

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baja

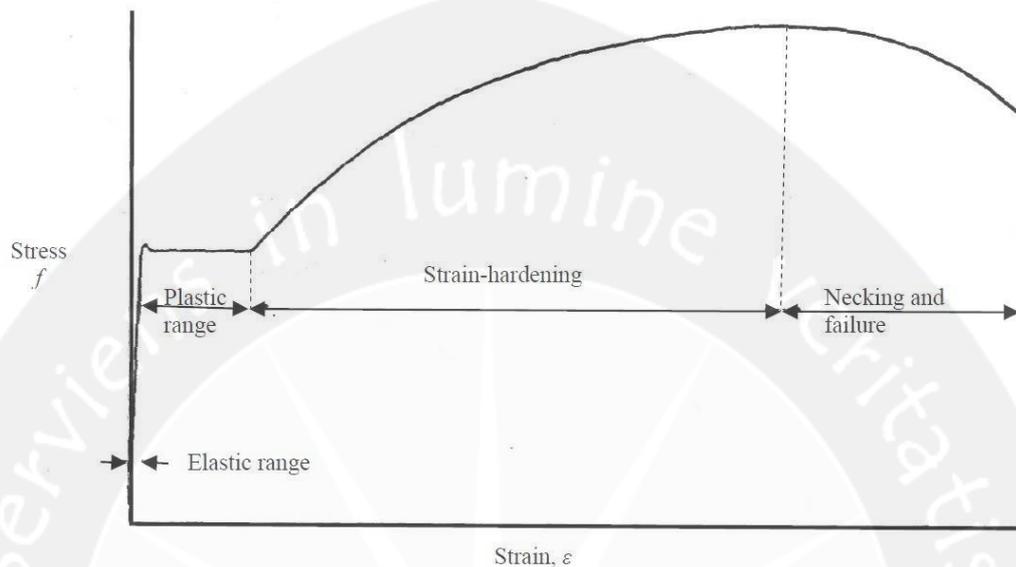
Baja adalah salah satu bahan konstruksi yang penting. Sifat-sifatnya yang terutama adalah kekuatannya yang tinggi dan sifat keliatannya. Keliatan (*ductility*) adalah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tarik maupun dalam tekan sebelum terjadi kegagalan (Bowles, 1985).

Baja bukanlah sebuah bahan yang mudah terbakar, tetapi kekuatan baja sangat tergantung pada temperatur. Kuat luluh dan kuat tarik pada 1000° F keduanya kira-kira 60 sampai 70 persen dari kuat luluh dan kuat tarik pada suhu kamar (kira-kira 70°F) (Bowles, 1985).

Baja konstruksi adalah *alloy steel* (baja paduan), yang pada umumnya mengandung lebih dari 98 % besi dan biasanya kurang dari 1 % karbon. Sekalipun komposisi aktual kimiawi sangat bervariasi untuk sifat-sifat yang diinginkan, seperti kekuatannya dan tahanannya terhadap korosi. Baja juga dapat mengandung elemen paduan lainnya, seperti silikon, magnesium, sulfur, fosfor, tembaga, krom, nikel, dan lain-lain dalam berbagai jumlah (Spiegel, 1991).

Ada dua buah karakteristik yang dapat menggambarkan perilaku sebuah material untuk struktur yaitu kekuatan dan daktilitas. Gambar. 2.1 menunjukkan sebuah grafik perilaku karakteristik pada baja. Pada gambar tersebut ditunjukkan beberapa daerah perilaku dari baja yang berbeda yaitu : daerah elastis (*the elastic*

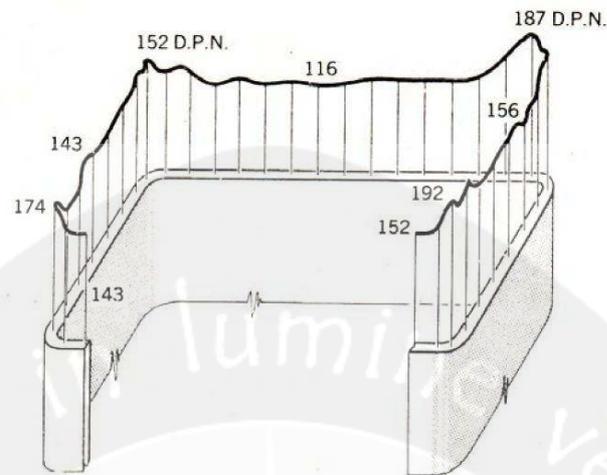
range), daerah plastis (*the plastic range*), daerah pengerasan regangan (*the strain-hardening range*) dan daerah luluh (*the necking and failure range*) (Tall, 1974).



Gambar 2.1 Grafik Tegangan-Regangan Untuk Baja (Tall, 1974)

Baja dengan penampang yang memiliki rasio lebar dengan tebal (b/t) yang besar akan tidak stabil dan cenderung mudah mengalami tekuk akibat beban yang bekerja dalam keadaan tekan. Profil C adalah salah satu profil giling yang dibentuk pada keadaan dingin (*cold-formed*). Biasanya elemen-elemen plat profil cold-formed mempunyai rasio lebar dengan tebal (b/t) yang besar dan kekuatan pasca tekuknya diperhitungkan, akibatnya kemungkinan bahaya tekuk dapat terjadi (Tall, 1974).

Gambar 2.2 menunjukkan efek dari proses bentukan dingin pada profil C. Nilai-nilai yang ditunjukkan pada gambar tersebut merupakan nilai kekerasan bahan yang dinyatakan dalam *Diamond Penetration Numbers* (DPN), yang mana menunjukkan nilai dari tegangan lenturnya (Tall, 1974).



Gambar 2.2 Efek dari Pembuatan Material Cara Dingin
(Tall, 1974)

Wigroho (2005) memperkuat profil C pada sayap yang terbuka dengan baja pelat arah vertikal, dengan berbagai variasi jarak. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini ialah profil C mengalami kenaikan kemampuan lentur mulai dari 52,88% untuk jarak perkuatan $2,5h$; 83,39% untuk jarak perkuatan $2h$; 83,59% untuk jarak perkuatan $1,5h$; dan 73,70% untuk jarak perkuatan $1h$. Dari sini nampak bahwa kekuatan maksimum bukan terjadi pada baja profil C dengan jarak perkuatan paling rapat.

Haribhawana (2008) menguji profil kanal C sebagai kolom dengan diberi perkuatan/pengaku tulangan transversal. Hasil penelitian yang diperoleh pada kolom baja profil kanal C dari hasil pengujian beban maksimum, kolom pendek mampu menahan beban rata-rata sebesar 1903,55 kg sedangkan pada kolom panjang mampu menahan beban rata-rata sebesar 1488,23 kg. Defleksi maksimum terbesar terjadi pada kolom profil kanal C yang menahan beban maksimum terkecil. Defleksi maksimum kolom pendek terjadi pada kolom dengan jarak

pengaku transversal 75 mm yaitu sebesar 6,6 mm, pada jarak pengaku transversal 50 mm, 100 mm dan tanpa pengaku berturut-turut sebesar 1,98 mm, 3,9 mm, dan 4,75 mm. Defleksi maksimum kolom panjang terjadi pada kolom dengan jarak pengaku transversal 75 mm yaitu sebesar 9,8 mm, pada jarak pengaku transversal 5 cm, 10 cm dan tanpa pengaku berturut-turut sebesar 9,1 mm, 5,92 mm, dan 5,43 mm. Dengan demikian perkuatan dengan jarak yang rapat dapat meningkatkan kemampuan kolom untuk mendukung beban maksimum yang terjadi.

Laksono (2009) menguji profil C sebagai kolom dengan cor beton pengisi dan perkuatan transversal. Hasil yang diperoleh adalah dengan menambah cor beton pengisi rata-rata menaikkan kemampuan menahan beban hingga 148% dibandingkan dengan kolom profil C yang tidak diberi pengisi cor beton. Pengecoran beton dapat mengurangi terjadinya tekuk lokal yang terjadi pada kolom profil C tanpa cor beton pengisi, sementara itu jarak perkuatan yang lebih rapat juga dapat meningkatkan kemampuan kolom untuk memikul beban lebih baik. Defleksi maksimum dalam penelitian ini terjadi pada kolom dengan jarak perkuatan 75 mm.

Kurnia (2009) menguji profil C gabungan sebagai kolom dengan pengaku pelat arah lateral. Hasil yang diperoleh adalah dengan menambah pengaku lateral pada kolom profil C ganda sepanjang 3700 mm dengan jarak 100 mm mampu meningkatkan kemampuan dalam menahan beban maksimum yaitu 13,33 % dibandingkan dengan kolom baja profil C ganda dengan jarak antar pengaku 250 mm. Penambahan pengaku pelat arah lateral pada jarak 150 mm dan 200 mm dapat meningkatkan kemampuan kolom baja menahan beban sebesar 6,67 %.

Sekalipun kerusakan kolom terjadi akibat tekuk lokal (*local buckling*), namun kolom yang mampu memikul beban maksimum yang terbesar adalah kolom dengan jarak pengaku lateral yang paling rapat (100 mm).

2.2. Kolom

Kolom-kolom pada konstruksi merupakan elemen struktur yang menerima beban-beban dari balok dan pelat yang diteruskan ke pondasi. Kolom mengalami tekan aksial searah sumbunya dan penempatan balok yang mempunyai eksentrisitas menimbulkan gaya-gaya lentur. Tidak seperti elemen struktur tarik yang bebannya cenderung menahan elemen struktur pada posisinya, elemen struktur tekan sangat peka terhadap faktor-faktor yang dapat menimbulkan peralihan lateral atau tekuk (Spiegel, 1991).

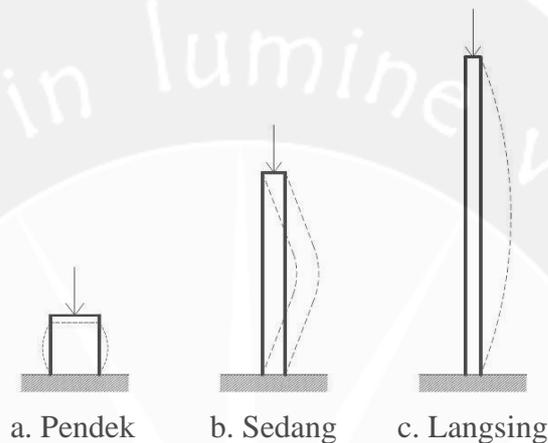
Menurut Bowles (1985) desain kolom sangat kurang eksak daripada desain balok karena beberapa alasan, yang termasuk alasan-alasan yang berikut:

1. Kolom-kolom, yang walaupun kelihatannya lurus dan homogen, dapat mempunyai sedikit ketidaksempurnaan dan selalu mempunyai tegangan sisa dari operasi pabrik, seperti penggilasan, pendinginan dan sebagainya.
2. Seringkali sukar untuk memakaikan sebuah beban melalui pusat luas (yakni, untuk memakaikan sebuah beban yang betul-betul secara aksial).
3. Sifat pengekangan secara nyata mempengaruhi sifat kolom.

Kolom pada hakekatnya jarang sekali mengalami tekanan aksial saja. Namun, bila pembebanan ditata sedemikian rupa hingga pengekangan (*restraint*) rotasi ujung dapat diabaikan atau beban dari batang-batang yang bertemu di ujung kolom bersifat simetris dan pengaruh lentur sangat kecil dibandingkan tekanan langsung, maka

batang tekan dapat direncanakan dengan aman sebagai kolom yang dibebani secara konsentris.

Berdasarkan ragam kelangsingannya kolom dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu kolom langsing, kolom sedang, dan kolom pendek. Tampak seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Jenis Kolom dan Ragam Keruntuhan
(Spiegel, 1991)

Segui (2007) menyatakan bahwa rasio L/r merupakan rasio kelangsingan dan merupakan ukuran kelangsingan suatu bahan, semakin besar nilai L/r , semakin langsing bahan tersebut.

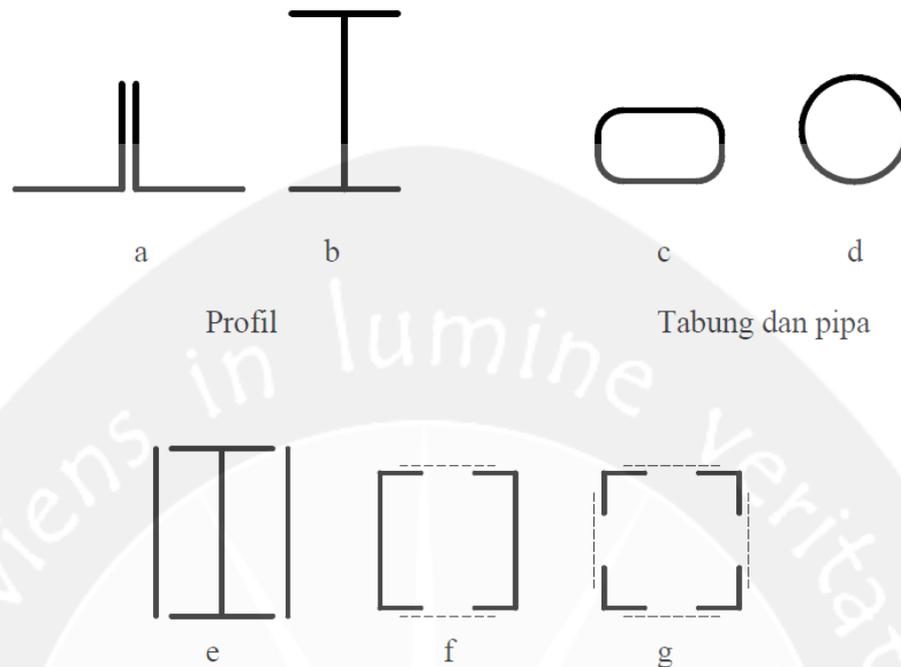
Suatu kolom dikatakan sebagai kolom langsing apabila memenuhi syarat $(KL/r) > C_c$. Kolom langsing atau kolom panjang ragam kegagalannya adalah tekuk dalam selang elastis. Tekuk itu terjadi pada tegangan tekan yang masih dalam selang elastis.

Untuk kriteria kolom pendek atau kolom gemuk yaitu $(KL/r) < C_c$, dan ragam kegagalannya bukanlah karena tekuk elastis. Kolom pendek gagal karena mencapai leleh (leleh sebagai kriteria kegagalan), jadi beban runtuh ditentukan sebagai hasil kali F_y dan luas penampang melintang.

Sementara kolom sedang adalah jenis kolom yang terletak diantara kedua kriteria itu, atau $(KL/r) = Cc$. Kolom ini gagal dengan tekuk inelastis apabila leleh yang terlokalisasi terjadi. Kegagalan ini diawali dengan adanya perlemahan dan kehancuran. Kegagalannya tidak dapat ditentukan baik dengan menggunakan kriteria tekuk elastis kolom panjang maupun dengan kriteria leleh kolom pendek (Spiegel, 1991).

Dalam praktik batang struktur tidak ada yang lurus sempurna, idealisasi batang prismatic sulit untuk dipenuhi, sifat homogen batang juga tidak pernah ada. Dengan demikian tidak ada sumbu batang yang lurus. Berbagai hal ini mengakibatkan gaya tekan aksial yang dikerjakan tidak akan berhimpit dengan sumbu batang. Dengan kata lain, gaya tekan ini akan bekerja secara eksentris, sekalipun pada ujung batang mungkin telah diusahakan sentris. Eksentrisitas gaya akan menimbulkan momen lentur. Dengan gaya aksial tertentu, batang tekan langsing akan melentur lebih besar jika dibandingkan dengan batang gemuk. Sehingga batang langsing akan memikul momen lentur lebih besar pula (PADOSBAJAYO, 1994).

Penampang melintang yang umum digunakan untuk elemen struktur tekan antara lain adalah profil gilas. Untuk beban yang lebih besar dapat digunakan penampang tersusun. Kolom dengan batang bersusun adalah gabungan dua atau lebih, satu dengan yang lain dihubungkan (dirangkai) sedemikian rupa sehingga membentuk satu kesatuan.



Gambar 2.4 Penampang Melintang Elemen Struktur Tekan
(Spiegel, 1991)

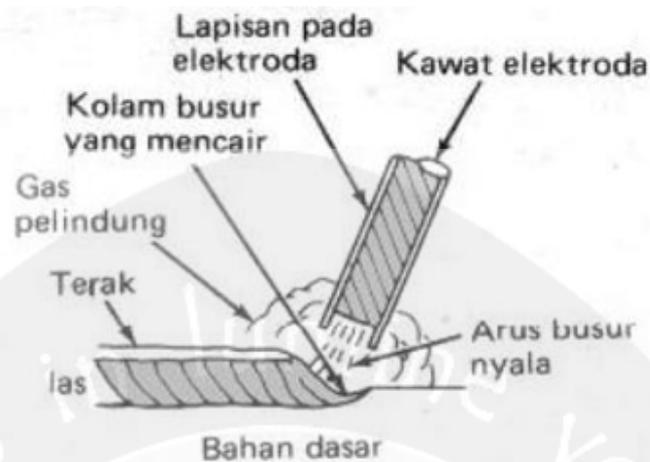
Menurut Paguyuban Dosen Baja Yogyakarta, 1994. Untuk membentuk batang tersusun diperlukan penghubung yang berupa pelat atau batang. Batang penghubung dapat disusun melintang, diagonal, dan kombinasi melintang dengan diagonal. Selain itu penghubung dapat juga berupa pelat menerus. Hubungan batang dengan penghubung dapat menggunakan baut, paku keling, dan las. Batang tersusun sering digunakan pada kondisi-kondisi sebagai berikut:

1. Kapasitas profil yang tersedia belum mencukupi
2. Diperlukan batang dengan kekakuan besar
3. Detail sambungan membutuhkan penampang tertentu
4. Faktor estetika

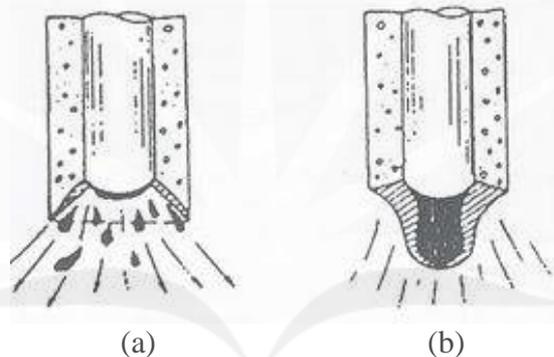
2.3. Las

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah digunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan hanya menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom atau molekul-molekul dari logam yang disambungkan (Wiryosumarto dan Okumura, 1981).

Menurut Wiryosumarto dan Okumura, las elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan. Dalam cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Dalam Gambar 2.5 dapat dilihat dengan jelas bahwa busur listrik terbentuk di antara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama. Proses pemindahan busur elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus seperti terlihat dalam Gambar 2.6(a), sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar seperti tampak dalam Gambar 2.6(b).



Gambar 2.5 Las Busur Dengan Elektroda Terbungkus
(Wirjosumarto dan Okumura, 1981)

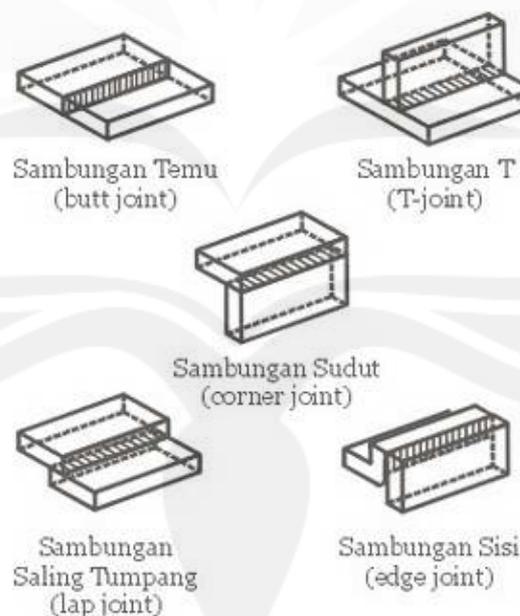


(a) (b)
Gambar 2.6 Pemandahan Logam Cair
(Wirjosumarto dan Okumura, 1981)

Pola pemandahan logam cair seperti diterangkan di atas sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Secara umum dapat dikatakan bahwa logam mempunyai sifat mampu las tinggi bila pemandahan terjadi dengan butiran yang halus. Sedangkan pola pemandahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus seperti diterangkan di atas dan juga oleh komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang berkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang

oksidasi. Dalam beberapa fluks bahannya tidak dapat terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur. Di dalam pengelasan ini hal yang penting adalah bahan fluks dan jenis listrik yang digunakan (Wirjosumarto dan Okumura, 1981).

Menurut Ariestadi (2008), jenis sambungan las tergantung pada faktor-faktor seperti ukuran dan profil batang yang bertemu di sambungan, jenis pembebanan, besarnya luas sambungan yang tersedia untuk pengelasan, dan biaya relatif dari berbagai jenis las. Sambungan las terdiri dari lima jenis dasar dengan berbagai macam variasi dan kombinasi yang banyak jumlahnya. Kelima jenis dasar ini adalah sambungan sebidang (*butt*), lewatan (*lap*), tegak (*T*), sudut (*corner*), dan sisi (*edge*), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Jenis Sambungan Las
(Ariestadi, 2008)

Sambungan temu (*butt joint*) atau sebidang dipakai terutama untuk menyambung ujung-ujung plat datar dengan ketebalan yang sama atau hampir

sarna. Keuntungan utama jenis sambungan ini ialah menghilangkan eksentrisitas yang timbul pada sambungan lewatan tunggal. Bila digunakan bersama dengan las tumpul penetrasi sempurna (*full penetration groove weld*), sambungan sebidang menghasilkan ukuran sambungan minimum dan biasanya lebih estetik dari pada sambungan bersusun. Kerugian utamanya ialah ujung yang akan disambung biasanya harus disiapkan secara khusus (diratakan atau dimiringkan) dan dipertemukan secara hati-hati sebelum dilas. Hanya sedikit penyesuaian dapat dilakukan, dan potongan yang akan disambung harus diperinci dan dibuat secara teliti. Akibatnya, kebanyakan sambungan sebidang dibuat di bengkel yang dapat mengontrol proses pengelasan dengan akurat.

Sambungan saling tumpang (*lap joint*) merupakan jenis yang paling umum. Sambungan ini mempunyai dua keuntungan utama, yaitu mudah disesuaikan dan mudah disambung. *Lap joint* menggunakan las sudut sehingga sesuai baik untuk pengelasan di bengkel maupun di lapangan. Potongan yang akan disambung dalam banyak hal hanya dijepit (diklem) tanpa menggunakan alat pemegang khusus. Keuntungan lain sambungan tumpang adalah mudah digunakan untuk menyambung plat yang tebalnya berlainan.

Jenis sambungan T dipakai untuk membuat penampang bentukan (*built-up*) seperti profil T, gelagar plat (plat girder), pengaku tumpuan atau penguat samping (*bearing stiffener*), penggantung, konsol (*bracket*). Jenis sambungan ini terutama bermanfaat dalam pembuatan penampang yang dibentuk dari plat datar yang disambung dengan las sudut maupun las tumpul.

Sambungan sudut dipakai terutama untuk membuat penampang berbentuk boks segi empat seperti yang digunakan untuk kolom dan balok yang memikul momen puntir yang besar.

Sambungan sisi umumnya tidak struktural tetapi paling sering dipakai untuk menjaga agar dua atau lebih plat tetap pada bidang tertentu atau untuk mempertahankan kesejajaran (*alignment*) awal.

