melawan tekuk kecil
4. Nilai kekuatannya akan berkurang, jika dibebani secara berulang/priodik, hal ini biasa disebut dengan leleh atau fatigue.

Dengan kemajuan teknologi, perlindungan terhadap kerat dan kebakaran pada baja sudah ditemukan, hingga akibat buruk yang mungkin terjadi bisa dikurangi/dihindari.

## 2. 3. Sambungan

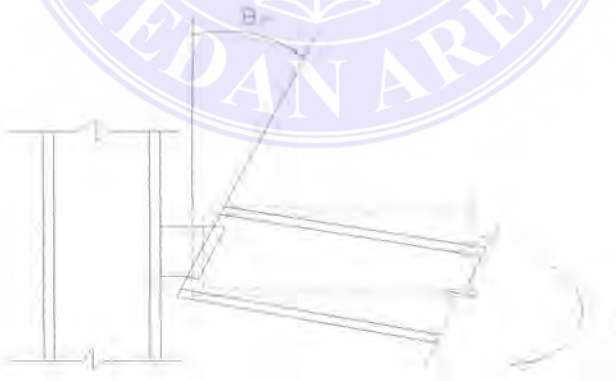
Bahan baja sebagai bahan bangunan, diproduksi dipabrik-pabrik peleburan dalam bentuk, ukuran dan panjang tertentu sesuai dengan standard yang ditentukan. Oleh karena itu tidaklah mungkin membangun suatu konstruksi secara monolit (dipabrikasi dicetak), akan tetapi terpaksa dibangun dari Elemen-elemen yang di sambung satu per satu dilapangan. Sifat dari sambungan ini sangat tergantung pada jenis dan konstruksi sambungan, Bervariasi mulai dari yang berkelakuan sebagai sendi sampai dengan kaku sempurna. Pada struktur batang

istilah kekakuan digunakan untuk faktor EI dari batang atau dalam bahasa Inggris disebut *stiffness*. Suatu struktur sambungan dapat bersifat sendi, kaku (rigid) semi kaku (semi rigid). Tidak ada ukuran yang pasti dipakai menentukan yang dimaksud.

### 2.3.1. Pemodelan Sambungan

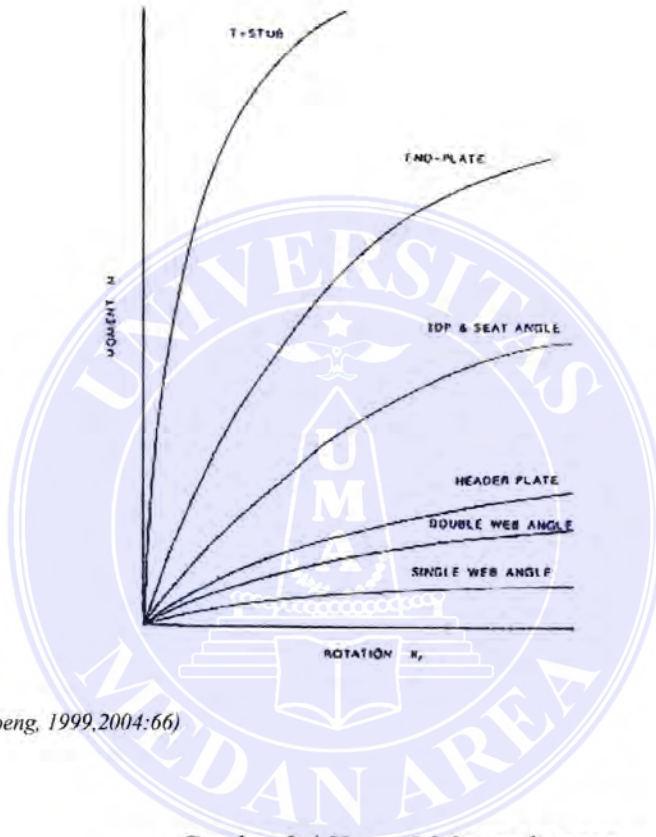
Suatu sambungan merupakan sarana dimana beban-beban yang bekerja disalurkan. Untuk sambungan balok ke kolom, beban-beban yang bekerja disalurkan. Untuk sambungan balok ke kolom, beban-beban yang bekerja disalurkan. Untuk sambungan balok ke kolom, beban-beban yang disalurkan meliputi gaya normal N, gaya lintang D dan Momen M saja.

Selanjutnya dalam tugas akhir ini deformasi sambungan akibat momen lentur M saja yang diperhitungkan, yaitu deformasi rotasi  $\theta_r$ , biasanya rotasi ditulis dalam fungsi momen. Apabila momen lentur M bekerja pada sambungan maka akan timbul deformasi rotasi sebesar  $\theta_r$  seperti gambar ini.



Gambar 2.3 Deformasi Rotasi Sambungan

Rotasi yang akan dimaksud adalah perubahan sudut yang terjadi antara balok dan kolom dari kondisi aslinya yang merupakan sesuatu ukuran putaran relatif balok terhadap kolom. Hubungan  $M-\theta_r$  sambungan dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Dari gambar diatas dapat diambil beberapa pengamatan antara lain :



( sumber : Oentoeng, 1999,2004:66)

Gambar 2.4 Kurva  $M-\theta_r$  sambungan

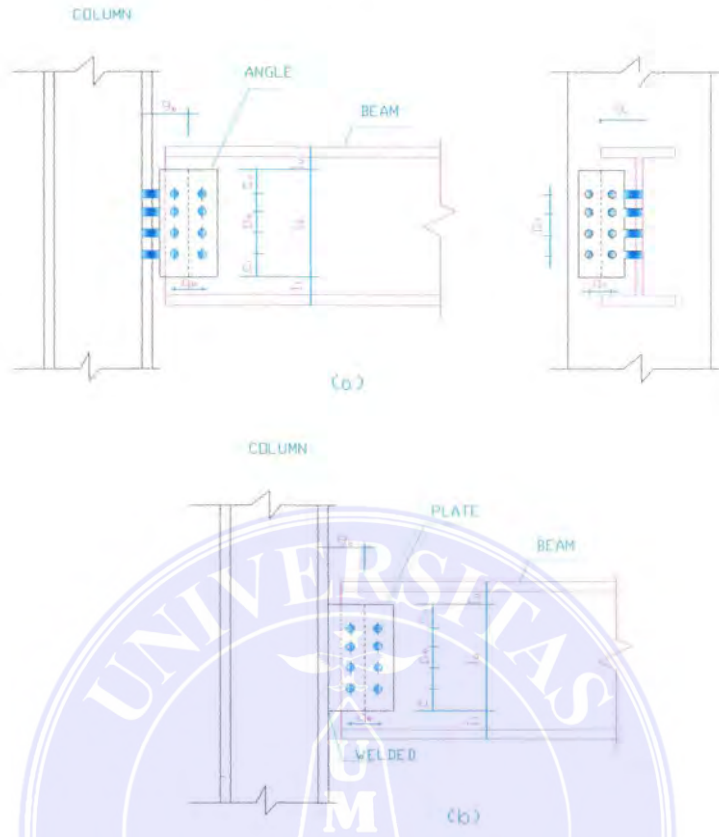
Semua tipe sambungan menunjukkan perilaku hubungan  $M - \theta_r$  yang berada diantara rigid (sumbu vertikal) dan sendi (sumbu horisontal)

- a) Untuk nilai momen yang sama, sambungan yang lebih fleksibel memiliki sudut rotasi  $\theta_r$  yang lebih besar. Sebaliknya untuk nilai  $\theta_r$  tertentu, sambungan yang lebih fleksibel menyalurkan momen yang lebih kecil.
- b) Momen maksimal yang mampu disalurkan suatu sambungan (kapasitas momen ultimate) menurunkan pada sambungan yang lebih fleksibel.
- c) Hubungan  $M-\theta_r$  senantiasa non-linear untuk setiap jenis pembebanan.

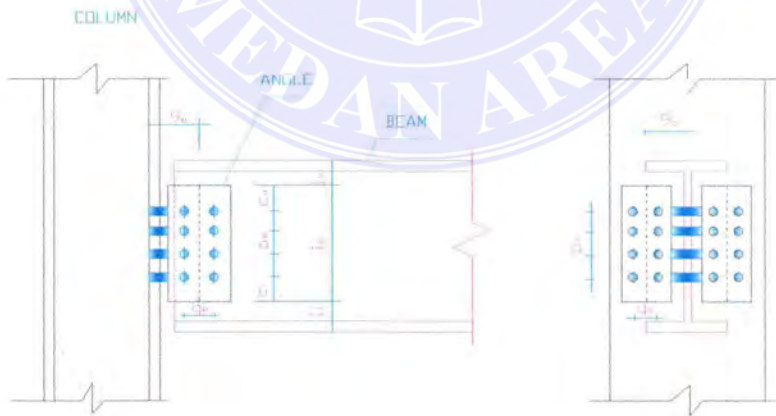
Ketidak linearan ini disebabkan oleh berbagai faktor, yang terpenting diantaranya adalah :

- a) Ketidak seragaman material.  
Sambungan tersebut terdiri atas berbagai macam dan susunan baut, siku dan pelat. Hal ini memungkinkan terjadinya slip dan pergerakan relatif pada tingkat pembebanan yang berbeda.
- b) Tercapainya kondisi leleh dari sebagian komponen sambungan. Karena tidak tegangan yang ditanggung oleh komponen-komponen sambungan, maka ada komponen yang lebih awal mengalami leleh. Ini merupakan sambungan faktor utama penyebab kenonlinieran perilaku suatu sambungan.
- c) Konsentrasi tegangan dan regangan yang disebabkan oleh lobang (baut), pengencangan dan bidang kontak elemen yang diterapkan pada sambungan.
- d) Tekuk flens dan atau web kolom ataupun balok yang terjadi disekitar sambungan
- e) Perubahan geometri akibat beban yang bekerja.

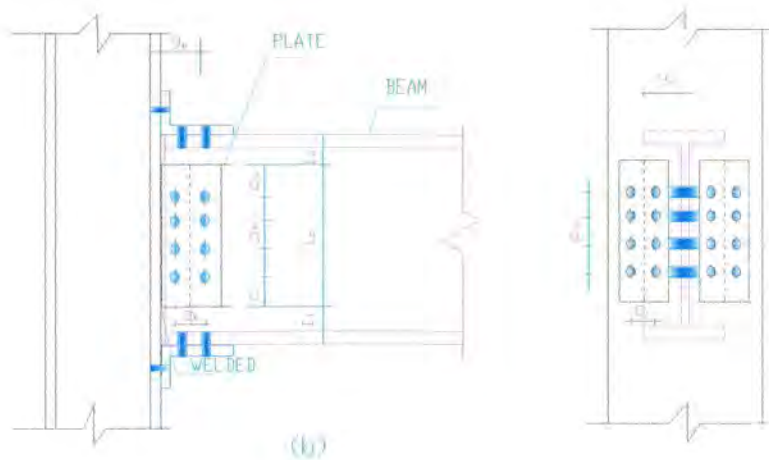
Berikut ini dapat dilihat tipe-tipe sambungan tersebut.



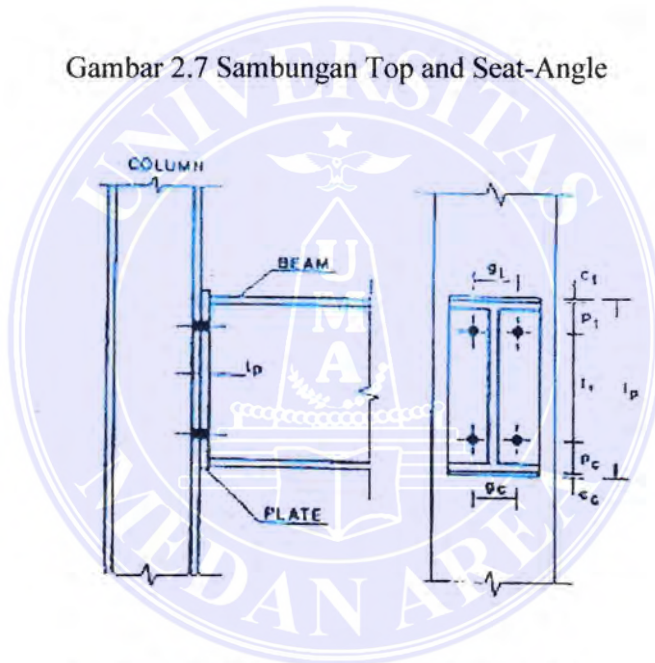
Gambar 2.5 Tipe Sambungan (a) Single Web-Angle dan (b) Single Plate



Gambar 2.6 Tipe Sambungan Double Single Web-Angle



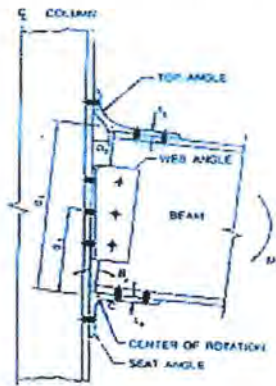
Gambar 2.7 Sambungan Top and Seat-Angle



Gambar 2.10 Tipe Sambungan Flush and plate

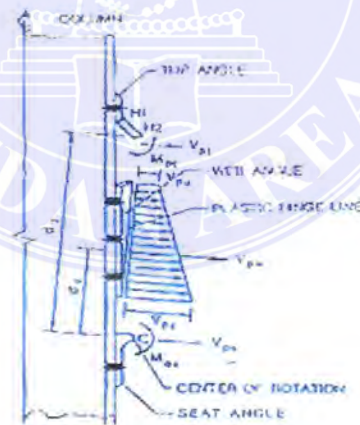
Dalam penganalisaan kekuatan sambungan balok kolom tersebut, akan dilakukan penganalisaan terhadap momen yang bekerja pada sambungan yang akan dibandingkan dengan momen kapasitas yang dapat dipikul oleh balok dalam batas elastisitasnya. Pada tugas akhir ini  $M$  sambungan tidak dibandingkan terhadap  $M$  kapasitas, sehingga analisa  $M$  sambungan terhadap  $M$  kapasitas elastis

tidak dibahas. Pada gambar berikut ini dapat dilihat pengaruh deformasi elastis yang terjadi pada sambungan balok-kolom adalah tipe sambungan *top-angle with double web angle*.



Gambar 2.13 Pengaruh deformasi elastis terhadap sambungan top-and seat-angle dengan double web angle

Sebagai gambaran dibawah ini dapat dilihat pengaruh terjadinya mekanisme collapse (pada sambungan dengan tipe seperti diatas) akibat  $M$  sambungan  $< M$  kapasitas plastis.



Gambar 2.14 Mekanisme collapse pada tipe sambungan top and seat angle dengan double web angle

### 2.3.2 Tipe – tipe Sambungan

Konstruksi baja dikategorikan oleh LRFD – A2.2 dan ASD – A2.2 kedalam beberapa tipe tergantung pada besarnya kekangan yang dihasilkan sambungannya. Dikenal tiga buah tipe sambungan, antara lain :

#### a) Tipe Terkekang Penuh (Rangka rigid atau rangka kontinu)

Keadaan ini terjadi jika pada sambungan diberikan kontinuitas penuh sehingga sudut awal antara batang-batang yang berpotongan dipertahankan konstan selama pembebanan struktur, yaitu dengan kekangan rotasi 90% atau lebih dari yang diperlukan untuk mencegah perubahan sudut. Oleh LRFD - A2.2 sambungan ini disebut “Tipe FR” (*dari Fully Restrained = terkekang penuh*) dan di dalam ASD – A2.2 dikenal sebagai “Tipe 1”.

#### b) Tipe Rangka Sederhana (Tipe tak terkekang atau tipe ujung bebas)

Keadaan ini terjadi jika kekurangan rotasi pada ujung-ujung batang dibuat sekecil mungkin. Untuk balok, perangkaan sederhana diharapkan hanya memberi tranfer geser pada ujung – ujungnya. Biasanya rangka sederhana diharapkan terjadi jika sudut awal batang-batang yang berpotong dapat berubah 80% atau lebih dari jumlah perubahan sudut yang secara teoritis jika digunakan sambungan berengsel bebas. Jika dikehendaki sebuah balok bertumpuan sederhana, sambungan sederhana harus digunakan. Jika digunakan analisis plastis, karena kontinuitas dianggap sama (*inheren*) maka pada keadaan ini pengguna sambungan rangka sederhana tidak sesuai. Tetap ada dua atau lebih sistem yang dirancang menggunakan analisis plastis dapat dirangkai dengan sambungan rangka sederhana yang dikombinasikan dengan suatu sistem penopang (misalnya penopang silang / cross bracing). Struktur yang menggunakan sambungan rangka sederhana



disebut sebagai konstruksi “Tipe 2” didalam allowable Stress design (ASD-A2.2), sedangkan didalam LRFD-A2.2 Dikenal dengan “Tipe PR” (partially restrained = terkekang sebagian). Penyebutan terkekang sebagian untuk jenis sambungan ini adalah untuk menunjukkan fakta selalu ada sejumlah kekangan pada sambungan ini. LRFD-A2.2 Mensyaratkan jika konstruksi “Tipe PR” diinginkan sebagai rangka sederhana, maka harus memenuhi tiga syarat berturut-turut sebagai berikut:

- Reaksi balok bertumpuan sederhana akibat beban terfaktor harus mampu ditahan oleh sambungan tersebut.
- Struktur dan smabungannya harus mampu menahan beban-beban lateral terfaktor.
- Sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi tak elastis yang cukup sehingga perubahan sudut yang aman (inheren) dalam rangka sederhana dapat terjadi pada beban terfaktor tanpa mengakibatkan pembebanan berlebih pada sistem penyambung ujung.

### c). Tipe Rangka Setengah Kaku

Rangka setengah kaku terjadi jika kekangan rotasi kira-kira antar 20% hingga 90% dari yang diperlukan untuk memecah perubahan sudut relatif. Ini berarti bahwa dengan rangka setengah kaku momen yang dipindahkan melalui sambungan tidaklah nol (atau dalam jumlah kecil) sebagai mana pada rangka sederhana dan tidak pula momen kontinuitas penuh seperti dalam analisis rangka kaku elastis. Khususnya di dalam ASD-A.22, rangka setengah kaku tercakup dalam “tipe 3”. Dalam load resistance Factor Design (LRFD), rangka setengah

kaku tercakung dalam “Tipe PR” dimana penggunaannya tergantung pada propesi tertentu dari kalangan penuh. Dalam ASD desain sambungan semi rigid menghendaki kapasitas momen yang diandalkan dan diketahui pada derajat pertengahan antara rigiditas Tipe1 dan Fleksibilitas Tipe2.

### 2.3.3 Jenis Alat Penyambung

Setiap Struktur adalah gabungan dari bagian-bagian tersendiri atau batang-batang yang harus disambung bersama (biasanya di ujung batang) dengan beberapa cara. Adapun cara yang sering digunakan menggunakan : baut (bolt), paku keling (rivet) dan pengelasan (welding). Dalam tulisan ini yang akan dibahas hanya ada dua alat sambung yakin baut dan las

#### A. Baut (bolt)

Pada setiap struktur baja baut merupakan suatu elemen yang paling vital untuk diperhitungkan, hal ini dikarenakan baut merupakan alat sambung yang paling sering digunakan. Ada dua jenis utama baut kekuatan (mutu) tinggi ditunjukkan oleh ASTM sebagai A325 dan A490. sifat bahan dari baut ini diringkas dalam tabek 2.3. baut ini memiliki kepala segi enam yang tebal dan digunakan dalam mur segi enam yang setengah halus (semi finished) dan tebal seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.16.a. bagian berulirnya lebih pendek dari pada baut struktual dan dapat dipotong atau digiling (rolled). Baut A490 juga diberi perlakuan panas tetapi terbuat dari baja panduan (alloy) dengan kekuatan leleh sekitar 115 sampai 130 ksi (793 sampai 896 Mpa) yang tergantung pada diameter. Baut A449 kadang0kadang digunakan bila diameter yang diperlukan berkisar dari 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> sampai 3 inchi dan juga untuk baut angkur serta batang bulat berulir.

Diameter baut kekuatan tinggi berkisar antar  $1/2$  dan  $1 1/2$  inci (3 inci untuk A449). Diameter yang serung digunakan pada konstruksi gedung adalah  $3/4$  inci dan  $7/8$  inci, sedangkan ukuran yang paling umum dalam perencanaan jembatan adalah  $7/8$  inci dan 1 inci

Tabel 2.2 sifat-sifat Baja

| Identifikasi  | Diameter<br>Inchi<br>(mm)  | Beban<br>Leleh <sup>1)</sup>                      | Beban<br>Leleh <sup>1)</sup>                      | Kekuatan<br>Tarik<br>Minimum                        |
|---|--|---|---|---|
|   |  | Metode<br>Pengukuran<br>Panjang <sup>2)</sup>     | Metode<br>Kekuatan<br>Leleh <sup>3)</sup>         |   |
|   |  | Ksi<br>(Mpa)                                      | Ksi<br>(Mpa)                                      | Ksi<br>(Mpa)  |
| A307 <sup>4)</sup> , baja karbon rendah<br>Mutu A dan B   | $1/4$ s/d 4<br>(6,35-10,4)   | -   | -   | 60  |
| A325 <sup>5)</sup> , baja berkekuatan tinggi<br>Tipe 1,2 dan 3  | $1/4$ s/d 1<br>(12,7-25,4)   | 85<br>(585)                                       | 92<br>(635)                                       | 120<br>(825)  |
| Tipe 1,2 dan 3  | $1 1/2$ s/d $1 1/2$<br>(28,6-38,1)   | 74<br>(510)                                       | 81<br>(560)                                       | 105<br>(725)  |
| A449 <sup>6)</sup> , baja berkekuatan tinggi<br>(cacatan: pemakaiannya dibatasi oleh AISC hanya untuk baut yang lebih Besar dari $1 1/2$ inci sea untuk batang berulir dan baut angkur) | $1/4$ s/d 1<br>(6,35-25,4)<br><br>$1 1/2$ s/d $1 1/2$<br>(28,6-38,1)<br><br>$1 3/4$ s/d 3<br>(6,35-76,2) | 85<br>(585)<br><br>74<br>(510)<br><br>55<br>(380) | 92<br>(635)<br><br>81<br>(560)<br><br>58<br>(400) | 120<br>(825)<br><br>105<br>(725)<br><br>90<br>(620) |
| A490 <sup>7)</sup> , baja paduan yang diberi perlakuan panas  | $1 1/2$ s/d $1 1/2$<br>(12,7-38,1)   | 120<br>(825)                                      | 130<br>(895)                                      | 150<br>(1035)                                       |

Sumber : struktur Baja desain Dan perilaku jilid 1 , Edisi ke3, penerbit erlangga, 1996

- 1). Beban Leleh (prof load) dan beban tarik sesungguhnya yang diperoleh dengan mengalikan harga tegangan dan luas tegangan tarik  $A_s : A_s = 0,7584 [D - (0,9743/n)]^2$ , dengan  $A_s$  = luas tegangan dalam inchi persegi,  $D$  = diameter baut nominal dalam inchi dan  $n$  = jumlah ulir per inchi
- 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). ANS/ASTM A490-78

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 akan terjadi akibat adanya gesekan (friksi) pada potongan yang disambung. Sambungan dengan baut dengan kekuatan tinggi dapat direncanakan sebagai tipe geser (friction type), bila daya tahan gelincir yang tinggi tidak dibutuhkan.

Selain baut kekuatan tinggi, juga ada jenis baut yang lain masih digunakan sebagai alat penyambung. Adapun jenis baut yang dimaksud antara lain:

#### a. Baut Hitam

Baut ini dimuat dari baja karbon rendah yang diidentifikasi sebagai ASTM A307 dan merupakan jenis baut yang sangat murah. Namun baut ini belum tentu menghasilkan sambungan yang paling murah, karena banyaknya jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan. Pemakaiannya

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

b. Baut Sekrup (turned bolt)

Baut yang secara praktis sudah ditinggalkan 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 struktural yang posisinya harus akurat. Pada saat ini baut sekrup jarang sekali digunakan pada sambungan struktural, karena baut kekuatan tinggi lebih baik dan lebih murah,

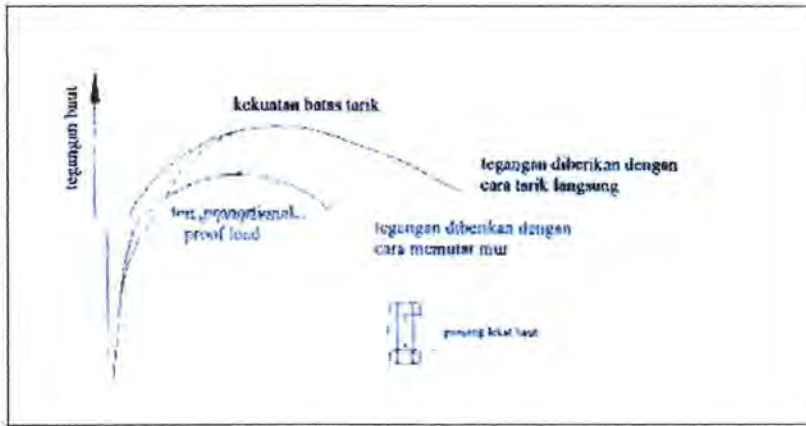
c. Baut bersisip (Repbbed Bolt)

Baut ini terbuat dari baja paku keling biasa dan berkepala bundar dengan tonjolan sirip-sirip yang sejajar dengan tangkainya. Baut bersisip telah lama dipakai sebagai alternatif dari paku keling. Diameter yang sesungguhnya pada baut bersisip dengan ukuran tertentu sedikit lebih besar dari lubang tempat baut tersebut. Dalam pemasangan baut bersisip baut memotong tepi keliling lubang sehingga diperoleh cengkaman yang relatif erat. Jenis baut ini terutama bermanfaat pada sambungan tumpu

(bearing) dan pada sambungan yang mengalami tegangan berganti (bolak-balik).

Variasi moderen dari baut beresisip adalah baut dengan tangkai bergigi (interference-body bolt) pada gambar 2.16, 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 bersisip 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 bercengkram erat pada lubangnya. Selain itu pada saat pengcangan mur, kepala baut tidak perlu dipegang sepetri pada umumnya dilakukan pada baut A 325 biasa yang polos.

Dari hasil penyelidikan, apabila dalam satu baris lebih dari 6 baut maka baut yang paling akhir 65% beban yang diterima sambungan. Penyelidikan dari hertwing dan petermann menyatakan bila jumlah baut dalam satu baris maksimum 5 buah baut, maka perencanaan. Dari penyelidikan di laboratorium terhadap baut mutu tinggi diperoleh grafik hubungan tegangan baut terhadap perpanjangan batang baut, dapat dilihat pada gambar 2.17 dibawah ini, baut yang digunakan adalah baut A325.



Gambar 2.17 Hubungan antara tegangan tarik dengan perpanjangan batang baut

( sumber : Oentoeng, 1999,2004:108)

Harga proof load (beban tarik awal)  $N_0$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$N_0 = 0.75 \times \sigma_e \times A_e$$

Dimana :

$A_e$  = Luas efektif, yakni luas pada bagian yang bergulir

$\sigma_e$  = Tegangan Leleh Baut

Adapun defenisi harga proof load pada baut mutu tinggi adalah tegangan yang diberikan mutu tinggi pada waktu pemasangan baut. Untuk mendapatkan perencanaan yang efektif, hendaklah dipakai baut dengan kekuatan tarik minimum (trasile strength)  $8000 \text{ kg/cm}^2$  dan faktor geser minimum 0,35. bila baut mutu tinggi pada pemasangan mengalami over strained, maka baut tersebut harus diganti dengan baut mutu tinggi yang baru.

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

$$N_g = (f/\phi).n.No \dots\dots\dots (2.1)$$

Kekuatan sebuah baut terhadap gaya aksial tarik dihitung dengan persamaan :

Untuk bebas statis :  $N_t = 0,6.N_o$ .....(2.2)

Untuk beban bolak-balik :  $N_t = 0,5.N_o$ .....(2.3)

Kekuatan terdapat kombinasi pembebanan tarik dan geser , maka

$N_g = (f/\phi).n.(N_o - 1,7 T)$ .....(2.4.)

Dimana :

- F = Faktor geser permukaan
- $\phi$  = Faktor Keamanan =1,4
- No = Pembenan tarik awal (proof load)
- N = Jumlah bidang geser
- T = Gaya aksial tarik yang bekerja

Tabel 2.3 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 |
| Disemprotkan pasir (saud blasted)       | 0,40-0,70 |

sumber : charles G salmon, 1986:76)

Untuk baut mutu tinggi tipe tumpu, tegangan-tegangan yang diijinkan dalam menghitung kekuatan baut adalah:



- ✓ Tegangan geser yang diijinkan :

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

- ✓ Tegangan tarik yang diijinkan:

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

- ✓ Tegangan tumpu yang diijinkan :

$$\text{Untuk } S_1 \geq 2.d \quad \bar{\sigma} = 1,5\bar{\sigma}$$

$$\text{Untuk } 1,5 d \leq S_1 \leq 2.d, \quad \bar{\sigma} = 1,2\bar{\sigma}$$

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

## B. Las

Proses pegelasan adalah proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasnya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. Energi pembangkit panas dapat dibedakan menurut sumbernya: listrik, kimiawi, optis, mekanis dan bahan semi konduktor. Panas digunakan untuk mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi alian bahan (terjadi peleburan). Selain itu panas dipakai untuk menaikkan daktilitas (ductility) sehingga aliran plastis dapat terjadi walaupun jika bahan tidak mencair. Lebih jauh lagi pemanasan membantu menghilangkan kotoran pada bahan.

Proses pengelasan yang paling umum terutama untuk mengelas baja structural memakai energi listrik sebagai sumber panas, yang paling digunakan adalah busur listrik (nyala). Busur nyala adalah pancaran alur listrik yang relatif besar antara elektroda dan bahan dasar yang dialirkan melalui kolom gas ion hasil pemanasan, kolo gas ini disebut plasma. Pada pengelasan busur nyala, peleburan terjadi akibat aliran bahan yang malintasi busur dengan tanpa diberi tekanan.

Proses lain yang jarang dipakai untuk struktur baja menggunakan sumber energi yang lain dan beberapa proses ini menggunakan tekanan tanpa memandang ada atau tidak adanya pencairan bahan. Pelekatan (bonding) dapat terjadi akibat difusi. Dalam proses difusi partikel seperti atom disekitar pertemuan saling bercampur dan bahan dasar tidak mencair.

Beberapa proses pengelasan dipakai khusus untuk logam dan ketebalan tertentu. Pembahasan dalam bagian ini ditekankan pada proses yang digunakan dalam pengelasan baja karbon dan baja paduan rendah untuk gedung dan jembatan. Pengelasan busur nyala merupakan kategori proses yang terutama dibahas, untuk profil baja ringan (ligh gage) pengelasan digunakan adalah tahanan listrik.

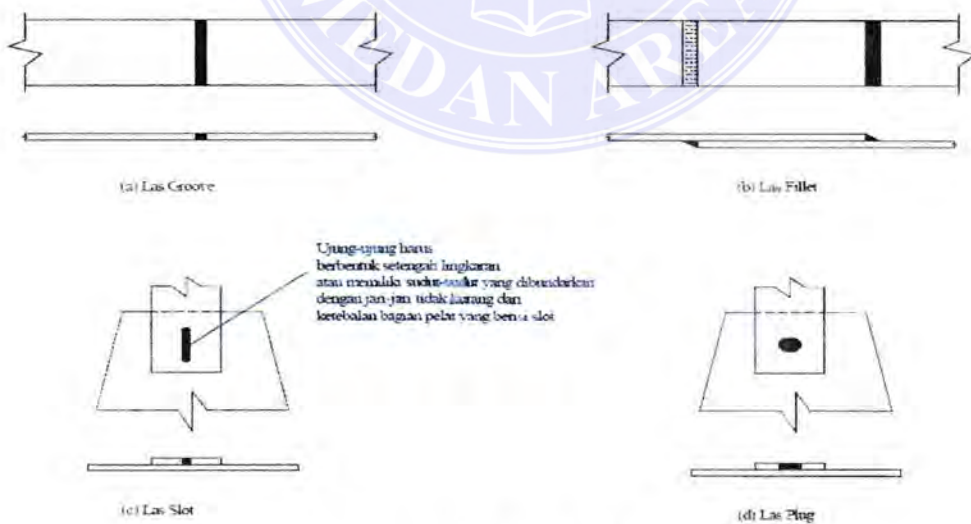
Kebanyakan baja konstruksi dalam spesifikasi ASTM dapat dilas (weldability) dari baja adalah ukuran kemudahan menghasilkan sambungan struktural yang tanpa retak. Beberapa baja strukturala lebih sesuai dilas daripada yang lain. Prosedur pengelasan sebaiknya didasarkan pada kimia baja, bukan pada kandungan paduan maksimum yang ditetapkan. Karena kebanyakann hasil pabrik berada dibawah dalam batas ini, sedang baja yang berkekuatan lebih tinggi dapat melampaui analisa ideal yang ditunjukkan dalam Tabel 2.5

Tabel 2.4 Analisa kimia ideal dari baja karbon untuk Kemampuan Dilas yang Baik.

| Unsur   | Batas Nominal (%) | Persen yang Memerlukan Pelakuan Khusus |
|---------|-------------------|--|
| Karbon  | 0.06 -0.25        | 0.350                                  |
| Mangan  | 0.35 -0.80        | 1.400                                  |
| Silikon | 0.10 maks         | 0.300                                  |
| Sulfur  | 0.035 maks        | 0.050                                  |
| Fosfor  | 0.030 maks        | 0.040                                  |

Sumber : struktur Baja desain Dan perilaku jilid 1 , Edisi ke3,penerbit erlangga,1996

Dalam pekerjaan konstruksi, ada empat tipe pengelasan yakni: *Groov, fillet, slot dan plung* Seperti terlihat dalam Gambar 2.18 dibawah ini.masing-masing tipe las memiliki kelebihan sendiri yang menentukan rentang penggunaannya. Secara kasar keempat tipe tersebut mewakili persentase konstruksi las berikut ini: las groove (lastumpul) 15% (las sudut) 80%, sisanya terbagi-bagi untuk slot, plung dan las-las khusus lainnya.

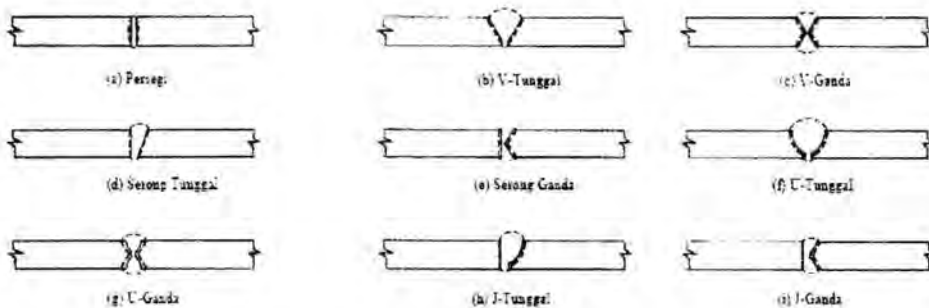


Gambar 2.18 Tipe-tipe las

a. Las Groove

Kegunaan umum las groove adalah untuk menghubungkan batang-batang struktur yang dipasarkan pada bidang yang sama. karna las groove biasanya dimaksudkan untuk mentransmisikan beban penuh batang-batang yang dihubungkannya, las tersebut harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang-batang yang digabungkan. Las groove demikian ini disebut sebagai Las groove dengan penetrasi sambungan yang lengkap. Bila sambungan didesain sedemikian rupa sehingga Las groove tidak sepenuhnya menjangkau ketebalan bagian-bagian yang dihubungkan, las sedemikian disebut sebagai las groove dengan penetrasi sambungan sebagian. Untuk ini berlaku persyaratan-persyaratan desain yang khusus.

Ada banyak variasi las groove dan masing-masing diklasifikasikan menurut bentuknya yang khusus. Kebanyakan las groove membutuhkan persiapan pinggiran yang khusus dan diberi nama menurut persiapannya. Gambar 2.19 menunjukkan beberapa tipe las groove dan menunjukkan persiapan groove yang dibutuhkan. Pemilihan las groove yang tepat tergantung pada proses pengelasan yang digunakan, biaya persiapan pinggiran dan biaya pembuatan las. Las groove dapat juga digunakan pada sambungan T Gambar 2.20



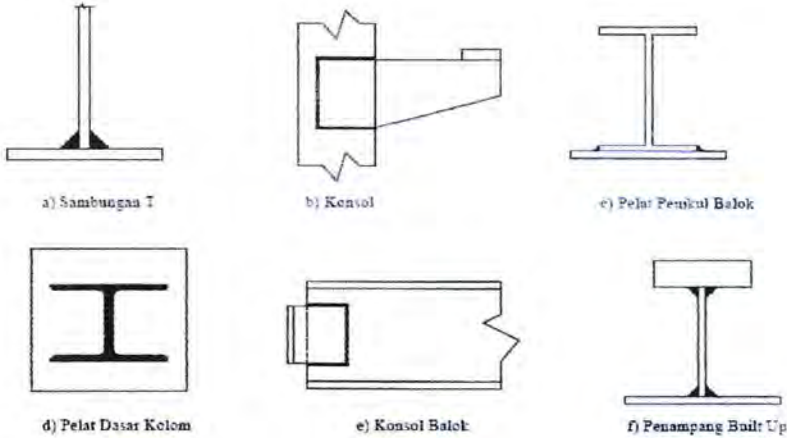
Gambar 2.19 Tipe-tipe las Groove



Gambar 2.20 Penggunaan Las Groove pada sambungan T

#### b. Las Fillet

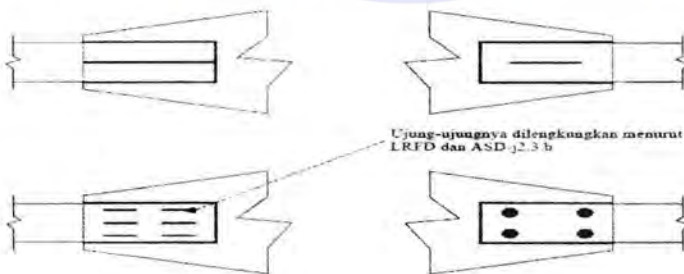
Las sudut (fillet weld) merupakan jenis las yang paling banyak digunakan, hal ini dikarenakan las jenis ini adalah jenis las yang hemat, mudah dipabrikasi dan adaptibilitasnya baik. Dalam Gambar 2.21 diperlihatkan beberapa kegunaan las fillet. Pada umumnya jenis las ini kurang membutuhkan presisi pada pengepasannya karena masing-masing bagian itu cukup ditumpang tindihkan. Sedangkan las groove membutuhkan pengepasan yang teliti dengan celah alur bukaan tertentu (bukan akar) diantara bagian-bagiannya. Las fillet secara khusus berguna bagi pengelasan di lapangan, pengepasan kembali batang-batang atau pun pada sambungan –sambungan yang dipabrikasi dengan toleransi yang masih dapat diterima namun mungkin tidak dipasang pas seperti yang dikehendaki. Lagi pula pinggiran bagian-bagian disambungkan jarang membutuhkan persiapan khusus seperti pemotongan dengan api atau pengirisan pun sudah memadai.



Gambar 2.21 Kegunaan Tipikal Las Fillet

d. Las slot dan plung

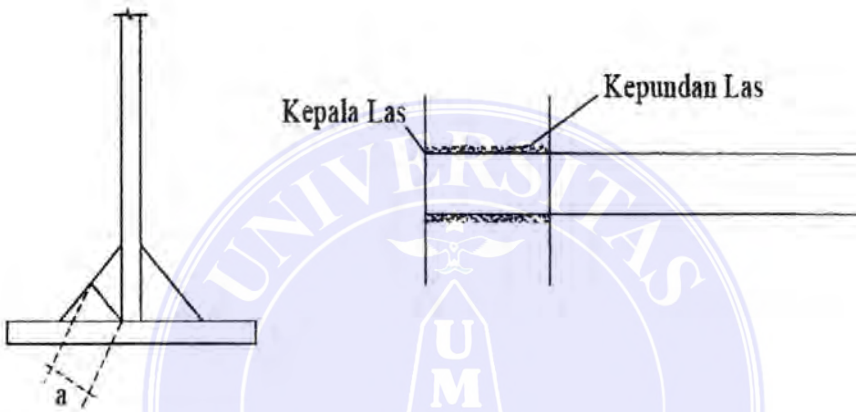
Las slot dan plung dapat digunakan secara eksklusif hanya dalam sambungan seperti gambar 2. 22 atau dalam kombinasi dengan las eksklusif hanya dalam sambungan seperti gambar 2.21. kegunaan utama las plung dan slot adalah untuk mentransmisikan geser pada sambungan impit bila ukuran sambungan tersebut dan cukup untuk las fillet atau las pinggir lainnya. Las slot dan plung berguna untuk mencegah agar bagian-bagian yang saling tumpang-tindih tidak mengalami tekuk.



Gambar 2.22 Las Slot dan Las Plug Dalam Kombinasi Dengan las Fillet

Untuk mendapatkan sambungan las yang memuaskan, diperlukan kombinasi dari banyak keterampilan individu yang dimulai dengan desain sebenarnya dari las tersebut dan diakhiri dengan operasi pengelasan. Panjang las netto tidak boleh kurang dari 40 mm atau 8a sampai 10a dan tidak boleh lebih dari 40a (a = tebal las). Dapat ditulis dengan  $40\text{mm} (8-10a) \leq L_n \leq 40a$ . panjang netto las dapat dihitung dengan menggunakan rumus:  $L_n = L_{\text{brutto}} - 3a$ .

Dimana : a = tebal las



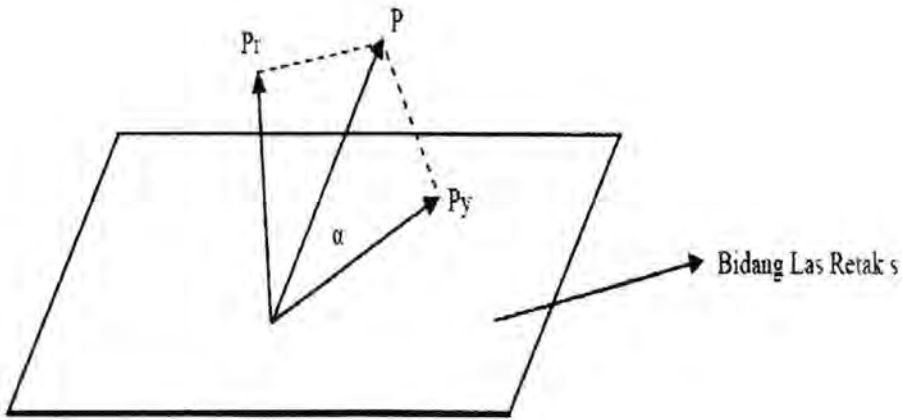
Gambar 2.23 Tebal Las

Untuk tebal las sudut tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{2} t\sqrt{2}$ , dimana t adalah tebal terkecil pelat yang dilas. Apabila gaya P yang ditahan oleh las membentuk sudut  $\alpha$  dengan bidang retak las tegangan miring yang diijinkan adalah :

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

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

dimana  $\bar{\sigma}$  = tegangan dasar baja



Gambar 2.24 Gaya P yang membentuk sudut  $\alpha$  terhadap bidang retak las

Tegangan miring terjadi dihitung dengan :

$$\sigma_a = P/A$$

Dan tidak boleh lebih besar dari pada tegangan miring yang diizinkan, di mana :

$P$  = gaya yang di tahan oleh las

$A$  = luas bidang retak las

Tegangan idiil pada dihitung dengan:

$$\sigma_a = \sqrt{\sigma^2 + 3. \tau^2} \text{ atau } \sigma_1 = \sigma_a / c$$

Dimana :  $\sigma$  = tegangan normal pada bidang retak las

$T$  = tegangan geser pada bidang retak las

Tegangan idiil yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan dasar yang ada.

Dalam buku peraturan perencanaan Bangunan Baja Indonesia ( PPBBI).

Harga  $c$  untuk beberapa sudut  $\alpha$  telah ditabelkan guna mempermudah perhitungkan las.

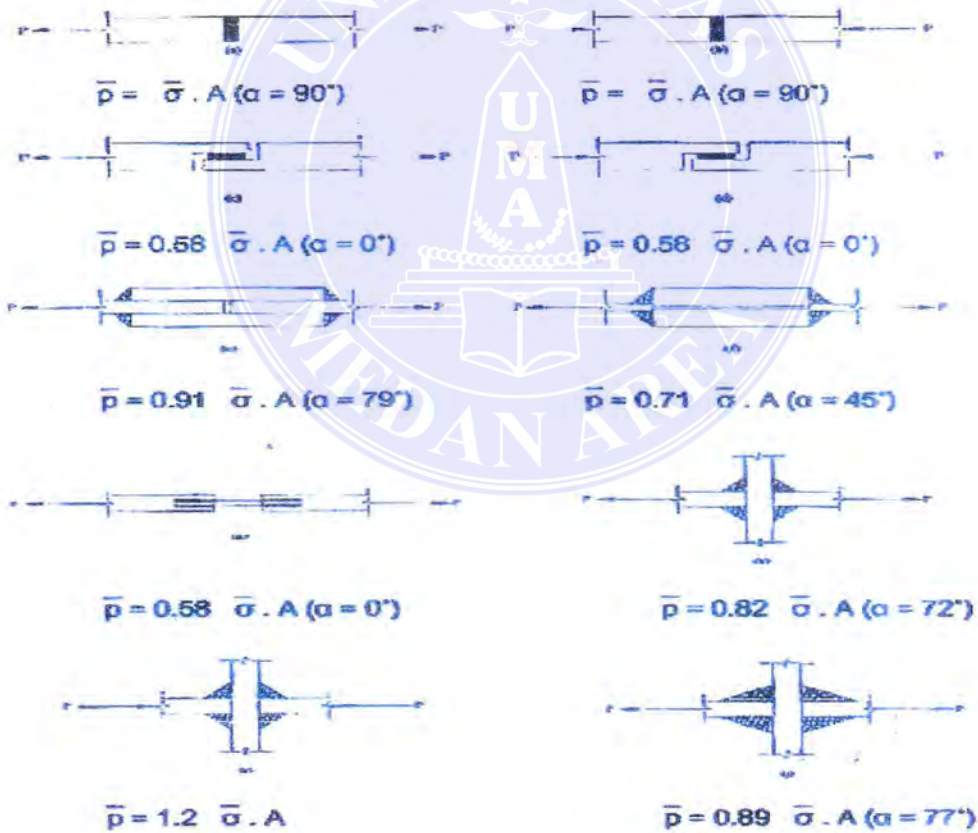


Tabel 2.5 Harga c untuk beberapa  $\alpha$ .

| $\alpha$ | c    | $\alpha$ | c    |
|----------|------|----------|------|
| 0        | 0.58 | 50       | 0.74 |
| 5        | 0.58 | 55       | 0.78 |
| 10       | 0.58 | 60       | 0.82 |
| 15       | 0.59 | 65       | 0.86 |
| 20       | 0.60 | 70       | 0.90 |
| 25       | 0.61 | 75       | 0.94 |
| 30       | 0.63 | 80       | 0.97 |
| 35       | 0.65 | 85       | 0.99 |
| 40       | 0.68 | 90       | 1    |
| 45       | 0.71 |          |      |

Sumber : struktur Baja desain Dan perilaku jilid 1 , Edisi ke3,penerbit erlangga,1996

Untuk beberapa macam sambungan las, gaya P yang dapat dipikul oleh sambungan las tersebut adalah seperti Gambar 2.25 dibawah ini :



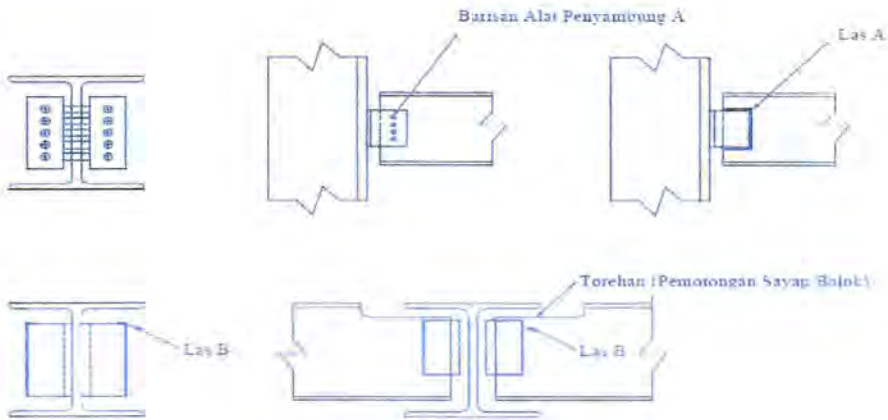
Gambar 2.25 Gaya P ijin yang dapat dipikul beberapa jenis sambungan las

### 2.3.4 Sambungan Balok Rangka

Sambungan balok rangka adalah di gunakan untuk menyambung balok ke balok lain atau ke flens kolom jika tumpuan balok di anggap sederhana. Desain sambungan seperti ini dibakukan dan tabel “ *frame Beam Connections* ” diberikan dalam manual AISC. Sebuah usulan menarik tentang desain LRFD untuk sambungan ini di berikan oleh Thomton.

Bentuk tipilan sambungan rangka dengan baut dan las ditunjukkan pada gambar 2.26 di harapkan pada sambungan semacam ini bahwa sudut dibuat sefleksibel mungkin. Sambungan ke kolom ( dua baris peyambung pada Gambar 2.26 a) biasanya dibuat di lapangan, sedangkan sambungan ke badan balok ( satu baris lima peyambungan pada Gambar 2.26 b) biasanya di buat workshop. Pada perencanaan, lobang-lobang peyanbung ( fastener) yang di baut di bengkel diperlihatkan seperti pada Gambar 2.26b sedangkan yang dilakukan di lapangan ditandai dengan bulatan hitam.

Dalam praktek fabrikasi saat ini, sambungan yang dilakukan di bengkel biasanya dengan las, sedangkan sambungan lapangan mungkin dengan las ataupun dengan baut. Sambungan rangka pelat tunggal merupakan sambungan modifikasi di mana suatu pelat tunggal ( sebagai pengganti sepasang profil siku ) di buat terhadap pelat badan balok dan kemudian dilas tegak lurus terhadap badan balok atau flens kolom atau ke pelat badan di mana balok tersebut disambungkan.



Gambar 2.26 Sambungan Balok Rangka

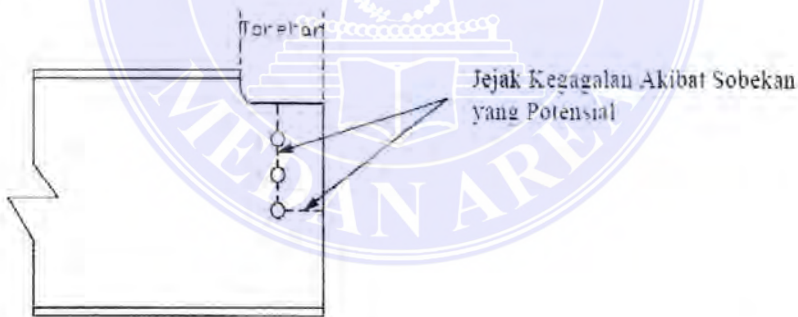
Suatu tipe baru sambungan geser adalah sambungan rangka –T sebagaimana dipelajari oleh Astaneh dan Nader dengan flens bentuk – T di sambungkan ke balok atau kolom terbuat dari baut.

Jika pelat siku-siku sering disebut sebagai clips angles, di gunakan untuk menyambung balok ke kolom tersedia suatu jarak bebas sekitar  $\frac{1}{2}$  inchi sehingga jika balok terlalu panjang dalam toleransi yang dapat diterima maka pelat siku-siku tersebut dapat di atur pemasangannya tanpa memotong bagian balok. Jika balok-balok saling berpotongan dan akan di sambungkan dengan balok lain supaya kedua flens balok mempunyai elevasi yang sama, Gambar 2.26 e maka balok yang akan dirangka harus mempunyai flanges cope atau sebageian flens dibungan. Kehilangan dari penampang ini adalah terutama kehilangan flens yang bagaimana hanya menahan geser yang kecil saja sehingga umumnya pemotongan flens hanya mengakibatkan sedikit kehilangan kekuatan geser. Birkemoe dan Gilmor membuktikan bahwa suatu pelat badan yang flensnya di potong yang mengalami tegangan tumpu tinggi pada sambungan ujung balok dengan baut berkekuatan tinggi dapat gagal karena robekan / tearing mode

(dikenal sebagai blok shear) sepanjang garis yang melalui lobang seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.27. Studi lainya tentang block shear pada situasi ini telah di lakukan oleh Ricles dan Yura serta Birkemeo, Yura dan Ricles.

Block shaer dapat bersifat kritis pada sambungan balok rangka jika relative hanya terdapat beberapa baut yang digunakan dan baut tersebut tidak memanjang mertake seluruh tinggi pelat badan. LRFD – 15 menghendaki pertimbangan keadaan batas geseran blok jika flens atas di buang dan pda keadaan semacam ini di mana kegagalan dapat terjadi karena geser di sepanjang bidang yang melalui peyambung yang bekerja dalam kombinasi dengan tarik sepanjang bidang tegak lurus. ASD –J4 berisi persyaratan yang sama.

Selain geser blok perhilangan flens balok dapat mempengaruhi tekuk local pelat badan seperti di laporkan oleh Cheng dan Yura dan tekuk lateral torsional sebagaimana di laporkan oleh Gupta, Cheng Yura dan jhonson dan Cheng dan Yura.



Gambar 2.27 Kegagalan akibat sobekan diujung pada sambungan

Jumlah baut bekekuatan tinggi adalah bedasarkan geser langsung dengan mengabaikan eksentrisitas pembebanan, sedangkan panjang dan ukuran las memperhitungkan pengaruh pembebanan eksentrik.

Tebal siku-siku atau pelat perangkaka biasanya di temukan oleh kekuatan geser balok. Selain itu siku-siku harus cukup tebal sehingga tegangan tumpu tidak menentukan. siku-siku diharapkan melentur sehingga rotasi yang disumsikan dari balok yang ditumpu ujungnya dapat terjadi.

### 2.3.5 Sambungan sudut portal kaku

Pada perencanaan portal kaku menurut metode tegangan kerja atau perencanaan plastrik, pemindahan tegangan yang aman di pertemuan balok dan kolom sangat penting.

Bila batang-batang bertemu sedemikian rupa hingga badanya trlrtak pada bidang portal, pertemuannya sering disebut sambungan sudut (knee joint). Sambungan sudut yang khas adalah:

1. Sudut lurus dengan atau tanpa pengaku diagoanal lainnya (Gambar 2.28<sub>a</sub> dan 2.28<sub>b</sub>)
2. Sudut lurus dengan konsol (Gambar 2.28<sub>c</sub>)
3. Sudut dengan pelebaran lurus (straght haunched) (Gambar 2.28<sub>d</sub>)
4. Sudut pelebaran lengkung (curved haunched) (Gambar 2.28 e)

perencanaan tegangan kerja biasanya menganggap bentangan batang di ukir dari pusat ke pusat sudut yang bedekataan dan momen inersia batang dianggap bervariasi sesuai dengan momen inersia penamapang lintang yang di ambil tegak lurus garis yang menghubungkan pusat ke pusat sudut. Momen dan gaya geser kemudian ditentukan dengan analisis portal statis tak tentu (yang melibatkan momen inersia variable jika sudut di perlebar).

Pada perencanaan plastis dengan sudut lurus tanpa konsol atau pelebaran (haunches), sendi plastis akan terbentuk pada batang dan sambungan sudut direncanakan untuk mencegah kegagalan pada daerah sudut. Bila sudut diperlebar sendi plastis dapat terjadi di dalam atau di luar daerah pelebaran.

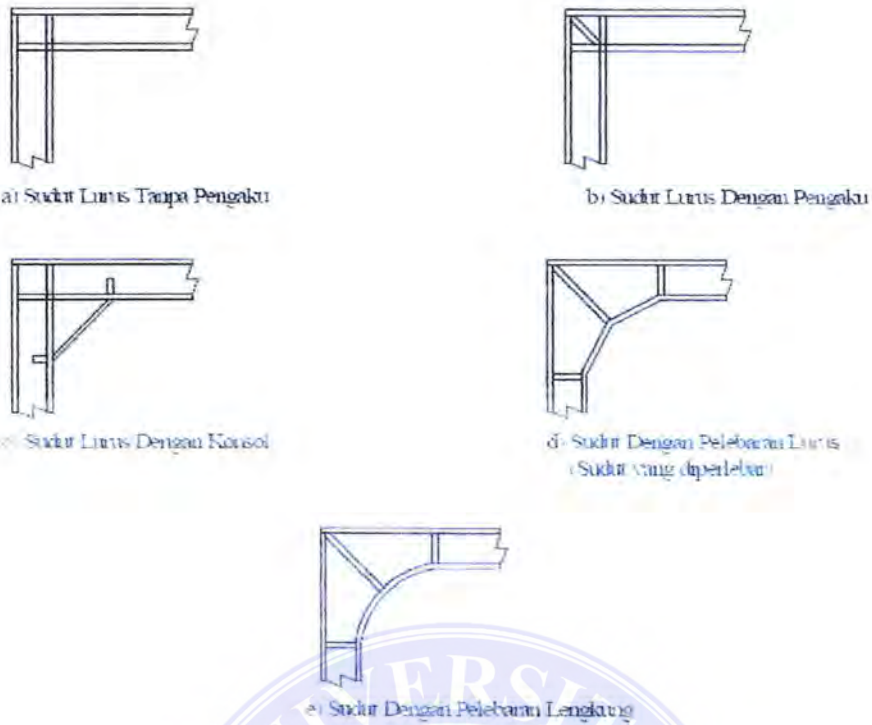
Sudut portal kaku telah banyak diselidiki dan konsep perencanaan telah diringkas dalam ASCE manual No.41 yang merupakan dasar pembahasan berikut ini.

Sambungan sudut yang direncanakan dengan tepat harus:

1. memindahkan momen ujung antara balok dan kolom
2. memindahkan gaya geser ujung balok ke kolom, dan
3. memindahkan gaya geser di puncak kolom kepada balok.

Juga dalam melakukan ketiga fungsi yang berkaitan dengan kekuatan ini, deformasi pada sudut harus konsisten dengan analisis yang dipakai untuk menentukan momen dan gaya geser.

Jika sendi plastis yang berkaitan dengan mekanisme keruntukan diharapkan terbentuk atau dekat sudut, sambungan sudut harus memiliki kapasitas rotasi yang memadai. Sudut lurus memiliki kapasitas rotasi terbesar tetapi juga paling fleksibel ( yakni deformasi elastisnya pada kondisi beban kerja paling besar ). Sudut lengkung merupakan yang terkaku tetapi memiliki kapasitas rotasi terkecil. Karena sudut dengan pelebaran lurus memberikan kapasitas rotasi yang memadai di samping biaya pembuatan lebih murah dari pelebaran lengkung sambungan sudut seperti ini sering di pakai.



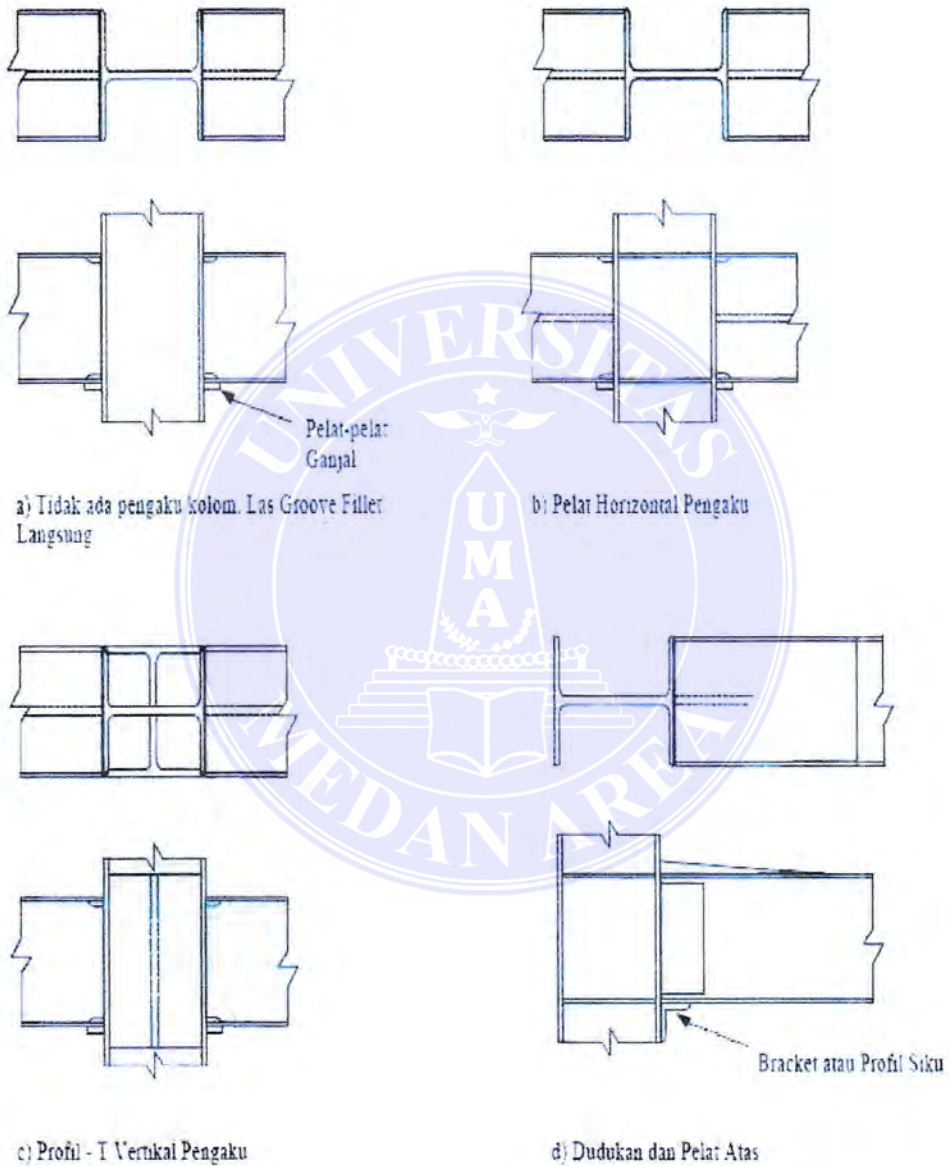
Gambar 2.28 Sudut Portal Kaku

Pada perencanaan portal kaku dengan sudut lurus dua penampang profil giling (rolled section) bertemu saling tegak lurus seperti yang perlihatkan pada gambar 2.28<sub>a</sub>. analisis portal baik elastis maupun plastis akan menghasilkan besarnya momen dan gaya geser yang bekerja pada perbatasan daerah sambungan sudut lurus. Gaya yang dipikul oleh sayap harus di salurkan oleh gay geser ke badan.

### 2.3.6 sambungan kolom ke balok menerus

Pada sambungan kolom ke balok menerus adalah menjadi tujuan desain untuk membuat transfer momen secara penuh dan sedikit atau tidak ada rotasi relative dari batang-batang yang di sambungkan tersebut ( yakni LRFD tipe FR atau ASD tipe 1- sambungan rigid-frame).karena flens suatu balok membawa sebagian besar momen

Lentur melalui gay flens tekan dan tarik yang bekerja terhadap lengan momen yang kira-kira sama dengan kedalaman balok, maka transfer gaya-gaya aksial utama inilah yang harus dicakup oleh provinsi tersebut. Karena gaya geser terutama ditahan oleh gaya geser ini di transfer langsung dari pelat-badan.



Gambar 2.29 sambungan kolom kebalok menerus

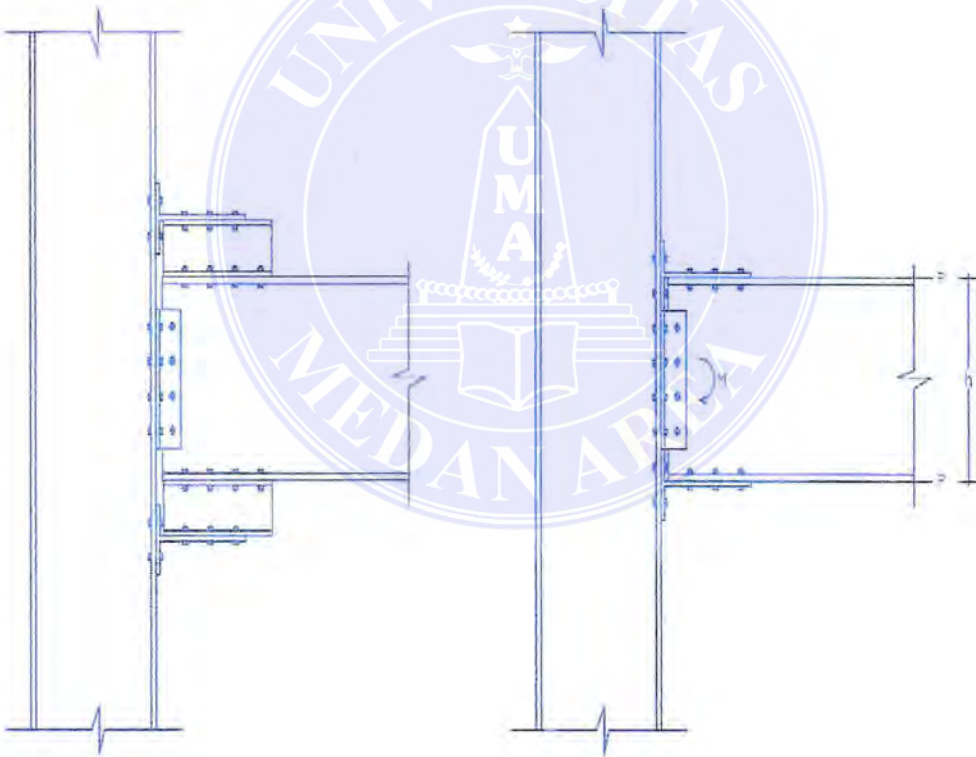


**BAB III**  
**METODE ANALISIS SAMBUNGAN BAJA ANTARA**  
**BALOK DAN KOLOM**

**3. 1. Sambungan Penahan Momen**

Sering kali selain dari pada sambungan fleksibel juga sambungan digunakan untuk memindahkan momen yang besar disamping geseran. Dan persoalan ini kita temui pada kontruksi menerus seperti portal dan bangunan bertingkat. Di dalam setiap persoalan sambungan harus direncanakan untuk dapat menahan momen dan gaya geser. Dalam hal ini terdapat dua alternatif, yaitu :

1. T-Connection



Gambar 3.1 Sambungan T-Connection

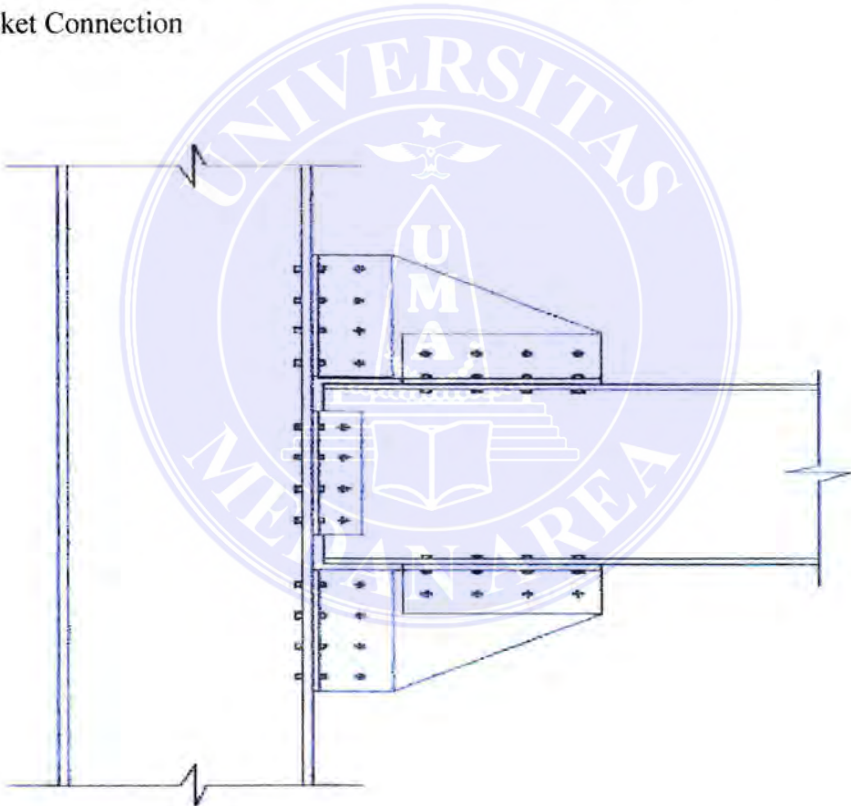
Reaksi R harus dipikul oleh baut yang ada pada baja siku penyambung yang dipasang pada pelat badan balok. Momen M harus dipikul oleh baut yang ada pada baja penyambung berbentuk T yang dipasang pada flens balok.

Baut yang menghubungkan flens balok pada baja T memikul gaya geser horizontal sebesar :

$$p = \frac{M}{h} \text{ dimana } h = \text{tinggi balok.}$$

Baut yang menghubungkan baja T pada kolom sebelah atas harus memikul gaya aksial tarik sebesar P. Sebelah bawah flens baja T langsung menekan pada kolom.

### 1. Bracket Connection



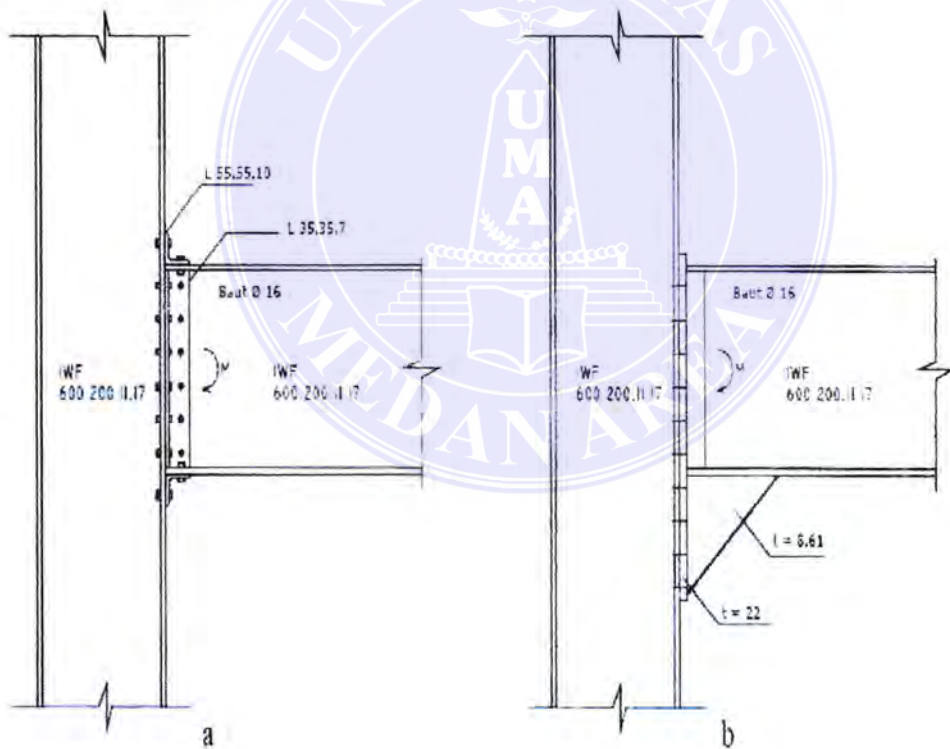
Gambar 3.2 Sambungan Bracket Connection

### 3.2 Sambungan Penahan Momen Yang Direncanakan

Pada Tugas Akhir ini yang dianalisa portal bertingkat dengan elemen dua dimensional dan gaya dalam yang bekerja pada portal tersebut hanya momen lentur  $M$  yang diperhitungkan, maka sambungan direncanakan :

1. Memakai baut dan las sebagai alat penyambung dan pelat dasar sebagai pelat penyambung serta bracket seperti terlihat pada gambar 3.3a
2. Tipe sambungan top-and seat-angle with double web angle seperti terlihat pada gambar 3.3b

Sambungan antara balok dan kolom yang direncanakan tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.3 Sambungan Penahan Momen

### 3. 3. Kekuatan Sambungan Baut

Pada umumnya baut terbagi atas dua macam :

#### 1. Baut hitam

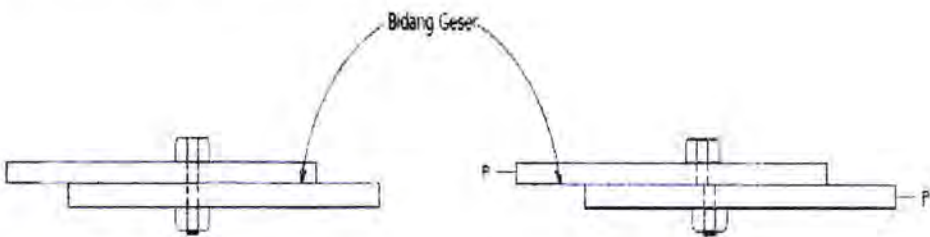
Baut yang mempunyai kelonggaran 1 mm (Selisih diameter lobang dan diameter baut), umumnya untuk bangunan konstruksi ringan dan beban-beban tidak bertukar (umumnya gedung-gedung)

#### 2. Baut beban

Baut yang dipaskan dalam lobangnya kelonggaran  $< 0,1$  mm, digunakan untuk jembatan, konstruksi berat dan beban bertukar. Untuk selanjutnya dalam tugas akhir ini digunakan baut bubut. Sebelum memutuskan sambungan apa yang akan digunakan pada suatu konstruksi, kita harus mengetahui kekuatan sambungan tersebut. Dalam hal ini menentukan kekuatan sambungan baut maka kita harus meninjau terhadap aspek geser, desak, baik terhadap alat sambungannya maupun material yang disambungkan.

#### 3.3.1 Kekuatan Geser Baut

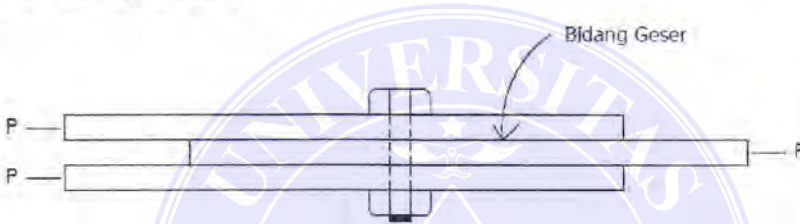
Pada hampir semua hubungan struktural baut harus dapat mencegah terjadinya gerakan material yang disambung dalam arah tegak lurus terhadap panjang baut seperti terlihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Baut yang mengalami geser tunggal

Pada kasus seperti ini, baut mengalami geser. Pada hubungan tumpang tindih (lap joint) seperti ini baut mempunyai kecenderungan untuk mengalami geser disepanjang bidang kontak tunggal antara kedua plat yang disambung. Karena baut menahan kecenderungan pelat-pelat saling menggelincir pada bidang kontak itu dan karena baut mengalami geser pada satu bidang saja, maka baut tersebut mengalami geser tunggal.

Pada hubungan lurus (butt joints) seperti terlihat gambar 3.5 ada dua bidang kontak sehingga baut memberikan tahananannya disepanjang dua bidang dan disebut dalam geser rangkap.



Gambar 3.5 Baut yang mengalami geser rangkap

Kapasitas pikul beban atau kekuatan desain sebuah baut yang mengalami geser tunggal maupun rangkap sama dengan hasil kali antara jumlah bidang geser dengan tegangan geser putus diseluruh luas brutto penampang melintangnya, maka :

$$\bar{P}_{gs} = n \cdot A_b \cdot \bar{\sigma}_b \dots\dots\dots (2.1)$$

Atau :

$$\bar{P}_{gs} = n \cdot A_b \cdot (0.8\bar{\tau}_b) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$\bar{P}_{gs}$  = Gaya putus geser sambungan baut (kg)

n = Jumlah bidang geser (n=1, bila tunggal dan n=2, bila rangkap)

$A_b = \text{Luas bruto baut (cm}^2) = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2$  ; dimana  $d = \text{diamter baut (cm}^2)$

$\bar{\tau}_b = \text{Tegangan geser putus ijin baut (kg/cm}^2)$

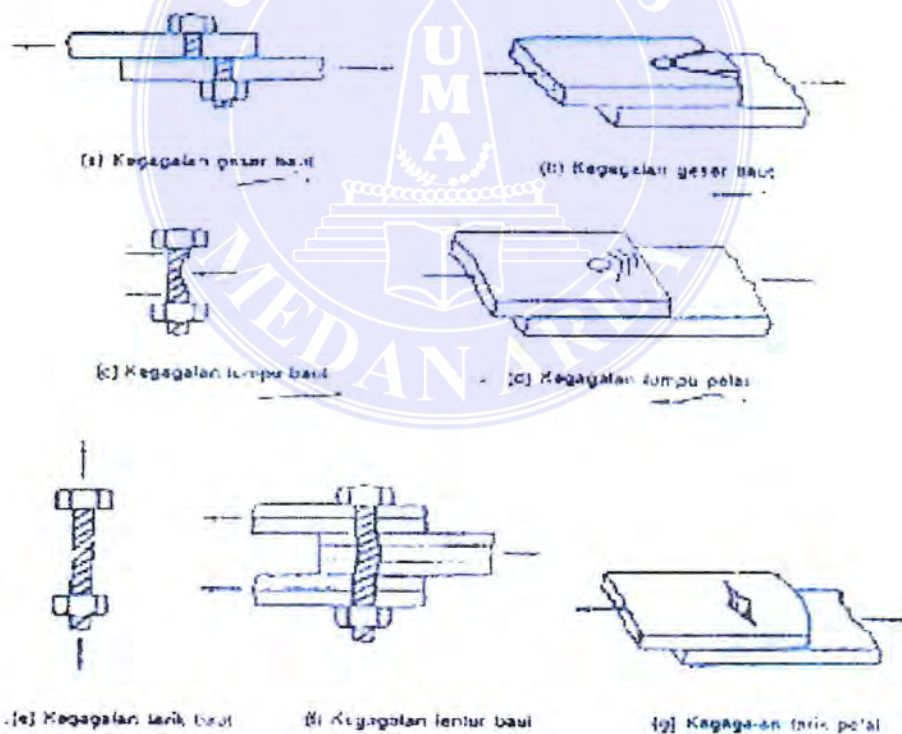
$\bar{\sigma}_b = \text{Tegangan tarik putus ijin baut (kg/cm}^2) = 0,8 \bar{\tau}_b$

Dalam tugas akhir ini mutu baut yang direncanakan mutu baja U52, dimana  $\bar{\sigma}_b = 2400 \text{ kg/cm}^2$  (dalam batas elastisnya)

### 3.3.2. Kekuatan Desak (Tumpu) Baut

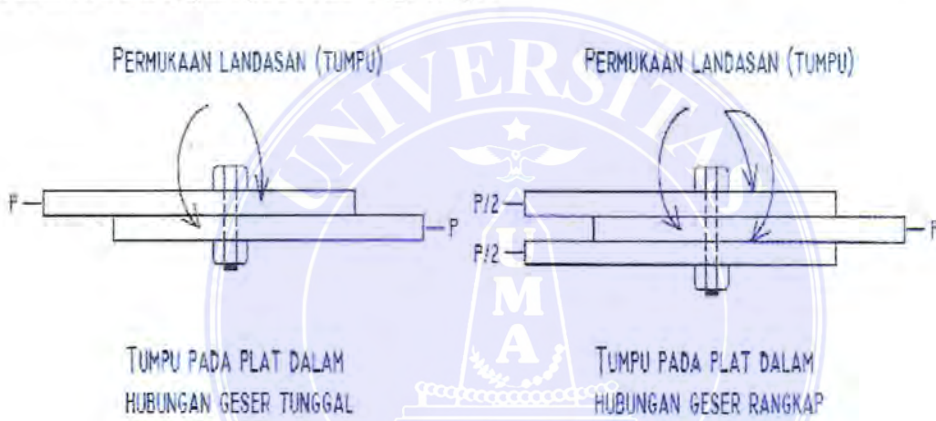
Kekuatan batas desak berkaitan dengan deformasi disekitar lobang baut, seperti terlihat pada gambar 3.6d. erat berkaitan dengan kegagalan tumpu

Kekuatan  $P_{ds}$  merupakan gaya yang bekerja terhadap sisi lobang yang akan memecah atau merobek pelat. Semakin besar jarak ujung  $L$  diukur dari pusat lobang kepingan semakin kecil kemungkinan terjadinya robekan.



Gambar 3.6 Bentuk-bentuk kegagalan yang mungkin terjadi pada sambungan baut

Meskipun baut dalam suatu hubungan telah memadai dalam meneruskan beban yang bekerja dengan mengalami geser, hubungan-hubungan itu masih dapat gagal kecuali apabila material yang disambung dapat meneruskan beban ke baut yang baik. Kapasitas merupakan fungsi dari kekuatan tumpu (atau kekuatan hancur) material yang disambung seperti terlihat Pada gambar 3.7 Distribusi sesungguhnya mengenai tekanan tumpu pada material disekeliling lobang tidak diketahui sehingga luas kontak yang diambil adalah nominal dialikan dengan tebal material yang disambung. Ini diambil dengan anggapan bahwa tekanan merata terjadi pada luas segi empat



Gambar 3.7 Tekanan tumpu pada sambungan baut

Kekuatan desak satu baut terhadap profil dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\bar{P}_{dt} = d \cdot t \cdot \bar{\sigma}_{ds} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

$\bar{P}_{dt}$  = Gaya desak izin untuk satu baut (kg)

$d$  = Diameter baut (cm)

$t$  = Tebal pelat penyambung (cm)

$\bar{\sigma}_{ds}$  = Tegangan desak izin ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Dari buku Peraturan Baja Indonesia (PPBBI), 1983 :

$$\bar{\sigma}_{ds} = 1,5 \bar{\sigma}_{pt} \text{ untuk } S_1 > 2d$$

$$\bar{\sigma}_{ds} = 1,2 \bar{\sigma}_{pt} \text{ untuk } 1,5d \leq S_1 \leq 2d$$

Dimana :

$$\bar{\sigma}_{pt} = \text{Tegangan izin profil (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\bar{\sigma}_{ds} = \text{Tegangan desak profil (kg/cm}^2\text{)}$$

$S_1$  = Jarak dari sumbu baut yang paling luar ketepi bagian yang disambung

$d$  = Diameter baut

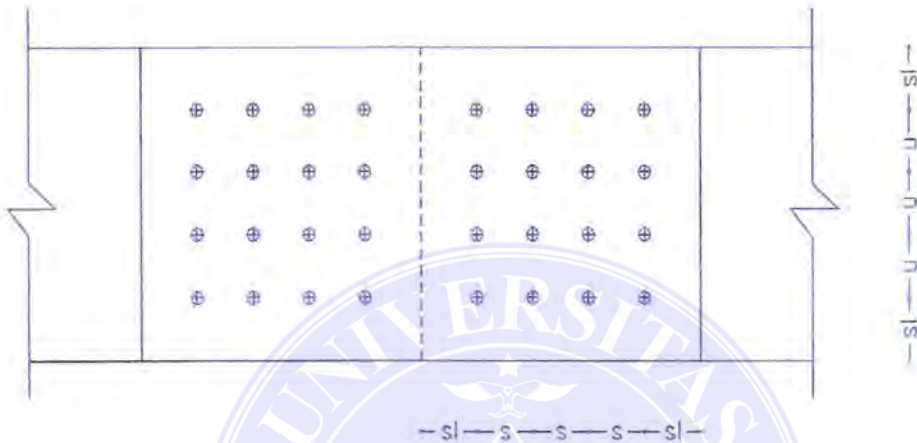
Dalam tugas akhir ini mutu profil yang direncanakan menggunakan mutu baja U37 dengan  $\bar{\sigma}_{pt} = 1600 \text{ kg/cm}^2$  (dalam batas elastisnya)

Perlu diperhatikan bahwa pemasangan baut juga mempunyai aturan tertentu. Dari buku PPBBI 1983, ditetapkan bahwa banyaknya baut yang di pasang pada satu baris sejajar arah gaya tidak boleh lebih dari 5 buah. Hal ini dikarenakan apabila jumlah baut dalam satu baris lebih dari 5 buah maka dikhawatirkan bahwa baut paling pinggir akan mengalami tegangan yang mungkin melampaui tegangan izin bahkan mungkin meleleh.

Hal ini terjadi karena tegangan yang timbul pada susunan baut akibat gaya tarik atau gaya tekan tidak merata. Baut paling pinggir akan mengalami tegangan paling besar dan baut tengah akan mengalami tegangan paling kecil. Dengan alasan tersebut maka perlu diadakan pembatasan jumlah baut dalam satu baris mengingat kondisi tegangan yang terjadi pada setiap baut masih dianggap relevan terhadap tegangan izin. Dengan demikian jumlah baut dalam satu baris dibatasi dengan jumlah maksimum 5 buah. Selain itu juga ditetapkan bahwa jarak antar



sumbu baut paling luar ke tepi atau keujung bagian yang disambung ( $S_1$ ) tidak boleh kurang dari  $1,5d$  dan tidak boleh lebih besar dari  $3.d$  atau  $6.d$  serta jarak dari sumbu 1 kesumbu 2, dari 2 baut yang berurutan ( $s$ ) tidak boleh kurang dari  $2,5d$  dan tidak boleh lebih besar dari  $7d$  atau  $14t$  seperti terlihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Jarak Baut

Dimana :

$$2,5d \leq s \leq 7d \text{ atau } 16 t$$

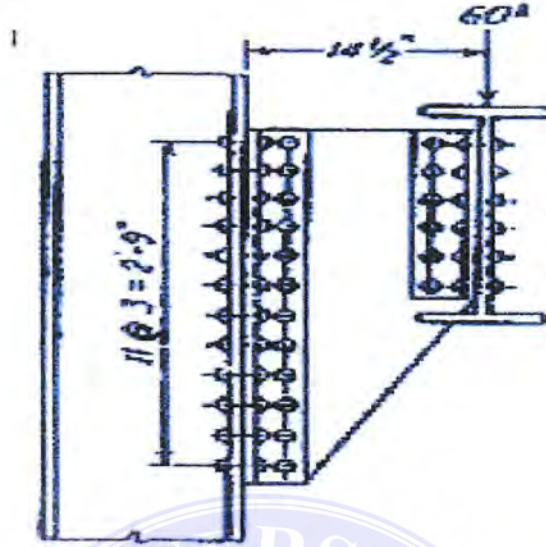
$$2,5d \leq u \leq 7d \text{ atau } 16 t$$

$$1,5d \leq s_1 \leq 3d \text{ atau } 6 t$$

### 3.3.3. Sambungan Baut Mengalami Pembebanan Eksentris

Pada umumnya sambungan memikul momen sehingga tegangan aksial bertambah atau beban bekerja sepanjang garis yang tidak melalui titik berat sambungan. Sambungan yang demikian disebut sambungan yang eksentris.

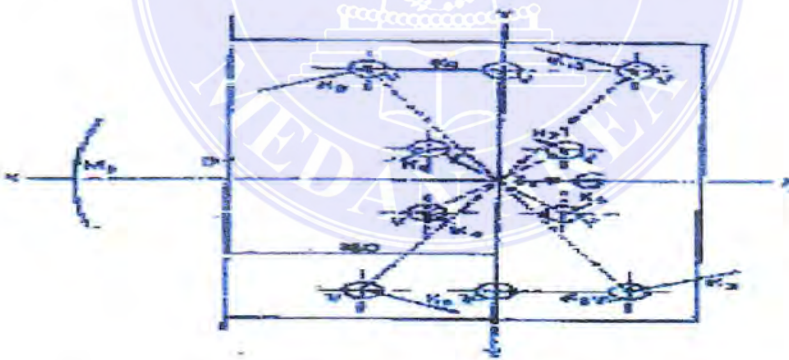
Contohnya sambungan konsol yang meneruskan beban dari sebuah gelagar ke kolom (gambar 3.9)



Gambar 3.9 Sambungan yang eksentris

### A. Baut Yang Memikul Gaya Geser

Perhatikan susunan baut yang terlihat pada gambar 3.10a dibawah ini, dimana baut mengalami gaya eksentris sebesar P.



Gambar 3.10 Analisa Sambungan yang Eksentrisitas

Maka gaya tersebut akan dipindahkan pada titik berat kumpulan baut G.

Beban tersebut adalah :

1. Gaya aksial P
2. Suatu momen sebesar  $P \times e = M$ , pada titik G

Dimana :

✓  $n$  = jumlah baut

✓  $r$  = jarak baut ke titik berat

✓  $K_y^1$  = Beban pada masing-masing baut akibat momen sebesar  $M = P.e$

Akibat momen sambungan cenderung berputar mengelilingi G searah jarum jam, ini akan mengakibatkan pergeseran tempat pada baut yang sebanding dengan  $r$ . perpindahan ini akan membentuk sudut  $90^0$  dengan garis penghubung antara pusat baut dengan titik berat. Tegangan yang timbul dianggap sebanding dengan perpindahan, karena kita menggunakan diameter baut yang seragam. Maka beban baut akibat  $M$  adalah sebanding dengan  $r$ .

$K \approx r$ ; dimana  $K=K_0 \times r$ , sehingga  $K_0 = \frac{K}{r}$

Jika  $r = 1$ ; maka  $K_0 = K$

$K_0$  adalah beban yang dipikul oleh sebuah baut yang berjarak satu satuan dari titik berat G.

Momen pada suatu titik terhadap G:  $K \times r = K_0 \times r^2$

Oleh sebab itu momen pada seluruh baut ialah :

$$M = \sum K_0 \times \sum r^2 = K_0 \times \sum r^2$$

$$K_0 = \frac{M}{\sum r^2}$$

Jadi :

$$K = K_0 \times r = \frac{M \times r}{\sum r^2}$$

$$K = \frac{M \times r}{\sum(x^2 \times y^2)}$$

$K_x = K \sin \theta$ , maka :

$$K = \frac{K_x}{\sin \theta} = \frac{Mxr}{\sum(x^2 \times y^2)} \Rightarrow K_x = \frac{M \times r \times \sin \theta}{\sum(x^2 \times y^2)} \text{ sehingga}$$

$$K_x = \frac{M \times y}{\sum(x^2 \times y^2)}$$

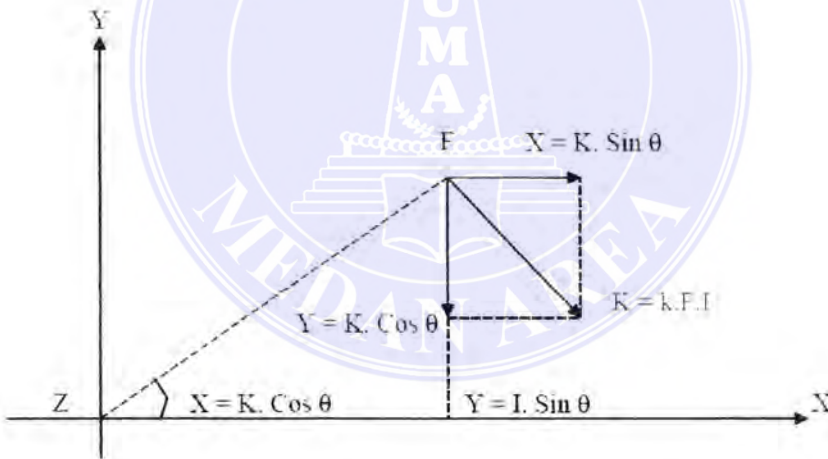
$K_y = K \cos \theta$ , maka :

$$K = \frac{K_y}{\cos \theta} = \frac{Mxr}{\sum(x^2 \times y^2)} \Rightarrow K_y = \frac{M \times r \times \cos \theta}{\sum(x^2 \times y^2)} \text{ sehingga}$$

$$K_y = \frac{M \times x}{\sum(x^2 \times y^2)}$$

Gaya K bekerja tegak lurus terhadap r. untuk menjumlahkan  $K_y$  dan K dapat dilakukan dengan penjumlahan vektor. Ini dapat diselesaikan secara analitis.

Penyelesaian secara analitis :



$X$  dan  $Y$  adalah jarak horizontal dan vertikal baut terhadap sumbu  $x$  dan  $y$  yang melalui titik berat  $G$  dan  $\theta$  adalah sudut yang dibentuk garis kerja gaya  $\frac{P}{n}$  terhadap horizontal.

Penjumlahan vector secara analitis :

$$\text{Komponen P arah vertikal} = \frac{P}{n} \times \sin \theta$$

$$\text{Komponen P arah horizontal} = \frac{P}{n} \times \cos \theta$$

$$\text{Komponen K arah vertikal} = K \times \cos \theta^2 = \frac{M \times r}{r^2} \times \left( \frac{x}{r} \right) = \frac{M \times x}{r^2}$$

$$\text{Analog dengan komponen K arah vertikal, komponen K arah horizontal} = \frac{M \times r}{r^2}.$$

Kalau H adalah jumlah aljabar dari komponen vertikal, resultante gaya adalah R:

$$R = \sqrt{(H^2 + V^2)}$$

Sudut yang dibentuk R dengan horizontal:

$$\alpha = \text{arc tan} \left( \frac{V}{H} \right)$$

Substitusikan harga-harga dari H dan V, akhirnya kita mendapat R:

$$R = \sqrt{\left\{ \left( \frac{P}{n} \times \cos \theta + \frac{M \times y}{\sum r^2} \right)^2 + \left( \frac{P}{n} \times \frac{M \times x}{\sum r^2} \right)^2 \right\}}$$

Sudut yang dibentuk R diukur terhadap horizontal:

$$\alpha = \text{arc tan} \left( \frac{\frac{P}{n} \times \sin \theta + \frac{M \times x}{\sum r^2}}{\frac{P}{n} \times \cos \theta + \frac{M \times y}{\sum r^2}} \right)$$

Untuk keperluan dalam hal mendimensi pada suatu konstruksi sambungan, maka haruslah diketahui:

- a. Diameter baut yang digunakan atau
- b. Momen yang mampu dipikul oleh baut

Oleh karena itu sesuai dengan prinsip mekanika, harus dipenuhi:

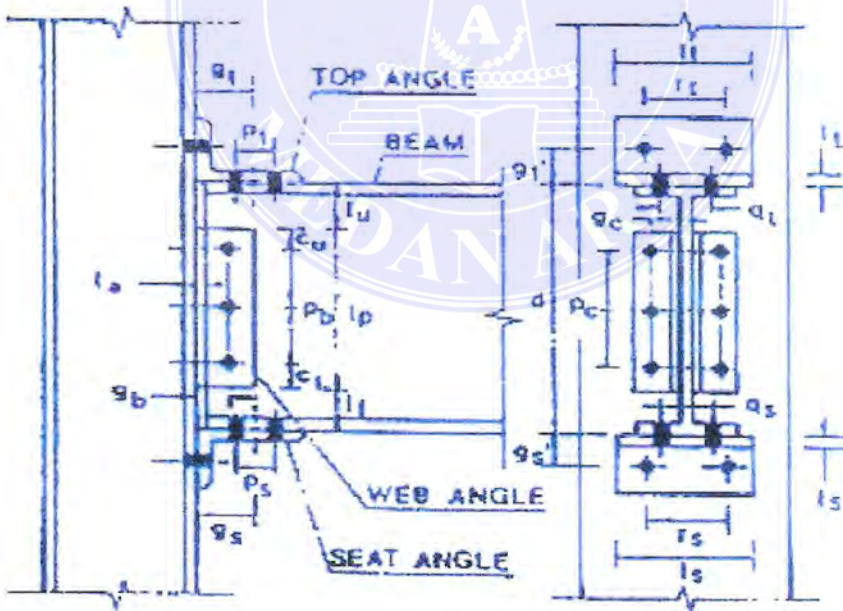
Gaya luar = gaya dalam

Dimana:

- ✓ Gaya luar adalah gaya resultan  $R$  yang bekerja pada baut
- ✓ Gaya dalam yang digunakan adalah gaya yang terkecil dari antara kuat geser baut atau kuat desak baut. Biasanya yang menentukan adalah kuat geser baut.

### B. Baut Mengalami Gaya Aksial Akibat Momen

Pada sambungan antara kolom dengan balok seperti pada gambar 3.11 baut yang mengikat baja siku akan menerima tegangan tarik dan tekan. Oleh karenanya baut yang berada diatas garis netral akan tertarik dan baut yang berada diatas garis netral akan tertekan.



Gambar 3.11 Sambungan Antara Kolom dan Balok

Untuk menghitung tegangan yang terjadi pada kumpulan baut dapat di gambarkan oleh suatu luasan bidang pengganti atau luasan rata-rata (luasan tertarik) yang berupa sebuah persegi panjang dengan lebar :

$$a = A_b \times \frac{m}{s} \times \frac{\bar{\sigma}_{bt}}{\sigma_{pt}}$$

Dimana:

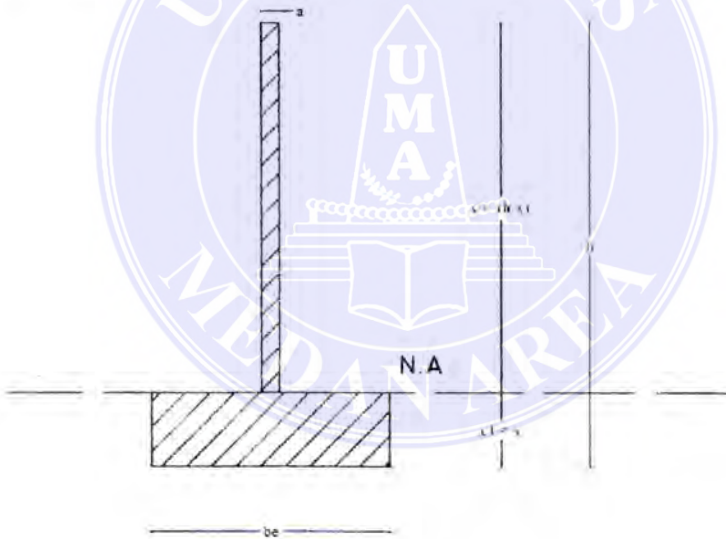
$A_b$  = luasan baut ( $\text{cm}^2$ )

$m$  = jumlah baris baut

$s$  = jarak sumbu ke sumbu baut (cm)

$\bar{\sigma}_{bt}$  = tegangan ijin baut ( $\text{kg/cm}^2$ ); dalam tugas akhir ini =  $2400 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{pr}$  = tegangan ijin profil ( $\text{kg/cm}^2$ ); dalam tugas akhir ini =  $1600 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 3.11a Luasan Pengganti

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

Menentukan garis netral :

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

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

Dari persamaan diatas 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.

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

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

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

$$\sigma = \frac{M}{I_x} \cdot x \cdot \frac{\sigma_{bt}}{\sigma_{pt}}$$

Tegangan geser. Disamping tegangan tarik geser di atas, 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 :

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

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

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma^2 + 1.56 \cdot \tau^2} \leq \sigma_{bt}$$

Dimana :

$\sigma_1$  = tegangan idiil (kg/cm<sup>2</sup>)



$\sigma$  = tegangan aksial yang terjadi ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\tau$  = tegangan geser yang terjadi ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma_{bt}$  = tegangan ijin baut ( $\text{kg/cm}^2$ )

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

### C. Baja Siku dengan Baut yang mendapat Tarikan

Dalam hal ini baja siku akan mengalami perubahan bentuk, dimana ada dua teori yang akan menjelaskan, yaitu :

- Baut akan memanjang akibat tegangan tarik yang terjadi padanya telah melampaui titik ulur (yields stress) sehingga menyebabkan kaki baja siku tersebut akan membengkok. Kejadian ini disebut *simple flexure*.

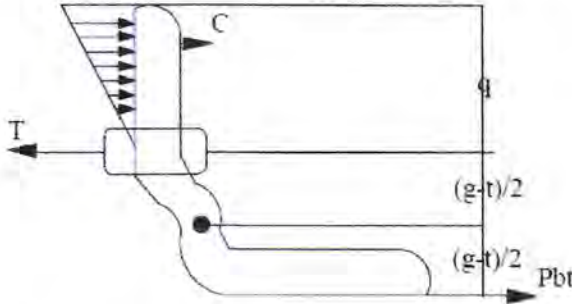


Gambar 3.12 Kejadian Simple flexure yang terjadi pada saat baut mengalami tarikan

Akibat  $P_{bt}$  baja siku akan mendapat momen  $M = P_{bt} (g - t)$  dan baut akan mendapat tarikan  $T = P_{bt}$ .

- Oleh karena pada pemasangan mula-mula baut tersebut mendapat panas kemudian mendingin. Maka terdapat tegangan tarik padanya (initial tension) sehingga baut tersebut tidak akan memanjang dan kaki baja siku itu akan tetap melekat pada sambungan. Perubahan tersebut akan

menyebabkan double flexure. Sebelah atas baut baja siku mengalami tekanan sedangkan bagian bawah baja siku akan mendapat tarikan. Pembagian tekanan terhadap baja siku in dianggap merupakan segitiga.



Gambar 3.13 Peristiwa double flexure

Tinjau sebelah atas contra flexure :

$$c \cdot 2/3 \cdot q = P_{bt} \cdot 1/2 \cdot (g-t), \text{ sehingga: } c \frac{3 P_{bt} (g-t)}{4 q}$$

$$\text{Momen pada baja siku: } M = P_{bt} \cdot 1/2 \cdot (g-t)$$

$$\text{Dan baut mendapat tarikan : } T = P_{bt} + c$$

Tetapi yang sebenarnya terjadi pada baja siku itu adalah keadaan antara **a** dan **b** sehingga rumus yang dipergunakan adalah :

$$1. M = 0,6 \cdot P_{bt} \cdot (g-t)$$

$$2. T = P_{bt} + 0,8 \cdot c$$

$$= P_{bt} \left( 1 + 0,6 \frac{(g-t)}{q} \right)$$

$$\text{Momen perlawanan baja siku : } W_x = 1/6 \cdot s \cdot t^2$$

Dimana :

s = jarak sumbu ke sumbu baut (cm)

t = tebal pelat dasar (cm)

tegangan yang terjadi pada baja siku :

$$\text{a. tegangan akibat momen: } \sigma_M = \frac{M}{W_x} = \frac{0,6.P_{bt}(g-t)}{1/6.s.t^2} = \frac{3,6.P_{bt}(g-t)}{s.t^2}$$

$$\text{b. tegangan geser : } \tau_T = \frac{T}{t.s}$$

sehingga tegangan idiil yang terjadi haruslah memenuhi syarat :

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_M^2 + 3\tau_T^2} \leq \bar{\sigma}_{\text{profi}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\left(\frac{3,6.P_{bt} \cdot (g-t)}{s.t^2}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{t.s}\right)^2} < \sigma_{\text{profil}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

### 3. 4. Kekuatan Sambungan Las

Penyambungan bahan baja selain menggunakan baut juga dapat digunakan las. Sambungan las adalah suatu proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan tanpa pemakaian bahan pengisi.

#### 3.4.1. Kekuatan Sambungan Las

Pengelasan adalah penyatuan dua logam dengan memanaskan sampai ke temperatur yang sesuai sedemikian rupa sehingga membentuk kesatuan. Dalam pengelasan struktural hal ini biasanya di ikuti dengan penambahan logam pengisi dan elektroda. Sebagai tambahan perlu ditetapkan bahwa sifat-sifat las harus sedekat mungkin dengan logam dasarnya. Dengan demikian variasi elektroda diperlukan untuk disesuaikan dengan persyaratan baja. Las struktul biasanya dilakukan dengan proses busur logam terlindung (*shield metal-arc process*) atau dengan cara proses busur tercelup (*submerged arc process*). Las busur (*arc*

*welding*) merupakan istilah umum bagi banyak proses yang menggunakan energi listrik dalam bentuk busur listrik untuk menghasilkan panas yang diperlukan bagi pengalasan.

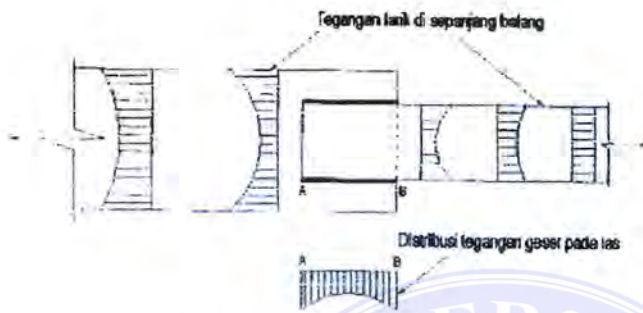
### 3.4.2 Kekuatan Las Sudut

Karena las harus mentransfer seluruh beban dari suatu batang kebatang lainnya. Las pun harus didimensi sesuai dengan dan dibentuk dari material elektroda yang tepat. Untuk keperluan desain las fillet diasumsikan mentransfer beban melalui tegangan geser pada area aktif. Apapun orientasi fillet pada sambungan strukturalnya. Las groove mentransfer beban tepat seperti pada bagian-bagian yang dihubungkannya. Material elektroda yang digunakan pada las harus memiliki sifat-sifat material dasar. Bila sifat-sifat agak berbeda logam las disebut sebagai logam las “pasangan”.

Kekuatan las fillet didasarkan atas asumsi bahwa kegagalan las sedemikian dikarenakan oleh karena geser terhadap luas efektif, baik bila geser itu sejajar atau tegak lurus terhadap sumbu alur las fillet yang bersangkutan. Dalam kenyataannya kekuatan tersebut lebih besar bagi transfer geser yang tegak lurus terhadap sumbu las kira-kira sepertiga lebih kuat dari pada apabila dibebani dalam arah sejajar, meskipun demikian untuk mudahnya situasi tersebut diperlakukan sama. Dengan demikian kekuatan las fillet mungkin ditentukan oleh kekuatan elektroda las atau kekuatan geser material dasar.

Distribusi tegangan pada sambungan las itu kompleks dan tidak seragam. Gambar 3.14 menunjukkan distribusi tegangan tipikal pada beban layanan untuk las fillet longitudinal pada sebuah lap joint (sambungan lewatan). Variasi aktual tegangan geser pada las dari titik A ke titik B tergantung pada panjangnya las

maupun rasio lebar pelat-pelat yang disambungkan. Gambar 3.15 menunjukkan variasi geser tipikal untuk las fillet yang mendapat pembebanan transversal terhadap sumbu las. Distribusi tegangan pada las fillet yang digunakan untuk menghubungkan sambungan-sambungan T lebih kompleks.



Gambar 3.14 Distribusi Tegangan tipikal pada lap joint (sambungan lewatan) dengan las fillet longitudinal

Sudah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa las sudut mempunyai kekuatan lebih besar terhadap tarik dan tekan daripada terhadap geser, maka tegangan las sudut yang menentukan adalah tegangan geser efektif (teoritis) yang bekerja pada luas *throat* (luas leher las). Luas ini menunjukkan kekuatan las sudut didefinisikan sebagai jarak dari akar joint ke muka teoritis las.

Demensi leher fillet adalah jarak nominal terpendek dari akar (titik siku) ke muka las, seperti gambar 3.16 dengan mengasumsikan bahwa las fillet memiliki panjang kaki nominal yang sama (membentuk segitiga siku-siku sama kaki) dengan leherefektifnya  $t_e$  adalah  $0.707 a$  ( $\sin 45^\circ \times a$ ). bila las fillet tersebut didesain sebagai tak simetri (hal yang jarang terjadi) dengan kaki-kaki yang tidak sama seperti gambar 3.16b harga  $t_e$  harus di hitung dari bentuk diagramatik las yang bersangkutan.

Kekuatan semua las sudut didasari atas harga yang dihitung ntuk beban-beban yang bekerja dalam arah sejajar dengan sumbu las. Las sudut yang dibebani dalam arah tegak lurus mempunyai kekuatan lebih besar karena fakta bahwa bidang runtuhnya terjadi pada saat yang bukan  $45^0$ , jadi luas sudut tahanannya lebih besar dari pada luas leher yang tegak lurus terhadap muka teoritis las. Selain itu luas sudut transfersal mengalami tegangan lebih merata dibandingkan dengan las sudut yang dibebani sejajar.

Maka dengan demiiian kekuatan las sudut di dapat dengan mengalikan tegangan geser putus las dengan luas tahanan efektif sebagai :

$$Fr = \tau\rho . a$$

Karena tidak ada harga tegangan geser putus secara pasti maka untuk mudahnya dianggap bahwa tegangan geser putus diambil sebesar 0.6 Kali tegangan tarik-tekan, sehingga persamaan menjadi.

$$Fp = 0.6.\sigma\rho.A$$

Dimana : Fp = gaya putus las sudut (Kg)

$\tau\rho$  = tegangan geser putus (Kg/Cm<sup>2</sup>)

$\sigma\rho$  = tegangan tarik putus (Kg/Cm<sup>2</sup>)

A = luas tahanan efektif las cm<sup>2</sup>

Luas tahanan efektif las (A) diperoleh dari hasil perkalian antara tebal leher efektif ( $t_c$ ) dengan panjang total netto las ( $L_n$ )

Pada buku pertaturan perencanaan Bangnan Baja Indonesia (PPBBI), membuat aturan sendiri mengenai las sudut ini yaitu sebagai berikut :

- a. Panjang netto las adalah  $L_n = L_{brutto} - 3a$  : dimana  $a$  = tebal las efektif
- b. Panjang netto las tidak boleh kurang dari 40 mm atau 8 s/d 10 kali tebal teras batang las.
- c. Panjang netto las tidak boleh lebih dari tebal las, sebaiknya dibuat las yang terputus-putus (las terputus)
- d. Untuk las terputus pada batang tekan jarak antara bagian-bagian las itu tidak boleh melebihi  $24t$  atau 30 cm, sedangkan pada batang tarik jarak itu tidak boleh melebihi  $24t$  atau 30 cm dimana  $t$  adalah tebal terkecil dari elemen yang dilas.
- e. Las terputus tidak diperkenankan jika dikhawatirkan terjadi pengkaratan pada permukaan bidang kontak dibagian yang tidak ada lasnya atau pada elemen yang dipengaruhi gaya getar.
- f. Tebal las sudut tidak boleh dari  $\frac{1}{2} \cdot t \cdot \sqrt{2}$ , dimana  $t$  adalah tebal terkecil pelat yang dilas.

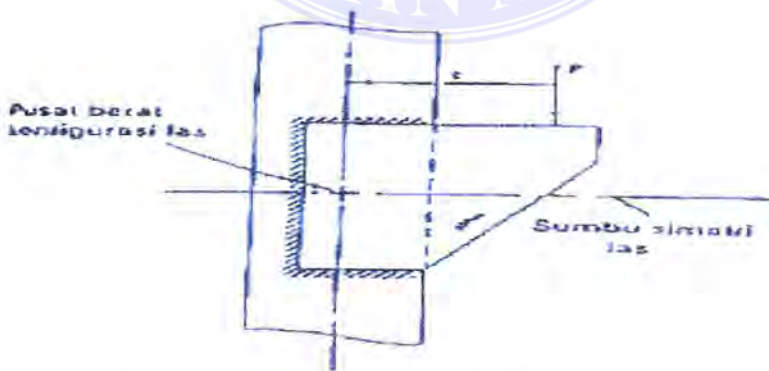
### 3. 4.3 Sambungan Las yang Eksentris

Bila tidak tersedia komputer atau tabel – tabel AISC, analisis vektor elastik tradisional lebih mudah dilakukan ketimbang metode kekuatan. Metode vektor elastik bersifat konservatif bahkan kadang kala terlalu berlebihan. Metode elastik menggunakan asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. setiap segmen las bila ukurannya sama akan menahan beban yang dikenakan secara konsentris dengan gaya yang sama. Konsep itu digunakan untuk las pada batang tarik.
2. rotasi akibat momen puntir diasumsikan terjadi di sekitar sentrid konfigurasi las.

3. beban pada suatu segmen las akibat momen puntir diasumsikan sebanding dengan jarak dari sentrid konfigurasi las.
4. arah gaya pada suatu segmen las akibat puntiran diasumsikan sebagai tegak lurus terhadap jarak radial dari sentroid konfigurasi las.
5. komponen gaya-gaya yang di sebabkan oleh beban langsung dan puntiran dapat di kombinasikan secara vektorial sehingga di peroleh suatu gaya resultan.

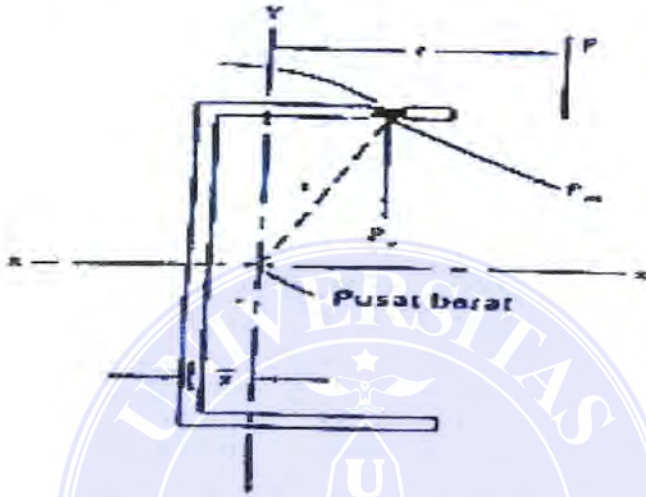
Pada bagian sebelumnya sambungan baut yang dibebani eksentris dapat analisa dan didesain. Analisa dan desain sambungan las yang dibebani eksentris dapat dilakukan dengan cara yang sama. Gambar 3.17 berikut memperlihatkan beban  $p$  yang dibebani eksentris terlerak pada pelat hubungan berikut. Beban  $p$  ini bekerja melalui pusat berat konfigurasi las dan momen torsional ( $M = P.e$ ) mempunyai titik putar dipusat berat tersebut. Dengan demikian gaya-gaya yang bekerja pada las akan terdiri atas dua komponen.  $P_v$  akibat beban aksial eksentris dan  $P_M$  akibat momen torsional seperti terlihat pada gambar 3.18. Efek aksial menyebabkan beban  $P/l$  per inchi las, dimana  $l$  adalah panjang total las. Beban ini bekerja pada



Gambar 3.17 Hubungan Las dibebani eksentris



$P_M$  akan bervariasi terhadap jarak  $r$  dari pusat berat konfigurasi las ke elemen las yang sedang ditinjau dan akan bekerja pada arah tegak lurus terhadap garis gaya yang menghubungkan pusat berat dengan elemen las tersebut. Dengan demikian hubungan ini harus di desain atau dianalisis agar kedua komponen yang bekerja pada sembarang titik las tidak melampaui kapasitas las.



Gambar 3.18 Beban-beban pada las

Beban torsional,  $P_M$  harus ditentukan dengan menerapkan rumus tegangan Klasik untuk konfigurasi las :

$$\tau = \frac{M.r}{J}$$

Dimana :

$\tau$  = tegangan geser satuan pada las (Kg/cm<sup>2</sup>)

$M$  = Momen torsi (Kg.cm)

$R$  = jarak dari pusat berat konfigurasi las ke sambungan titik bagian las yang

Sedang ditinjau (cm)

$J$  = momen inersia polar (cm<sup>2</sup>)

Untuk keperluan desain setiap elemen las dapat dianggap berupa garis yang berimpit dengan akar las sudut. Dengan demikian las itu dapat dipandang hanya mempunyai lokasi dan panjang. Ini berarti bahwa tegangan satuan yang dihitung pada rumus tegangan torsional menjadi gaya persatuan panjang (Kg/cm), bukan gaya persatuan luas (Kg/cm<sup>2</sup>). Gaya persatuan panjang ini kita beri notasi  $P_M$ . perlu diingat pula bahwa agar asumsi-asumsi serta satuan konsisten momen inersia polar mempunyai satuan cm<sup>2</sup> bukan cm<sup>4</sup>. ini berdasarkan fakta bahwa las hanya mempunyai panjang jadi menghilangkan satu dimensi dari  $I_x$  dan  $I_y$ . Arumus-rumus momen inersia diberikan dalam gambar 2.25 untuk suatu panjang las.

Untuk jenis masalah ini kana lebih mudah apabila momen polar ditulis dalam bentuk

$$J = I_x + I_y$$

Gaya resultan  $R$  yang bekerja akibat momen orsia akibat  $M$  dan akibat beban langsung  $P$  dapat ditulis sebagai

$$R = \sqrt{(P_y + P_{MX})^2 + P_{MY}^2}$$

Dimana harga  $P_{MX}$  dan  $P_{MY}$  didapat dengan menguraikan  $P_M$  menjadi dua komponen, yaitu komponen terhadap sumbu X ( $P_{MX}$ ) dan komponen terhadap sumbu Y ( $P_{MY}$ )

## BAB V

### KESIMPULAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada Bab IV. Dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis pada tipe sambungan yang di lakukan, dapat diperoleh data sebagai berikut :

a. Baut

- Sambungan Baut Las memiliki jumlah 8 buah baut
- Tegangan Geser pada baut  $= 66377,14 \text{ N}$
- Tegangan Tumpu pada baut  $= 111888 \text{ N}$

b. Las

- Sambungan las memiliki tebal 9 mm dan panjang las 340 mm
- Tegangan Geser pada las  $= 658440 \text{ N}$
- Tegangan Tumpu pada las  $= 673437,1257 \text{ N}$

c. Paku Keling :

- Sambungan paku memiliki jumlah 8 buah paku
- Tegangan pada las  $= 80347,3 \text{ N}$
- Tegangan Tumpu pada las  $\text{N}$

Dari ketiga jenis sambungan diatas, dapat disimpulkan bahwa sambungan Las jauh lebih kuat dari jenis sambungan yang lain jika besar gaya yang bekerja sama besar.

2. Sambungan yang paling efisien adalah jenis sambungan baut, dimana dalam pengerjaannya di lapangan paling praktis diantara ketiga jenis sambungan yang dibahas dan memiliki nilai kekuatan yang cukup tinggi.
3. Penganalisaan kekuatan dari sambungan balok-kolom tersebut di pengaruhi oleh jumlah, susunan dan ukuran dari baut/paku penyambung, dimensi dari pelat penyambung momen yang terjadi pada sambungan (akibat dari beban yang bekerja) dan tebal dari las penyambung.



## DAFTAR PUSTAKA

1. A.P. Potma dan Ir. J.E. De Vries , ( 1994 ), *konstruksi Baja teori perhitungan dan pelaksanaan* , cetakan ke- 5 , penerbit PT. PRADNYA PARAMITA Jakarta .
2. Charles G. Salmon dan Jhon E . jhonson , ( 1996 ), *Struktur Baja Desain dan Perilaku* , Jilid 1 dan 2 , edisi ke -3 , penerbit Erlangga .
3. Catatan kuliah struktur Baja I
4. Edwin H . Gaylor , Jr dan Charles N. Gaylord, ( 1957 ), *Design of Steel Structures*. McGraw-hill, Book Company, Inc .
5. Fx. Nurwadi Wibowo, ( 2008 ), *Sambungan Pada Rangka batang Beton Pracetak*, Journal Teknik sipil
6. Gunawan. T dan Ir. Margaret. S , ( 2002 ) , *diktat Teori soal dan penyelesaian Konstruksi baja I* jilid 1 , penerbit Delta teknik group jakarta .
7. Hendrik Wijaya, ( 2008 ) , *penggunaan washer khusus ( besar ) pada sambungan baja Cold Formed* , journal teoritis dan terapan bidang rekayasa sipil.
8. Oentoeng , ( 1999 , 2004 ) , *Konstruksi baja* , penerbit ANDI.
9. *Peraturan perencanaan bangunan baja indonesia* ( PPBBI ), 1983
10. Timbul jansen, ( 1998 ) , *pengujian kekakuan sambungan baja pada konstruksi baja*, Tugas akhir, bidang study struktur teknik sipil Sumatera Utara.
11. Rudy Gunawan dengan petunjuk Ir. Morisco, ( 1988 ) , *Tabel Profil Konstruksi baja*, penerbit Kanisius Yogyakarta.
12. Sanci Barus dan Robert Panjaitan, ( 2008 ) , *Analisis baut Mutu Tinggi serta aplikasinya antara Hubungan Balok-Kolom*. Journal Teknik Sipil
13. Timbul Jansen. ( 1998 ) , *pengujian kekakuan sambungan baja pada konstruksi baja*, Tugas akhir, bidang study struktur teknik sipil Sumatera Utara.
14. Vivi Fitri Y Silalahi, ( 2002 ) , *analisa perbandingan perhitungan sambungan Baja Dan Beton Metode konvensional dan metode ramset* , Tugas Akhir, bidang study struktur teknik sipil sumatera utara.