

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada umumnya profil C atau *Lipped Channel* digunakan untuk gording, namun saat ini pemakaian profil tersebut tidak terbatas untuk gording saja tetapi juga untuk elemen struktur lainnya, seperti digunakan untuk struktur utama rumah tahan gempa (Wuryanti, 2005).

Profil C merupakan bentukan dingin (*Cold-Deformed*). Profil semacam ini disebut sebagai profil yang tidak kompak dan akan mudah mengalami tekuk. Beberapa cara untuk mengatasi ketidakkompakkan profil semacam ini, diantaranya dengan memberi perkuatan baja tulangan yang dipasang secara vertikal menghubungkan antara sayap atas dan bawah pada bagian sisi profil yang terbuka. Penambahan perkuatan arah vertikal sayap profil lebih stabil dan tidak mudah tertekuk. Penggabungan dua profil C yang tidak simetris, saling berhadapan bermanfaat agar profil menjadi simetris dan dapat menambah kestabilannya. Penambahan cor beton pada rongga profil C diharapkan dapat mencegah tekukan pada sayap profil (Wigroho, 2009).

Haribhawana (2008) menguji profil C sebagai kolom dengan diberi perkuatan/pengaku tulangan transversal. Hasil penelitian yang diperoleh pada kolom baja profil C dari hasil pengujian beban maksimum, kolom pendek mampu menahan beban rata-rata sebesar 1903,55 kg. 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.

Kurnia (2009) melakukan penelitian kuat tekan kolom baja profil C ganda dengan pengaku pelat lateral. Hasil penelitian yang diperoleh adalah beban maksimum kolom pendek profil C ganda mampu menahan beban rata-rata sebesar 5399,46 kg. Defleksi maksimum kolom pendek yang terjadi adalah; pada kolom dengan jarak pengaku 250 mm yaitu sebesar 6,12 mm, pada jarak pengaku lateral 100 mm, 150 mm, dan 200 mm berturut-turut sebesar 2,86 mm, 2,63 mm, dan 2,36 mm. Variasi pengaku lateral yang dapat menahan beban secara optimal pada jarak 100 mm.

Budilaksono (2009) menguji profil C sebagai kolom dengan cor beton pengisi dan perkuatan transversal. Hasil penelitian yang diperoleh adalah kolom pendek tanpa cor beton pengisi mampu menahan beban rata-rata sebesar 3199,68 kg dan kolom pendek dengan cor beton pengisi sebesar 5999,4 kg. Penambahan cor beton meningkatkan kekuatan pada kolom pendek rata-rata sebesar 148%. Defleksi maksimum terbesar kolom pendek tanpa cor beton pengisi sebesar 7,4 mm pada perkuatan 75 mm. Pada kolom pendek dengan cor beton pengisi defleksi maksimum terbesar terjadi pada perkuatan 50 mm sebesar 11,36 mm.

Jiwandono (2010) menguji kolom profil C ganda dengan cor beton ringan pengisi dengan diberi beban konsentrik dengan pengaku baja pelat arah lateral. Hasil penelitian yang diperoleh adalah kolom pendek profil C setelah diberi cor beton ringan mengalami kenaikan beban yang diterima rata-rata sebesar 130,4891 %. Kemampuan kolom yang dapat menahan beban terbesar pada kolom pendek,

baik berpengisi maupun tanpa pengisi beton ringan adalah kolom dengan variasi jarak pengaku 100 mm. Defleksi maksimum pada kolom pendek tanpa pengisi beton ringan terjadi pada jarak pengaku 200 mm sebesar 125 mm. Defleksi maksimum pada kolom pendek berpengisi beton ringan terjadi pada jarak pengaku 100 mm sebesar 2,2484 mm.

Pemberian cor beton pengisi terbukti dapat mencegah tekuk lokal yang terjadi karena dengan pemberian cor beton pengisi meningkatkan kemampuan beban yang diterimanya hingga dapat melalui beban teoritisnya.

2.1. Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang dihasilkan dari campuran atas semen Portland, pasir, kerikil dan air. Beton ini biasanya di dalam praktek dipasang bersama-sama dengan batang baja, sehingga disebut beton bertulang (batang baja berada di dalam beton). Pada saat ini sebagian besar bangunan dibuat dari beton bertulang, disamping kayu dan baja.

Beton yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume atau kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo, 1992).

Dipohusodo (1996) menekankan bahwa beton normal memiliki berat jenis 2300-2400 kg/m³, nilai kekuatan, dan daya tahan (*durability*) beton terdiri dari beberapa faktor, diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperature, dan kondisi perawatan pengerasannya. Beberapa hal itu dapat menghasilkan beton

yang memberikan kelacakan (*workability*) dan konsistensi dalam pengerjaan beton, ketahanan terhadap korosi lingkungan khusus (kedap air, korosif, dll) dan dapat memenuhi uji kuat tekan yang direncanakan.

Beton ringan mempunyai berat jenis dibawah 1900 kg/m^3 (Dobrowolski, 1998) atau 1800 kg/m^3 (Neville and Brooks, 1987). Selain itu jenis-jenis beton ringan menurut Dobrowolski (1998) dan Neville and Brooks (1987) dapat dikelompokkan sesuai Tabel 2.1

Tabel 2.1 Jenis-jenis Beton Ringan

Sumber	Jenis Beton Ringan	Berat Jenis (kg/m^3)	Kuat Tekan (MPa)
Dobrowolski (1998)	Beton dengan berat jenis rendah (<i>Low-Density Concretes</i>)	240-800	0,35-6,9
	Beton ringan dengan kekuatan menengah (<i>Moderates-Strength Lightweight Concretes</i>)	800-1440	6,9-17,3
	Beton ringan struktur (<i>Structure Lightweight Concrete</i>)	1440-1900	> 17,3
Neville and Brooks (1987)	Beton ringan penahan panas (<i>Insulating Concrete</i>)	< 800	0,7-7
	Beton ringan untuk pemasangan batu (<i>Masonry Concrete</i>)	500-800	7-14
	Beton ringan struktur (<i>Structure Lightweight Concretes</i>)	1400-1800	> 17,0

Beton ringan struktural adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1859 kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural (SK SNI T-03-3449-2002).

Jenis agregat ringan yang dipilih berdasarkan tujuan konstruksi menurut SK SNI T-03-3449-2002 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis Agregat Ringan yang Dipilih Berdasarkan Tujuan Konstruksi

Konstruksi Beton Ringan	Beton Ringan		Jenis Agregat Ringan
	Kuat Tekan (MPa)	Berat Isi (kg/m ³)	
- Struktur : Minimum	17,24	1400	- Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan dari batu
: Maksimum	41,36	1850	- Serpih, batu lempung, batu sabak, terak besi atau abu terbang.
- Struktural : Minimum	6,89	800	- Agregat ringan alam : scoria atau batu apung.
Ringan : Maksimum	17,24	1400	
- Struktural : Minimum	-	-	Perlit atau vemikulit
sangat ringan : Maksimum	-	800	
sebagai isolasi			

Metode yang digunakan untuk mendapatkan beton ringan (Tjokrodimuljo, 1996) :

1. Membuat gelembung-gelembung udara dengan menambahkan bubuk aluminium ke dalam adukan semen, sehingga timbul pori-pori udara di dalam beton
2. Menggunakan agregat yang mempunyai berat satuan yang lebih kecil, misalkan tanah liat bakar dan batu apung.
3. Pembuatan beton tanpa menggunakan agregat halus, disebut beton non pasir. Agregat kasar yang digunakan sebesar 20 mm atau 10 mm.

2.2. Bahan Penyusun Beton

2.2.1 Semen Portland

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* terutama yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982). Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan yang disebut pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambahkan pasir menjadi mortar semen dan jika ditambahkan lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton. Dalam campuran beton semen bersama air sebagai kelompok yang aktif. Kelompok aktif ini berfungsi sebagai perekat atau pengikat, sedangkan kelompok pasif yaitu pasir dan kerikil berfungsi sebagai pengisi.

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi masa yang kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara

butiran agregat. Dalam campuran beton, semen menempati kira-kira 10% dari volume beton. Karena merupakan bahan aktif maka penggunaannya harus dikontrol dengan baik. Di dalam semen terkandung bahan atau senyawa kimia yang mengandung kapur (CaO), silikat (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan oksida besi yang kesemuanya menjadi unsur-unsur pokok (Tjokrodimuljo, 1992).

Menurut PUBI (1982) semen portland dibagi menjadi beberapa tipe:

- tipe I : semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan – persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis – jenis lain,
- tipe II : semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang,
- tipe III : semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi,
- tipe IV : semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah,
- tipe V : semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

2.2.2 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir – butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan (Tjokrodimuljo, 1992).

Air yang digunakan dalam campuran beton minimal memenuhi persyaratan sebagai air minum, tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi persyaratan sebagai air minum. Menurut Tjokrodimuljo (1992) dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/liter,
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/liter,
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter, tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.

2.2.3 Agregat Kasar

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortal atau beton. Agregat ini kira – kira menempati sebanyak 70% volume mortal atau beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat – sifat mortal/betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortal/beton (Tjokrodimuljo, 1992).

Dalam praktek agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok:

1. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
2. Kerikil, untuk butiran antara 5 – 40 mm,
3. Pasir, untuk butiran antara 0,15 – 5 mm.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Bila butir butir agregat memiliki ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila

ukuran butir – butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang akan kecil. Hal ini karena butiran kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori porinya menjadi lebih sedikit atau dengan kata lain kepampatannya tinggi (Tjokrodimulyo, 1992).

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih besar dari 5 mm. Agregat kasar dapat berupa hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan atau berupa batu pecah, yang diperoleh dari pemecahan batu (Nugraha dan Antoni, 2007).

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat kasar adalah sebagai berikut:

1. Terdiri dari butiran-butiran keras dan tidak berpori,
2. Bersifat kekal (tidak mudah hancur atau pecah),
3. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka harus dicuci,
4. Tidak mengandung zat yang reaktif alkali (dapat menyebabkan pengembangan beton), tidak boleh dari 20% bentuk butir pipih.

2.2.4 Agregat Kasar Buatan

Agregat kasar dapat diperoleh dari alam (hasil desinterasi alam, biasanya berbentuk bulat), hasil pemecahan batu menjadi ukuran yang sesuai dengan yang diinginkan dengan menggunakan tenaga manusia maupun mesin pemecah batu.

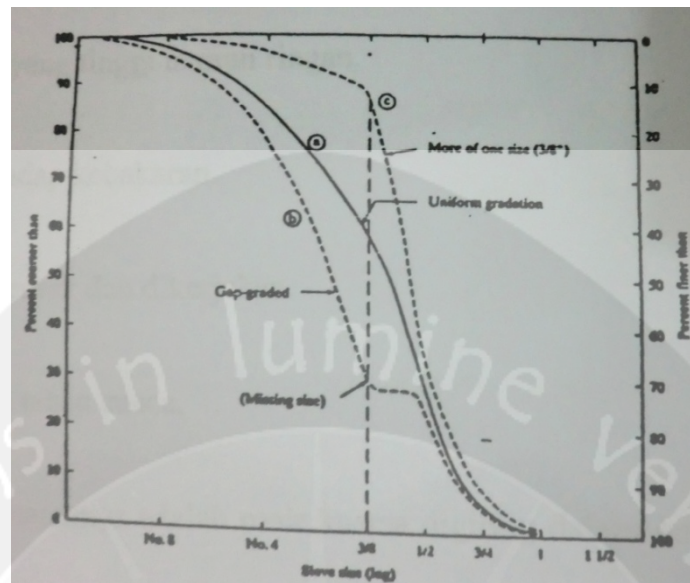
Syarat-syarat kerikil yang bagus harus dipenuhi oleh agregat kasar atau kerikil adalah berbutir keras dan tidak berpori agar dapat menghasilkan beton yang keras dan sifat tembus air kecil, bersifat kekal (tidak mudah hancur atau

pecah), tidak mengandung lumpur lebih dari 1%, tidak mengandung zat yang reaktif alkali (dapat menyebabkan pengembangan beton), tidak boleh lebih dari 20% bentuk butir pipih (butir pipih kurang mampu menahan beton, rongga besar, membutuhkan pasta semen yang lebih banyak), dan bergradasi baik agar beton yang dihasilkan pampat.

Adapun gradasi kerikil yang sebaiknya masuk dalam batas-batas yang tercantum dalam Tabel 2.3 dan jenis agregat kerikil yang tercantum pada Gambar 2.1.

Tabel 2.3 Gradasi Kerikil (Tjokrodimuljo,1996)

Lubang	Besar butir maksimum (% berat butir yang lewat ayakan)	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10



Gambar 2.1 Kurva Distribusi Ukuran Butir (Tjokrodimuljo, 1996)

Autoclaved Aerated Concrete (AAC) adalah beton ringan yang terbuat dari bahan baku berkualitas tinggi diproduksi dengan teknologi Jerman dan standar *Deutsche Industrie Norm* (DIN). ACC memberikan kemudahan kecepatan serta kerapihan dalam membangun rumah tinggal, gedung komersial, dan bangunan industry. Kelebihan blok beton ringan adalah :

1. Ukuran yang akurat.
2. Ringan sehingga lebih tahan gempa.
3. Insulasi panas dan suara yang baik.
4. Kuat tekan yang tinggi namun ringan
5. Tahan terhadap kebakaran.
6. Mudah dibentuk dan dikerjakan
7. Handal dan tahan cuaca.

Cara pembuatannya adalah pasir kuarsa digiling dalam *ball mill* sehingga tercapai ukuran butir yang diperlukan. Seluruh bahan baku yang sudah dicampur,

air dan bahan pengembang ditimbang dan diukur dalam sebuah mesin pencampur sehingga menjadi adonan yang kemudian dituang ke dalam cetakan baja. Melalui proses kimia, terciptalah gas hydrogen yang membuat adonan mengembang membentuk jutaan pori-pori kecil.

2.2.5 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lebih kecil dari ukuran 5 mm atau 3/16". Agregat halus dapat berupa pasir alam, sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan, atau berupa pasir pecahan batu (Nugraha dan Antoni, 2007).

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) agregat halus yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Bersifat kekal (tidak mudah pecah dan hancur) untuk ketahanan terhadap perubahan lingkungan (panas, dingin),
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% (bagian yang lolos ayakan 0,063 mm). Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka harus dicuci,
3. Tidak mengandung bahan-bahan organik karena dapat bereaksi dengan senyawa dari semen Portland, tidak mengandung pasir laut karena mengakibatkan korosi pada tulangan.

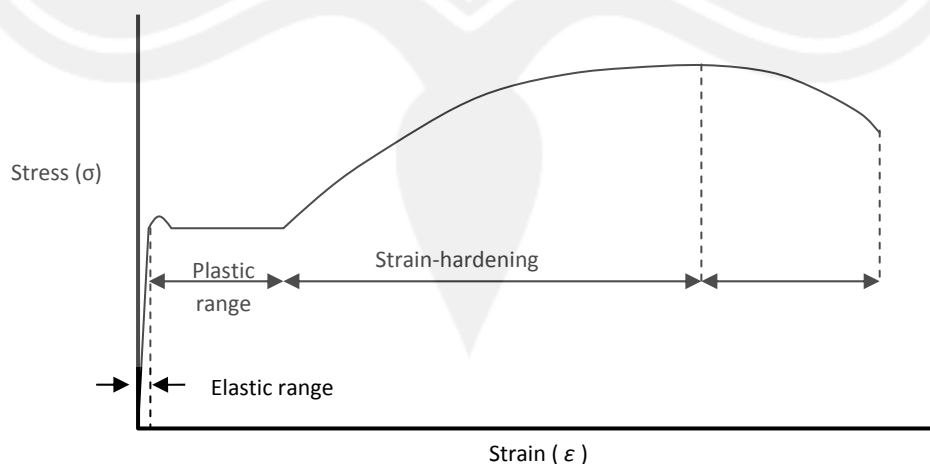
2.3. Baja

Baja adalah salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan. Sifat-sifatnya yang penting dalam penggunaan konstruksi adalah kekuatannya yang tinggi dibandingkan terhadap bahan lain yang tersedia, serta sifat

keliatannya. Keliatan (*ductility*) adalah kemampuan untuk berdeformasi secara baik dalam tegangan tarik maupun dalam kompresi sebelum terjadi kegagalan (Bowles, 1985).

Baja konstruksi adalah *alloy steels* (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, dalam berbagai jumlah (Spiegel, 1991)

Ada dua buah karakteristik yang dapat menggambarkan perilaku sebuah material untuk struktur yaitu kekuatan dan daktilitas. Gambar. 2.2 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 2.2 Grafik Tegangan–Regangan untuk Baja (Tall, 1974)

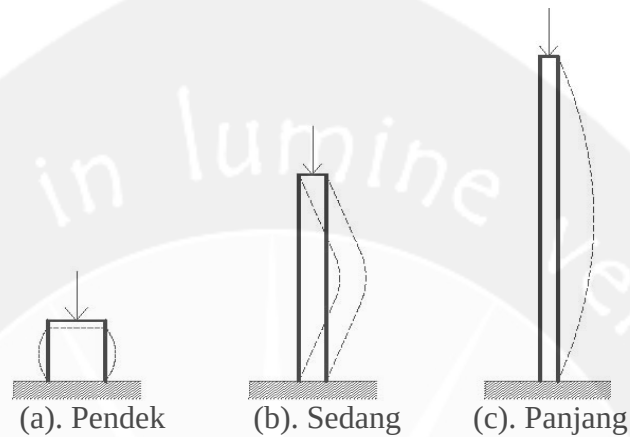
Baja dengan penampang yang memiliki rasio lebar dan tebal (b/t) yang besar akan tidak stabil dan cenderung mudah mengalami tekuk akibat beban tekan. Profil C merupakan salah satu profil yang dibuat secara dingin (*cold formed shapes*). Biasanya elemen-elemen pelat profil bentukan dingin mempunyai rasio lebar dan tebal yang besar dan kekuatan pasca tekuknya diperhitungkan, akibatnya kemungkinan bahaya tekuk dapat terjadi (Tall, 1974).

Profil C merupakan profil yang mudah mengalami tekukan, akan tetapi tekukan tersebut bisa diatasi dengan beberapa cara seperti memberi perkuatan baja tulangan yang menghubungkan antara sayap atas dan bawah pada bagian sisi profil yang terbuka (Wigroho, 2007). Profil C yang banyak dijumpai di pasaran, dalam struktur biasanya untuk mendukung beban yang ringan seperti gording pada atap. Bentuk geometri penampang yang tidak simetris serta rasio lebar dan tebal yang besar menyebabkan profil ini kurang stabil dalam mendukung beban, sehingga kegagalan yang terjadi ialah karena stabilitasnya.

2.4. Kolom

Bagian konstruksi desak vertikal dalam sebuah konstruksi lazimnya diidentifikasi sebagai kolom. Selain itu kolom adalah elemen struktur tekan yang mempunyai dimensi panjang jauh lebih besar daripada dimensi melintangnya. Pada elemen struktur tekan, masalah yang paling penting diperhatikan adalah masalah stabilitas. (Spiegel, 1991)

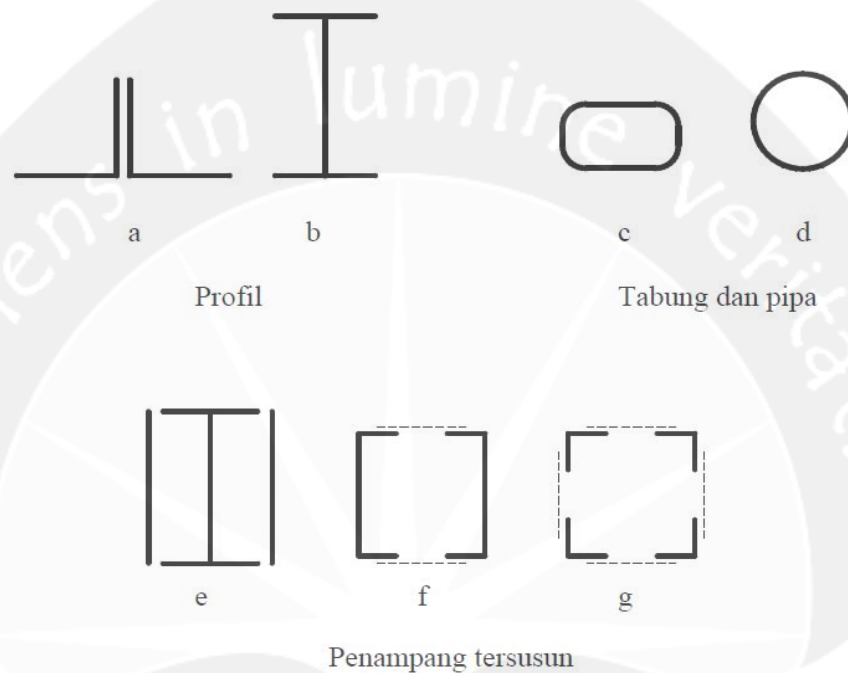
Berdasarkan ragam kegagalannya kolom dibagi menjadi tiga kelompok yaitu kolom langsing, kolom sedang, dan kolom pendek. Ragam kegagalan kolom tersebut ditunjukkan seperti pada gambar 2.3.



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

Kolom langsing atau kolom panjang ragam kegagalannya adalah tekuk akibat tegangan tekan dalam selang elastis. Kolom pendek atau kolom gemuk ragam kegagalannya bukan karena tekuk elastis, namun karena mencapai leleh (leleh sebagai kriteria kegagalan), jadi beban runtuh ditentukan sebagai hasil kali f_y dan luas penampang melintang. Kolom sedang adalah jenis kolom yang terletak di antara kedua kriteria itu, 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).

Komponen struktur tersusun dari beberapa elemen yang disatukan pada seluruh panjangnya boleh dihitung sebagai komponen struktur tunggal. (SNI 03-1729-2002, 2002)



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

Pada komponen struktur tersusun yang terdiri dari beberapa elemen yang dihubungkan pada tempat-tempat tertentu (dengan pelat melintang), kekuatannya harus dihitung terhadap sumbu bahan dan sumbu bebas bahan. Sumbu bahan adalah sumbu yang memotong semua elemen komponen struktur itu, sedangkan sumbu bebas bahan adalah sumbu yang sama sekali tidak, atau hanya memotong sebagian dari elemen komponen struktur itu. (SNI 03-1729-2002, 2002).

2.5. **Pelat**

Pelat baja merupakan lembaran baja dengan ketebalan lembaran relatif kecil dibanding ukuran panjang dan lebarnya. Pada struktur baja, pelat digunakan pada hampir semua elemen pembentuk struktur. Dengan adanya elemen-elemen pelat pada struktur baja maka tekuk pada pelat dapat terjadi lebih dulu (Paguyuban Dosen Baja Yogyakarta, 1994).

Oleh karena profil giling ataupun profil tersusun dari elemen-elemen pelat, kekuatan penampang kolom yang didasarkan pada angka kelangsingan keseluruhan hanya dapat tercapai jika elemen pelat tersebut tidak tertekuk setempat. Tekuk setempat elemen pelat dapat mengakibatkan kehancuran penampang keseluruhan yang terlalu dini, atau menyebabkan tegangan menjadi tidak merata dan mengurangi kekuatan keseluruhan (Salmon dan Johnson, 1986).