

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

Profil *lipped channel* merupakan bentukan dingin (*cold-deformed*). Profil semacam ini disebut sebagai profil yang tidak kompak dan akan mudah mengalami tekuk. Beberapa cara untuk mengatasi ketidakkompakan 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 tulangan arah vertikal sayap profil lebih stabil dan tidak mudah tertekuk. Penggabungan dua profil C yang tidak simetris, saling berhadapan – hadapan 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).

Pada penelitian kekuatan kolom baja kanal C dengan perkuatan tulangan Transversal yang diteliti oleh Haribhawana pada tahun 2008, hasil penelitian yang diperoleh pada kolom baja profil kanal C, kolom pendek mampu menahan beban rata – rata sebesar 1903,55 kg sedangkan pada kolom panjang mampu menahan beban rata – rata sebesar 1488,23 kg. Seiring dengan bertambahnya beban yang

diberikan, lendutan yang terjadi semakin besar hingga akhirnya kolom tidak dapat menahan beban lagi. Defleksi maksimum kolom pendek terjadi pada kolom dengan jarak pengekang transversal 75 mm yaitu sebesar 6,6 mm, pada jarak pengekang transversal 50 mm, 100 mm dan tanpa pengekang berturut – turut sebesar 1,98 mm, 3,9 mm dan 4,75mm. Defleksi maksimum kolom panjang terjadi pada kolom dengan jarak pengekang transversal 75 mm yaitu sebesar 9,8 mm, pada jarak pengekang transversal 50 mm, 100 mm dan tanpa pengekang berturut – turut sebesar 9,1 mm, 5,92 mm, dan 5,43 mm. Variasi pengekang transversal yang dapat menahan beban secara optimal pada jarak 50 cm. Kemudian pada tahun 2009, Kurnia melakukan penelitian kuat tekan kolom baja profil C ganda dengan pengekang pelat arah lateral. Hasil penelitian yang diperoleh adalah beban maksimal kolom pendek profil C ganda mampu menahan beban rata – rata sebesar 5399,46 kg sedangkan pada kolom panjang profil C ganda mampu menahan beban rata – rata sebesar 3199,68 kg. Defleksi maksimum kolom pendek yang terjadi adalah; pada kolom dengan jarak pengekang 250 mm yaitu sebesar 6,12 mm, pada jarak pengekang lateral 100 mm, 150 mm dan 200 mm berturut – turut sebesar 2, 86 mm, 2,63 mm, dan 2,36 mm. Defleksi maksimum kolom panjang yang terjadi adalah; pada kolom dengan jarak pengekang lateral 250 mm yaitu sebesar 33,56 mm, pada jarak pengekang lateral 100 mm, 150 mm, dan 200 mm berturut – turut sebesar 26,8 mm, 23,02 mm, 21,61 mm. Variasi pengekang lateral yang dapat menahan beban secara optimal pada jarak 100 mm.

Budilaksono juga pada tahun 2009 melakukan penelitian mengenai kekuatan kolom profil C 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, kolom panjang tanpa cor beton pengisi sebesar 2499,75 kg, kolom pendek dengan cor beton pengisi sebesar 5999,4 kg dan pada kolom panjang dengan cor beton pengisi sebesar 3699,63 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. Sedangkan pada kolom panjang tanpa cor beton pengisi sebesar 19,05 mm pada perkuatan 75 mm. Pada kolom pendek dengan cor beton pengisi defleksi maksimum tersebar terjadi pada perkuatan 50 mm sebesar 11,36 mm. Pada kolom panjang terjadi pada perkuatan 75 mm sebesar 27,1 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 adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa tambahan membentuk massa padat (SK-SNI-T-1991-03)

Dipohusodo (1996) menekankan bahwa beton normal memiliki berat jenis 2300-2400 kg/m<sup>3</sup>, nilai kekuatan, dan daya tahan (*durabilty*) beton terdiri dari

beberapa faktor, diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya. Beberapa hal itu dapat menghasilkan beton yang memberikan kelecakan (*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  $1900 \text{ kg/m}^3$  (Dobrowolski, 1998) atau  $1800 \text{ kg/m}^3$  (Neville and Brooks, 1987). Selain itu jenis-jenis beton ringan menurut Dobrowolski (1998) dan Neville and Brooks (1987) dapat dikelompokan sesuai Tabel 2.1

Tabel 2.1 Jenis-jenis Beton Ringan Menurut Dobrowolski (1998) dan Neville and Brooks (1987)

Sumber	Jenis Beton Ringan	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Kuat Tekan (Mpa)
Dobrowolski (1998)	Beton dengan berat jenis rendah (Low-Density Concretes)	240-800	0,35-6,9
	Beton ringan dengan kekuatan menengah (Moderates-Strength Lightweight Concretes)	800-1440	6,9-17,3
	Beton ringan struktur (structural Lightweight Concretes)	1440-1900	> 17,3
Neville and Brooks (1987)	Beton ringan penahan panas (Insulating Concrete)	< 800	0,7-7
	Beton ringan untuk pemasangan batu (Masonry Concrete)	500-800	7-14
	Beton ringan struktur (Struktural Lightweight Concretes)	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 1850 kg/m<sup>3</sup> dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural. (SK-SNI-T-09-1993-03).

Jenis agregat ringan yang dipilih berdasarkan tujuan konstruksi menurut SK-SNI-T-09-1993-03 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 <sup>3</sup> )	
- Struktural : Minimum	17,24	1400	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan dari batu.</li> <li>• Serpih, batu lempung, batu sabak, terak besi atau abu terbang</li> </ul>
: Maksimum	41,36	1850	
- Struktural Ringan : Minimum	6,89	800	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregat ringan alam:</li> <li>• Skoria atau batu apung</li> </ul>
: Maksimum	17,24	1400	
- Struktural sangat ringan sebagai isolasi	-	-	perlit atau vemikulit
: Minimum	-	-	
: Maksimum	-	800	

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

1. Membuat gelembung-gelembung udara dengan menambahkan bubuk alumunium 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. Baja**

Struktur baja dibagi atas tiga kategori umum: (a) struktur rangka (*frame structure*), yang elemennya bisa terdiri dari batang tarik, kolom, balok, dan batang yang mengalami gabungan lenturan dan beban aksial; (b) struktur selaput (*shell*), yang tegangan aksialnya dominan; dan (c) struktur gantung (*suspension*), yang sistem pendukung utamanya mengalami tarikan yang dominan (Salmon, 1996)

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, dalam berbagai jumlah (Spiegel, 1991)

Profil kanal C adalah salah satu profil giling baja yang dibentuk secara *cold-deformed*, yang pada dasarnya terdiri dari elemen-elemen plat baja. Proses pembentukan secara cold-deformed mengakibatkan berubahnya susunan material pembentuk profil, yaitu terjadinya peningkatan nilai tegangan lenturnya (Tall, 1974).

Profil C merupakan salah satu profil yang dibuat secara dingin (*cold formed shapes*). Hal yang penting pada profil ini ialah profil ini memiliki rasio lebar dan tebal yang besar. Profil semacam ini akan disebut profil yang tidak kompak dan akan mudah sekali mengalami tekukan. Beberapa cara untuk mengatasi ketidak kompakkan profil semacam ini telah dilakukan, diantaranya dengan 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.

## **2.3. Bahan Penyusun Beton**

### **2.3.1 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. 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. 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.

Bahan baku pembentuk semen (Nawy,1990) adalah:

- a) Kapur ( $\text{CaO}$ ) – dari batu kapur,
- b) Silika ( $\text{SiO}_2$ ) – dari lempung,
- c) Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) – dari lempung.

(dengan sedikit persentase magnesia,  $\text{MgO}$ , dan terkadang sedikit alkali). Oksida besi terkadang ditambahkan untuk mengontrol komposisinya. Adapun kandungan bahan kimia menurut Tjokrodimuljo (1992) dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan Bahan-Bahan Kimia Dalam Bahan Baku Semen

Oksida	%
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO <sub>2</sub>	17 – 25
Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 – 8
Besi, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO <sub>3</sub>	1 – 2
Soda/potash, Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0,5 – 1

Semen portland dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif. Semen diperoleh dengan cara membakar secara bersamaan, suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Secara mudahnya, kandungan semen portland adalah: kapur, silika, dan alumina. Ketiga bahan dasar tadi dicampur dan dibakar dengan suhu 1550°C dan menjadi *klinker*. Setelah itu dikeluarkan, didinginkan dan dihaluskan sampai halus seperti bubuk. Biasanya ditambahkan gips atau calcium sulfat (CaSO<sub>4</sub>) kira-kira 2 sampai 4% sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambah lain kadang-kadang ditambahkan pula untuk membentuk semen khusus misalnya: Kalsium klorida ditambahkan untuk menjadikan semen yang cepat mengeras. Setelah semen siap dikemas kemudian

semen tersebut dimasukkan kedalam kantong dengan berat masing-masing kantong 40 kg (Tjokrodikuljo,1992).

Menurut Tjokrodikuljo (1992) semen dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu:

Tipe I : untuk konstruksi biasa di mana tidak diperlukan suatu sifat khusus.

Tipe I A : semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe I

Tipe II : untuk konstruksi biasa di mana diinginkan perlawanan terhadap sulfat maupun panas dari hidrasi yang sedang.

Tipe II A : semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe II

Tipe III : untuk konstruksi di mana diinginkan kekuatan permulaan yang tinggi.

Tipe III A : semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe III

Tipe IV : untuk konstruksi di mana diinginkan panas hidrasi yang rendah.

Tipe V : untuk konstruksi di mana diinginkan daya tahan yang tinggi terhadap sulfat.

Semen Pozzolan adalah bahan ikat yang mengandung silika amorf, yang apabila dicampur dengan kapur akan membentuk benda padat yang keras. Bahan yang mengandung pozzolan adalah teras, semen merah, abu terbang, dan bubukan terak tanur tinggi. Pozzolan sendiri adalah bahan yang mengandung silisium atau alumunium, yang tidak mempunyai sifat penyemenan. Butiannya halus dan dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang serta membentuk senyawa-senyawa yang mempunyai sifat-sifat semen (Tri Mulyono, 2004).

### 2.3.2. Air

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

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Tri Mulyono, 2004).

Fungsi air di dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Sebagai pelicin bagi agregat halus dan agregat kasar.
2. Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen.
3. Penting untuk mencairkan bahan / material semen ke seluruh permukaan agregat.
4. Membasahi agregat, untuk melindungi agregat dari penyerapan air vital yang diperlukan pada reaksi kimia.
5. Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

Penggunaan banyaknya air dapat dinyatakan dalam suatu berat atau satuan volume. Dalam praktek yang normal, air biasa diukur dengan satuan volume yaitu liter. Kuantitas (jumlah) air yang akan dipergunakan untuk beton dengan mutu tertentu harus dihitung setelah melalui kelembaban (kadar air) dari agregat halus

dan agregat kasar. Kadar air dari agregat akan mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk campuran beton. Sebaliknya, kadang-kadang agregat dapat menyerap air dari campuran beton. Dalam hal ini, maka perlu ditemukan cara untuk mengatasi penyerapan tersebut yaitu dengan meningkatkan jumlah air yang perlu ditambahkan dalam campuran beton.

Jadi, air yang dipergunakan untuk campuran beton dapat berasal dari :

1. Air yang diserap dalam agregat, yang membuat agregat dalam keadaan jenuh – kering permukaan (*saturated surface dry = SSD*).
2. Air yang ditambah selama proses pencampuran (*mixing*). Jumlahnya dikoreksi dengan air permukaan pada agregat dan atau tanpa air yang diserap dalam agregat, tergantung pada pengambilan dasar perhitungan dalam perbandingan air / semen (*fas*).
3. Air permukaan pada agregat. Jumlahnya bervariasi serta mempengaruhi jumlah air total untuk campuran beton.

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

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.

4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.

### 2.3.3. Agregat

Agregat adalah material yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk pembentuk beton, yang di antaranya adalah : pasir, kerikil, batu pecah, di mana agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dan jumlahnya sekitar 75 % volume beton. Dalam teknologi beton, agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar dan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus.

Dalam campuran beton, agregat yang diperhitungkan adalah agregat dalam keadaan *saturated surface dry (SSD)* / jenuh kering muka. Jenuh kering muka adalah keadaan di mana permukaan agregat tidak ada airnya tetapi bagian dalamnya terisi oleh air, sedangkan berat jenis agregat adalah berat jenis partikel agregat dalam keadaan jenuh kering muka.

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan agar agregat dapat dipergunakan memberikan campuran beton yang baik :

#### a. Bentuk agregat

Sifat bentuk dari butir-butir agregat belum terdefiniskan dengan jelas, sehingga sifat-sifat tersebut sulit diukur dengan baik dan pengaruhnya terhadap beton juga sulit diperiksa dengan teliti. Namun demikian bentuk butir lebih ditentukan oleh dua sifat yang tidak saling tergantung yaitu kebulatan dan sferikal. Bentuk agregat lebih berpengaruh pada beton segar daripada beton yang sudah mengeras. Berdasarkan bentuk butiran agregat dapat dibedakan menjadi seperti di bawah ini :

1. Agregat bulat
2. Agregat bulat sebagian
3. Agregat bersudut
4. Agregat panjang
5. Agregat pipih

b. Tekstur permukaan butiran

Tekstur permukaan ialah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran permukaan butir agregat seperti halus atau kasar, mengkilap atau kusam, dan bentuk kekasaran permukaan. Secara visual umumnya pemeriksaan tekstur permukaan butiran agregat dapat dibedakan menjadi sangat halus, halus, bergranuler, kasar, berkristal, berpori-pori, dan berlubang (Tjokrodimuljo, 1992).

c. Ukuran maksimum agregat

Ukuran maksimum agregat yang digunakan adalah ukuran yang ditentukan oleh lubang saringan tertentu. Akan tetapi besar butir maksimum agregat tidak dapat terlalu besar karena banyak faktor yang membatasinya. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka ukuran maksimum butir agregat umumnya dipakai 10 mm; 20 mm; 30 mm; 40 mm.

d. Gradasi

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama/seragam, volume pori akan besar; sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Butir yang kecil akan mengisi pori di antara butir-butir yang lebih besar, sehingga

pori-porinya semakin sedikit yang akhirnya menghasilkan kemampuan yang tinggi.

Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai prosentase berat butiran yang tertinggal atau lewat di dalam suatu susunan ayakan. Susunan ayakan yang digunakan dengan lubang 76 mm; 38 mm; 19 mm; 9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm (Tjokrodimuljo, 1992).

#### **2.3.3.1. Agregat Halus**

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintregasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm (lolos saringan no. 4).

Pada umumnya agregat halus yang dipergunakan sebagai bahan dasar pembentuk beton adalah pasir alam, sedangkan pasir yang dibuat dari pecahan batu umumnya tidak cocok untuk pembuatan beton karena biasanya mengandung partikel yang terlalu halus yang terbawa pada saat pembuatannya.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat halus menurut Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S-04-1989-F) adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan  $\pm 2,2$
2. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
3. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :

- a. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12 %
  - b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10 %
4. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih besar dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,060 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5 %, maka agregat halus harus dicuci.
  5. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder*. Untuk itu, bila direndam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap daripada warna larutan pembanding. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
  6. Susunan besar butir agregat halus harus memenuhi modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3, dan 4 (SKBI/BS.882) dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
    - a. Sisa di atas ayakan 4,8 mm, harus maksimum 2 % berat
    - b. Sisa di atas ayakan 1,2 mm, harus maksimum 10 % berat
    - c. Sisa di atas ayakan 0,3 mm, harus maksimum 15 % berat

7. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir dengan alkali harus negatif.
8. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Susunan besar butir agregat halus lebih penting daripada susunan besar butir agregat kasar, karena agregat halus bersama dengan semen dan air membentuk mortar yang akan melekatkan dan mengisi rongga-rongga antar butiran agregat kasar sehingga beton yang dihasilkan permukaannya menjadi rata.

Pemakaian agregat halus yang terlalu sedikit akan mengakibatkan :

1. Terjadi segregasi, karena agregat kasar dengan mudah saling memisahkan diri akibat mortar yang tidak dapat mengisi rongga-rongga antara butiran agregat kasar dengan baik.
2. Campuran akan kekurangan pasir, yang disebut *under sanded*.
3. Adukan beton akan menjadi sulit untuk dikerjakan sehingga dapat menimbulkan sarang kerikil.
4. *Finishing* akan menghasilkan beton dengan permukaan kasar.
5. Beton yang dihasilkan menjadi tidak awet.

Jika pemakaian agregat halus terlalu banyak maka akan mengakibatkan :

1. Campuran menjadi tidak ekonomis.
2. Diperlukan banyak semen untuk mencapai kekuatan yang sama yang dihasilkan oleh campuran dengan perbandingan optimum antara agregat halus dan agregat kasar.

3. Campuran akan kelebihan pasir, yang disebut *over sanded*.
4. Beton yang dihasilkan menunjukkan gejala rangkak dan susut yang lebih besar.

### **2.3.3.2 Agregat Kasar Buatan**

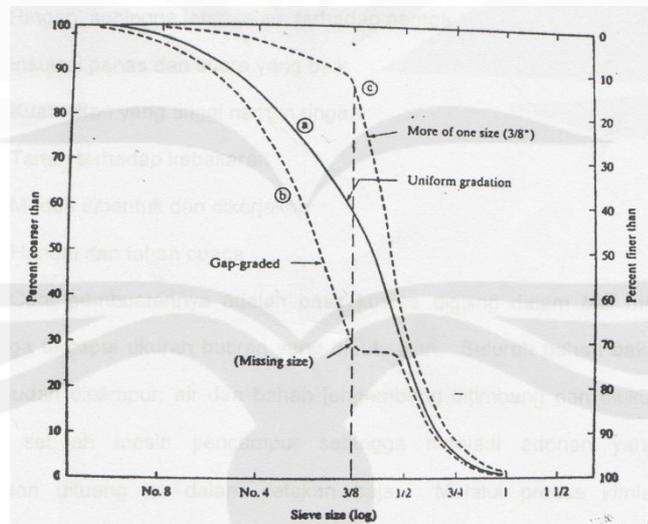
Agregat kasar dapat diperoleh dari alam (hasil desinterasi alam, biasanya berbentuk bulat), hasil pemecahan batu menjadi ukuran yang sesuai dengan yang diinginkan dengan menggunakan tenaga manusia maupun mesin pemecah batu

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 beban, 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 2.4 dan jenis gradasi kerikil yang tercantum pada gambar

Tabel 2.4 Gradasi Kerikil (Tjokrodimuljo, 1996)

Lubang	Besarnya 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 (ACC) 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 kerapian dalam membangun rumah tinggal, gedung komersial, dan bangunan industri. Kelebihan blok beton ringan hebel 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.

## **2.4. Kolom**

Kolom adalah elemen struktur tekan yang mempunyai dimensi panjang jauh lebih besar dari pada dimensi penampang melintangnya. Kolom dapat mengalami berbagai kombinasi beban aksial dan momen lentur. Pada elemen struktur tekan, masalah yang paling penting diperhatikan adalah masalah stabilitas. 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). Keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan, dan juga runtuh batas total (*ultimate total collapse*) seluruh struktur (Nawy, 1990).

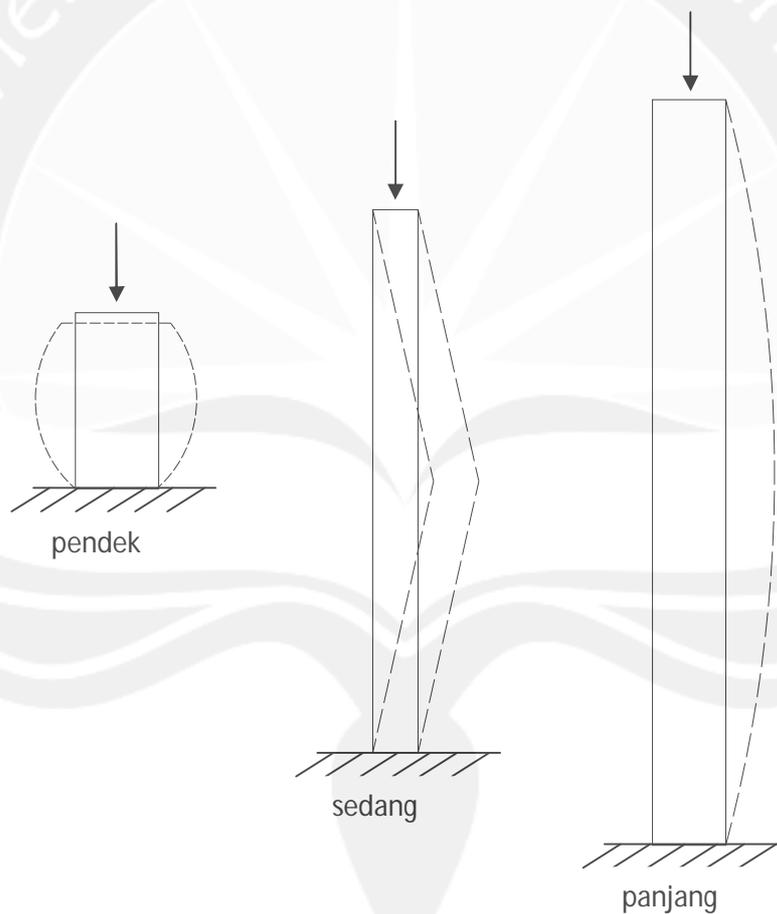
Menurut Bowles (1985) desain kolom sangat kurang eksak daripada desain balok karena beberapa alasan, yang termasuk alasan – alasan adalah sebagai berikut:

1. Kolom – kolom, yang walaupun kelihatannya lurus dan homogen, dapat mempunyai tegangan sisa dari operasi pabrik, seperti penggilasan, pendinginan dan sebagainya.
2. Sering sekali 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 tekan aksial saja. Namun, bila pembebanan ditata sedemikian hingga pengekangan (*restraint*) rotasi

ujung dapat diabaikan atau beban dari batang – batang yang bertemu diujung kolom bersifat simetris dan pengaruh lentur sangat kecil dibandingkan tekan langsung, maka batang tekan dapat direncanakan dengan aman sebagai kolom yang dibebani secara konsentris (Aditya Kurnia, 2009).

Berdasarkan ragam kegagalannya, kolom dibagi menjadi 3 kelompok yaitu, kolom langsing, kolom sedang dan kolom pendek.



Gambar 2.2 Jenis Kolom dan Ragam Keruntuhan (Spiegel, 1991)

Kolom langsing atau kolom panjang ragam kegagalannya adalah tekuk dalam selang elastis. Tekuk itu terjadi pada tegangan tekan yang masih dalam selang elastis. Kolom pendek yaitu struktur kolom yang karena panjang atau tingginya sedemikian rupa sehingga tidak memerlukan peninjauan terhadap efek tekuk lateral. Kolom pendek atau kolom gemuk ragam kegagalannya bukan karena tekuk elastis. Kolom itu gagal 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 diantara kedua kriteria itu, kolom ini gagal dengan tekuk inelastis apabila leleh yang terjadi terlokalisasi terjadi. Kegagalan ini diawali dengan adanya perlemahan dan kehancuran. Kegagalannya tidak dapat ditentukan baik dengan menggunakan kriteria tekuk kolom panjang maupun dengan kriteria leleh kolom pendek (Spiegel, 1991).

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, nilai kekuatan untuk bahan komposit tidak sama dengan bahan dari baja. Komposit merupakan perpaduan dari dua buah bahan atau lebih sehingga nilai kekakuannya merupakan perpaduan dari dua buah bahan atau lebih.