

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISA BIAYA SAMBUNGAN EKSENTRIS**  
**PADA STRUKTUR KERANGKA BAJA**  
**DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT DAN LAS**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia**  
**untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh**  
**derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Disusun Oleh :**

**SENDI PRIAKUSUMA**

**No. Mhs. : 91 310 121**

**NIRM : 910051013114120116**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**1997**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA BIAYA SAMBUNGAN EKSENTRIS**  
**PADA STRUKTUR KERANGKA BAJA**  
**DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT DAN LAS**

Disusun Oleh :


**SENDI PRIAKUSUMA**

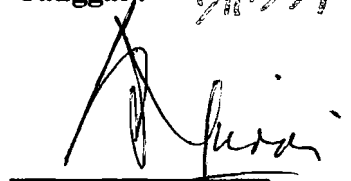
No. Mhs : 91 310 121  
NIRM : 910051013114120116

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. H. Mochamad Teguh, MSCE**  
Dosen Pembimbing I

**Ir. Tadjuddin BMA, MS**  
Dosen Pembimbing II

  
\_\_\_\_\_  
Tanggal: 14/11/97

  
\_\_\_\_\_  
Tanggal: 14/11-97

## DO'A

Al-Fatihah ...

In the name of Allah, the Compassionate, the Merciful  
Praise be to Allah, Lord of the Universe  
Most Gracious, Most Merciful  
Master of the Day of Judgement  
Thee do we worship and Thine aid we seek  
Show us the straight way  
The way of those Thou hast bestowed Thy Grace,  
Those whose (portion) is not wrath, and who go not astray  
Amin ...

(Al-Qur'an, surah Al-Fatihah 1-7)

(To the righteous soul will be said :)

"O (thou) soul, In (complete) rest and satisfaction!"  
"Come back thou to thy Lord, Well pleased, and well-pleasing Unto Him!"  
"Enter thou, then, Among my Devotees!"  
"Yea, enter thou My Heaven!"

(Al-Qur'an, surah Al-fajr 27-30)

Who can see the future?  
Neither I nor You, but if the God (Allah) Willing ...  
Everything is passing true  
And onething to remember  
Even a big journey is begun by small step  
(Sendi Priakusuma)

## PERSEMBAHAN

Dengan perasaan haru berkat limpahan rahmat-NYA  
Kupersembahkan Tugas Akhir ini pada Ibuku dan Bapak tercinta  
Kakak dan Adik termanis  
Eva ter"chayank"  
Makasih atas segalanya ...

## ABSTRAK

Sambungan pada struktur baja merupakan bagian yang tidak dapat diabaikan begitu saja, karena kegagalan dalam perencanaannya dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur secara keseluruhan. Dalam merencanakan sambungan tersebut tidak hanya faktor keamanan dan kekuatannya saja yang perlu diperhatikan, akan tetapi tinjauan dari segi biaya pabrikasi/produksi perlu juga diperhatikan. Pada saat ini yang sering digunakan sebagai alat sambung pada struktur baja adalah baut (baik baut biasa serta baut mutu tinggi) dan las. Secara umum, harga baut mutu tinggi lebih mahal dari baut biasa, akan tetapi hal tersebut ternyata tidak menjamin bahwa sambungan dengan baut biasa selalu lebih murah dari pada dengan baut mutu tinggi. Analisa biaya dilakukan pada dua tipe sambungan eksentris, yaitu tipe geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1) serta tipe geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2) dengan batasan pembebanan antara 4000 kg sampai 10.000 kg dan eksentrisitas yang terjadi sebesar 30 cm. Dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa pemakaian alat sambung las merupakan alternatif yang paling ekonomis dibandingkan baut (baik baut biasa jenis A-307 maupun baut mutu tinggi jenis A-325). Hasil penelitian lebih lanjut menyimpulkan bahwa pada sambungan tipe geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1) dengan batasan pembebanan seperti di atas, penggunaan alat sambung baut mutu tinggi ternyata memerlukan biaya yang lebih ekonomis dari pada baut biasa. Sedangkan pada sambungan tipe geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2) dengan pembebanan antara 4000 kg sampai 9000 kg, pemakaian alat sambung baut mutu tinggi membutuhkan biaya yang lebih mahal dibandingkan baut biasa, tetapi untuk beban di atas 9000 kg sampai 10.000 kg, pemakaian baut biasa lebih mahal dari pada baut mutu tinggi.

## **PRAKATA**

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

**Bismillahir Rohmaanir Rohiimi**

Segala puji syukur kehadiran Illahi Rabbi yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta telah berkenan memberikan sebagian kecil dari ilmu-Nya, sholawat dan salam semoga selalu melimpah kepada junjungan umat Islam Nabi Muhammad SAW yang telah membawa manusia ke jalan kebenaran, jalan yang diridhoi Allah SWT. Hari-hari panjang dan melelahkan tiada terasa telah berlalu dengan penuh harapan dan do'a yang tak pernah henti. Alhamdulillahirobbil'alamin dengan kekuasaan dan kehendak-Nya selesai sudah Tugas Akhir ini. Adapun penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan jenjang strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaiannya tidak sedikit kendala, hambatan, cobaan dan rintangan yang harus dihadapi, baik dalam mencari permasalahan, sumber penulisan maupun dalam penyusunannya. Akan tetapi tidak sedikit pula bantuan dan pengorbanan dari berbagai pihak, bukan saja pada saat penyusunan Tugas Akhir, tapi dimulai sejak saat pertama menempuh studi di Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Oleh karena itu tidak berlebihan kiranya jika pada kesempatan ini terucap rasa terima kasih yang tulus dan ikhlas kepada :

1. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Mochammad Teguh, MSCE, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Ibu tercinta, Bapak, mbak Rinta, mas Tok, dik Nina dan adinda Eva atas semua do'a dan dukungan hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
6. Kiai Udi Khaemi di Magelang, K.H. Syech Irfa'i Nahrowi di Plosokuning Yogyakarta, selaku penasihat agama dan pembimbing spiritual.
7. Bebe dan teman-teman lainnya di lingkungan FTSP UII yang telah banyak membantu selama penulisan Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Laporan Tugas Akhir ini, masih jauh dari sempurna karena keterbatasan waktu dan kurangnya pengetahuan dalam menghadapi permasalahan yang ada. Akhirnya kritik dan saran demi kesempurnaan dan kebaikan tulisan ini sangatlah diharapkan. Semoga hasil penelitian "Analisa Biaya Sambungan Eksentris pada Struktur Kerangka Baja" ini, dapat bermanfaat bagi yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Yogyakarta, Oktober 1997

## DAFTAR ISI

|  |           |
|--|-----------|
| Halaman Judul.....                     | i         |
| Halaman Pengesahan.....                | ii        |
| Halaman Do'a dan Persembahan.....      | iii       |
| Abstrak.....                           | iv        |
| Prakata.....                           | v         |
| Daftar Isi.....                        | vii       |
| Daftar Notasi.....                     | ix        |
| Daftar Tabel.....                      | xi        |
| Daftar Gambar.....                     | xiii      |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>          | <b>1</b>  |
| 1.1. Latar Belakang Masalah.....       | 1         |
| 1.2. Pembatasan Masalah.....           | 3         |
| 1.3. Perumusan Masalah.....            | 5         |
| 1.4. Tujuan dan Manfaat Penulisan..... | 5         |
| 1.5. Metode Penelitian.....            | 6         |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>    | <b>7</b>  |
| 2.1. Sifat-sifat Baja Struktural.....  | 7         |
| 2.2. Sambungan dan Alat Sambung.....   | 12        |
| 2.3. Alat Sambung Baut.....            | 14        |
| 2.4. Alat Sambung Las.....             | 15        |
| 2.5. Sambungan Las.....                | 19        |
| 2.5.1. Jenis las.....                  | 21        |
| 2.5.2. Cacat pada sambungan las.....   | 24        |
| 2.6. Analisa Biaya.....                | 25        |
| <b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>     | <b>27</b> |
| 3.1. Analisa Sambungan Baut.....       | 27        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1.1. Tegangan ijin pada sambungan baut.....                      | 33        |
| 3.1.2. Diameter dan jarak lubang sambungan baut.....               | 34        |
| 3.1.3. Perencanaan sambungan baut.....                             | 36        |
| 3.2. Analisa Las Sudut.....  | 39        |
| <b>BAB IV APLIKASI NUMERIK.....</b>                                | <b>48</b> |
| 4.1. Perencanaan Sambungan.....                                    | 48        |
| 4.1.1. Sambungan geser eksentris (eksentris tipe 1).....           | 49        |
| 4.1.2. Sambungan geser dan tarik eksentris (eksentris tipe 2)..... | 56        |
| 4.2. Biaya Pabrikasi/Produksi.....                                 | 66        |
| 4.2.1. Perencanaan biaya sambungan baut.....                       | 67        |
| 4.2.2. Perencanaan biaya sambungan las.....                        | 69        |
| <b>BAB V PEMBAHASAN.....</b>                                       | <b>72</b> |
| 5.1. Umum.....   | 72        |
| 5.2. Biaya Bahan Baku Langsung.....                                | 72        |
| 5.3. Biaya Tenaga Kerja Langsung.....                              | 75        |
| 5.4. Total Biaya Pabrikasi/Produksi.....                           | 78        |
| <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                            | <b>84</b> |
| 6.1. Kesimpulan.....   | 84        |
| 6.2. Saran-saran.....  | 85        |

**PENUTUP**

**DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR NOTASI

|                     |   |
|---------------------|---|
| A                   | = luas penampang  |
| a                   | = panjang kaki las sudut  |
| b                   | = lebar permukaan bidang  |
| c.g                 | = titik berat sambungan   |
| d                   | = diameter baut   |
| E                   | = modulus elastisitas baja  |
| e                   | = eksentrisitas   |
| F                   | = faktor geser permukaan  |
| G                   | = modulus geser baja  |
| h                   | = tinggi profil   |
| I <sub>x</sub>      | = momen inersia searah sumbu x  |
| I <sub>y</sub>      | = momen inersia searah sumbu y  |
| I <sub>p</sub>      | = momen inersia polar   |
| K                   | = resultan gaya yang dapat diterima oleh masing-masing baut           |
| l <sub>brutto</sub> | = panjang las brutto  |
| l <sub>netto</sub>  | = panjang las netto   |
| M                   | = momen lentur  |
| N <sub>g</sub>      | = kapasitas geser setiap baut   |
| N <sub>tu</sub>     | = kapasitas tumpu setiap baut   |
| No                  | = beban tarik awal  |
| n                   | = jumlah baut   |
| P                   | = beban   |
| r                   | = jarak baut ke titik berat baut                                      |
| S                   | = jarak vertikal antar baut   |
| S <sub>1</sub>      | = jarak dari satu baut yang paling luar ke tepi bagian yang disambung |
| SF                  | = angka keamanan  |
| T                   | = gaya aksial tarik pada baut paling atas                             |

|                          |   |   |
|--------------------------|---|---|
| $T_e$                    | = | tebal efektif las sudut                           |
| $t$                      | = | tebal plat  |
| $t_b$                    | = | tebal badan                                       |
| $t_s$                    | = | tebal sayap                                       |
| $y(A)$                   | = | jarak vertikal titik berat sambungan terhadap A   |
| $x(A)$                   | = | jarak horisontal titik berat sambungan terhadap A |
| $\epsilon$               | = | regangan baja                                     |
| $\sigma$                 | = | tegangan baja                                     |
| $\overline{\sigma}$      | = | tegangan dasar                                    |
| $\sigma_e$               | = | tegangan elastis bahan baja                       |
| $\sigma_p$               | = | tegangan batas sebanding                          |
| $\sigma_l$               | = | tegangan leleh baja                               |
| $\sigma_t$               | = | tegangan tarik baja                               |
| $\overline{\sigma_{tu}}$ | = | tegangan tumpu ijin                               |
| $\overline{\tau}$        | = | tegangan geser ijin                               |
| $\tau_{\perp}$           | = | tegangan geser tegak lurus bidang efektif las     |
| $\tau_{//}$              | = | tegangan geser sejajar bidang efektif las         |
| $\sigma_I$               | = | kombinasi tegangan geser dan tarik ijin           |
| $\mu$                    | = | angka Poisson                                     |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Tegangan leleh dan tegangan dasar berdasarkan PPBBI.....                             | 12 |
| Tabel 2.2 Tegangan pada berbagai jenis baut.....   | 15 |
| Tabel 2.3 Elektroda untuk pengelasan.....  | 19 |
| Tabel 3.1 Harga faktor geser permukaan.....  | 37 |
| Tabel 3.2 Diameter nominal dan diameter efektif baut.....                                      | 39 |
| Tabel 3.3 Ukuran kaki las sudut minimum.....   | 41 |
| Tabel 4.1 Harga baut biasa (A-307).....  | 66 |
| Tabel 4.2 Harga baut mutu tinggi (A-325).....  | 66 |
| Tabel 4.3 Harga kawat elektroda las.....   | 66 |
| Tabel 5.1 Biaya bahan baku langsung sambungan geser eksentris dengan baut A-325.....           | 73 |
| Tabel 5.2 Biaya bahan baku langsung sambungan geser eksentris dengan baut A-307.....           | 73 |
| Tabel 5.3 Biaya bahan baku langsung sambungan eksentris tipe 1 dengan las.....                 | 74 |
| Tabel 5.4 Biaya bahan baku langsung sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-325..... | 74 |
| Tabel 5.5 Biaya bahan baku langsung sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-307..... | 74 |
| Tabel 5.6 Biaya bahan baku langsung sambungan eksentris tipe 2 dengan las.....                 | 74 |
| Tabel 5.7 Biaya tenaga kerja langsung sambungan geser eksentris dengan baut A-325.....         | 76 |
| Tabel 5.8 Biaya tenaga kerja langsung sambungan geser eksentris dengan baut A-307.....         | 76 |
| Tabel 5.9 Biaya tenaga kerja langsung sambungan eksentris tipe 1 dengan las.....               | 76 |

|  |    |
|--|----|
| Tabel 5.10 Biaya tenaga kerja langsung sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-325.....      | 77 |
| Tabel 5.11 Biaya tenaga kerja langsung sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-307.....      | 77 |
| Tabel 5.12 Biaya tenaga kerja langsung sambungan eksentris tipe 2 dengan las.....                      | 77 |
| Tabel 5.13 Total biaya pabrikasi/produksi sambungan geser eksentris dengan baut A-325.....             | 79 |
| Tabel 5.14 Total biaya pabrikasi/produksi sambungan geser eksentris dengan baut A-307.....             | 79 |
| Tabel 5.15 Total biaya pabrikasi / produksi sambungan eksentris tipe 1 dengan las.....                 | 79 |
| Tabel 5.16 Total biaya pabrikasi / produksi sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-325..... | 80 |
| Tabel 5.14 Total biaya pabrikasi / produksi sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-307..... | 80 |
| Tabel 5.15 Total biaya pabrikasi / produksi sambungan eksentris tipe 2 dengan las.....                 | 80 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1  | Diagram tegangan-regangan baja struktural.....                  | 8  |
| Gambar 2.2  | Diagram tegangan-regangan tipikal berbagai baja struktural..... | 10 |
| Gambar 2.3  | Jenis-jenis sambungan las.....                                  | 21 |
| Gambar 2.4  | Jenis-jenis las tumpul.....                                     | 22 |
| Gambar 2.5  | Kombinasi las baji dan pasak dengan las sudut.....              | 23 |
| Gambar 3.1  | Sambungan "lap joint".....                                      | 27 |
| Gambar 3.2  | Sambungan "butt joint".....                                     | 28 |
| Gambar 3.3  | Sambungan baut menahan geser eksentris.....                     | 29 |
| Gambar 3.4  | Sambungan baut menahan tarik dan geser eksentris.....           | 31 |
| Gambar 3.5  | Metode luas pengganti pada sambungan baut.....                  | 32 |
| Gambar 3.6  | Sambungan baut dengan satu baris alat penyambung.....           | 35 |
| Gambar 3.7  | Sambungan baut lebih dari satu baris.....                       | 35 |
| Gambar 3.8  | Alat penyambung baut bersilangan.....                           | 36 |
| Gambar 3.9  | Dimensi tebal efektif las sudut dengan proses SMAW.....         | 39 |
| Gambar 3.10 | Ukuran kaki las sudut maksimum.....                             | 40 |
| Gambar 3.11 | Kasus dasar I pada sambungan las sudut.....                     | 42 |
| Gambar 3.12 | Kasus dasar II pada sambungan las sudut.....                    | 42 |
| Gambar 3.13 | Kasus dasar III pada sambungan las sudut.....                   | 43 |
| Gambar 3.14 | Kasus dasar IV pada sambungan las sudut.....                    | 43 |
| Gambar 3.15 | Sambungan las eksentris tipe 1.....                             | 44 |
| Gambar 3.16 | Sambungan las eksentris tipe 2.....                             | 46 |
| Gambar 4.1  | Sambungan geser eksentris dengan baut A-325.....                | 50 |
| Gambar 4.2  | Sambungan geser eksentris dengan baut A-307.....                | 52 |
| Gambar 4.3  | Sambungan eksentris tipe 1 dengan las.....                      | 54 |
| Gambar 4.4  | Sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-325.....      | 58 |
| Gambar 4.5  | Sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-307.....      | 61 |
| Gambar 4.6  | Sambungan eksentris tipe 2 dengan las.....                      | 63 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 5.1 Grafik beban vs biaya pada sambungan geser eksentris<br>(sambungan eksentris tipe 1).....           | 81 |
| Gambar 5.1 Grafik beban vs biaya pada sambungan geser dan tarik<br>eksentris (sambungan eksentris tipe 2)..... | 82 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang Masalah**

Bahan baja merupakan salah satu kreasi manusia modern. Sebelum baja ditemukan, manusia menggunakan besi cetak dan besi tempa pada beberapa gedung dan jembatan sejak pertengahan abad kedelapan belas sampai pertengahan abad kesembilan belas. Di Amerika Serikat, baja baru dibuat pada tahun 1856. Seabad setelah ditemukan, bahan baja telah banyak dikembangkan, baik dalam sifat materialnya maupun dalam metode dan jenis penggunaannya.

Pada saat ini, komponen bahan bangunan yang banyak digunakan selain baja adalah beton, bata dan kayu. Masing-masing bahan tersebut mempunyai peran sendiri-sendiri, dan dalam beberapa situasi dapat merupakan alternatif yang ekonomis. Baja struktural adalah produk pabrik yang sudah tersedia dalam berbagai mutu, ukuran dan bentuk. Baja struktural mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan untuk bahan konstruksi, antara lain adalah keseragaman bahan, mempunyai kekuatan cukup tinggi dan merata, dan pada umumnya struktur baja dapat dibongkar untuk kemudian dipasang kembali sehingga elemen struktur baja dapat dipakai berulang-ulang dalam berbagai bentuk struktur.

Selain itu, baja struktural juga merupakan bahan bangunan yang sesuai untuk konstruksi yang diharapkan pelaksanaannya selesai pada waktu singkat.

Pada struktur baja, karena keterbatasan panjang profil yang diperdagangkan atau untuk mengikat satu batang ke batang yang lain pada suatu titik buhul, maka diperlukan adanya sambungan. Sambungan di dalam struktur baja merupakan bagian yang tidak mungkin diabaikan begitu saja, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan struktur secara keseluruhan. Oleh karena itu perlu diperhatikan beberapa faktor dalam perencanaannya. Selain tinjauan dari faktor kekuatan dan keamanan, faktor ekonomis perlu juga diperhitungkan.

Sampai saat ini, alat penyambung yang biasa digunakan dalam konstruksi baja secara umum terdiri atas paku keling, baut dan las. Pemakaian paku keling sebagai alat penyambung sudah jarang terjadi, hal ini disebabkan karena rendahnya kekuatan jenis alat sambung ini, tingginya biaya pemasangan dan kerugian-kerugian lainnya, sehingga otomatis yang sering digunakan pada saat ini adalah penyambungan dengan baut dan las.

Ada dua klasifikasi baut yang umum digunakan dalam pemakaian konstruksi baja. Klasifikasi pertama adalah baut biasa yang diberi notasi sebagai A-307, sedangkan klasifikasi kedua adalah baut mutu tinggi. Dua jenis baut mutu tinggi adalah baut dengan notasi A-325 dan baut A-490. Baut mutu tinggi mempunyai kekuatan material yang lebih baik dan harga yang jauh lebih mahal dari pada baut biasa. Akan tetapi, pemakaian baut biasa belum tentu



menghasilkan sambungan yang paling murah karena banyaknya jumlah baut yang dibutuhkan pada suatu sambungan.

Pengelasan adalah proses menyatukan dua logam dengan memanaskannya sehingga membentuk kesatuan. Proses pengelasan paling umum pada struktur baja menggunakan energi listrik dan logam pengisi dari elektroda. Energi listrik digunakan untuk memanaskan suatu elektroda sampai menjadi cair, kemudian elektroda ini dijadikan sebagai bahan pengisi sepanjang permukaan potongan logam yang sedang disambung.

Pada suatu sambungan struktur baja, sering terjadi ada beban eksternal yang tidak bekerja pada pusat berat alat sambung. Beban demikian disebut beban eksentris. Apabila eksentrisitas gaya terhadap titik pusat susunan alat sambung tidak melampaui 3,5 inci (90 mm), maka pengaruh dari eksentrisitas tersebut boleh diabaikan. Tetapi bila eksentrisitas tersebut melampaui nilai di atas, maka pengaruhnya harus diperhitungkan. Sambungan yang memperhitungkan adanya eksentrisitas pada struktur baja disebut sebagai sambungan eksentris.

## **I. 2 Pembatasan Masalah**

Untuk memperjelas analisa, perlu diketengahkan beberapa batasan masalah berikut ini :

1. Biaya sambungan yang akan dianalisa menggunakan alat sambung baut mutu tinggi (A-325), baut biasa (A-307) dan las.

2. Sambungan eksentris yang dianalisa adalah sambungan yang menahan geser akibat beban eksentris dan sambungan yang menahan gabungan gaya tarik dan geser akibat beban eksentris.
3. Mutu baja yang digunakan baik untuk profil, plat penyambung dan baut biasa (A-307) adalah BJ-37.
4. Perhitungan menggunakan analisa elastis.
5. Beban yang bekerja dibatasi dari 4000 kg sampai 10000 kg.
6. Eksentrisitas yang terjadi sebesar 30 cm dari titik berat susunan alat sambung.
7. Perencanaan baut menggunakan perhitungan tipe tumpu.
8. Ulir untuk baut berada di luar bidang geser.
9. Untuk sambungan baut, digunakan pola sambungan yang terdiri lebih dari satu baris baut yang tidak berseling.
10. Perhitungan keamanan pada sambungan baut lebih dahulu dilakukan pada baut berdiameter kecil sebelum memutuskan untuk merubah dengan baut yang berdiameter lebih besar.
11. Produksi 1 jam kerja dapat memasang 25 baut baja dengan diameter  $\frac{1}{2}$ " sampai dengan  $1 \frac{1}{2}$ ".
12. Produksi 1 jam kerja dapat membuat 15 lubang baut berdiameter  $\frac{5}{8}$ " dengan tebal plat baja 10 mm.
13. Spesifikasi kawat elektroda las yang digunakan adalah RB E60XX.
14. Pengelasan menggunakan proses busur nyala logam terlindung (SMAW).

15. Produksi kawat elektroda las dengan diameter 3,2 mm dan panjang 35 cm menghasilkan las bruto sepanjang 8 cm dengan tebal efektif 8 mm.
16. Produksi 1 jam kerja dapat melaksanakan pengelasan sepanjang 60 cm (panjang bruto) dengan tebal efektif las 12 mm.
17. Upah pekerja sebesar Rp.8500/hari (7 jam kerja).
18. Pada perhitungan digunakan kolom baja profil WF, plat konsol / "bracket" dan balok konsol dengan profil "structural tees"
19. Biaya yang dianalisa adalah biaya total pabrikasi/produksi yang terdiri dari biaya bahan baku langsung ("direct material cost"), biaya tenaga kerja langsung ("direct labour cost") serta biaya "overhead" pabrik ("factory overhead cost").
20. Biaya "overhead" pabrik ("factory overhead cost") dihitung sebesar 20% dari jumlah biaya bahan baku langsung dan biaya tenaga kerja langsung.

### **1.3 Perumusan Masalah**

Penggunaan alat sambung baut dan las pada struktur kerangka baja mempunyai keuntungan dan kerugian serta tata cara pelaksanaan yang berbeda-beda, inti permasalahan yang akan dibahas adalah mencari besarnya biaya pabrikasi/produksi pada sambungan yang mempergunakan alat sambung baut mutu tinggi tipe A-325, baut biasa tipe A-307 dan las untuk beberapa tipe sambungan struktur kerangka baja yang menahan beban eksentris.

### **1.4 Tujuan Dan Manfaat Penulisan**

Tujuan diadakannya analisa biaya ini adalah untuk mendapatkan perkiraan biaya pabrikasi/produksi (estimasi biaya) yang diperlukan dalam dua alternatif alat

sambung khususnya untuk beberapa tipe sambungan yang menahan beban eksentris pada struktur kerangka baja, sedangkan manfaatnya akan mendapatkan alternatif sambungan yang paling ekonomis untuk beberapa tipe sambungan eksentris tersebut.

### 1.5 Metode Penelitian

Penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan metode sebagai berikut :

1. *Studi literatur.*

Studi literatur tentang bagaimana cara menganalisa sambungan eksentris pada struktur kerangka baja apabila digunakan alat sambung baut dan las.

2. *Penelitian di lapangan dan perhitungan*

Penelitian di lapangan meliputi pengambilan data yang diperlukan untuk menentukan harga material, cara menghitung waktu penyelesaian pekerjaan, upah pekerja serta data-data lain yang diperlukan, kemudian dibuat perhitungan tentang biaya sambungan dari alat sambung baut dan las pada masing-masing tipe sambungan eksentris di atas.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sifat-Sifat Baja Struktural**

Mempelajari sifat-sifat baja merupakan keharusan apabila seseorang akan menggunakan baja sebagai pilihan untuk suatu bagian struktur. Sifat mekanis yang sangat penting pada baja dapat diperoleh dari pengujian tarik baja. Pengujian ini dilakukan dengan pembebanan tarik pada sampel uji baja. Pengambilan bahan, bentuk dan ukuran sampel untuk pengujian ini berdasarkan suatu peraturan tertentu, misalnya PPBBI (Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia), ASTM ("American Society for Testing & Materials"), BS449 ("British Standard 449") dan sebagainya. Pengujian dapat dilakukan memakai UTM ("Universal Testing Machine"), dengan mesin ini sampel uji baja ditarik dengan gaya yang berubah-ubah dari nol diperbesar sedikit demi sedikit sampai batang putus. Pada saat sampel uji tersebut ditarik, besar gaya atau tegangan dan perubahan panjang batang atau regangan dimonitor, kemudian hasil monitoring ini disajikan dalam bentuk diagram tegangan-regangan lewat "plotter" (Padosbajayo, 1994).

Pada gambar diagram tersebut, sumbu mendatar menyatakan regangan ( $\epsilon$ ) dan sumbu tegak menyatakan tegangan ( $\sigma$ ), yang dapat dihitung dengan menggunakan :

$$\epsilon = \frac{\rho \ell}{\ell} \quad \text{dan} \quad \sigma = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

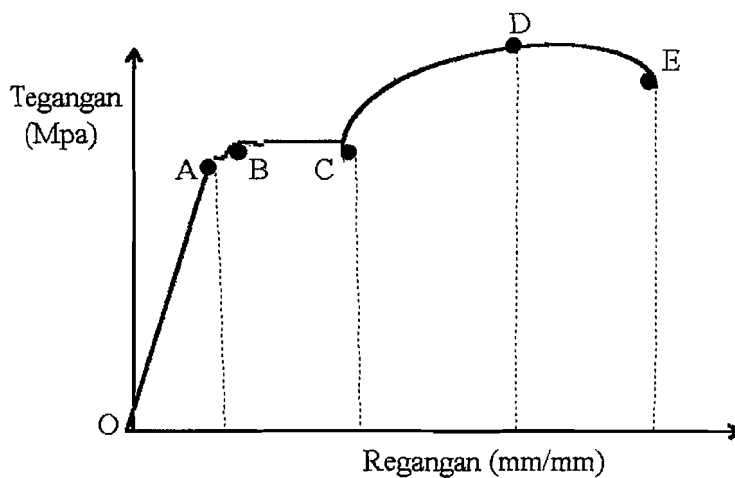
dengan,

$\rho \ell$  = perpanjangan atau perubahan panjang benda uji (mm)

$\ell$  = panjang semula sebelum dibebani (mm)

$P$  = beban tarik (N)

$A$  = luas penampang melintang benda uji ( $\text{mm}^2$ )



Gambar 2.1 Diagram tegangan-regangan baja struktural

Suatu diagram tegangan-regangan normal yang tipikal dapat dilihat pada gambar 2.1. Tampak bahwa hubungan antara tegangan-regangan pada OA linier, sedang di atas A diagram tidak linier lagi, sehingga titik A disebut sebagai batas harga sebanding ("proportional limit"). Tegangan yang terjadi di titik A disebut

tegangan batas sebanding ( $\sigma_p$ ). Sedikit di atas A terdapat titik batas elastis bahan dengan tegangan pada tempat itu disebut tegangan batas elastis bahan ( $\sigma_e$ ). Hal ini berarti bahwa batang baja yang dibebani sedemikian dan tegangan yang timbul tidak melampaui  $\sigma_e$ , panjangnya akan kembali ke panjang semula jika beban dihilangkan. Pada umumnya tegangan  $\sigma_p$  dan  $\sigma_e$  relatif cukup dekat, sehingga seringkali kedua tegangan tersebut dianggap sama, yaitu sebesar  $\sigma_e$ .

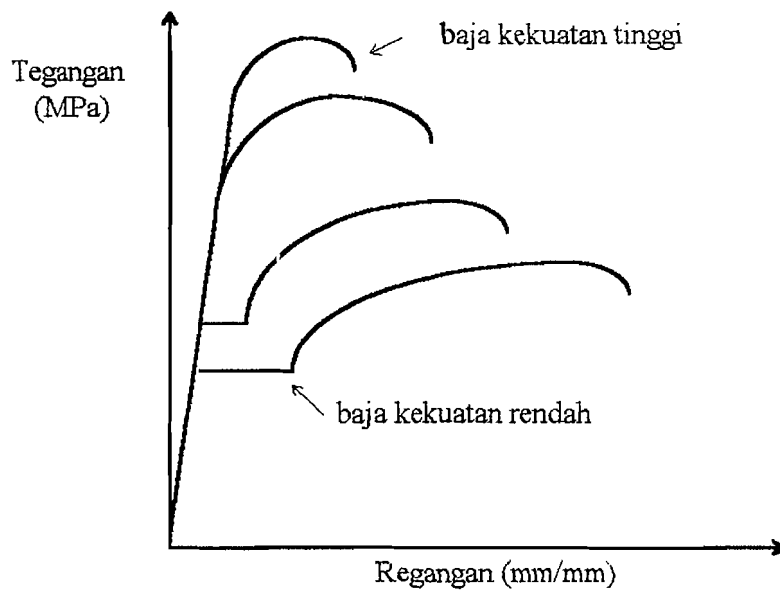
Di atas tegangan elastis ( $\sigma_e$ ), pada titik B baja mulai leleh. Tegangan di titik B disebut sebagai tegangan leleh ( $\sigma_\ell$ ). Menurut PPBBI, apabila titik lelehnya tidak jelas, maka tegangan leleh tersebut didefinisikan sebagai tegangan yang menyebabkan regangan tetap sebesar 0,2 %. Pada saat leleh ini, seperti terlihat pada gambar 2.1, baja masih mampu menghasilkan gaya perlawanan. Bentuk kurva pada bagian leleh ini, mula-mula mendekati datar, berarti tidak ada tambahan tegangan walaupun regangan bertambah. Hal ini berakhir di titik C pada saat mulai terjadi pengerasan regangan ("strain hardening"), kemudian kurva naik lagi ke atas sampai dicapai kuat tarik ("tensile strength") di titik D. Setelah itu kurva turun dan sample uji retak ("fracture") di titik E. Besarnya tegangan pada titik-titik A, B, C, D dan E tersebut dipengaruhi oleh jenis dan mutu baja yang diuji.

ASTM ("American Society for Testing & Materials") membagi baja dalam empat kelompok berdasarkan harga tegangan leleh sebagai berikut :

1. "Carbon steels", tegangan leleh antara 210 sampai 280 MPa.
2. "High-strength low-alloy steels", tegangan leleh antara 280 sampai 490 MPa.

3. "Heat treated carbon and high-strength low alloy steels", tegangan leleh antara 322 sampai 700 MPa.
4. "Heat-treated constructional alloy steels", tegangan leleh antara 630 sampai 700 MPa.

Diagram tegangan-regangan yang tipikal untuk berbagai baja dari berbagai mutu diperlihatkan dengan gambar 2.2 di bawah ini :



Gambar 2.2 Diagram tegangan-regangan tipikal berbagai baja struktural

Dari berbagai diagram tegangan-regangan tersebut, tampak bahwa harga modulus elastisitas  $E$  (modulus Young) yang besarnya merupakan konstanta proporsional antara tegangan dan regangan, tidak dipengaruhi oleh besar tegangan lelehnya. PPBBI menentukan nilai  $E$  baja sebesar  $2,1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ . Selain itu, dapat diketahui bahwa semakin tinggi tegangan leleh baja semakin kecil regangan putusnya. Hal ini memperlihatkan semakin tinggi tegangan leleh baja, maka bahan baja tersebut semakin getas.



Selain diagram tegangan-regangan di atas, dapat juga dibuat suatu diagram tegangan-regangan geser. Untuk keperluan ini diperlukan pengujian bahan terhadap gaya geser. Diagram tegangan-regangan geser ini secara umum menunjukkan kenampakan yang serupa dengan diagram-tegangan normal, hanya kemiringan diagram pada bagian garis lurus adalah modulus geser  $G$ . Berdasarkan teori elastisitas, dengan menggunakan angka Poisson ( $\mu$ ), hubungan antara modulus geser  $G$  dan modulus elastisitas  $E$  adalah sebagai berikut :

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad (2.2)$$

dengan,

$G$  = modulus geser

$E$  = modulus elastisitas

$\mu$  = angka Poisson

Secara teoritis untuk baja struktural, tegangan leleh akibat geser adalah 1/3 kali tegangan leleh akibat tarik, sedangkan angka Poisson adalah 0,30. Dengan bantuan persamaan 2.2, PPBBI menentukan modulus geser  $G$  sebesar  $0,81 \times 10^6$  Kg/cm<sup>2</sup>. Menurut PPBBI, baja struktural berdasarkan kekuatannya dapat dibedakan atas beberapa jenis seperti terlihat pada tabel 2.1 di bawah ini. Dalam perencanaan secara elastis, tegangan ijin pada baja dikaitkan dengan tegangan dasar. Tegangan dasar diambil sebesar tegangan leleh dibagi faktor keamanan, yaitu 1,5. Dengan dasar itu diharapkan tegangan yang terjadi pada struktur tidak akan melampaui tegangan batas elastis, sehingga batang struktur selalu kembali ke bentuk asal pada saat tidak ada pembebanan.

Tabel 2.1 Tegangan leleh dan tegangan dasar berdasarkan PPBBI

| Macam Baja | Tegangan Leleh ( $\sigma_l$ ) |     | Teganga Dasar ( $\sigma$ ) |       |
|------------|-------------------------------|-----|----------------------------|-------|
|            | Kg/cm <sup>2</sup>            | MPa | Kg/cm <sup>2</sup>         | Mpa   |
| Bj 34      | 2100                          | 210 | 1400                       | 140   |
| Bj 37      | 2400                          | 240 | 1600                       | 160   |
| Bj 41      | 2500                          | 250 | 1666                       | 166,6 |
| Bj 44      | 2800                          | 280 | 1867                       | 186,7 |
| Bj 50      | 2900                          | 290 | 1933                       | 193,3 |
| Bj 52      | 3600                          | 360 | 2400                       | 240   |

1 MPa = 10 Kg/cm<sup>2</sup>

Harga-harga yang tercantum pada tabel 2.1 di atas adalah untuk elemen-elemen yang tebalnya kurang dari 40 mm. Untuk elemen-elemen yang tebalnya lebih dari 40 mm, tetapi kurang dari 100 mm, harga-harga pada tabel 2.1 harus dikurangi 10 %.

Tegangan normal yang diijinkan untuk pembebanan tetap, besarnya sama dengan tegangan dasar ( $\sigma$ ), sedangkan tegangan geser untuk pembebanan tetap sebesar 0,58 kali tegangan dasar ( $0,58 \sigma$ ).

## 2.2 Sambungan dan Alat Sambung

Sambungan pada konstruksi baja berfungsi terutama untuk meneruskan beban dari suatu batang ke batang lain yang bertemu, dan menjadikan batang-batang tersebut terikat satu sama lain pada suatu titik buhul. Suatu sambungan harus direncanakan agar memenuhi syarat keamanan, mudah dalam pelaksanaan, baik pada saat pabrikasi maupun pemasangan di lapangan dan ekonomis. Jenis sambungan pada konstruksi baja dapat diklasifikasikan menurut

alat-alat sambung yang digunakan, kekakuan dari sambungan dan gaya-gaya yang dipindahkan melalui sambungan konstruksi (Bowles, 1985).

Penggolongan sambungan menurut jenis alat sambungnya dibedakan atas :

1. sambungan dengan paku keling,
2. sambungan dengan baut,
3. sambungan dengan las.

Jenis baut yang digunakan dalam sambungan dibedakan atas baut biasa atau baut hitam dan baut mutu tinggi. Karena dalam pembatasan masalah yang akan dibahas hanya sambungan baut dan las, maka untuk selanjutnya sambungan dengan paku keling tidak akan dibahas.

Berdasarkan kekakuannya, sambungan pada konstruksi baja dibedakan atas :

1. Sambungan tegar / kaku, yaitu sambungan yang mengembangkan kapasitas momen secara penuh dari bagian konstruksi yang bertemu dan yang mempertahankan sudut yang relatif konstan diantara bagian-bagian yang disambung di bawah setiap rotasi sambungan.
2. Sambungan sederhana, sambungan ini berhubungan sendi sehingga apabila mengalami beban gravitasi ujung-ujung balok atau girder hanya diperhitungkan secara geser saja.
3. Sambungan semikaku / semitegar, pada sambungan ini kapasitas momen yang dipindahkan kurang daripada kapasitas momen penuh dari bagian-bagian konstruksi yang disambungkan, kekakuan sambungan yang terjadi ada diantara jenis 1 dan 2.

Sedangkan menurut gaya-gaya yang bekerja, maka sambungan konstruksi baja dapat dibedakan atas sambungan yang menahan :

1. gaya geser,
2. gaya geser dan momen,
3. gaya tarik /desak,
4. kombinasi gaya tarik dan geser.

### 2.3 Alat Sambung Baut

Alat sambung baut yang akan dibahas meliputi baut biasa dan baut mutu tinggi. Baut biasa terbuat dari baja karbon rendah dan merupakan jenis baut yang paling murah. Akan tetapi sambungan dengan menggunakan baut biasa ini membutuhkan jumlah baut yang cukup banyak, sehingga sambungan yang dihasilkan belum tentu yang paling murah. Baut biasa ini diidentifikasi sebagai ASTM A-307 dengan diameter berkisar dari  $\frac{1}{4}$  inci (6 mm) sampai 4 inci (102 mm). Baut mutu tinggi dibuat dari baja karbon sedang yang diberi perlakuan panas dengan pencelupan dan kemudian dipanasi kembali sampai suhu paling rendah 800 °F. Baut ini mudah dikenali karena ada identifikasi ASTM dan simbol pabrik yang dituliskan di puncak kepala baut. Dua jenis baut kekuatan (mutu) tinggi diidentifikasi oleh ASTM sebagai A-325 dan A-490, dengan diameter sebesar  $\frac{1}{2}$  inci (12,7 mm) sampai  $1\frac{1}{2}$  inci (38,1 mm). Baut mutu tinggi tipe A-325 mempunyai kandungan karbon dalam bahannya maksimum 0,30 %, sedangkan baut mutu tinggi tipe A-490 mempunyai kandungan karbon dalam bahannya sampai

0,53 % (Salmon dan Johnson, 1986). Kekuatan dari masing-masing baut diperlihatkan pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Tegangan pada berbagai jenis baut

| Mutu Baut                      | Diameter Baut     | Tegangan Tarik<br>Ultimit ( $\sigma_u$ )               | Tegangan Leleh<br>( $\sigma_l$ )                      |
|--------------------------------|-------------------|--|---|
| A - 307<br>(Baja Mutu Bj - 37) | ¼ - 4 (inci)      |  | 34,8 (Ksi)<br>240 (Mpa)<br>2400 (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
| A - 325                        | ½ - 1 (inci)      | 120 (Ksi)<br>825 (Mpa)<br>8250 (Kg/cm <sup>2</sup> )   | 92 (Ksi)<br>635 (Mpa)<br>6350 (Kg/cm <sup>2</sup> )   |
| A - 325                        | 11/8 - 1 ½ (inci) | 105 (Ksi)<br>725 (Mpa)<br>7250 (Kg/cm <sup>2</sup> )   | 81 (Ksi)<br>560 (Mpa)<br>5600 (Kg/cm <sup>2</sup> )   |
| A - 490                        | ½ - 1 ½ (inci)    | 150 (Ksi)<br>1035 (Mpa)<br>10350 (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 130 (Ksi)<br>895 (Mpa)<br>8950 (Kg/cm <sup>2</sup> )  |

$$\text{Tegangan dasar ijin } \bar{\sigma} = \frac{\sigma_l}{1,5}$$

## 2.4 Alat Sambung Las

Pengelasan adalah penyambungan potongan-potongan logam dengan memanaskan titik-titik sentuh hingga mencapai keadaan cair atau hampir cair dengan atau tanpa pemakaian tekanan. Sampai saat ini, terdapat lebih dari 50 macam proses pengelasan yang dapat digunakan untuk menyambung berbagai logam. Salmon dan Johnson (1986), menyebutkan bahwa dari bermacam-macam proses pengelasan yang tersedia, yang sering digunakan untuk sambungan struktur baja adalah berikut ini :

1. Proses pengelasan busur nyala logam terlindung atau SMAW ("Shielded Metal Arc Welding"), proses ini sangat sederhana tetapi hasilnya paling baik untuk pengelasan baja struktural. Proses SMAW sering disebut proses elektroda tongkat manual. Pemanasan dilakukan dengan busur listrik menyala antara elektroda yang dilapis sebagai logam pengisi dan bahan yang akan disambung. Logam elektroda (kawat las) akan habis karena dipindahkan ke bahan dasar selama proses pengelasan, sedangkan lapisannya sebagian dikonversi menjadi gas pelindung, sebagian menjadi terak (slag) dan sebagian lagi diserap oleh logam las. Bahan pelapis elektroda adalah campuran seperti lempung yang terdiri dari pengikat silikat dan bahan bubuk, seperti senyawa flour, karbonat, oksida, paduan logam dan selulosa. Campuran ini ditekan dan dipanasi hingga diperoleh lapisan konsentris kering yang keras. Bahan elektroda dan sifat-sifatnya diklasifikasikan oleh AWS ("American Welding Society") yang dapat dilihat pada tabel 2.4. Identifikasi seperti E60XX atau E70XX, masing-masing menunjukkan kekuatan tariknya 60 dan 70 Ksi. Huruf XX menyatakan faktor-faktor posisi pengelasan yang sesuai dan sumber arus listrik yang disarankan. Sedangkan bahan pelapis elektroda mempunyai fungsi untuk :
  - a. menghasilkan gas pelindung untuk mencegah masuknya udara dan membuat busur stabil,
  - b. memberikan bahan lain, seperti unsur pengurai oksida, untuk memperhalus struktur butiran pada logam las,

- c. menghasilkan lapisan terak di atas logam yang mencair dan memadatkan las untuk melindungi dari oksigen dan nitrogen dalam udara, serta memperlambat pendinginan.
2. Proses pengelasan busur nyala terbenam atau SAW ("Submerged Arc Welding"), pada proses ini busurnya tidak terlihat karena tertutup oleh lapisan bahan granular yang dapat melebur. Elektroda logam yang terbuka akan habis karena ditimbun sebagai bahan pengisi. Ujung elektroda terus terlindung oleh cairan fluks yang berada di bawah lapisan fluks granular yang tidak melebur. Fluks yang merupakan ciri khas dari metode ini, memberikan penutup sehingga pengelasan tidak menimbulkan kotoran, percikan api atau asap. Hasil pengelasan dengan proses SAW memiliki mutu serta kekuatan kejut yang tinggi dan merata, kerapatan yang tinggi dan tahan karat yang baik. Sifat mekanis las ini sama baiknya seperti bahan dasar. Identifikasi seperti F6X-EXX atau F7X-EXX menyatakan kombinasi kawat elektroda terbuka dan fluks granular yang ditunjukkan oleh huruf F, kemudian dua angka di belakangnya menunjukkan kuat tarik dan syarat kekuatan kejut bagi las yang dihasilkan, serta diikuti huruf EXXX yang membedakan elektrodanya. Bahan elektroda dan sifat-sifatnya diklasifikasikan oleh AWS ("American Welding Society") yang dapat dilihat pada tabel 2.4 untuk proses SAW.
3. Proses pengelasan busur nyala logam gas atau GMAW ("Gas Metal Arc Welding"), pada proses ini elektrodanya adalah kawat menerus dari gulungan yang disalurkan melalui pemegang elektroda. Perlindungan dihasilkan

seluruhnya dari gas atau campuran gas yang berasal dari luar. Gas pelindung yang dihasilkan selain berfungsi untuk melindungi logam yang meleleh dari atmosfer juga berfungsi untuk :

- a. mempengaruhi penetrasi, lebar peleburan dan bentuk daerah las,
  - b. mempengaruhi kecepatan pengelasan,
  - c. mengontrol peleburan berlebihan.
4. Proses pengelasan busur nyala berinti fluks atau FCAW ("Flux Cored Arc Welding"), proses ini sama dengan GMAW tetapi elektroda logam pengisi yang menerus berbentuk turbular ( seperti pipa) dan mengandung bahan fluks dalam intinya. Bahan inti ini sama fungsinya seperti lapisan pada SMAW atau fluks granular pada SAW.
5. Proses pengelasan terak listrik atau ESW ("Electro Slag Welding"), merupakan proses mesin yang digunakan terutama untuk pengelasan dalam posisi vertikal. Proses ini biasanya dipakai untuk memperoleh las lintasan tunggal (satu kali jalan) seperti untuk sambungan pada penampang kolom yang besar. Karena terak padat tidak konduktif, maka busur nyala diperlukan untuk mengawali proses pengelasan dengan mencairkan terak dan memanaskan plat. Setelah terak menjadi cair dan bersifat konduktif maka digunakan untuk melindungi las serta mencairkan bahan pengisi dan tepi plat.



Tabel 2.3 Elektroda untuk pengelasan

| Proses SMAW | Proses SAW | Tegangan leleh ( $\sigma_l$ ) |       | Kuat tarik ultimit ( $\sigma_u$ ) |         |
|-------------|------------|-------------------------------|-------|-----------------------------------|---------|
|             |            | (ksi)                         | (Mpa) | (Ksi)                             | (Mpa)   |
| E60XX       |            | 50                            | 345   | 67                                | 460     |
|             | F6X-EXXX   | 50                            | 345   | 62-80                             | 425-550 |
| E70XX       |            | 57                            | 395   | 70                                | 485     |
|             | F7X-EXXX   | 60                            | 415   | 70-95                             | 485-655 |
| E80XX       |            | 67                            | 460   | 72                                | 495     |
|             | F8X-EXXX   | 68                            | 470   | 80-100                            | 550-690 |
| E100XX      |            | 87                            | 600   | 100                               | 690     |

## 2.5 Sambungan Las

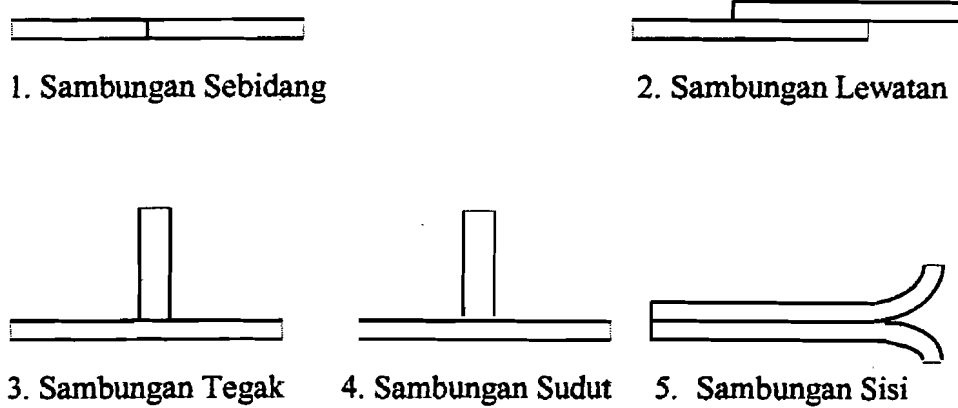
Sambungan las terdiri dari lima jenis dasar dengan berbagai macam variasi dan kombinasi yang banyak jumlahnya. Salmon dan Johnson (1986) menyebutkan kelima jenis dasar sambungan las tersebut adalah :

1. Sambungan sebidang, yaitu sambungan yang dipakai terutama untuk menyambung ujung-ujung plat datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama. Keuntungan utama jenis ini adalah menghilangkan eksentrisitas yang timbul pada sambungan lewatan tunggal. Kerugiannya adalah ujung yang akan disambung biasanya harus dipersiapkan secara khusus (diratakan atau dimiringkan) dan dipertemukan secara hati-hati sebelum dilas. Hasil yang memuaskan akan diperoleh apabila sambungan sebidang dibuat di bengkel sehingga dapat mengontrol proses pengelasan dengan akurat.
2. Sambungan lewatan, merupakan jenis yang paling umum. Sambungan ini mempunyai beberapa keuntungan, yaitu :
  - a. Mudah disesuaikan, hal ini disebabkan karena potongan yang akan disambung tidak memerlukan ketepatan dalam pembuatannya bila

dibanding dengan jenis sambungan lain. Potongan tersebut dapat digeser untuk menghilangkan kesalahan kecil dalam pembuatan atau untuk penyesuaian panjang.

- b. Mudah disambung, tepi potongan yang akan disambung tidak memerlukan persiapan khusus, sehingga pemotongan dapat dilakukan dengan nyala api atau geseran. Sambungan lewatan menggunakan las sudut sehingga sesuai untuk pengelasan di bengkel maupun di lapangan.
  - c. Mudah digunakan untuk menyambung plat yang tebalnya berlainan.
3. Sambungan tegak, sambungan ini digunakan untuk membuat penampang bentukan seperti profil T, Profil I, gelagar plat (plat girder) dan lain sebagainya. Umumnya potongan yang disambung membentuk sudut tegak lurus. Sambungan ini bermanfaat dalam pembuatan penampang yang dibentuk dari plat datar yang disambung dengan las sudut maupun las tumpul.
  4. Sambungan sudut, sambungan ini digunakan terutama untuk membuat penampang berbentuk boks segi empat seperti yang digunakan untuk kolom dan balok yang memikul momen puntir yang besar.
  5. Sambungan sisi, umumnya tidak struktural tetapi sambungan ini yang sering digunakan untuk menjaga agar dua atau lebih plat tetap pada bidang tertentu atau untuk mempertahankan kesejajaran awal.

Jenis-jenis sambungan las tersebut untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut ini.



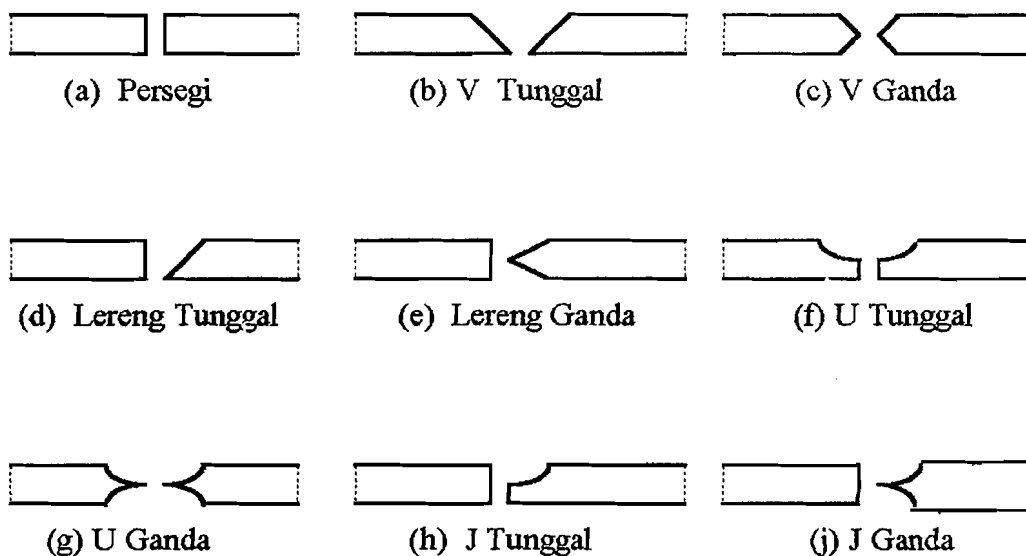
Gambar 2.3 Jenis-jenis sambungan las

### 2.5.1 Jenis las

Ada empat jenis las yang umum digunakan dalam struktur baja, yaitu las tumpul, las sudut, las baji (slot) dan las pasak (plug). Setiap jenis las memiliki keuntungan dan perhitungan tersendiri dalam pemakaiannya. Secara kasar, prosentasi pemakaian empat jenis tersebut dalam struktur baja adalah sebagai berikut : las sudut 80%, las tumpul 15%, dan sisanya 5% terdiri dari las baji, las pasak dan las khusus lainnya (Salmon dan Johnson, 1986) .

1. Las tumpul ("groove weld"), terutama digunakan untuk menyambung batang struktural yang bertemu dalam satu bidang. Karena las tumpul biasanya ditujukan untuk menyalurkan semua beban batang yang disambungnya, maka elektroda yang dipergunakan untuk menyambung harus mempunyai kekuatan paling sedikit sama dengan logam yang disambungkan. Las tumpul yang diberikan sepanjang ketebalan potongan yang disambung disebut las tumpul penetrasi penuh, dimana pada perhitungan kekuatannya cukup diperiksa

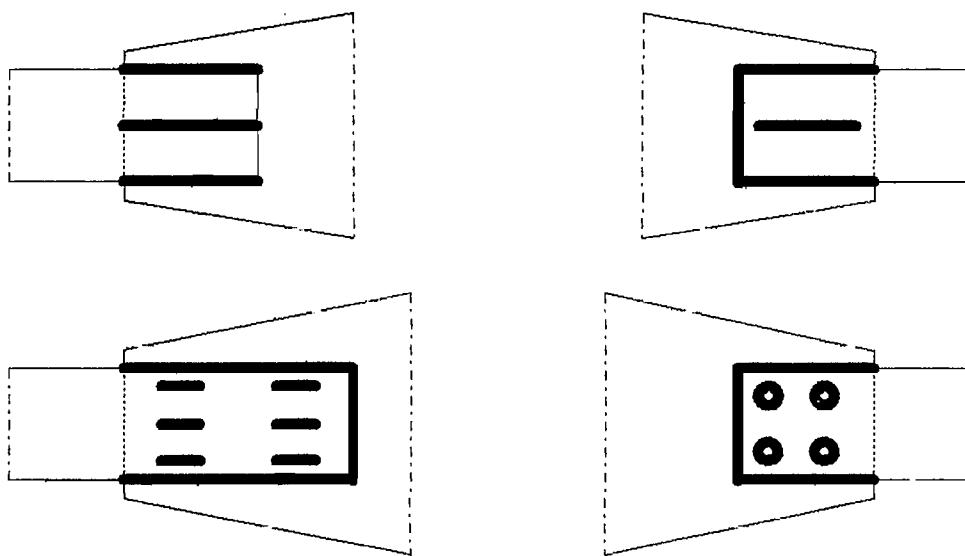
kekuatan profilnya saja. Bila sambungan direncanakan sedemikian rupa hingga las tumpul tidak diberikan sepanjang ketebalan potongan yang disambung, maka las ini disebut las tumpul penetrasi sebagian. Pada penyambungan dengan tegangan yang direncanakan cukup rendah dan tidak dituntut pencapaian kekuatan bahan yang seutuhnya, maka las tumpul penetrasi sebagian masih bisa dipergunakan. Las tumpul banyak variasinya, masing-masing variasi umumnya memerlukan persiapan tepi tertentu dan semuanya dibedakan menurut jenis persiapan tepi yang dilakukan. Pemilihan variasi las tumpul yang sesuai tergantung pada proses pengelasan yang digunakan dan biaya persiapan tepi. Jenis-jenis las tumpul diperlihatkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Jenis-jenis las tumpul

2. Las baji dan pasak, las ini bermanfaat untuk menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila ukuran sambungan las terbatas oleh panjang yang ada

untuk las sudut atau las sisi lainnya. Las baji dan pasak juga berguna untuk mencegah terjadinya tekuk pada bagian yang saling menumpang. Kekuatan las pasak dan baji dihitung berdasarkan luas pada bidang geser antara plat-plat yang disambung. Pemakaian utama las ini ialah pada sambungan lewatan. Las pasak juga kadang-kadang dipakai mengisi lubang-lubang pada sambungan, seperti sambungan siku balok ke kolom yang diberi baut pemasangan sementara agar batang berada pada posisi yang tepat ketika dilas. Gambar-gambar tentang las baji dan pasak diperlihatkan di bawah ini :



Gambar 2.5 Kombinasi las baji dan pasak dengan las susut

3. Las sudut ( "fillet weld " ), las ini secara keseluruhan bersifat ekonomis, mudah dibuat dan merupakan jenis las yang paling banyak dipakai dibandingkan jenis las dasar yang lain. Las sudut banyak memberikan keuntungan terutama apabila digunakan untuk pengelasan di lapangan, hal ini disebabkan karena tepi

potongan yang akan disambung tidak memerlukan penyiapan khusus, seperti pemiringan atau penegakan. Tegangan geser pada las sudut dihitung pada bagian seluas sama dengan perkalian panjang las dan tebal efektif, dimana tebal efektif adalah jarak terdekat dari sudut puncak ke permukaan las. Las sudut umumnya dibuat datar atau sedikit cembung dengan sudut  $45^\circ$  dan sama kaki. Untuk selanjutnya yang akan dibahas hanya yang berhubungan dengan las sudut.

### **2.5.2 Cacat pada sambungan las**

Pengelasan dan prosedur pengelasan yang tidak baik menimbulkan cacat pada las. Cacat yang umumnya dijumpai adalah : peleburan tidak sempurna, porositas dan peleburan berlebihan.

1. Peleburan tidak sempurna, cacat ini terjadi karena logam dasar dan logam las yang berdekatan tidak melebur bersama secara menyeluruh. Ini dapat terjadi jika permukaan yang akan disambung tidak dibersihkan dengan baik dan terdapat kotoran, terak, oksida atau bahan lainnya. Penyebab lainnya adalah pemakaian peralatan las yang arus listriknya tidak memadai atau laju pengelasan yang terlalu cepat, sehingga logam dasar tidak mencapai titik lebur.
2. Porositas, hal ini terjadi bila rongga-rongga atau kantung-kantung gas yang kecil terperangkap selama proses pendinginan. Cacat ini timbul oleh arus listrik yang terlalu tinggi atau busur nyala yang terlalu panjang. Porositas dapat terjadi secara merata tersebar dalam las, atau dapat merupakan ronggayang besar terpusat di dasar las sudut atau dekat plat pelindung pada las tumpul.

3. Peleburan berlebihan, artinya ialah terjadinya alur pada bahan dasar yang tidak terisi penuh oleh logam las. Arus listrik dan panjang busur nyala yang berlebihan dapat membakar atau menimbulkan alur pada logam dasar. Cacat ini mudah terlihat dan dapat diperbaiki dengan memberi las tambahan.

## 2.6 Analisa Biaya

Dalam hubungannya dengan suatu produk, biaya operasional total yang diperlukan merupakan jumlah dari biaya pabrikan/produksi dan beban komersial (Matz dkk,1990). Beban komersial dapat dibagi menjadi dua, yaitu beban pemasaran serta beban administrasi. Beban pemasaran dimulai pada saat proses pabrikan selesai dan hasil produksi sudah dalam kondisi siap untuk dijual, beban ini meliputi biaya penjualan dan biaya pengiriman. Sedangkan beban administrasi meliputi biaya yang dikeluarkan untuk mengatur dan mengendalikan perusahaan/organisasi. Pada batasan masalah di BAB I, yang akan dibahas dibatasi pada masalah biaya pabrikan/produksi, sehingga untuk analisa biaya lebih lanjut, beban komersial tidak diperhitungkan.

Biaya pabrikan/produksi atau sering juga disebut biaya pabrik ("factory cost") adalah jumlah dari tiga unsur biaya, yaitu :

1. Biaya bahan baku langsung ("direct material cost"), adalah semua bahan yang merupakan bagian pokok dari barang jadi dan yang dapat dimasukkan langsung dalam kalkulasi biaya pabrikan/produksi.

2. Biaya tenaga kerja langsung ("direct labour cost"), biaya untuk ini meliputi gaji para karyawan atau upah tenaga kerja untuk membuat bahan baku langsung menjadi barang jadi.
3. Biaya "overhead" pabrik ("factory overhead cost"), biaya ini dapat didefinisikan sebagai biaya dari bahan tidak langsung ("indirect materials"), pekerja tidak ("indirect labour") langsung dan semua biaya pabrikasi lainnya yang tidak dapat dibebankan langsung ke produk tertentu. Bahan tidak langsung adalah bahan-bahan yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu produk, tetapi perhitungan biayanya sedemikian rumit sehingga tidak dapat dianggap sebagai bahan langsung. Bahan-bahan seperti minyak pelumas, sikat pembersih dan kain lap merupakan contoh dari bahan tidak langsung. Pekerja tidak langsung dapat didefinisikan sebagai para karyawan yang dikerahkan dan secara tidak langsung mempengaruhi pembuatan atau pembentukan barang jadi, contohnya adalah para supervisor, penjaga gudang dan pekerja lainnya yang secara tidak langsung berkaitan dengan produksi. Secara sederhana dapat dinyatakan bahwa "factory overhead cost" mencakup semua biaya pelaksanaan kecuali bahan baku langsung dan tenaga kerja langsung.



## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Analisa Sambungan Baut

Sambungan dengan baut berdasarkan gaya-gaya yang bekerja pada sambungannya, dibedakan atas :

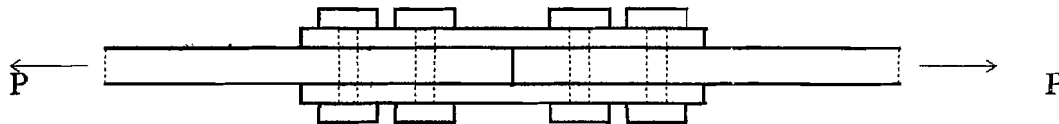
1. "Lap joint" (sambungan "overlap"), pada sambungan ini terjadi perpotongan tunggal, yaitu bila kemungkinan timbulnya bidang geser pada batang penyambung hanya satu tempat. Gaya yang bekerja pada baut adalah tegak lurus sumbu dan bekerja sentris (bekerja pada titik berat pola baut), sehingga menimbulkan tegangan geser  $\perp$  sumbu baut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Sambungan "lap joint"

2. "Butt Joint", yaitu sambungan berpotongan ganda, dimana ada dua bidang geser pada batang alat penyambung. Gaya yang bekerja pada baut tegak

lurus sumbu baut dan bekerja sentris (bekerja pada titik berat pola baut), sehingga menimbulkan tegangan geser  $\perp$  sumbu baut, seperti terlihat pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Sambungan "butt joint"

Apabila sebuah baut menerima gaya seperti dua bahasan di atas, maka baut akan menerima gaya geser tegak lurus sumbu baut, kekuatan geser baut dapat ditulis dengan notasi  $\bar{N}$  geser baut. Untuk meninjau kekuatan sambungan, selain ditinjau baut itu sendiri, juga ditinjau plat di sekitar lubang baut. Jika plat tidak kuat, maka lubang baut pada plat akan berubah bentuk dari bundar menjadi oval. Pada bidang kontak antara baut dan plat terjadi tegangan yang disebut tegangan tumpuan, tegangan ini ditulis dengan notasi  $\bar{\sigma}_{tu}$ , sedangkan kekuatan / kapasitas tumpuan oleh satu baut ditulis dengan notasi  $\bar{N}_{tu}$ .

Rumus-rumus yang dipergunakan :

$$\bar{N}_{\text{geser 1 irisan}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \bar{\tau} \quad (3.1)$$

$$\bar{N}_{\text{geser 2 irisan}} = 2 \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \bar{\tau} \right) \quad (3.2)$$

$$\bar{N}_{\text{tumpu}} = d \cdot t \cdot \bar{\sigma}_{tu} \quad (3.3)$$

dengan,

$d$  = diameter baut

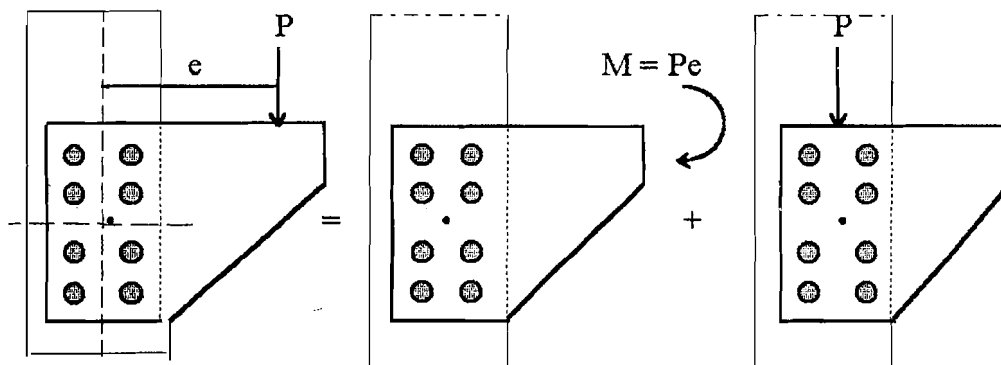
$t$  = tebal plat terkecil antara plat yang disambung dan plat penyambung

$\bar{\sigma}_{tu}$  = tegangan tumpu ijin

$\bar{\tau}$  = tegangan geser ijin

$N$  = kekuatan tumpu / geser baut (dipilih yang terkecil)

3. Sambungan yang menahan geser akibat beban eksentris. Pada sambungan ini, gaya yang terjadi tegak lurus ( $\perp$ ) sumbu baut dan bekerja eksentris (tidak melalui titik berat pola baut), seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.3 Sambungan baut menahan geser eksentris

Terhadap titik berat pola baut ada eksentrisitas ( $e$ ), sehingga timbul momen sebesar  $P \cdot e$ , kemudian beban  $P$  dipindahkan ke titik berat pola baut. Akibat gaya  $P$  yang sudah sentris maka masing-masing baut memikul gaya sebesar  $P/c$ , dengan  $c$  adalah jumlah baut yang dipakai. Akibat momen, baut melakukan reaksi sebesar  $R$  yang berjarak sebesar  $d$  dari titik berat.

Dalam perhitungan digunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Momen (M)} &= P \cdot e \\ &= R_1 \cdot d_1 + R_2 \cdot d_2 + \dots + R_n \cdot d_n \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\frac{R_1}{d_1} = \frac{R_2}{d_2} = \frac{R_3}{d_3} = \dots = \frac{R_n}{d_n}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{R_1 \cdot d_1}{d_1} \\ R_2 &= \frac{R_1 \cdot d_2}{d_1} \\ R_3 &= \frac{R_1 \cdot d_3}{d_1} \\ &\vdots \\ R_n &= \frac{R_1 \cdot d_n}{d_1} \end{aligned}$$

sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} M &= \frac{d_1 \cdot R_1 \cdot d_1}{d_1} + \frac{d_2 \cdot R_1 \cdot d_2}{d_1} + \dots + \frac{d_n \cdot R_1 \cdot d_n}{d_1} \\ &= \frac{R_1 \cdot (d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2)}{d_1} \\ &= \frac{R_1 \cdot \sum d_i^2}{d_1} \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{M \cdot d_1}{\sum d_i^2} \\ &= \frac{M \cdot d_n}{\sum d_i^2} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Gaya R yang terjadi dapat diuraikan menjadi komponen gaya horisontal (RH)

dan gaya vertikal (RV), sehingga untuk baut ke-n :

$$RH_{(n)} = \frac{M \cdot dV_{(n)}}{\sum d_i^2} \longrightarrow RH_{max} = \frac{M \cdot dV_{max}}{\sum d_i^2} \quad (3.7)$$

$$RV_{(n)} = \frac{M \cdot dH_{(n)}}{\sum d_i^2} \longrightarrow RV_{max} = \frac{M \cdot dH_{max}}{\sum d_i^2} \quad (3.8)$$

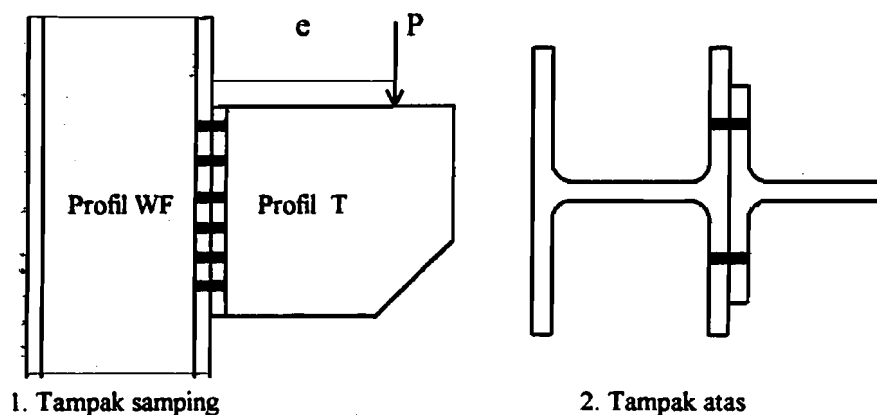
Baut ke-n akan menerima resultan gaya sebesar :

$$K_{(n)} = \sqrt{[P/c + RV_{(n)}]^2 + RH_{(n)}^2} \quad (3.9)$$

Gaya resultan terbesar yang diterima oleh salah satu baut harus lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas geser dan kapasitas tumpu baut, seperti tertulis dalam persamaan di bawah ini :

$$K(n) < \bar{N} \text{ geser baut dan } K(n) < \bar{N} \text{ tumpu baut} \quad (3.10)$$

4. Sambungan yang menahan gaya geser dan tarik akibat beban eksentris. Pada sambungan ini, beban eksentris (tidak melalui titik berat pola baut) yang bekerja diuraikan menjadi gaya tegak lurus ( $\perp$ ) dan sejajar ( $//$ ) sumbu baut, sehingga menimbulkan tegangan geser dan tegangan tarik. Keruntuhan baut dapat diakibatkan oleh patah geser dari batang baut serta patah akibat gaya tarik aksial pada batang baut atau kombinasi dari keduanya. Perhitungan gaya yang dipikul baut dilakukan dengan duplikasi luas pengganti. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Sambungan baut menahan tarik dan geser eksentris

Dalam perhitungannya, digunakan anggapan sebagai berikut :

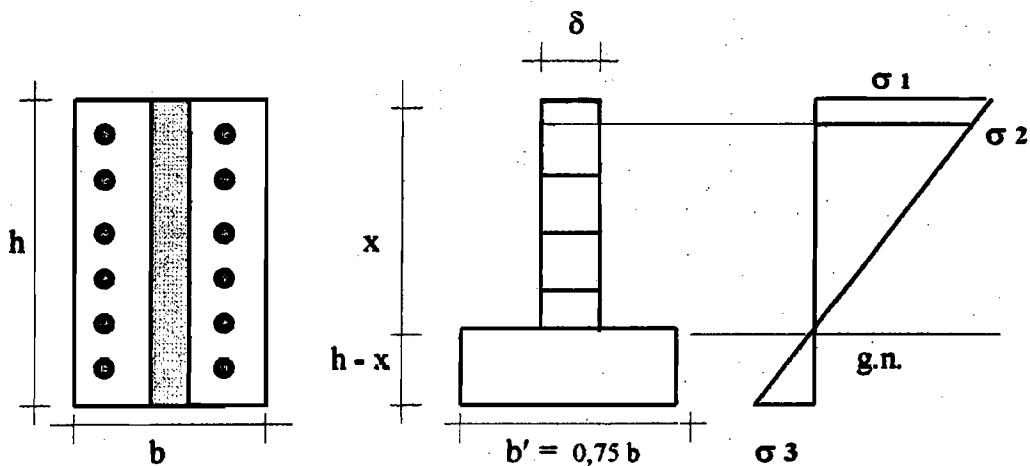
- a. gaya tarik dipikul oleh baut saja,

- b. gaya tekan diterima oleh permukaan bidang kontak antara elemen-elemen yang disambung dengan mengambil lebar efektif bidang kontak sebesar 75% dari lebar yang ada,
- c. baut dianggap sebagai plat yang mempunyai lebar sebesar  $\delta$ ,
- d. luas baut di atas garis netral dapat digantikan dengan suatu luas pengganti berupa persegi panjang,
- e. jarak vertikal antar baut adalah  $S$ .

Rumus-rumus yang digunakan, yaitu :

$$\delta \cdot S = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \quad \rightarrow \quad n = \text{jumlah baris baut}$$

$$\delta = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n}{S} \quad (3.11)$$



Gambar 3.5 Metode luas pengganti pada sambungan baut

Menentukan jarak garis netral,  $x$  :

$$\delta \cdot x \cdot \frac{1}{2} x = b' \cdot (h - x) \cdot \frac{1}{2} (h - x) \quad (3.12)$$

Tegangan lentur yang terjadi :

$$\frac{1}{2} \cdot \sigma 1 \cdot x \cdot \delta \cdot \frac{2}{3} \cdot x + \frac{1}{2} \cdot \sigma 3 \cdot (h - x) \cdot b' \cdot \frac{2}{3} \cdot (h - x) = M \quad (3.13)$$

Gaya tarik yang diterima oleh 1 baut teratas (yang paling besar), N :

$$N = \delta \cdot S \cdot \sigma_2 \cdot \frac{1}{2} \quad (3.14)$$

Gaya geser yang diterima per baut :

$$G = P/c \quad \rightarrow \quad c = \text{jumlah baut} \quad (3.15)$$

Tegangan - tegangan yang timbul pada baut :

$$\sigma_{tu} = \frac{G}{\emptyset \text{ baut} \cdot t} \quad \rightarrow \quad t = \text{tebal plat} \quad \leq \quad \bar{\sigma}_{tu} \quad (3.16)$$

$$\tau = \frac{G}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d} \quad \rightarrow \quad d = \emptyset \text{ baut} \quad \leq \quad \bar{\tau} \quad (3.17)$$

$$\sigma_{ta} = \frac{N}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d} \quad \leq \quad \bar{\sigma}_{ta} \quad (3.18)$$

Gabungan gaya tarik dan geser :

$$\sigma_i = \sqrt{\bar{\sigma}_{ta}^2 + 3 \bar{\tau}^2} \quad \leq \quad \bar{\sigma} \quad (3.19)$$

### 3.1.1 Tegangan ijin pada sambungan baut

Baik pada sambungan baut maupun las, dikenal adanya tegangan geser, tegangan tarik, tegangan tumpuan maupun kombinasi dari tegangan geser dan tarik. Adapun tegangan-tegangan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan geser ijin} : \bar{\tau} = 0,6 \bar{\sigma} \quad (3.20)$$

$$\text{Tegangan tarik ijin} : \bar{\sigma}_{ta} = 0,7 \bar{\sigma} \quad (3.21)$$

$$\text{Tegangan tumpu ijin} : \bar{\sigma}_{tu} = 1,5 \bar{\sigma} \quad \text{untuk} \quad S_1 \geq 2 d \quad (3.22a)$$

$$\bar{\sigma}_{tu} = 1,2 \bar{\sigma} \quad \text{untuk} \quad 1,5 \leq S_1 < 2 d \quad (3.22b)$$

Apabila terjadi kombinasi antara tegangan tarik aksial dan tegangan geser, maka tegangan idilnya adalah sebagai berikut :

$$\sigma_i = \sqrt{\bar{\sigma} t a^2 + 3 \bar{\tau}^2} \leq \bar{\sigma} \quad (3.23)$$

dengan :

$S_1$  = Jarak dari sumbu baut terluar dengan tepi bagian yang disambung

$\bar{\sigma}$  = Tegangan dasar ijin

$d$  = Diameter baut

### 3.1.2 Diameter dan jarak lubang sambungan baut

Ukuran diameter lubang baut, menurut PBTI :

a. baut hitam/biasa  $\rightarrow \varnothing \text{ lubang} = \varnothing \text{ baut} + 1 \text{ mm}$  (3.24a)

b. baut mutu tinggi  $\rightarrow \varnothing \text{ lubang} = \varnothing \text{ baut} + 2 \text{ mm}$  (3.24b)

Ketentuan tentang jarak lubang baut adalah sebagai berikut,

1. Apabila sambungan terdiri dari satu baris alat penyambung, maka :

$$1,5 d \leq S_1 \leq 3 d \text{ atau } 6 t \quad (3.25a)$$

$$2,5 d \leq S_1 \leq 7 d \text{ atau } 14 t \quad (3.25b)$$

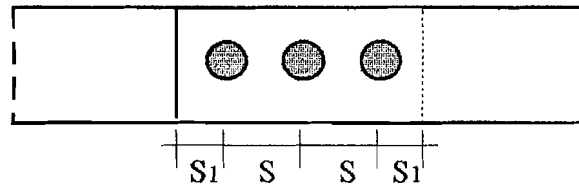
dengan :

$d$  = diameter baut

$t$  = tebal terkecil bagian yang disambung

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut ini.





Gambar 3.6 Sambungan baut dengan satu baris alat sambung

2. Untuk sambungan lebih dari satu baris lubang yang tak bersilang seperti contoh pada gambar 3.7, maka berlaku ketentuan sebagai berikut :

$$1,5 d \leq S_1 \leq 3d \text{ atau } 6t \quad (3.26a)$$

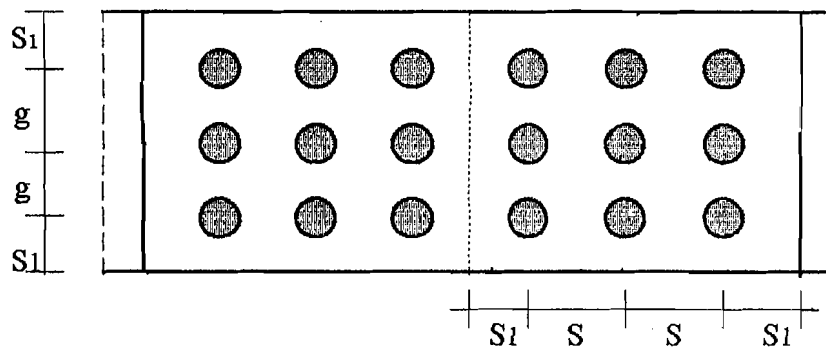
$$2,5 d \leq S \leq 7d \text{ atau } 14 t \quad (3.26b)$$

$$2,5 g \leq g \leq 7d \text{ atau } 14 t \quad (3.26c)$$

dengan :

$d$  = diameter baut

$t$  = tebal terkecil bagian yang disambung



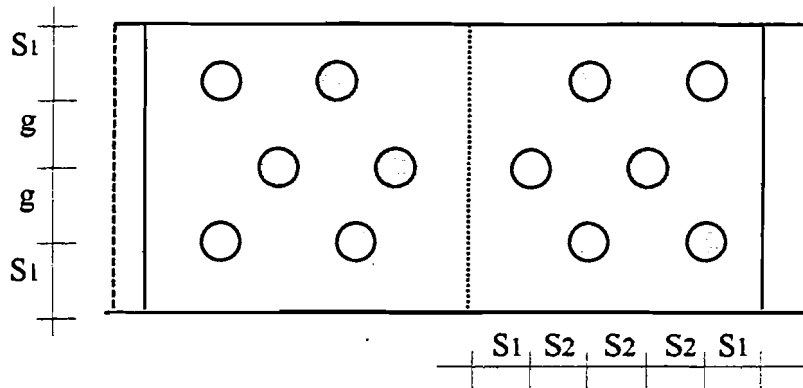
Gambar 3.7 Sambungan baut lebih dari satu baris

3. Untuk sambungan lebih dari satu baris alat penyambung yang bersilang,

$$1,5 d \leq S_1 \leq 3d \text{ atau } 6t \quad (3.27a)$$

$$2,5 d \leq g \leq 7d \text{ atau } 14 t \quad (3.27b)$$

$$S_2 \leq 7d - 0,5 g \text{ atau } \leq 14 t - 0,5 g \quad (3.27c)$$



Gambar 3.8 Alat penyambung baut bersilangan

### 3.1.3 Perencanaan sambungan baut

Sambungan baut dapat direncanakan sebagai berikut :

1. Sambungan tipe geser. Pada tipe ini, baut dikencangkan sampai batas yang ditetapkan sehingga diantara kedua elemen yang disambung timbul gesekan yang mampu menahan tergelincirnya masing-masing elemen tersebut. Pada sambungan tipe ini, diperlukan penarikan baut yang akan memberikan beban pratarik sehingga tercapai jepitan yang memadai. Besarnya beban tarik awal ( $N_o$ ) untuk baut A-325 ditentukan sebesar 70% dari tegangan leleh minimum.

- a. Untuk baut A-325 dengan diameter  $\frac{1}{2}$  inci - 1 inci

$$N_o = 70\% \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 92) \text{ Kip} \quad (3.28)$$

- b. Untuk baut A-325 dengan diameter  $1\frac{1}{8}$  inci -  $1\frac{1}{2}$  inci

$$N_o = 70\% \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 81) \text{ Kip} \quad (3.29)$$

- c. Kekuatan baut A-325 dengan sambungan tipe geser :

- 1) Kekuatan setiap baut terhadap geser,

$$N_g = \frac{F}{S_f} \cdot n \cdot N_o \quad (3.30)$$

2) Kekuatan setiap baut terhadap tarik aksial,

$$\text{- Beban statis } N_t = 0,6 \cdot N_o \quad (3.31a)$$

$$\text{- Beban bolak-balik } N_t = 0,5 \cdot N_o \quad (3.31b)$$

3) Kombinasi antara tarik dan geser

$$N_g = \frac{F}{S_f} \cdot n \cdot (N_o - 1,7 T) \quad (3.32)$$

dengan :

$S_f$  = faktor keamanan (sebesar 1,4)

$N_o$  = beban tarik awal

$n$  = jumlah bidang geser

$T$  = gaya tarik aksial yang bekerja

$F$  = faktor geser permukaan yang nilainya ditentukan sebagai

berikut :

Tabel 3.1 Harga faktor geser permukaan

| Keadaan Permukaan                             | Nilai F     |
|---|-------------|
| Bersih  | 0,35        |
| Digalvanis                                    | 0,16 - 0,26 |
| Dicat   | 0,07 - 0,10 |
| Berkarat, dengan pembersihan karat yang lepas | 0,45 - 0,70 |

2. Sambungan tipe tumpu. Pada sambungan ini, tergelincirnya masing-masing elemen yang disambungkan mungkin terjadi sampai batas dimana tepi-tepi lubang telah menumpu pada batang baut. Sambungan tipe ini harus memperhatikan apakah ulir berada pada bidang geser atau di luar bidang geser. Apabila ulir berada di luar bidang geser, maka dipakai diameter nominal,

sedang apabila ulir berada pada bidang geser, maka harus dipakai diameter efektif untuk menghitung penampang geser baut. Pada tabel 3.2 di halaman 39 dapat dilihat besar diameter nominal dan diameter efektif baut.

a. Kekuatan yang diinjau pada sambungan tipe tumpu :

1) Kapasitas geser setiap baut,

$$N_g = m \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \bar{\tau} \quad (3.33)$$

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

dengan :

$m$  = jumlah potongan dalam sambungan

$\bar{\tau}$  = tegangan geser ijin baut

$\bar{\sigma}$  = tegangan dasar ijin dari baut

$d$  = diameter baut

2) Kapasitas tumpu setiap baut,

$$N_t = d \cdot t \cdot \bar{\sigma}_{tu} \quad (3.34)$$

$$\bar{\sigma}_{tu} = 1,5 \bar{\sigma} \rightarrow S_1 \geq 2d \text{ atau}$$

$$= 1,2 \bar{\sigma} \rightarrow S_1 = 1,5d \text{ sampai } 2d$$

dengan :

$d$  = diameter baut

$t$  = tebal plat

$\bar{\sigma}_{tu}$  = tegangan tumpu ijin baut

$\bar{\sigma}$  = tegangan dasar ijin baut

Tabel 3.2 Diameter nominal dan diameter efektif baut

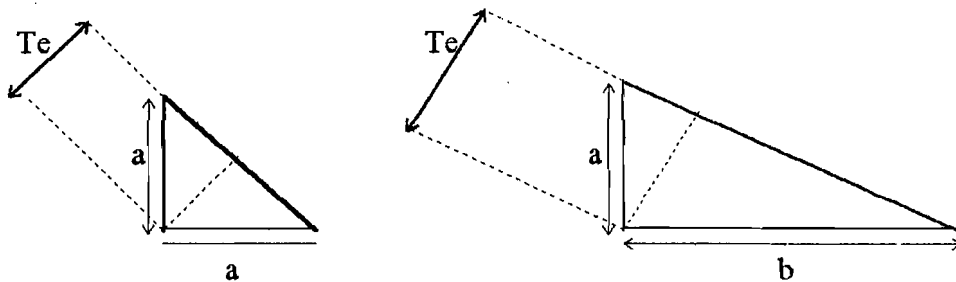
| Diameter Nominal |       | Diameter Efektif |       |
|------------------|-------|------------------|-------|
| (inci)           | (mm)  | (inci)           | (mm)  |
| ½                | 12,7  | 0,406            | 10,30 |
| 5/8              | 15,90 | 0,514            | 13,00 |
| ¾                | 19,10 | 0,627            | 15,90 |
| 7/8              | 22,20 | 0,739            | 18,70 |
| 1                | 25,40 | 0,874            | 21,50 |
| 1 1/4            | 31,80 | 1,075            | 27,30 |
| 1 1/2            | 38,10 | 1,296            | 32,90 |

### 3.2 Analisa Las Sudut

1. Tebal efektif las sudut ( $T_e$ ), adalah jarak nominal terpendek dari titik siku ke muka las. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{a. } T_e &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot a \\ &= 0,707 \cdot a \quad \rightarrow a = \text{panjang kaki las sudut} \quad (3.35a) \end{aligned}$$

$$\text{b. } T_e = \frac{a \cdot b}{\sqrt{(a^2 + b^2)}} \quad (3.35b)$$



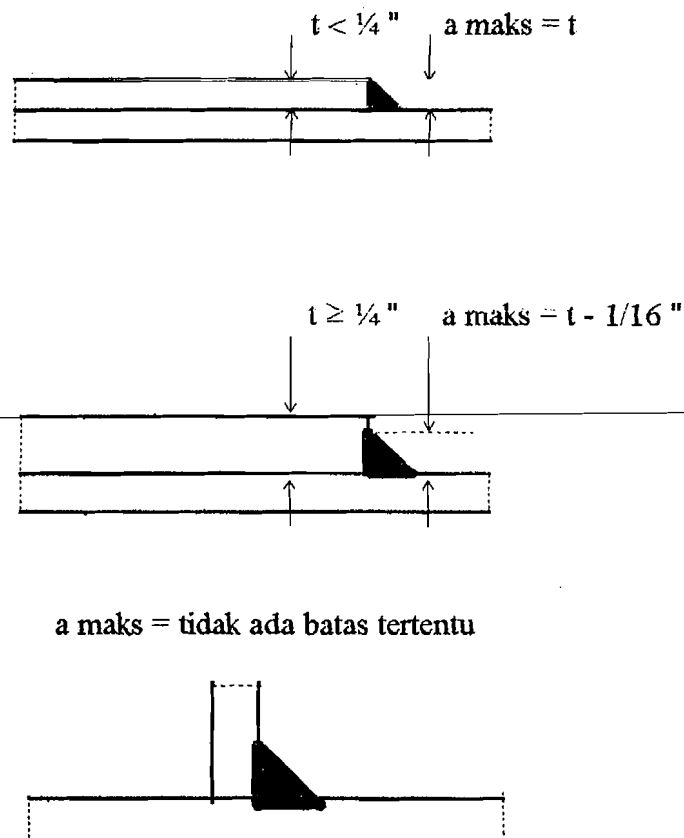
Gambar 3.9 Dimensi tebal efektif las sudut dengan proses SMAW

2. Ukuran kaki las sudut sepanjang tepi potongan. Ukuran kaki las sudut (a) maksimum di sepanjang tepi potongan yang disambung dibatasi oleh AISC sebagai berikut :

a. Sepanjang tepi bahan yang lebih tipis dari  $\frac{1}{4}$  inci (6,4 mm), ukuran maksimum sama dengan tebal bahan tersebut. ( 3.36a )

b. Sepanjang tepi bahan yang tebalnya  $\frac{1}{4}$  inci atau lebih, ukuran maksimum harus  $\frac{1}{16}$  inci (1,6 mm) lebih kecil dari tebal bahan tersebut. ( 3.36b )

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut ini :



Gambar 3.10 Ukuran kaki las sudut maksimum

Sedangkan ukuran kaki las sudut minimum dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.3 Ukuran kaki las sudut minimum

| Tebal logam dasar<br>(t) |                 | Ukuran kaki las sudut<br>minimum (a) |    |
|--------------------------|-----------------|--------------------------------------|----|
| inci                     | mm              | inci                                 | mm |
| t ≤ 1/4                  | t ≤ 6,4         | 1/8                                  | 3  |
| 1/4 < t ≤ 1/2            | 6,4 < t ≤ 12,7  | 3/16                                 | 5  |
| 1/2 < t ≤ 3/4            | 12,7 < t ≤ 19,0 | 1/4                                  | 6  |
| 3/4 < t ≤ 1 1/2          | 19,0 < t ≤ 38,1 | 5/16                                 | 8  |
| 1 1/2 < t ≤ 2 1/4        | 38,1 < t ≤ 57,1 | 5/16                                 | 8  |
| 2 1/4 < t ≤ 6            | 57,1 < t ≤ 152  | 5/16                                 | 8  |
| 6 < t                    | 152 < t         | 5/16                                 | 8  |

3. Panjang netto las sudut :

$$\ell_{\text{netto}} = \ell_{\text{brutto}} - 3 T_e \quad (3.37a)$$

dengan :

$$T_e = \text{tebal efektif las}$$

$$\ell_{\text{netto}} \geq 40 \text{ mm, atau} \quad (3.37b)$$

$$\geq 8.T_e, \text{ atau } 10.\varnothing \text{ batang las, dan} \quad (3.37c)$$

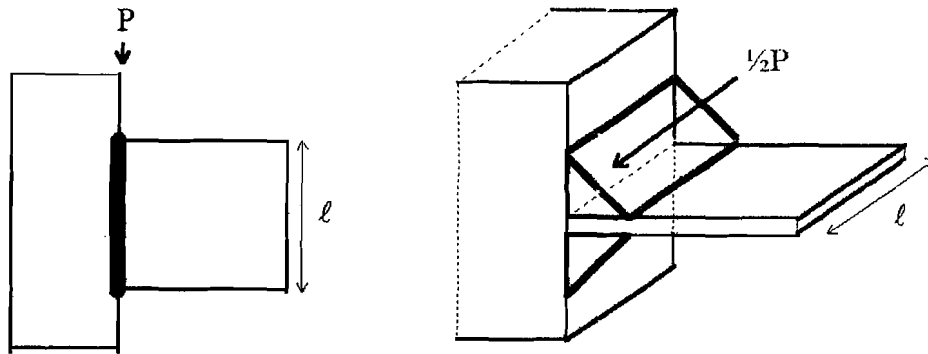
$$\leq 40.T_e, \text{ apabila diperlukan panjang las } > 40.T_e, \text{ maka pengelasan}$$

$$\text{dilakukan terputus-putus} \quad (3.37d)$$

$$\text{Bidang efektif} = \text{tebal efektif} \cdot \ell_{\text{netto}} \text{ las} \quad (3.38)$$

4. Tegangan yang terjadi pada sambungan las sudut dalam beberapa kasus.

- a. Kasus I, gaya P bekerja sejajar bidang efektif las. Hal ini dapat digambarkan sebagai berikut :

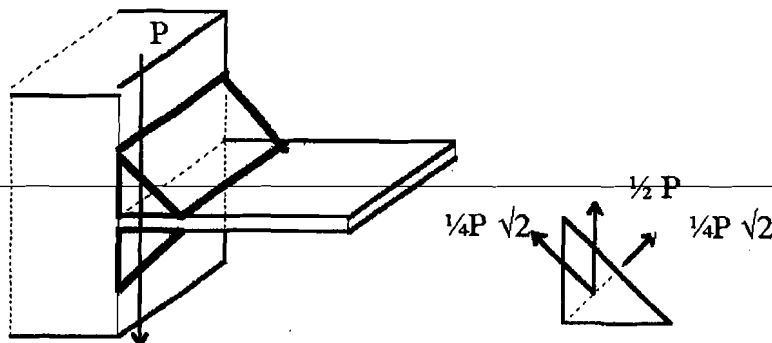


Gambar 3.11 Kasus dasar I pada sambungan las sudut

Tegangan yang terjadi :

$$\tau_{//} = \frac{P/2}{T_e \cdot \ell \text{ netto las}} \quad \tau_{\perp} = 0 \quad \sigma = 0 \quad (3.39)$$

- b. Kasus dasar II, gaya P membentuk sudut  $45^\circ$  dengan bidang efektif las seperti pada gambar 3.12 berikut ini :



Gambar 3.12 Kasus dasar II pada sambungan las sudut

Tegangan yang terjadi :

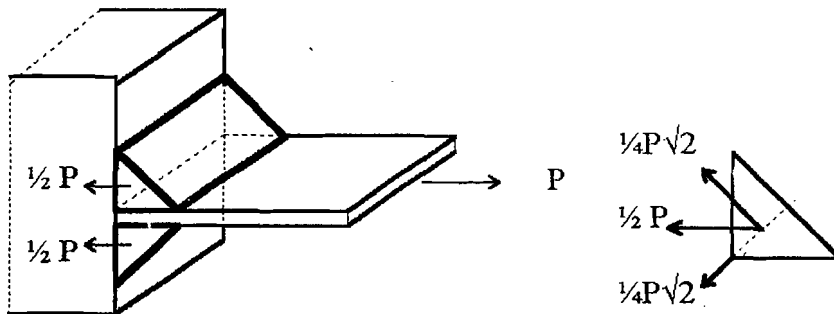
$$\tau_{\perp} = \frac{1/4 \cdot \sqrt{2} \cdot P}{T_e \cdot \ell \text{ netto las}} \quad (3.40a)$$

$$\sigma = \frac{1/4 \cdot \sqrt{2} \cdot P}{T_e \cdot \ell \text{ netto las}} \quad (3.40b)$$



$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} < \bar{\sigma} \quad (3.40c)$$

- c. Kasus dasar III, gaya P membentuk sudut  $45^\circ$  dengan bidang efektif las seperti tergambar di bawah ini :



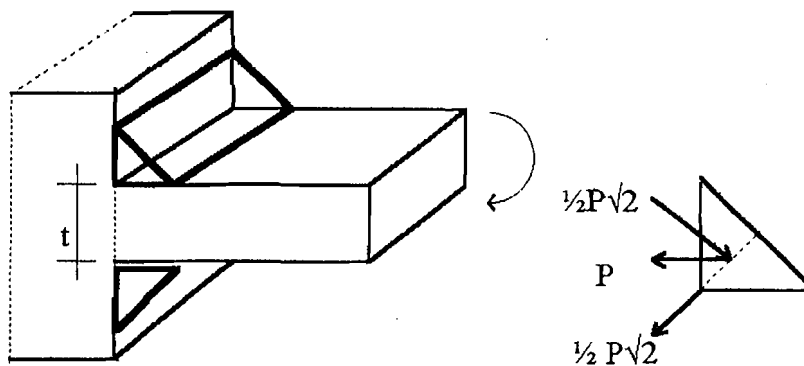
Gambar 3.13 Kasus dasar III pada sambungan las sudut

Tegangan yang terjadi :

$$\tau_{\perp} = \sigma = \frac{1/4 \cdot \sqrt{2} \cdot P}{T_e \cdot \ell \text{ netto las}} \quad (3.41a)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} < \bar{\sigma} \quad (3.41b)$$

- d. Kasus dasar IV, las sudut dibebani momen seperti tergambar di bawah ini



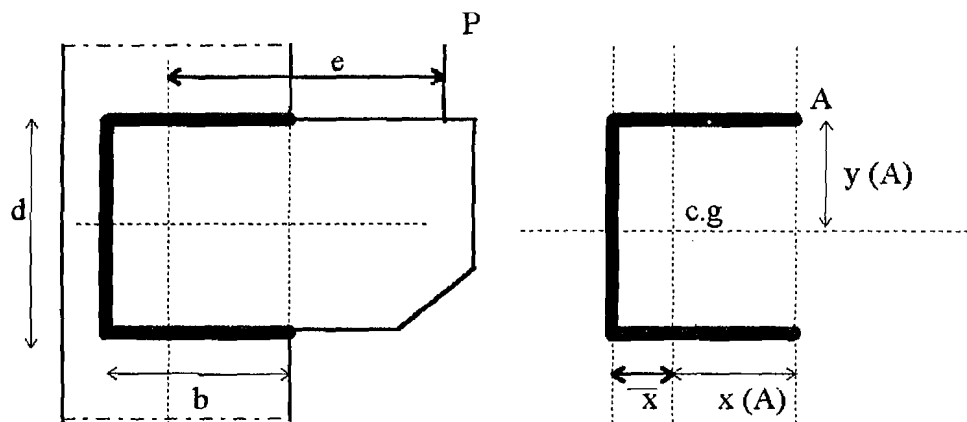
Gambar 3.14 Kasus dasar IV pada sambungan las sudut

Tegangan yang terjadi :

$$\tau_{\perp} = \sigma = \frac{\frac{1}{2} \cdot M \cdot \sqrt{2}}{T_e \cdot \ell_{\text{netto las}} (t + \frac{1}{2} \cdot T_e \cdot \sqrt{2})} \quad (3.42)$$

5. Analisis sambungan las sudut yang menahan beban eksentris (tipe 1).

Gaya  $P$  bekerja pada plat konsol yang dihubungkan ke kolom dengan perantaraan las sudut seperti pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Sambungan las eksentris (tipe 1)

langkah perhitungan :

a. Menentukan titik berat dan inersia sambungan,

$$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d} \quad (3.43a)$$

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot d^3 + 2 \cdot [b \cdot (\frac{1}{2} \cdot d)^2]$$

$$I_y = d \cdot (\bar{x})^2 + 2 \cdot \frac{[\bar{x}^3 + (b - \bar{x})^3]}{3}$$

$$I_p = I_x + I_y \quad (3.43b)$$

Pindahkan P ke titik berat sambungan maka akan terjadi momen P.e dan geser, ditinjau pada titik paling kritis (A), gaya diuraikan menjadi P<sub>x</sub> dan P<sub>y</sub>.

b. Akibat momen Pe pada titik A untuk 1 cm panjang las dan dianggap tebal

las (T<sub>e</sub>) adalah satu satuan :

$$\sigma_x = \frac{P \cdot e \cdot y(A)}{I_p}$$

$$P_x(A) = \sigma_x \cdot (1) \cdot (1) \quad (3.44a)$$

$$\sigma_y = \frac{P \cdot e \cdot x(A)}{I_p}$$

$$P_{1y}(A) = \sigma_y \cdot (1) \cdot (1) \quad (3.44b)$$

c. Akibat gaya geser P pada titik A untuk 1 cm panjang las dan dianggap

tebal las (T<sub>e</sub>) adalah satu satuan :

$$P_{2y}(A) = \frac{P}{\ell \text{ netto las}} \cdot (1) = \frac{P}{\ell \text{ bruto} - 3(1)} \cdot (1) \quad (3.45)$$

d. Gaya total di A adalah :

$$P \text{ total} = \sqrt{P_x^2 + (P_{1y} + P_{2y})^2} \quad (3.46)$$

e. Tegangan geser di titik A yang terjadi adalah :

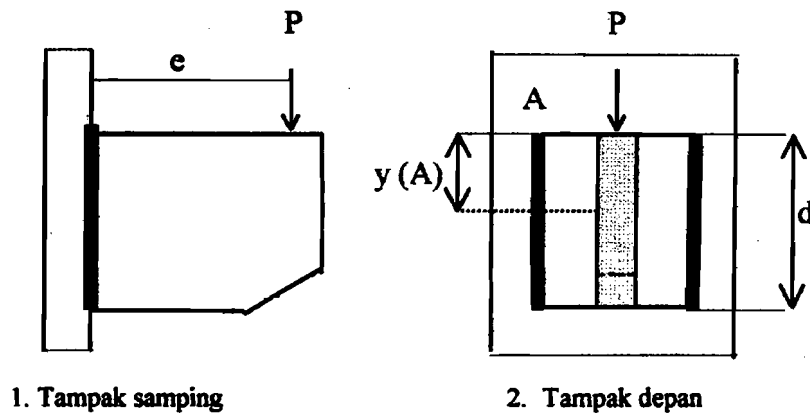
$$\begin{aligned} \tau &= \frac{P \text{ total}}{\ell \text{ netto las} \cdot T_e} \rightarrow \text{untuk 1 cm panjang netto las,} \\ &= \frac{P \text{ total}}{(1) \cdot T_e} \leq \bar{\tau} \text{ dengan } \bar{\tau} = 0,58 \bar{\sigma} \end{aligned} \quad (3.47a)$$

$$T_e \geq \frac{P \text{ total}}{0,58 \bar{\sigma}} \quad (3.48b)$$



6. Analisis sambungan las sudut yang menahan beban eksentris (tipe 2).

Suatu gaya  $P$  bekerja pada plat konsol yang dihubungkan ke kolom dengan perantaraan las sudut seperti terlihat pada gambar 3.16 berikut ini.



Gambar 3.16 Sambungan las eksentris (tipe2)

langkah perhitungan :

a. Menentukan titik berat dan inersia sambungan ,

$$\bar{y} = \frac{1}{2} \cdot d \quad \rightarrow \quad I_x = \left[ \frac{1}{12} \cdot T_e \cdot d^3 \right] \cdot 2 \quad (3.49a)$$

$$\bar{x} = 0 \quad \rightarrow \quad I_y = 0$$

$$I_p = I_x + I_y \quad \rightarrow \quad I_p = I_x \quad (3.49b)$$

b. Ditinjau pada titik paling kritis (A), gaya yang terjadi adalah  $P_x$ .

Akibat momen  $Pe$  pada titik A untuk 1 cm panjang las dan dianggap tebal las ( $T_e$ ) adalah satu satuan,

$$\sigma_x = \frac{P \cdot e \cdot y(A)}{I_p} \quad \rightarrow \quad P_x(A) = \sigma_x \cdot (1) \cdot (1) \quad (3.50)$$

- c. Akibat gaya geser P pada titik A untuk 1 cm panjang las dan dianggap tebal las ( $T_e$ ) adalah satu satuan :

$$P_{2y}(A) = \frac{P}{\ell \text{ netto las}} \cdot (1) = \frac{P}{\ell \text{ bruto} - 3(1)} \cdot (1) \quad (3.51)$$

- d. Gaya total di A adalah,

$$P \text{ total} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \quad (3.52)$$

- e. Tegangan geser di titik A yang terjadi adalah :

$$\tau = \frac{P \text{ total}}{\ell \text{ netto las} \cdot T_e} \rightarrow \text{untuk 1 cm panjang netto las,}$$

$$= \frac{P \text{ total}}{(1) \cdot T_e} \leq \bar{\tau} \text{ dengan } \bar{\tau} = 0,58 \bar{\sigma} \quad (3.53a)$$

sehingga,

$$T_e \geq \frac{P \text{ total}}{0,58 \bar{\sigma}} \quad (3.53b)$$

## BAB IV

### APLIKASI NUMERIK

#### 4.1 Perencanaan Sambungan

Untuk mendapatkan hubungan antara beban yang bekerja dan biaya sambungan, maka diambil beban antara 4000 kg sampai 10000 kg dengan eksentrisitas sebesar 30 cm. Sedangkan mutu baja yang digunakan untuk semua profil adalah BJ - 37 dengan  $\bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ .

Dasar-dasar perencanaan untuk sambungan baut adalah sebagai berikut :

1. Dalam suatu potongan profil baja yang tegak lurus arah gaya tarik, jumlah luas lubang untuk baut tidak boleh lebih dari 15 % dari luas penampang utuh.
2. Banyaknya baut yang sejajar arah gaya maksimum 5 buah.
3. Digunakan pola sambungan yang terdiri lebih dari satu baris baut yang tidak berseling.

Dasar-dasar perencanaan sambungan las adalah sebagai berikut :

1. Sepanjang tepi bahan yang lebih tipis dari  $\frac{1}{4}$  inci (6,4 mm), ukuran kaki las sudut (a) maksimum sama dengan tebal bahan tersebut.
2. Sepanjang tepi bahan yang tebalnya  $\frac{1}{4}$  inci atau lebih, ukuran kaki las sudut (a) maksimum harus  $\frac{1}{16}$  inci (1,6 mm) lebih kecil dari tebal bahan tersebut.

3. Untuk logam dasar setebal  $12,7\text{mm} < t \leq 19 \text{ mm}$ , ukuran kaki las sudut ( $a$ ) minimum adalah 8 mm.
4. Tebal efektif ( $T_e$ ) las sudut adalah :
 
$$T_e = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot a$$

$$= 0,707 \cdot a$$
 dengan,  
 $a$  = panjang kaki las sudut
5. Panjang netto las sudut yang menerus adalah:  
 panjang netto las  $\leq 40 \cdot T_e$
6. Bidang efektif = tebal efektif  $\cdot$  panjang netto las

#### 4.1.1 Sambungan geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1)

Untuk merencanakan sambungan yang menahan geser eksentris ini, diambil batasan - batasan sebagai berikut :

1. Profil kolom diambil Wide Flange Shape 400 x 400 dengan tebal sayap 15 mm.
2. Profil plat konsol setebal 16 mm dengan lebar 35 cm.
3. Perhitungan dilakukan dengan cara "trial and error".

#### A. Dengan alat sambung baut mutu tinggi (A-325)

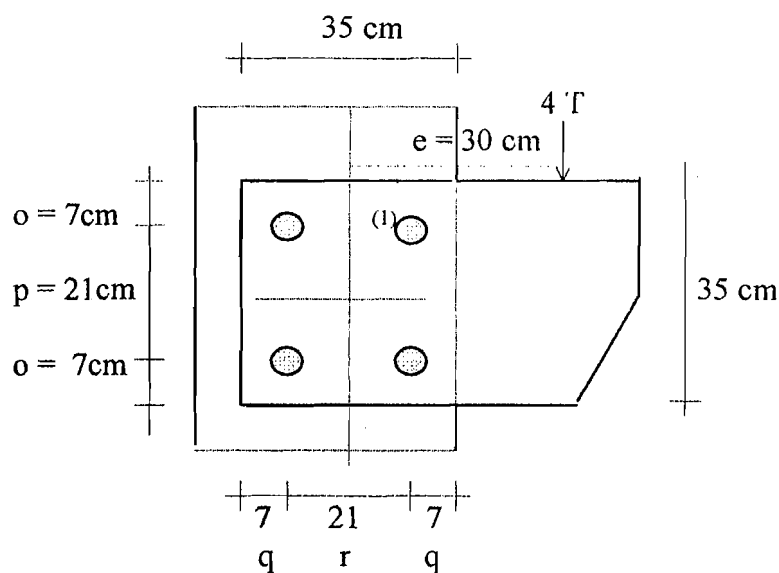
Data :

1. Beban yang bekerja sebesar 4000 kg.
2. Eksentrisitas berjarak 30 cm  $\rightarrow M = 120.000 \text{ kg-cm}$ .
3.  $\sigma_l = 6350 \text{ kg/cm}^2$

4.  $\bar{\sigma} = \sigma : 1,5 = 4233,33 \text{ kg/cm}^2$
5.  $\bar{\tau} = 0,6 \cdot \bar{\sigma} = 2539,99 \text{ kg/cm}^2$
6.  $\bar{\sigma}_{\text{tu plat}} = 1,5 \cdot \bar{\sigma}_{\text{plat}}$   
 $= 1,5 \cdot 1600 \text{ kg/cm}^2 = 2400 \text{ kg/cm}^2$

Perencanaan :

1. Dicoba 4 buah baut dengan  $\text{Ø } \frac{1}{2}'' = 1,27 \text{ cm}$
2. Menentukan jarak setiap baut :
  - a. jarak  $o = 1,5 \cdot \text{Ø} (1,905 \text{ cm}) \leq o \leq 6 \cdot t (9 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 7 cm,
  - b. jarak  $p = 2,5 \cdot \text{Ø} (3,175 \text{ cm}) \leq p \leq 14 \cdot t (21 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 21 cm,
  - c. jarak  $q = 1,5 \cdot \text{Ø} (1,905 \text{ cm}) \leq q \leq 6 \cdot t (9 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 7 cm,
  - d. jarak  $r = 2,5 \cdot \text{Ø} (3,175 \text{ cm}) \leq r \leq 14 \cdot t (21 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 21 cm.



Gambar 4.1 Sambungan geser eksentris dengan baut A-325



3. Menentukan  $\sum d(1)^2$  :

$$\begin{aligned}\sum d(1)^2 &= \sum h_i^2 + \sum v_i^2 \\ &= 4(10,5)^2 + 4(10,5)^2 \\ &= 882 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$H(1) = \frac{M \cdot V(1)}{\sum d_i^2} = \frac{120000 \cdot 10,5}{882} = 1428,57 \text{ kg}$$

$$V(1) = \frac{M \cdot H(1)}{\sum d_i^2} = \frac{120000 \cdot 10,5}{882} = 1428,57 \text{ kg}$$

$$P/n = \frac{4000}{4} = 1000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}P \text{ total } (1) &= \sqrt{[V(1) + P/n]^2 + H(1)^2} \\ &= 2817,58 \text{ kg}\end{aligned}$$

4. Kapasitas geser maksimal 1 baut,

$$\begin{aligned}N \text{ geser} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \bar{\tau} \\ &= 3215,95 \text{ kg} > 2817,58 \text{ kg}\end{aligned}$$

5. Kapasitas tumpu plat,

$$\begin{aligned}N \text{ tumpu} &= \phi \text{ baut} \cdot t \text{ plat} \cdot \bar{\sigma} \text{ tu plat} \\ &= 1,27 \cdot 1,5 \cdot 2400 \\ &= 4572 \text{ kg} \geq 2817,58 \text{ kg}\end{aligned}$$

**B. Dengan alat sambung baut biasa (A-305)**

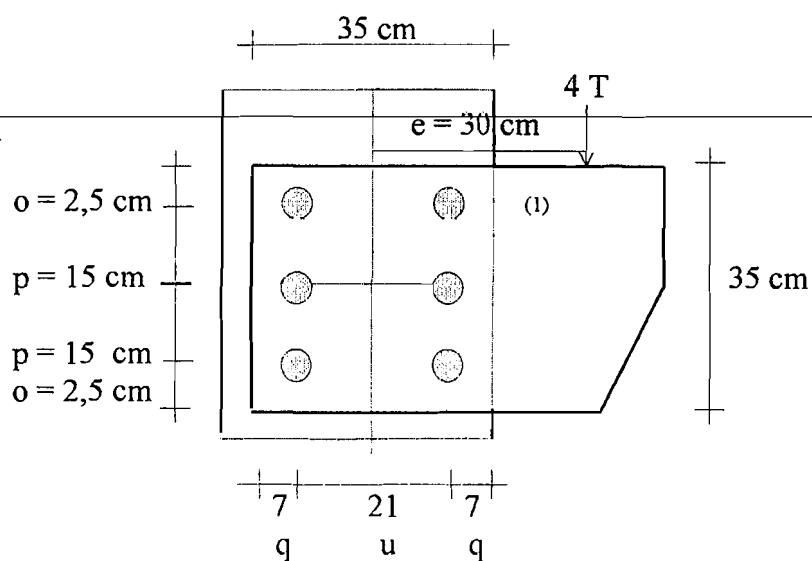
Data :

1. Beban yang bekerja sebesar 4000 kg.
2. Eksentrisitas berjarak 30 cm  $\rightarrow M = 120.000 \text{ kg-cm}$ .

3.  $\sigma_l = 2400 \text{ kg/cm}^2$
4.  $\bar{\sigma} = \sigma_l : 1,5 = 1600 \text{ kg/cm}^2$
5.  $\bar{\tau} = 0,6 \cdot \bar{\sigma} = 960 \text{ kg/cm}^2$
6.  $\bar{\sigma}_{\text{tu plat}} = 1,5 \cdot \bar{\sigma}_{\text{plat}}$   
 $= 1,5 \cdot 1600 \text{ kg/cm}^2 = 2400 \text{ kg/cm}^2$

Perencanaan :

1. Dicoba 6 buah baut dengan  $\text{Ø } 5/8'' = 1,5875 \text{ cm}$
2. Menentukan jarak setiap baut :
  - a. jarak o =  $1,5 \cdot \text{Ø} (2,381 \text{ cm}) \leq o \leq 6.t (9 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 2,5 cm,
  - b. Jarak p =  $2,5 \cdot \text{Ø} (3,968 \text{ cm}) \leq p \leq 14.t (21 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 15 cm,
  - c. Jarak q =  $1,5 \cdot \text{Ø} (2,381 \text{ cm}) \leq q \leq 6.t (9 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 7 cm,
  - d. Jarak r =  $2,5 \cdot \text{Ø} (3,968 \text{ cm}) \leq r \leq 14.t (21 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 21 cm.



Gambar 4.2 Sambungan geser eksentris dengan baut A-307

3. Menentukan  $\sum d(1)^2$  :

$$\begin{aligned}\sum d(1)^2 &= \sum h_i^2 + \sum v_i^2 \\ &= 6(10,5^2) + 4(15^2) \\ &= 1561,5 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$H(1) = \frac{M \cdot V(1)}{\sum d_i^2} = \frac{120000 \cdot 15}{1561,5} = 1152,73 \text{ kg}$$

$$V(1) = \frac{M \cdot H(1)}{\sum d_i^2} = \frac{120000 \cdot 10,5}{1561,5} = 806,91 \text{ kg}$$

$$P/n = \frac{4000}{6} = 666,667 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}P \text{ total } (1) &= \sqrt{[V(1) + P/n]^2 + H(1)^2} \\ &= 1870,886 \text{ kg}\end{aligned}$$

4. Menentukan kapasitas geser maksimal 1 baut,

$$\begin{aligned}N \text{ geser} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \bar{\tau} \\ &= 1899,189 \text{ kg} \geq P \text{ total } (1)\end{aligned}$$

5. Menentukan kapasitas tumpu plat,

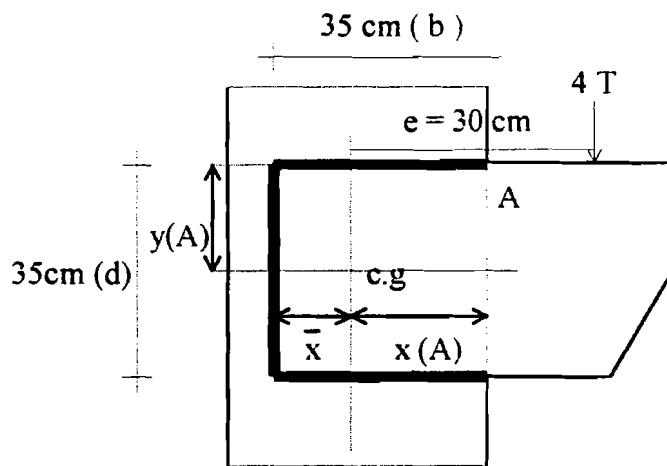
$$\begin{aligned}N \text{ tumpu} &= \emptyset \text{ baut} \cdot t \text{ plat} \cdot \bar{\sigma} \text{ tu plat} \\ &= 1,5875 \cdot 1,5 \cdot 2400 = 5715 \text{ kg} \geq P \text{ total } (1)\end{aligned}$$

### C. Dengan alat sambung las

Data :

1. Beban yang bekerja sebesar 4000 kg
2. Eksentrisitas berjarak 30 cm  $\rightarrow M = 120.000 \text{ kg-cm}$

Perencanaan :



Gambar 4.3 Sambungan eksentris tipe 1 dengan las

1. Mempertimbangkan besarnya faktor kegagalan pada saat pengelasan, maka untuk sambungan ini pengelasan dilakukan pada seluruh tepi profil yang di sambung seperti pada gambar 4.3, sehingga faktor kegagalan dapat diperkecil. Langkah pertama yaitu, menentukan titik berat dan inersia sambungan,

$$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$$

$$= 11,667 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot d^3 + 2 \cdot [b \cdot (\frac{1}{2} \cdot d)^2] = 21539,583 \text{ cm}^4$$

$$I_y = d \cdot (\bar{x})^2 + \frac{2 \cdot [\bar{x}^3 + (b - \bar{x})^3]}{3} = 14291,667 \text{ cm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 35831,249 \text{ cm}^4$$

Pindahkan P ke titik berat sambungan maka akan terjadi momen  $P \cdot e$  dan geser, ditinjau pada titik paling kritis (A), gaya diuraikan menjadi  $P_x$  dan  $P_y$ .

2. Menentukan besar gaya tarik yang bekerja pada titik A :

Akibat momen  $P_e$  pada titik A untuk 1 cm panjang las dan dianggap tebal las

( $T_e$ ) adalah satu satuan,

$$\sigma_x = \frac{P \cdot e \cdot y (A)}{I_p}$$

$$P_x (A) = \sigma_x \cdot (1) \cdot (1) = 58,60 \text{ kg.}$$

$$\sigma_y = \frac{P \cdot e \cdot x (A)}{I_p}$$

$$P_{1y} (A) = \sigma_y \cdot (1) \cdot (1) = 78,14 \text{ kg.}$$

3. Menentukan gaya geser pada titik A, untuk 1 cm panjang las dan dianggap tebal las ( $T_e$ ) adalah satu satuan :

$$P_{2y} (A) = \frac{P}{l_{\text{netto las}}} = \frac{4000}{[35 - 3 \cdot (1)] \cdot 3} \cdot (1) = 41,67 \text{ kg}$$

4. Menentukan gaya total di A :

$$P_t = \sqrt{P_x^2 + (P_{1y} + P_{2y})^2} = 133,37 \text{ kg}$$

5. Menentukan tebal efektif ( $T_e$ ):

$$\tau = \frac{P_{\text{total}}}{\text{panjang netto las} \cdot T_e} \rightarrow \text{untuk 1 cm panjang netto las,}$$

$$\tau = \frac{P_{\text{total}}}{(1) \cdot T_e} \leq \bar{\tau}$$

dengan,

$$\bar{\tau} = 0,58 \cdot \bar{\sigma} (\text{plat}) = 0,58 \cdot 1600 = 928 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_e \geq \frac{133,37}{928}$$

$$\geq 1,44 \text{ mm}$$

Syarat pengelasan untuk plat baja dengan tebal 16 mm, adalah :

$$4,24 \text{ mm} \leq T_e \leq 14,4 \text{ mm}$$

Syarat panjang las netto untuk pengelasan menerus adalah  $\leq 40 \cdot T_e$

sehingga,

$$35 - 3 \cdot (T_e) \leq 40 \cdot T_e$$

$$T_e \geq 8,139 \text{ mm}$$

Dipakai  $T_e$  sebesar : 9 mm.

6. Menentukan luas bidang efektif las :

Luas bidang efektif =  $\ell$  netto las  $\cdot T_e$

$$= 3 \cdot [35 - 3 \cdot (0,9)] \cdot 0,9$$

$$= 87,21 \text{ cm}^2$$

Dari hasil pengamatan di lapangan, satu batang kawat elektroda las dengan ukuran diameter 3,2 mm dan panjang 350 mm dapat menghasilkan pengelasan dengan panjang bruto 8 cm dan tebal efektif pengelasan sebesar 8 mm. Dari hasil tersebut, satu batang kawat elektroda las dapat menghasilkan pengelasan dengan bidang efektif seluas  $4,48 \text{ cm}^2$ . Sehingga, untuk bidang efektif pengelasan seluas  $87,21 \text{ cm}^2$  diperlukan kawat elektroda las sebanyak 19,47 atau dibulatkan menjadi 20 batang kawat elektroda las.

#### 4.1.2 Sambungan geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2)

Untuk merencanakan sambungan yang menahan geser dan tarik eksentris ini, diambil batasan - batasan sebagai berikut :

1. Profil kolom diambil Wide Flange 400 x 400 dengan tebal sayap 15 mm
2. Profil Structural Tees 350 x 350 dengan tebal 16 mm dan panjang 35 cm
3. Perhitungan dilakukan dengan cara "trial and error"

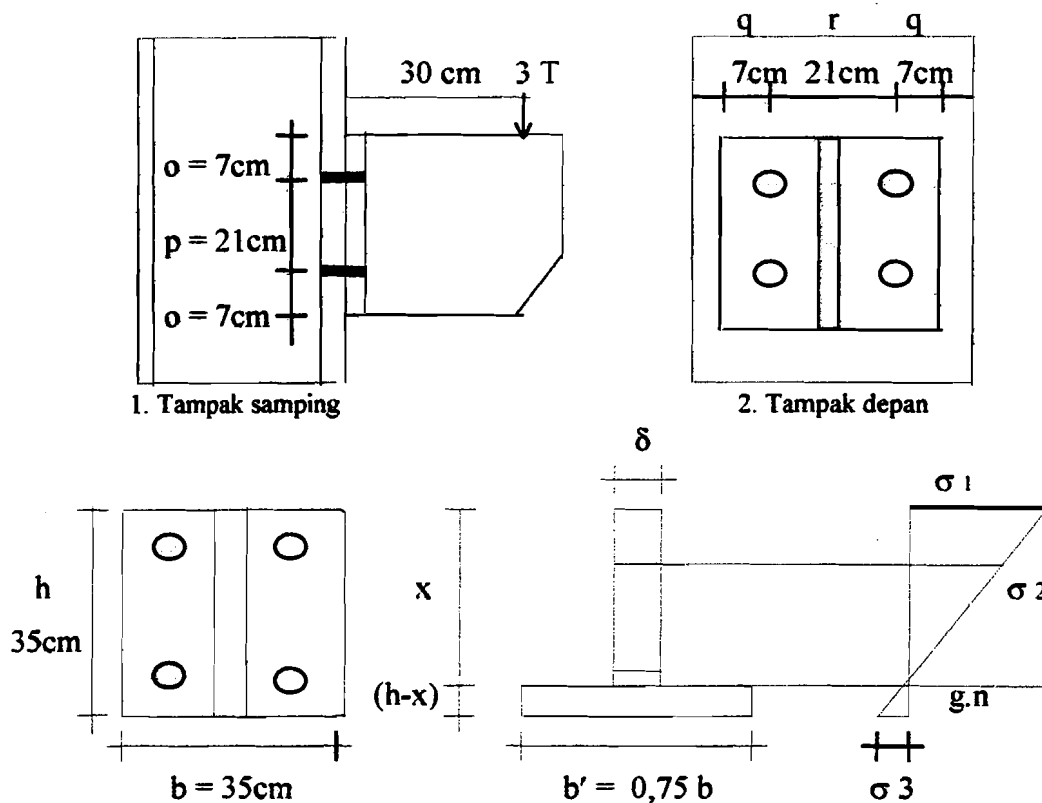
A. Dengan alat sambung baut mutu tinggi (A-325) :

Data :

1. beban yang bekerja sebesar 4000 kg
2. Eksentrisitas berjarak 30 cm  $\rightarrow M = 120.000 \text{ kg-cm}$
3.  $\sigma_l = 6350 \text{ kg/cm}^2$
4.  $\bar{\sigma} = \sigma_l : 1,5 = 4233,33 \text{ kg/cm}^2$
5.  $\bar{\tau} = 0,6 \cdot \bar{\sigma} = 2539,99 \text{ kg/cm}^2$
6.  $\bar{\sigma}_{ta} = 0,7 \cdot \bar{\sigma} = 2963,33 \text{ kg/cm}^2$
7.  $\bar{\sigma}_{tu} = 1,5 \cdot \bar{\sigma}_{plat}$   
 $= 1,5 \cdot 1600 \text{ kg/cm}^2$   
 $= 2400 \text{ kg/cm}^2$

Perencanaan :

1. Dicoba 4 buah baut dengan  $\phi \frac{1}{2}'' = 1,27 \text{ cm}$
2. Menentukan jarak tiap-tiap baut :
  - a. jarak o =  $1,5 \cdot \phi (1,905 \text{ cm}) \leq o \leq 6 \cdot t (9 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 7 cm,
  - b. jarak p =  $2,5 \cdot \phi (3.175 \text{ cm}) \leq p \leq 14 \cdot t (21 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 21 cm,
  - c. jarak q =  $1,5 \cdot \phi (1,905 \text{ cm}) \leq q \leq 6 \cdot t (9 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 7 cm,
  - d. jarak r =  $2,5 \cdot \phi (3.175 \text{ cm}) \leq r \leq 14 \cdot t (21 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba 21 cm.



Gambar 4.4 Sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-325

1. Menentukan lebar  $\delta$  :

$$\delta \cdot S = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n$$

dengan,

$n = 2$ , dan  $S = 21\text{cm}$  (jarak vertikal antara baut)

$$\delta = \frac{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (1,27)^2 \cdot 2}{21} = 0,1205 \text{ cm}$$

2. Menentukan jarak garis netral,  $x$  :

$$\delta \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = b' \cdot (h - x) \cdot \frac{1}{2} (h - x)$$

$$0,1205 \cdot x^2 \cdot \frac{1}{2} = 26,15 \cdot (35 - x) \cdot \frac{1}{2} \cdot (35 - x)$$

$$13,0647 x^2 - 918,75 x + 16078,125 = 0$$

$$x = 32,778 \text{ cm}$$



$$\begin{aligned}(h - x) &= 35 - 32,778 \\ &= 2,222 \text{ cm}\end{aligned}$$

3. Menentukan tegangan lentur yang terjadi :

$$\frac{1}{2} \cdot \sigma_1 \cdot x \cdot \delta \cdot \frac{2}{3} \cdot x + \frac{1}{2} \cdot \sigma_3 \cdot (h-x) \cdot b' \cdot \frac{2}{3} \cdot (h-x) = M$$

$$43,154 \cdot \sigma_1 + 43,201 \cdot \sigma_3 = 120.000 \rightarrow \sigma_3 = 0,0677 \cdot \sigma_1$$

$$43,154 \cdot \sigma_1 + 2,924 \cdot \sigma_1 = 120.000$$

$$\sigma_1 = 2604,240 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_3 = 176,307 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{(x - 7)}{x} \cdot \sigma_1 = 2048,084 \text{ kg/cm}^2$$

4. Menentukan besar gaya tarik pada 1 baut teratas (yang paling besar) :

$$\begin{aligned}N \text{ tarik} &= \delta \cdot S \cdot \sigma_2 \cdot \frac{1}{2} \\ &= 0,1205 \cdot 21 \cdot 2604,240 \cdot \frac{1}{2} \\ &= 2591,338 \text{ kg.}\end{aligned}$$

5. Menentukan besar gaya geser yang diterima per baut :

$$\begin{aligned}N \text{ geser} &= P/c \rightarrow c = \text{jumlah baut} \\ &= 4000 / 4 = 1000 \text{ kg}\end{aligned}$$

6. Menentukan tegangan - tegangan yang terjadi pada baut :

$$\begin{aligned}\sigma_{ta} &= \frac{N \text{ tarik}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} \leq \overline{\sigma}_{ta} \\ &= 2046,666 \text{ kg/cm}^2 \leq 2963,331 \text{ kg/cm}^2.\end{aligned}$$

$$\tau = \frac{N \text{ geser}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} \rightarrow d = \text{Ø baut} \leq \overline{\tau}$$

$$= 789,810 \text{ kg/cm}^2 \leq 2539,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{tu} = \frac{N_{geser}}{\phi \text{ baut} \cdot t} \rightarrow t = \text{tebal plat terkecil} \leq \bar{\sigma}_{tu} \text{ plat}$$

$$= 524,934 \text{ kg/cm}^2 \leq 2400 \text{ kg/cm}^2$$

7. Menentukan besar gabungan tegangan tarik dan geser :

$$\sigma_i = \sqrt{\bar{\sigma}_{ta}^2 + 3 \cdot \bar{\tau}^2} \leq \bar{\sigma}$$

$$= 2461,755 \text{ kg/cm}^2 \leq 4233,33 \text{ kg/cm}^2$$

**B. Dengan alat sambung baut biasa (A-307) :**

Data :

1. Beban yang bekerja sebesar 4000 kg
2. Eksentrisitas berjarak 30 cm  $\rightarrow M = 120.000 \text{ kg-cm}$
3.  $\sigma_l = 2400 \text{ kg/cm}^2$
4.  $\bar{\sigma} = \sigma_l : 1,5 = 1600 \text{ kg/cm}^2$
5.  $\bar{\tau} = 0,6 \cdot \bar{\sigma} = 960 \text{ kg/cm}^2$
6.  $\bar{\sigma}_{ta} = 0,7 \cdot \bar{\sigma} = 1120 \text{ kg/cm}^2$
7.  $\bar{\sigma}_{tu} = 1,5 \cdot \bar{\sigma}_{\text{plat}}$   
 $= 1,5 \cdot 1600 \text{ kg/cm}^2$   
 $= 2400 \text{ kg/cm}^2$

Perencanaan :

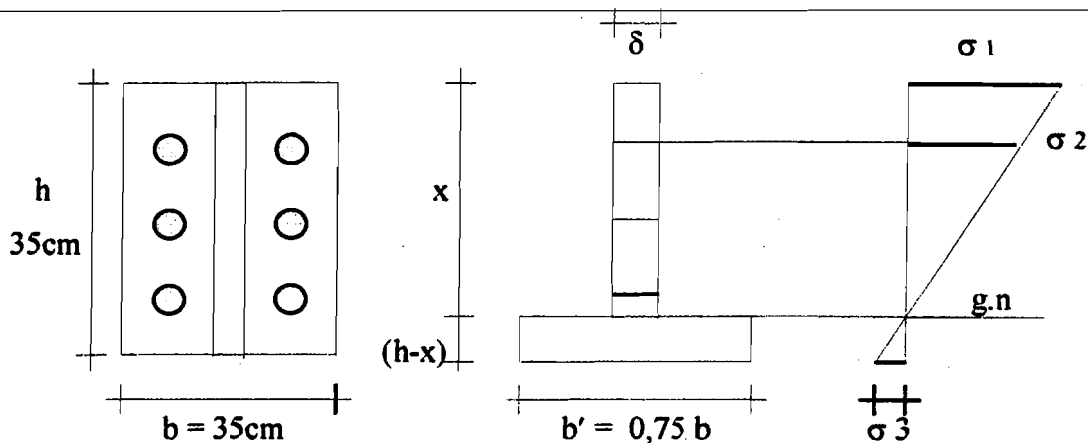
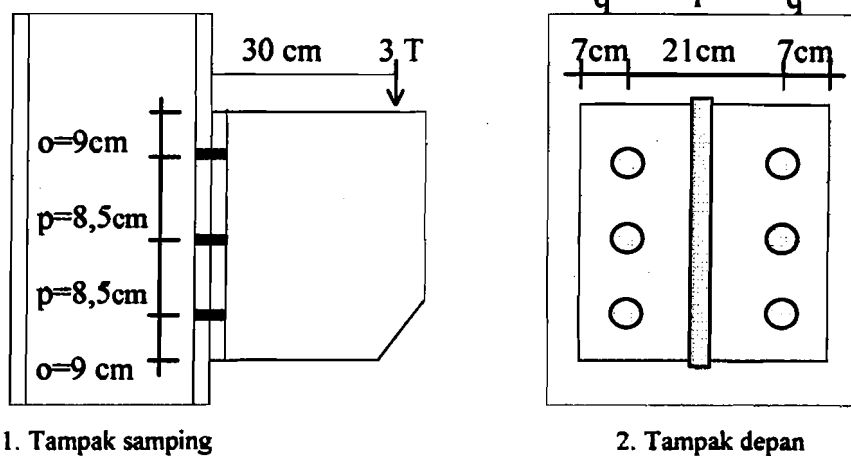
1. Dicoba 6 buah baut dengan  $\phi \frac{1}{2}'' = 1,27 \text{ cm}$
2. Menentukan jarak tiap-tiap baut :

- a. jarak  $o = 1,5 \cdot \emptyset (1,905 \text{ cm}) \leq o \leq 6.t (9 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba  $9 \text{ cm}$ ,
- b. jarak  $p = 2,5 \cdot \emptyset (3.175 \text{ cm}) \leq p \leq 14.t (21 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba  $8,5 \text{ cm}$ ,
- c. jarak  $q = 1,5 \cdot \emptyset (1,905 \text{ cm}) \leq q \leq 6.t (9 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba  $7 \text{ cm}$ ,
- d. jarak  $r = 2,5 \cdot \emptyset (3.175 \text{ cm}) \leq r \leq 14.t (21 \text{ cm}) \rightarrow$  dicoba  $21 \text{ cm}$ .

3. Menentukan lebar  $\delta$  :

$$\delta \cdot S = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \rightarrow n = 2, \text{ dan } S = 8,5 \text{ cm (jarak vertikal baut)}$$

$$\delta = \frac{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (1,27)^2 \cdot 2}{8,5} = 0,2978$$



Gambar 4.5 Sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-307

4. Menentukan jarak garis netral,  $x$  :

$$\delta \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x = b' \cdot (h - x) \cdot \frac{1}{2} (h - x)$$

$$0,2978 \cdot x^2 \cdot \frac{1}{2} = 26,15 \cdot (35 - x) \cdot \frac{1}{2} \cdot (35 - x)$$

$$12,976 x^2 - 918,75 x + 16078,125 = 0$$

$$x = 31,6309 \text{ cm}$$

$$(h - x) = 35 - 31,6309 = 3,369$$

5. Menentukan tegangan-tegangan lentur yang terjadi :

$$\frac{1}{2} \cdot \sigma_1 \cdot x \cdot \delta \cdot \frac{2}{3} \cdot x + \frac{1}{2} \cdot \sigma_3 \cdot (h-x) \cdot b' \cdot \frac{2}{3} \cdot (h-x) = M$$

$$99,317 \cdot \sigma_1 + 99,318 \cdot \sigma_3 = 120.000 \rightarrow \sigma_3 = 0,1065 \cdot \sigma_1$$

$$99,317 \cdot \sigma_1 + 10,577 \cdot \sigma_1 = 120.000$$

$$\sigma_1 = 1091,921 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_3 = 116,289 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{(x - 7)}{x} \cdot \sigma_1 = 781,160 \text{ kg/cm}^2$$

6. Menentukan gaya tarik pada 1 baut teratas (yang paling besar),  $N$  :

$$N \text{ tarik} = \delta \cdot S \cdot \sigma_2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$= 0,2978 \cdot 8,5 \cdot 781,160 \cdot \frac{1}{2} = 988,675 \text{ kg}$$

7. Menentukan gaya geser yang diterima per baut :

$$N \text{ geser} = P/c \rightarrow c = \text{jumlah baut}$$

$$= 4000 / 6 = 666,666 \text{ kg}$$

8. Menentukan tegangan - tegangan yang diterima baut :

$$\sigma_{ta} = \frac{N \text{ tarik}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} \leq \overline{\sigma}_{ta}$$

$$= 780,866 \text{ kg/cm}^2 \leq 1120 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = \frac{N \text{ geser}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} \rightarrow d = \text{Ø baut} \leq \bar{\tau}$$

$$= 526,540 \text{ kg/cm} \leq 960 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{tu} = \frac{N \text{ geser}}{\text{Ø baut} \cdot t} \rightarrow t = \text{tebal plat terkecil} \leq \bar{\sigma}_{tu} \text{ plat}$$

$$= 349,606 \text{ kg/cm}^2 \leq 2400 \text{ kg/cm}^2$$

9. Menentukan besar gabungan tegangan tarik dan geser :

$$\sigma_i = \sqrt{\bar{\sigma}_{ta}^2 + 3 \cdot \bar{\tau}^2} \leq \bar{\sigma}$$

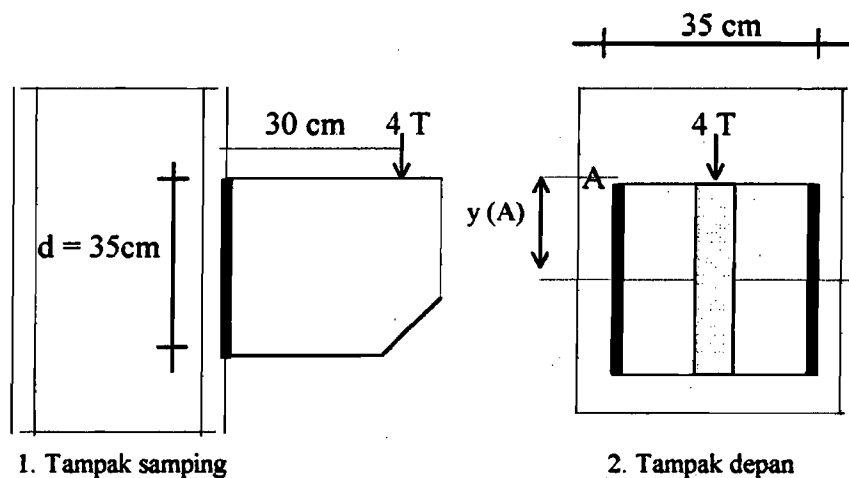
$$= 1200,62 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$

### C. Dengan alat sambung las :

Data :

1. Beban yang bekerja sebesar 4000 kg
2. Eksentrisitas berjarak 30 cm  $\rightarrow M = 120.000 \text{ kg-cm}$

Perencanaan :



Gambar 4.6 Sambungan eksentris tipe 2 dengan las.

1. Menentukan titik berat dan inersia sambungan las :

$$\bar{y} = \frac{1}{2} \cdot d = \frac{1}{2} \cdot 35$$

$$= 17,5 \text{ cm}$$

$$I_x = \left[ \frac{1}{12} \cdot T_e \cdot d^3 \right] \cdot 2$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 35^3 \cdot 2$$

$$= 7145,833 \text{ cm}^4$$

$$\bar{x} = 0 \quad \rightarrow \quad I_y = 0$$

$$I_p = I_x + I_y \quad \rightarrow \quad I_p = I_x$$

2. Menentukan gaya tarik pada titik A, akibat momen  $P_e$  untuk 1 cm panjang netto las dan dianggap tebal las ( $T_e$ ) adalah satu satuan :

$$\sigma_x = \frac{P \cdot e \cdot y(A)}{I_x}$$

$$= \frac{120000 \cdot 17,5}{7145,883}$$

$$P_x(A) = \sigma_x \cdot (1) \cdot (1) = 293,877 \text{ kg}$$

3. Menentukan gaya geser pada titik A akibat gaya  $P$ , untuk 1 cm panjang las dan dianggap tebal efektif ( $T_e$ ) satu satuan adalah :

$$P_y(A) = \frac{P}{2 \cdot \ell \text{ netto las}} \cdot (1)$$

$$= \frac{4000}{2 \cdot [35 - 3 \cdot (1)]} \cdot (1) = 62,5 \text{ kg}$$

4. Menentukan gaya total di A :

$$P_t = \sqrt{P_x(A)^2 + P_y(A)^2} = 300,45 \text{ kg}$$

5. Menentukan tebal efektif ( $T_e$ ) las :

$$\tau = \frac{P \text{ total}}{\ell \text{ netto las} \cdot (T_e)} \leq \bar{\tau} \rightarrow \text{untuk 1 cm panjang netto las,}$$

$$\tau = \frac{P \text{ total}}{(1) \cdot T_e} \leq \bar{\tau}$$

dengan,

$$\begin{aligned} \bar{\tau} &= 0,58 \bar{\sigma} \text{ (plat)} \\ &= 0,58 \cdot 1600 = 928 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$T_e \geq \frac{300,45}{928} \geq 3,24 \text{ mm}$$

Syarat pengelasan untuk plat baja dengan tebal 16 mm, adalah :

$$4,24 \text{ mm} \leq T_e \leq 14,4 \text{ mm.}$$

Syarat panjang las untuk pengelasan menerus adalah  $\leq 40 \cdot T_e$ , sehingga :

$$35 - 3 \cdot (T_e) \leq 40 \cdot T_e$$

$$T_e \geq 8,14 \text{ mm}$$

Dipakai  $T_e$  sebesar 9 mm.

6. Menentukan luas bidang efektif las :

$$\text{Luas bidang efektif} = \ell \text{ netto las} \cdot T_e$$

$$= 2 \cdot [35 - 3 \cdot (0,9)] \cdot 0,9 = 58,14 \text{ cm}^2$$

Dengan dasar perhitungan seperti pada sambungan las yang menahan beban eksentris tipe 1 (halaman 56), maka untuk bidang efektif seluas  $58,14 \text{ cm}^2$  diperlukan kawat elektroda las sebanyak 12,97 atau dibulatkan menjadi 13 batang kawat elektroda las.

## 4.2 Biaya Pabrikasi/Produksi

Biaya pabrikasi/produksi merupakan jumlah dari tiga unsur biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu sambungan. Di dalam tugas akhir ini, biaya pabrikasi/produksi tersebut terdiri atas biaya bahan baku langsung ("direct material cost"), biaya tenaga kerja langsung ("direct labour cost) dan biaya "overhead" pabrik ("factory overhead cost").

Biaya bahan baku langsung, diantaranya adalah harga baut dan harga kawat elektroda las. Pada tabel 4.1 dan 4.2 ditunjukkan harga baut yang dipergunakan, sedangkan tabel 4.3 menunjukkan harga kawat elektroda las.

Tabel 4.1 Harga baut biasa (A-307)

| Ukuran Diameter (Inci) | Panjang (Inci) | Harga (Rupiah) |
|------------------------|----------------|----------------|
| ½                      | 2              | 400,00         |
| 5/8                    | 2              | 700,00         |
| ¾                      | 2              | 1000,00        |
| 7/8                    | 2½             | 1400,00        |
| 1                      | 2½             | 1700,00        |

Sumber : Toko Mur & Baut 'Sumber Hidup', Yogyakarta, Agustus '97

Tabel 4.2 Harga baut mutu tinggi (A-325)

| Ukuran Diameter (Inci) | Panjang (Inci) | Harga (Rupiah) |
|------------------------|----------------|----------------|
| ½                      | 2              | 850,00         |
| 5/8                    | 2              | 1350,00        |
| ¾                      | 2              | 1800,00        |
| 7/8                    | 2              | 2750,00        |
| 1                      | 2½             | 5000,00        |

Sumber : Toko Mur & Baut 'Sumber Hidup', Yogyakarta, Agustus '97

Tabel 4.3 Harga kawat elektroda las

| Jenis    | Diameter (mm) | Panjang (mm) | Harga satu pak (Rupiah) | Harga satu batang (Rupiah) |
|----------|---------------|--------------|-------------------------|----------------------------|
| RB E60XX | 3,2           | 350          | 17600,00                | 100,00                     |
| RD E60XX | 3,2           | 350          | 15300,00                | 85,00                      |

Sumber : Toko Besi 'A B C', Yogyakarta, Agustus '97



#### 4.2.1 Perencanaan biaya sambungan baut

##### A. Biaya bahan baku langsung

Data :

1. Terdapat 4 buah baut jenis A-325 berdiameter  $\frac{1}{2}$ "

Perencanaan :

1. Menentukan besar biaya bahan baku langsung,

$$\begin{aligned} \text{Rp} &= 850,00 \cdot 4 \\ &= 3400,00 \end{aligned}$$

##### B. Biaya tenaga kerja langsung

Data :

1. Terdapat 4 buah lubang pada plat baja untuk baut mutu tinggi berdiameter  $\frac{1}{2}$ "
2. Produksi 1 jam kerja dapat menghasilkan 15 lubang untuk baut berdiameter  $\frac{5}{8}$ " (1,5875 cm) dengan tebal plat baja 1 cm.
3. Produksi 1 jam kerja dapat memasang 25 baut baja berdiameter  $\frac{1}{2}$ " sampai  $1\frac{1}{2}$ "

4. Upah pekerja sebesar 8500/hari (7 jam kerja)

Perencanaan :

1. Menentukan volume lubang yang dapat diproduksi dalam 1 jam,

$$\begin{aligned} \varnothing \text{ lubang} &= 15,875 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\ &= 1,7875 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,7875)^2 \cdot 1 \cdot 15 \\ &= 37,622 \text{ cm}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

Untuk 4 lubang pada plat baja bagi baut mutu tinggi berdiameter  $\frac{1}{2}$ " ,

$$\begin{aligned} \text{Tebal plat} &= 1,5 \text{ cm} + 1,6 \text{ cm} \\ &= 3,1 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing \text{ lubang} &= 12,7 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\ &= 1,47 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,47)^2 \cdot 3,1 \cdot 4 \\ &= 21,034 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

2. Menentukan waktu yang dibutuhkan dalam membuat lubang baut,

$$\begin{aligned} t &= \frac{21,034}{37,622} \cdot 1 \text{ jam} \\ &= 0,5590 \text{ jam} \end{aligned}$$

3. Menentukan besar biaya pembuatan lubang baut,

$$\begin{aligned} \text{Rp} &= 0,5590 \cdot 8500/7 \\ &= 678,898 \end{aligned}$$

4. Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan baut,

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= \frac{4}{25} \cdot 1 \text{ jam} \\ &= 0,16 \text{ jam} \end{aligned}$$

5. Menentukan besar biaya pemasangan baut,

$$\begin{aligned} \text{Rp} &= 0,16 \cdot 8500/7 \\ &= 194,285 \end{aligned}$$

**C. Biaya "overhead" pabrik**

Dasar perhitungan untuk biaya "overhead" pabrik ditentukan sebesar 20% dari jumlah biaya bahan baku langsung dan upah tenaga kerja langsung.

#### D. Total biaya pelaksanaan yang diperlukan

Total biaya pelaksanaan yang diperlukan dari data-data di atas adalah :

|                               |              |   |
|-------------------------------|--------------|---|
| - Biaya bahan baku langsung   | = Rp 3400,00 |   |
| - Biaya tenaga kerja langsung | = Rp 873,183 |   |
| - Biaya "overhead" pabrik     | = Rp 854,636 |   |
|                               | <hr/>        | + |
| - Total biaya pelaksanaan     | = Rp 5127,81 |   |

#### 4.2.2 Perencanaan biaya sambungan las

##### A. Biaya bahan baku langsung

Data :

1. Luas bidang efektif sebesar  $87,21 \text{ cm}^2$ .
2. Satu batang kawat elektroda las dengan diameter 3,2 mm dan panjang 35 cm dapat menghasilkan pengelasan bruto sepanjang 8 cm dengan tebal efektif 0,8 cm  $\rightarrow$  panjang netto las =  $8 \text{ cm} - 3 \cdot (0,8 \text{ cm}) = 5,6 \text{ cm}$
3. Luas bidang efektif yang dihasilkan oleh satu batang kawat elektroda las, luas bidang efektif =  $0,8 \text{ cm} \cdot 5,6 \text{ cm} = 4,48 \text{ cm}^2$ .

Perencanaan :

1. Menentukan jumlah kawat elektroda las yang diperlukan,

$$n = \frac{87,21 \text{ cm}^2}{4,48 \text{ cm}^2} \cdot (1 \text{ batang}) = 19,47 \text{ batang}$$

$\approx$  dibulatkan menjadi 20 batang kawat elektroda las

2. Menentukan besar biaya bahan baku langsung,

$$\text{Rp} = 100,00 \cdot 20 = \text{Rp} 2000,00$$

**B. Biaya tenaga kerja langsung**

Data :

1. Luas bidang efektif sebesar  $87,21 \text{ cm}^2$
2. Produksi 1 jam kerja dapat melaksanakan pengelasan sepanjang 60 cm (panjang bruto) dengan tebal efektif 1,2 cm.

$$\begin{aligned} \text{a. } l_{\text{netto}} &= 60 \text{ cm} - 3 (1,2 \text{ cm}) \\ &= 56,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

- b. Luas bidang efektif yang dapat diproduksi dalam 1 jam kerja adalah :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 56,4 \cdot 1,2 \\ &= 67,68 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3. Upah pekerja sebesar 8500/hari (7 jam kerja)

Perencanaan :

1. Menentukan waktu yang diperlukan untuk pengelasan :

$$t = \frac{87,21 \text{ cm}^2}{67,68 \text{ cm}^2} \cdot (1 \text{ jam kerja})$$

$$= 1,288 \text{ jam kerja}$$

2. Menentukan besar upah tenaga kerja langsung

$$\text{Rp} = 1,288 \cdot 8500/7$$

$$= \text{Rp } 1564,00$$

**C. Biaya "overhead" pabrik**

Dasar perhitungan untuk biaya "overhead" pabrik ditentukan sebesar 20% dari jumlah biaya bahan baku langsung dan tenaga kerja langsung..

**D. Total biaya pelaksanaan yang diperlukan**

Total biaya pelaksanaan yang diperlukan adalah :

|                               |                     |   |
|-------------------------------|---------------------|---|
| - Biaya bahan baku langsung   | = Rp 2000,00        |   |
| - Biaya tenaga kerja langsung | = Rp 1564,00        |   |
| - Biaya "overhead" pabrik     | = Rp 712,94         |   |
| - Total biaya pelaksanaan     | <u>= Rp 4276,94</u> | + |

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

#### **5.1 Umum**

Dalam meninjau, menganalisa dan mempelajari biaya sambungan eksentris pada struktur kerangka baja ini, pembahasan dilakukan berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Faktor tersebut antara lain adalah biaya bahan baku langsung, biaya tenaga kerja langsung yang ditinjau dari waktu penyelesaian dan upah tenaga kerja serta tambahan biaya sebesar 20 % dari jumlah biaya bahan baku langsung dan biaya tenaga kerja langsung untuk biaya "overhead" pabrik.

#### **5.2 Biaya Bahan Baku Langsung**

Harga baut mutu tinggi (A-325) secara umum lebih mahal daripada baut biasa (A-307) untuk semua ukuran diameternya. Untuk kawat elektroda las dengan spesifikasi E60XX, terdapat dua jenis yang umum digunakan yaitu RB E60XX dan RD E60XX. Jenis RB E60XX sedikit lebih mahal dari pada RD E60XX. Pada batasan masalah di atas, digunakan kawat elektroda las E60XX dengan jenis RB E60XX dengan asumsi bahwa jenis ini berkualitas lebih baik dari pada RD E60XX.

Dari hasil perhitungan sebagaimana tercantum dalam BAB IV, diperoleh besar biaya bahan baku langsung untuk beban yang bekerja antara 4000 kg sampai

10000 kg pada sambungan tipe geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1) seperti tercantum pada tabel 5.1, 5.2 dan 5.3. Sedangkan besar biaya bahan baku langsung untuk sambungan tipe geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2) dengan beban yang sama dapat dilihat pada tabel 5.4, 5.5 dan 5.6.

1. Sambungan geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1).

Tabel 5.1 Biaya bahan baku langsung sambungan geser eksentris dengan baut A-325

| BAUT A-325 |               |                     |            |
|------------|---------------|---------------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Jml Baut dan $\phi$ | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 4 $\phi$ 1/2"       | 3400,00    |
| 5000       | 150.000       | 4 $\phi$ 1/2"       | 3400,00    |
| 6000       | 180.000       | 6 $\phi$ 1/2"       | 5100,00    |
| 7000       | 210.000       | 8 $\phi$ 1/2"       | 6800,00    |
| 8000       | 240.000       | 8 $\phi$ 1/2"       | 6800,00    |
| 9000       | 270.000       | 10 $\phi$ 1/2"      | 8500,00    |
| 10000      | 300.000       | 10 $\phi$ 1/2"      | 8500,00    |

Tabel 5.2 Biaya bahan baku langsung sambungan geser eksentris dengan baut A-307

| BAUT A-307 |               |                     |            |
|------------|---------------|---------------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Jml Baut dan $\phi$ | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 6 $\phi$ 5/8"       | 4200,00    |
| 5000       | 150.000       | 8 $\phi$ 5/8"       | 5600,00    |
| 6000       | 180.000       | 10 $\phi$ 5/8"      | 7000,00    |
| 7000       | 210.000       | 10 $\phi$ 3/4"      | 10000,00   |
| 8000       | 240.000       | 10 $\phi$ 3/4"      | 10000,00   |
| 9000       | 270.000       | 8 $\phi$ 7/8"       | 11200,00   |
| 10000      | 300.000       | 10 $\phi$ 7/8"      | 14000,00   |

Tabel 5.3 Biaya bahan baku langsung sambungan eksentris tipe 1 dengan las

| LAS        |               |  |                                 |            |
|------------|---------------|--|---------------------------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Luas Bidang Efektif (cm <sup>2</sup> ) | Jumlah Kawat Elektroda (batang) | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 87,21                                  | 20                              | 2000,00    |
| 5000       | 150.000       | 87,21                                  | 20                              | 2000,00    |
| 6000       | 180.000       | 87,21                                  | 20                              | 2000,00    |
| 7000       | 210.000       | 87,21                                  | 20                              | 2000,00    |
| 8000       | 240.000       | 87,21                                  | 20                              | 2000,00    |
| 9000       | 270.000       | 87,21                                  | 20                              | 2000,00    |
| 10000      | 300.000       | 87,21                                  | 20                              | 2000,00    |

## 2. Sambungan geser dan tarik eksentris ( sambungan eksentris tipe 2).

Tabel 5.4 Biaya bahan baku langsung sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-325

| BAUT A-325 |               |                     |            |
|------------|---------------|---------------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Jml Baut dan $\phi$ | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 4 $\phi$ 1/2"       | 3400,00    |
| 5000       | 150.000       | 4 $\phi$ 1/2"       | 3400,00    |
| 6000       | 180.000       | 6 $\phi$ 1/2"       | 5100,00    |
| 7000       | 210.000       | 6 $\phi$ 1/2"       | 5100,00    |
| 8000       | 240.000       | 6 $\phi$ 1/2"       | 5100,00    |
| 9000       | 270.000       | 6 $\phi$ 1/2"       | 5100,00    |
| 10000      | 300.000       | 6 $\phi$ 1/2"       | 5100,00    |

Tabel 5.5 Biaya bahan baku langsung sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-307

| BAUT A-307 |               |                     |            |
|------------|---------------|---------------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Jml Baut dan $\phi$ | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 6 $\phi$ 1/2"       | 2400,00    |
| 5000       | 150.000       | 6 $\phi$ 1/2"       | 2400,00    |
| 6000       | 180.000       | 8 $\phi$ 1/2"       | 3200,00    |
| 7000       | 210.000       | 8 $\phi$ 1/2"       | 3200,00    |
| 8000       | 240.000       | 10 $\phi$ 1/2"      | 4000,00    |
| 9000       | 270.000       | 10 $\phi$ 1/2"      | 4000,00    |
| 10000      | 300.000       | 8 $\phi$ 5/8"       | 5600,00    |



Tabel 5.6 Biaya bahan baku langsung sambungan eksentris tipe 2 dengan las

| LAS        |               |  |                                 |            |
|------------|---------------|--|---------------------------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Luas Bidang Efektif (cm <sup>2</sup> ) | Jumlah Kawat Elektroda (batang) | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 58,14                                  | 13                              | 1300,00    |
| 5000       | 150.000       | 58,14                                  | 13                              | 1300,00    |
| 6000       | 180.000       | 58,14                                  | 13                              | 1300,00    |
| 7000       | 210.000       | 58,14                                  | 13                              | 1300,00    |
| 8000       | 240.000       | 58,14                                  | 13                              | 1300,00    |
| 9000       | 270.000       | 58,14                                  | 13                              | 1300,00    |
| 10000      | 300.000       | 58,14                                  | 13                              | 1300,00    |

Dari data yang disajikan pada tabel-tabel di atas dapat dilihat bahwa untuk sambungan baut, semakin besar beban dan momen yang bekerja semakin bertambah pula biaya bahan baku langsung yang diperlukan. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya jumlah dan diameter baut yang diperlukan. Sedangkan untuk sambungan las (tabel 5.3 dan tabel 5.6), dari pembebanan 4000 kg sampai 10000 kg, biaya bahan baku langsung yang diperlukan masih tetap konstan. Hal ini disebabkan karena dalam perencanaan sambungan las ada beberapa faktor yang harus dipenuhi, antara lain adalah panjang minimum dan tebal efektif minimum pengelasan, sehingga dari pembebanan 4000 kg sampai 10000 kg belum ada penambahan biaya baku langsung yang diperlukan.

### 5.3 Biaya Tenaga Kerja Langsung

Biaya tenaga kerja langsung terkait erat dengan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Selanjutnya hasil perhitungan tentang waktu penyelesaian dan besar biaya tenaga kerja langsung dapat dilihat pada tabel 5.7, 5.8 dan 5.9 untuk sambungan tipe geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1),

sedangkan tipe geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2) dapat dilihat pada tabel 5.10, 5.11 dan 5.12.

1. Sambungan geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1).

Tabel 5.7 Biaya tenaga kerja langsung sambungan geser eksentris dengan baut A-325

| BAUT A-325 |               |             |            |
|------------|---------------|-------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Waktu (Jam) | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 0,719       | 873,017    |
| 5000       | 150.000       | 0,719       | 873,017    |
| 6000       | 180.000       | 1,079       | 1310,214   |
| 7000       | 210.000       | 1,438       | 1746,142   |
| 8000       | 240.000       | 1,438       | 1746,142   |
| 9000       | 270.000       | 1,798       | 2182,920   |
| 10000      | 300.000       | 1,798       | 2182,920   |

Tabel 5.8 Biaya tenaga kerja langsung sambungan geser eksentris dengan baut A-307

| BAUT A-307 |               |             |            |
|------------|---------------|-------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Waktu (Jam) | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 1,480       | 1797,142   |
| 5000       | 150.000       | 1,973       | 2395,785   |
| 6000       | 180.000       | 2,467       | 2995,643   |
| 7000       | 210.000       | 3,317       | 4028,392   |
| 8000       | 240.000       | 3,317       | 4028,392   |
| 9000       | 270.000       | 3,452       | 4191,714   |
| 10000      | 300.000       | 4,425       | 5373,214   |

Tabel 5.9 Biaya tenaga kerja langsung sambungan eksentris tipe 1 dengan las

| LAS        |               |  |             |            |
|------------|---------------|--|-------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Luas Bidang Efektif (cm <sup>2</sup> ) | Waktu (Jam) | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 87,21                                  | 1,288       | 1564,00    |
| 5000       | 150.000       | 87,21                                  | 1,288       | 1564,00    |
| 6000       | 180.000       | 87,21                                  | 1,288       | 1564,00    |
| 7000       | 210.000       | 87,21                                  | 1,288       | 1564,00    |
| 8000       | 240.000       | 87,21                                  | 1,288       | 1564,00    |
| 9000       | 270.000       | 87,21                                  | 1,288       | 1564,00    |
| 10000      | 300.000       | 87,21                                  | 1,288       | 1564,00    |

## 2. Sambungan geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2).

Tabel 5.10 Biaya tenaga kerja langsung sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-325

| BAUT A-325 |               |             |            |
|------------|---------------|-------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Waktu (Jam) | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 0,719       | 873,017    |
| 5000       | 150.000       | 0,719       | 873,017    |
| 6000       | 180.000       | 1,079       | 1310,214   |
| 7000       | 210.000       | 1,079       | 1310,214   |
| 8000       | 240.000       | 1,079       | 1310,214   |
| 9000       | 270.000       | 1,079       | 1310,214   |
| 10000      | 300.000       | 1,079       | 1310,214   |

Tabel 5.11 Biaya tenaga kerja langsung sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-307

| BAUT A-307 |               |             |            |
|------------|---------------|-------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Waktu (Jam) | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 1,057       | 1283,500   |
| 5000       | 150.000       | 1,057       | 1283,500   |
| 6000       | 180.000       | 1,410       | 1712,143   |
| 7000       | 210.000       | 1,410       | 1712,143   |
| 8000       | 240.000       | 1,762       | 2139,571   |
| 9000       | 270.000       | 1,762       | 2139,571   |
| 10000      | 300.000       | 1,973       | 2395,786   |

Tabel 5.12 Biaya tenaga kerja langsung sambungan eksentris tipe 2 dengan las

| LAS        |               |  |             |            |
|------------|---------------|--|-------------|------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Luas Bidang Efektif (cm <sup>2</sup> ) | Waktu (Jam) | Biaya (Rp) |
| 4000       | 120.000       | 58,14                                  | 0,859       | 1043,071   |
| 5000       | 150.000       | 58,14                                  | 0,859       | 1043,071   |
| 6000       | 180.000       | 58,14                                  | 0,859       | 1043,071   |
| 7000       | 210.000       | 58,14                                  | 0,859       | 1043,071   |
| 8000       | 240.000       | 58,14                                  | 0,859       | 1043,071   |
| 9000       | 270.000       | 58,14                                  | 0,859       | 1043,071   |
| 10000      | 300.000       | 58,14                                  | 0,859       | 1043,071   |

Berdasarkan hasil perhitungan biaya tenaga kerja langsung untuk sambungan baut yang disajikan pada tabel 5.7, 5.8, 5.10 dan 5.11 dapat disimpulkan bahwa sambungan baut biasa (A-307) memerlukan waktu penyelesaian yang lebih lama sehingga biaya tenaga kerja langsung yang dibutuhkan lebih mahal, penyebabnya adalah dengan beban dan momen yang sama, penggunaan baut biasa (A-307) memerlukan jumlah baut yang lebih banyak dan diameter yang lebih besar daripada penggunaan baut mutu tinggi (A-325). Selanjutnya dari tabel 5.9 dan tabel 5.12 dapat dilihat bahwa sambungan dengan las rata-rata memerlukan waktu yang relatif lebih cepat daripada sambungan baut. Penyebab lamanya pelaksanaan sambungan baut karena lebih banyak persiapan yang harus dilakukan, antara lain adalah pembuatan lubang untuk baut dan pemasangan baut itu sendiri. Sedangkan sambungan las umumnya tidak memerlukan lubang-lubang pada profil baja, sehingga relatif lebih cepat dari sambungan baut.

#### 5.4 Total Biaya Pabrikasi/Produksi

Dari penjumlahan ketiga unsur biaya pabrikasi/produksi yaitu biaya bahan baku langsung, biaya tenaga kerja langsung dan biaya "overhead" pabrik sebagaimana tercantum dalam BAB IV, diperoleh hasil besar biaya pabrikasi/produksi seperti tercantum pada tabel-tabel berikut ini. Tabel 5.13, 5.14 dan 5.15 menunjukkan total biaya pabrikasi untuk sambungan tipe geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1) sedangkan biaya pabrikasi untuk sambungan tipe geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2) dapat dilihat pada tabel 5.16, 5.17 dan 5.18.

## 1. Sambungan geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1).

Tabel 5.13 Total biaya pabrikasi/produksi sambungan geser eksentris dengan baut A-325

| BAUT A-325 |               |                      |
|------------|---------------|----------------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Total Biaya (Rupiah) |
| 4000       | 120.000       | 5127,81              |
| 5000       | 150.000       | 5127,81              |
| 6000       | 180.000       | 7691,73              |
| 7000       | 210.000       | 10255,64             |
| 8000       | 240.000       | 10255,64             |
| 9000       | 270.000       | 12819,50             |
| 10000      | 300.000       | 12819,50             |

Tabel 5.14 Total biaya pabrikasi/produksi sambungan geser eksentris dengan baut A-307

| BAUT A-307 |               |                      |
|------------|---------------|----------------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Total Biaya (Rupiah) |
| 4000       | 120.000       | 7196,57              |
| 5000       | 150.000       | 9594,942             |
| 6000       | 180.000       | 11994,29             |
| 7000       | 210.000       | 16834,07             |
| 8000       | 240.000       | 16834,07             |
| 9000       | 270.000       | 18469,67             |
| 10000      | 300.000       | 22487,08             |

Tabel 5.15 Total biaya pabrikasi/produksi sambungan eksentris tipe 1 dengan las.

| LAS        |               |  |                      |
|------------|---------------|--|----------------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Luas Bidang Efektif (cm <sup>2</sup> ) | Total Biaya (Rupiah) |
| 4000       | 120.000       | 94,5                                   | 4276,94              |
| 5000       | 150.000       | 94,5                                   | 4276,94              |
| 6000       | 180.000       | 94,5                                   | 4276,94              |
| 7000       | 210.000       | 94,5                                   | 4276,94              |
| 8000       | 240.000       | 94,5                                   | 4276,94              |
| 9000       | 270.000       | 94,5                                   | 4276,94              |
| 10000      | 300.000       | 94,5                                   | 4276,94              |

2. Sambungan geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2).

Tabel 5.16 Total biaya pabrikasi/produksi sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-325

| BAUT A-325 |               |                      |
|------------|---------------|----------------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Total Biaya (Rupiah) |
| 4000       | 120.000       | 5127,81              |
| 5000       | 150.000       | 5127,81              |
| 6000       | 180.000       | 7691,73              |
| 7000       | 210.000       | 7691,73              |
| 8000       | 240.000       | 7691,73              |
| 9000       | 270.000       | 7691,73              |
| 10000      | 300.000       | 7691,73              |

Tabel 5.17 Total biaya pabrikasi/produksi sambungan geser dan tarik eksentris dengan baut A-307

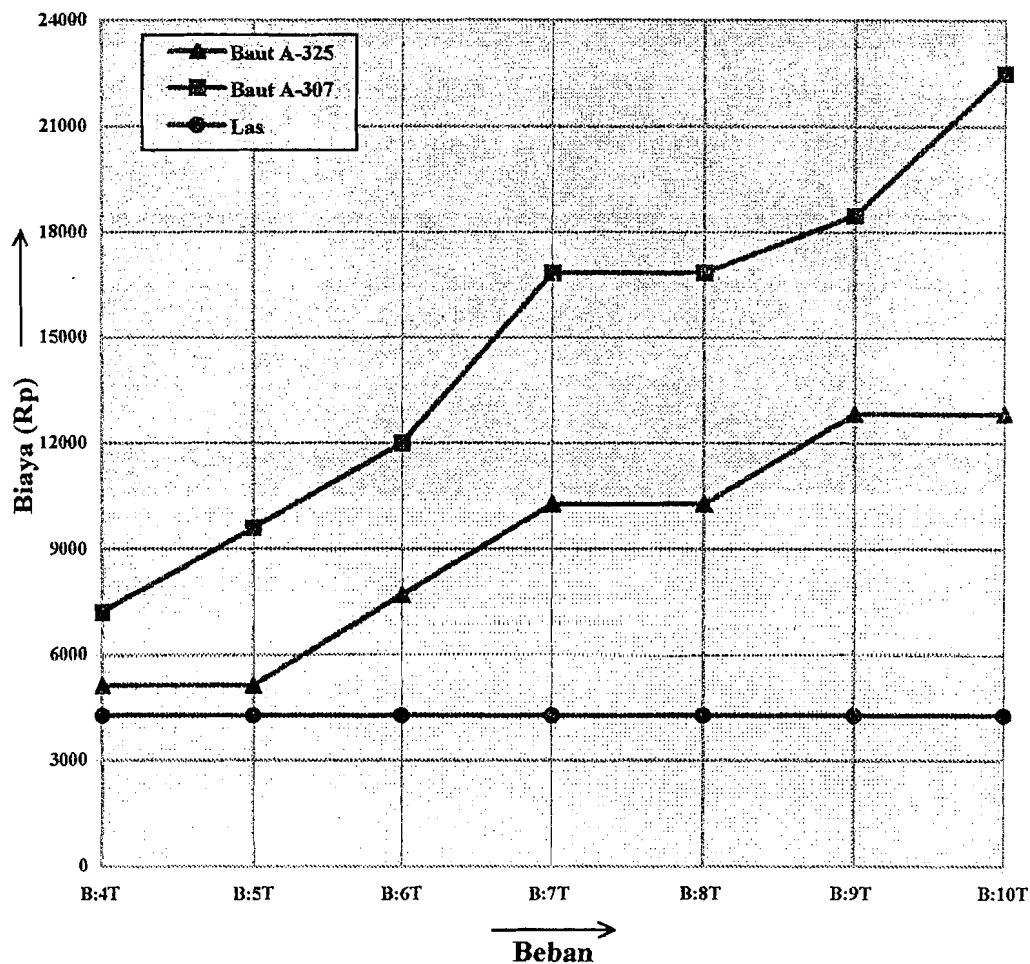
| BAUT A-307 |               |                      |
|------------|---------------|----------------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Total Biaya (Rupiah) |
| 4000       | 120.000       | 4420,61              |
| 5000       | 150.000       | 4420,61              |
| 6000       | 180.000       | 5894,14              |
| 7000       | 210.000       | 5894,14              |
| 8000       | 240.000       | 7367,67              |
| 9000       | 270.000       | 7367,67              |
| 10000      | 300.00        | 9595,41              |

Tabel 5.18 Total biaya pabrikasi/produksi sambungan eksentris tipe 2 dengan las

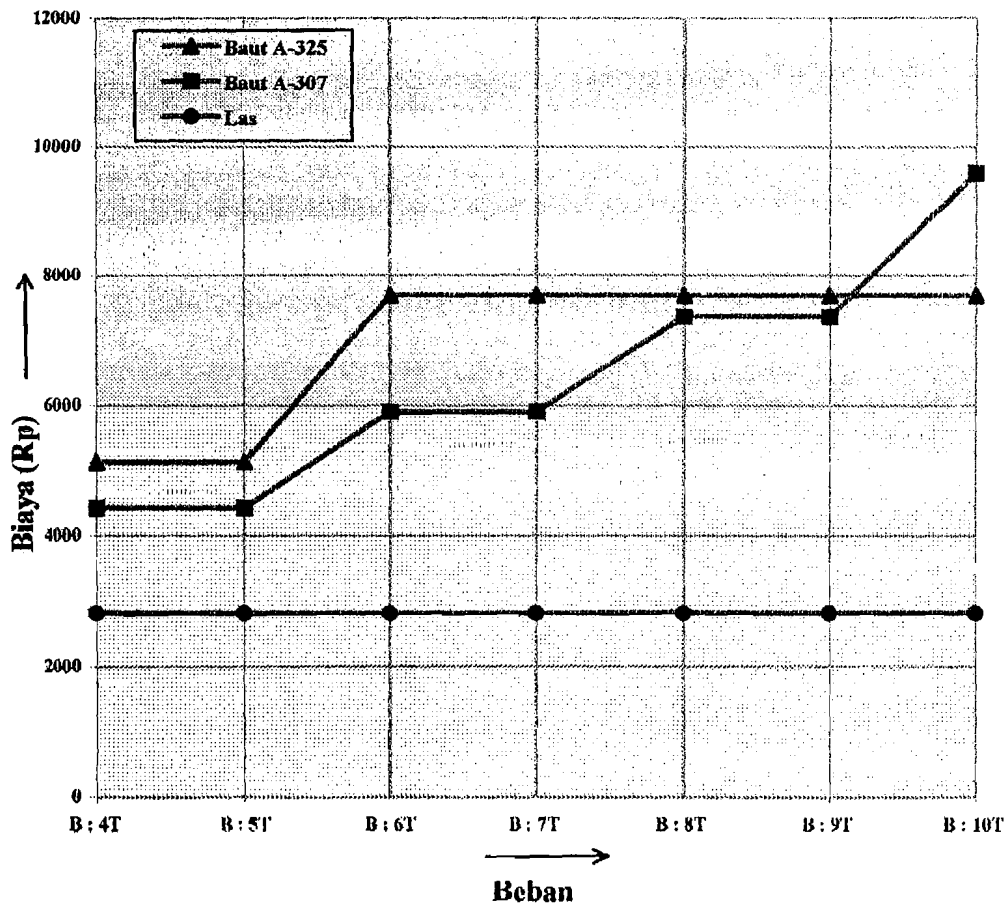
| LAS        |               |  |                      |
|------------|---------------|--|----------------------|
| Beban (kg) | Momen (kg-cm) | Luas Bidang Efektif (cm <sup>2</sup> ) | Total Biaya (Rupiah) |
| 4000       | 120.000       | 63,00                                  | 2811,75              |
| 5000       | 150.000       | 63,00                                  | 2811,75              |
| 6000       | 180.000       | 63,00                                  | 2811,75              |
| 7000       | 210.000       | 63,00                                  | 2811,75              |
| 8000       | 240.000       | 63,00                                  | 2811,75              |
| 9000       | 270.000       | 63,00                                  | 2811,75              |
| 10000      | 300.000       | 63,00                                  | 2811,75              |

Berdasarkan total biaya pabrikasi/produksi penggunaan alat sambung baut (baik baut mutu tinggi maupun baut biasa) dan las yang telah ditabelkan di atas,

dapat dibuat grafik hubungan antara beban dengan biaya yang diperlukan. Grafik hubungan antara beban dengan biaya untuk sambungan geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1) diperlihatkan pada gambar 5.1, sedangkan untuk sambungan geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2) diperlihatkan pada gambar 5.2.



Gambar 5.1 Grafik beban vs biaya pada sambungan yang menahan geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1)



Gambar 5.2 Grafik beban vs biaya pada sambungan yang menahan geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2)

Dari grafik yang disajikan pada gambar 5.1 dan 5.2 dapat diketahui bahwa sambungan las merupakan alternatif yang paling ekonomis. Hal ini dapat terjadi karena dari biaya bahan baku langsung sampai biaya tenaga kerja langsung yang diperlukan pada sambungan las relatif lebih murah. Selain itu, dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa sambungan las dengan biaya sambungan yang konstan dan murah mampu menahan beban dengan jangkauan pembebanan yang



besar, sehingga sampai pembebanan 10.000 kg masih belum memerlukan tambahan biaya pabrikan.

Pada gambar 5.1 terlihat bahwa untuk sambungan struktur kerangka baja tipe geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1) dengan batasan pembebanan seperti tersebut di atas, penggunaan baut mutu tinggi (A-325) memerlukan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan baut biasa (A-307). Hal tersebut dapat terjadi karena baut mutu tinggi mempunyai tahanan geser yang lebih besar dari pada baut biasa sehingga penambahan jumlah dan diameter baut mutu tinggi pada setiap kenaikan beban tidak sebanyak apabila digunakan baut biasa. Oleh sebab itu, walaupun secara umum baut biasa lebih murah dari pada baut mutu tinggi, tetapi pada sambungan geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1), penggunaan baut biasa memerlukan jumlah baut yang lebih banyak dan diameter yang lebih besar sehingga biaya sambungannya menjadi lebih mahal.

Berbeda dengan sambungan tipe tarik dan geser eksentris (sambungan eksentris tipe 2) yang terlihat pada gambar 5.2, dalam pembebanan antara 4000 kg sampai 9000 kg, penggunaan baut biasa (A-307) ternyata lebih ekonomis dibandingkan dengan baut mutu tinggi (A-325) tetapi pada pembebanan di atas 9000 kg sampai 10.000 kg penggunaan baut mutu tinggi lebih ekonomis dari pada penggunaan baut biasa. Hal tersebut dapat terjadi karena pada pembebanan di bawah 9000 kg, jumlah baut biasa yang diperlukan masih sedikit dengan diameternya yang kecil, sehingga biayanya masih lebih murah dari pada penggunaan baut mutu tinggi. Pada pembebanan di atas 9000 kg, karena banyaknya jumlah baut biasa dan besarnya diameter yang harus dipakai membuat

biayanya bertambah mahal dan melampaui biaya yang diperlukan oleh baut mutu tinggi, sehingga untuk pembebanan di atas 9000 kg sampai 10.000 kg, pemakaian baut biasa kurang ekonomis dari pada baut mutu tinggi.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari uraian dan pembahasan tentang sambungan eksentris pada struktur kerangka baja, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Biaya pabrikasi/produksi sambungan dengan las ternyata merupakan alternatif yang paling ekonomis bila dibandingkan dengan alat sambung baut biasa (A-307) dan baut mutu tinggi (A-325).
2. Pada sambungan tipe geser eksentris (sambungan eksentris tipe 1), penggunaan baut biasa (A-307) merupakan pilihan yang kurang ekonomis dari pada penggunaan alat sambung baut mutu tinggi (A-325) dan las.
3. Pada sambungan tipe geser dan tarik eksentris (sambungan eksentris tipe 2) dengan beban yang terjadi diantara 4000 kg sampai 9000 kg dengan eksentrisitas 30 cm, penggunaan baut biasa (A-307) lebih ekonomis dari pada penggunaan baut mutu tinggi (A-325), tetapi apabila beban yang terjadi di atas 9000 kg sampai 10.000 kg, pemakaian baut mutu tinggi (A-325) ternyata lebih ekonomis bila dibandingkan dengan baut biasa (A-307).

## 6.2 Saran-saran

Untuk melaksanakan studi lebih lanjut tentang analisa biaya sambungan eksentris pada struktur kerangka baja ini, beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih optimal, maka perlu kiranya diadakan penelitian lebih lanjut dengan memperbesar beban yang bekerja pada sambungan.
2. Pada perencanaan sambungan baut, pola sambungan dan jarak antara baut sangat mempengaruhi keamanan sambungan (lihat pada perhitungan sambungan baut di BAB IV), untuk itu diperlukan perencanaan yang lebih teliti guna mendapatkan pola sambungan baut yang paling ekonomis dengan kemampuan menahan beban yang maksimal.
3. Untuk mendapatkan pendekatan biaya bahan baku langsung, perhitungan waktu penyelesaian dan biaya tenaga kerja langsung yang optimum, maka perlu adanya pengamatan di lapangan dan pengambilan data yang lebih teliti.

## **PENUTUP**

Alhamdulillahirrabbi'lamin,

Hanya dengan rahmat dan petunjuk Allah s.w.t serta safa'at dari Rosululloh Muhammad s.a.w sajalah yang telah menuntun hingga terselesainya laporan Tugas Akhir ini sesuai waktu yang ditentukan.

Semua permasalahan dan penulisan dari hasil penelitian tentang Analisa Biaya Sambungan Eksentris pada Struktur Kerangka Baja dengan Alat Sambung Baut dan Las telah diusahakan dengan sebaik-baiknya. Akan tetapi, mengingat keterbatasan pengetahuan dan waktu yang ada, maka laporan ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran demi kesempurnaan laporan ini sangatlah diharapkan.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan sesuatu yang bermanfaat bagi semua pihak yang mempelajarinya.

Yogyakarta, Oktober 1997

## DAFTAR PUSTAKA

1. Adolph Matz, Milton F. Usry, Lawrence H. Hammer, 1992, "AKUNTANSI BIAAYA", Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. Bachnas, 1993, "DIKTAT KONSTRUKSI BAJA I", FTSP UII, Yogyakarta.
3. Badan Penelitian dan Pengembangan PU, 1987, "PEDOMAN PERENCANAAN BANGUNAN BAJA UNTUK GEDUNG", Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
4. Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1986, "STRUKTUR BAJA DISAIN DAN PERILAKU", Penerbit Erlangga, Jakarta.
5. Gunawan T, Margareth S, 1989, "TEORI SOAL DAN PENYELESAIAN KONSTRUKSI BAJA I", Delta Teknik Group, Jakarta.
6. Joseph E. Bowles, 1985, "DISAIN BAJA KONSTRUKSI", Penerbit Erlangga, Jakarta.
7. Leonard Spiegel, George F. Limbrunner, 1991, "DESAIN BAJA STRUKTURAL TERAPAN", PT. Eresco, Bandung.
8. Paguyuban Dosen Baja Yogyakarta, 1994, "BAHAN KULIAH PENGETAHUAN DASAR STRUKTUR BAJA", PT. Nafiri, Yogyakarta.