

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Suwanto (2010) memperoleh beban maksimum kolom eksentrisitas 45 mm, 55 mm, 75 mm dan 90 mm, secara berturut-turut sebesar 21397 kg, 19062 kg, 15059 kg dan 10722 kg. Kuat tekan hasil penelitian dibandingkan dengan kuat tekan analisa teoritis kolom dengan tulangan baja profil siku meningkat sebesar 14,57% untuk eksentrisitas 45 mm, 19,17% untuk eksentrisitas 55 mm, 37,65% untuk eksentrisitas 75 mm dan 29,50% untuk eksentrisitas 90 mm. Kuat tekan hasil penelitian dibandingkan dengan kuat tekan analisa teoritis kolom dengan menggunakan tulangan \emptyset 10 mm meningkat sebesar 13,18% untuk eksentrisitas 45 mm, 17,49% untuk eksentrisitas 55 mm, 33,90% untuk eksentrisitas 75 mm dan 26,03% untuk eksentrisitas 90 mm. Defleksi maksimum kolom eksentrisitas 45 mm, 55 mm, 75mm dan 90 mm. secara berturut-turut sebesar 6,79 mm; 10,24 mm; 11 mm; dan 10,28 mm. Penggunaan baja profil siku sebagai tulangan dalam kolom beton dapat menggantikan baja tulangan yang kita gunakan sehari-hari.

2.1. Kolom

Kolom adalah batang vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban – beban dari elevasi atas ke elevasi yang paling bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom

merupakan lokal kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan, dan juga runtuhnya batas lokal (*ultimate total collapse*) seluruh struktur. Oleh karena itu, dalam merencanakan kolom perlu waspada, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi dari yang dilakukan pada balok dan elemen struktur horizontal lainnya, terlebih lagi karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas. (Nawy, 1990)

Eksentrisitas beban dapat terjadi akibat timbulnya momen yang antara lain disebabkan oleh kekangan pada ujung-ujung kolom yang dicetak secara monolit dengan komponen lain, pemasangan yang kurang sempurna, ataupun penggunaan mutu bahan yang tidak merata. Bahkan sering dijumpai kolom dalam bangunan gedung yang menopang balok sama besar sebelah-menyebelah dengan bentang sama, tetapi kolom menerima beban tidak sama berat dari kedua balok karena pola beban hidup yang berbeda. (Dipohusodo, 1994)

Seperti halnya balok, kekuatan kolom juga dievaluasi berdasarkan prinsip - prinsip sebagai berikut (Nawy, 1990):

1. Distribusi regangan pada tebal kolom bersifat linier.
2. Tidak ada slip antara beton dengan tulangan baja (berarti regangan pada baja sama dengan regangan pada beton yang membungkus tulangan baja).
3. Regangan beton maksimum diijinkan pada keadaan gagal adalah 0,003.
4. Kekuatan tarik beton tidak digunakan dalam perhitungan.

Menurut Dipohusodo peraturan tidak memberikan definisi batas panjang maksimum kolom pendek, tetapi menetapkan digunakannya suatu proses evaluasi kelangsingan pada batas nilai rasio kelangsingan tertentu. Dengan demikian,

komponen struktur tekan digolongkan menjadi dua, yaitu komponen struktur kolom pendek dan langsing. Kolom pendek yaitu struktur kolom karena panjang atau tingginya sedemikian rupa sehingga tidak memerlukan peninjauan terhadap efek tekuk lateral. Keruntuhan kolom yang demikian ditandai dengan kegagalan unsur bahannya, yaitu hancurnya beton pada peristiwa runtuh tekan atau luluhnya baja tulangan pada runtuh tarik. Kolom langsing yaitu kolom yang dimensi atau ukuran penampang lintangnya kecil dibandingkan dengan tinggi bebasnya (tinggi yang tidak ditopang). Semakin langsing atau semakin panjang suatu kolom, kekuatannya penampangnya akan berkurang, bersamaan dengan timbulnya masalah tekuk yang dihadapi. Keruntuhan kolom langsing lebih ditentukan oleh kegagalan tekuk (*Buckling*) lateral daripada kuat lentur penampangnya.

Beban aksial bekerja dalam arah sejajar sumbu memanjang dan titik kerjanya tidak harus di pusat berat kolom, berada di dalam penampang melintang atau pusat geometrik. Apabila beban aksial berimpit dengan sumbu memanjang kolom, berarti tanpa eksentrisitas, perhitungan teoritis menghasilkan tegangan tekan merata pada permukaan penampang lintangnya dapat disebut kolom dengan beban aksial tekan eksentrisitas kecil. Sedangkan untuk kondisi kolom dengan beban aksial tekan eksentrisitas besar, gaya aksial bekerja disuatu tempat berjarak e tertentu terhadap sumbu memanjang, kolom akan cenderung melentur seiring dengan timbulnya momen $M = P(e)$. Sehingga tegangan tekan yang terjadi tidak merata pada seluruh permukaan penampang tetapi akan timbul lebih besar pada satu sisi terhadap sisi lainnya. Jarak e dinamakan eksentrisitas gaya terhadap

sumbu kolom. Dengan perbedaan kondisi di atas, diperlukan pembatasan eksentrisitas minimum yang diperhitungkan. (Dipohusodo, 1994)

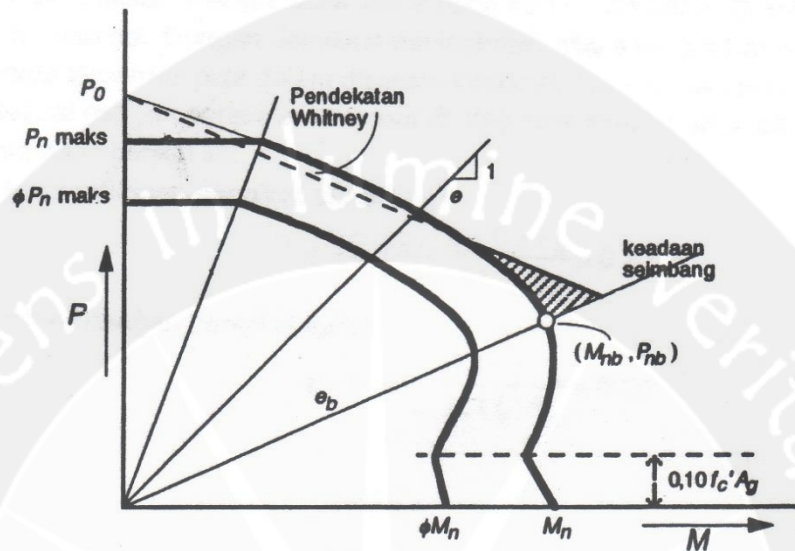
Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik penampang kolom dapat dibagi menjadi dua kondisi awal keruntuhan, yaitu: keruntuhan tarik yang diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik dan keruntuhan tekan yang diawali dengan hancurnya beton yang tertekan. Kondisi *balance* terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik atau tulangnya mengalami regangan leleh sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan dengan mengalami regangan batasnya (0,003). Perlu ditekankan bahwa dalam setiap masalah analisis, besarnya P_{nb} , M_{nb} dan juga e_b harus dievaluasi untuk digunakan dalam penyelidikan apakah keruntuhan yang terjadi merupakan keruntuhan tekan atau tarik. Apabila P_n adalah beban aksial dan P_{nb} adalah beban aksial pada kondisi *balance*, maka (Nawy, 1990):

1. Keruntuhan tarik $P_n < P_{nb}$, $e > e_b$, tegangan leleh f_y sebagai tegangan pada tulangan tarik dan tegangan f'_s pada tulangan tekan dapat lebih kecil atau sama dengan tegangan leleh baja.
2. Keruntuhan *balance* $P_n = P_{nb}$.
3. Keruntuhan tekan $P_n < P_{nb}$, $e > e_b$, tegangan pada tulangan tariknya lebih kecil dari tegangan lelehnya.

Dari pembahasan di atas dapat diduga bahwa kapasitas penampang beton bertulang untuk menahan kombinasi beban tekan aksial dan momen lentur yang sesuai dengan lokasi sumbu netralnya, dapat digambarkan dalam bentuk suatu kurva interaksi antara kedua gaya dalam tersebut. Diagram interaksi dapat dibagi

menjadi daerah keruntuhan tarik dan daerah keruntuhan tekan seperti pada gambar

2.1. (Nawy, 1990)



Gambar 2.1 Diagram Interaksi P-M

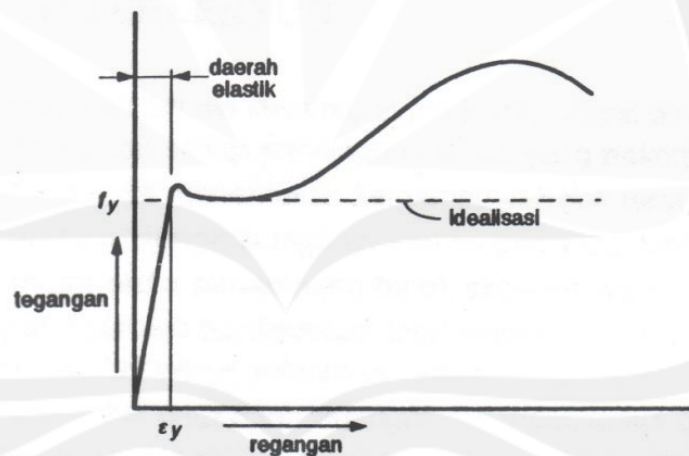
2.2. Baja

Baja adalah salah satu bahan konstruksi yang penting. Sifat utamanya dalam penggunaan konstruksi adalah kekuatannya yang tinggi dan sifat keliatannya. Keliatan (*ductility*) adalah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun dalam kompresi sebelum terjadi kegagalan. Pertimbangan-pertimbangan yang lainnya dalam penggunaan baja termasuk mudahnya untuk menyediakan secara luas dan daya tahan (*durability*), khususnya dengan menyediakan proteksi terhadap cuaca sekedarnya. (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 actual kimiawi sangat bervariasi untuk sifat-sifat yang diinginkan, seperti kekuatannya dan tahanannya terhadap korosi, baja dapat juga mengandung

elemen paduan lainnya, seperti silikon, magnesium, sulfur, fosfor, tembaga, krom dan nikel dalam berbagai jumlah. Baja merupakan sumber yang tidak dapat diperbaharui (*renewable*), tetapi dapat didaur ulang (*recycled*) dan komponen utamanya paling banyak besi. (Spigel, 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 elastik, daerah plastis, daerah pengerasan regangan dan daerah luluh. (McCormac, 2000)



Gambar 2.2 Diagram Tegangan – Regangan Tulangan baja

Tegangan luluh (titik luluh) baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar sesuai SII 0136-84 dengan ketentuan bahwa tegangan luluh adalah tegangan baja pada saat mana meningkatnya tegangan tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya. Di dalam perencanaan atau analisis beton bertulang,

umumnya nilai tegangan luluh baja tulangan diketahui atau ditentukan pada awal perhitungan. (Dipohusodo, 1994)

Produk-produk baja struktural dari pabrikan dibuat dengan 2 buah cara pembentukan, yaitu dibentuk dalam keadaan panas (*hot rolled steel*) dan pembentukan dalam keadaan dingin (*cool-formed*). Profil yang dibentuk dalam keadaan panas dibuat dengan cara digilas sewaktu profil – gilas setengah jadi masih panas sedangkan batang – batang yang dibentuk dalam keadaan dingin berasal dari gulungan – gulungan atau lembaran – lembaran baja pipih. (Johnston, 1978)

Salah satu keuntungan baja adalah keseragaman bahan dan sifat-sifatnya yang dapat diduga secara cukup tepat. Kestabilan dimensional, kemudahan pembuatan dan cepatnya pelaksanaan juga merupakan hal-hal yang menguntungkan dari baja struktural ini. Kekurangannya adalah seperti mudahnya bahan ini korosi (kebanyakan baja, tidak semua jenis baja) dan berkurangnya kekuatan pada temperatur tinggi. Baja tidak mudah terbakar tapi harus anti api. (Spigel, 1991)

Jika tulangan tidak dilindungi dengan baik, tulangan akan mengalami korosi, jika ini terjadi, oksida yang dihasilkan akan menempati suatu volume yang jauh lebih besar dari pada logam aslinya. Akibatnya, terjadi tekanan keluar yang besar yang mengakibatkan beton retak parah dan pecah. Hal ini mengurangi perlindungan beton atau penutup (*cover*) untuk tulangan baja sehingga korosi semakin cepat. Selain itu, ikatan atau lekatan antara beton dan baja juga

berkurang. Akibat dari semua faktor ini adalah umur struktur pasti berkurang. (McCormac, 2000)

2.3. Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat – agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan adiktif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas dan waktu pengerasan. (McCormac, 2000)

Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan *finishing*, temperatur dan kondisi perawatan pengerasan. (Dipohusodo, 1994)

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton mampu diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan tarik. (Dipohusodo, 1994)

Sukses besar beton sebagai bahan konstruksi yang universal cukup mudah dipahami jika dilihat dari banyaknya kelebihan yang dimilikinya. Kelebihan tersebut antara lain (McCormac, 2000):

1. Beton memiliki kuat tekan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur yang banyak bersentuhan dengan air.
3. Struktur beton bertulang sangat kokoh.
4. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
5. Dibandingkan dengan bahan lain, beton memiliki usia layan yang sangat panjang.
6. Beton biasanya merupakan satu – satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi tapak, dinding *basement*, tiang tumpuan jembatan dan bangunan – bangunan semacam itu.
7. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang sangat beragam, mulai dari pelat, balok dan kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.
8. Di sebagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.
9. Keahlian buruh untuk membangun konstruksi beton bertulang lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja struktur.

Meski banyak sekali kelebihan, beton bertulang juga memiliki kelemahan.

Menurut McCormac (2000) kekurangan beton bertulang adalah sebagai berikut:

1. Beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik.
2. Beton bertulang memerlukan bekesting untuk menahan beton tetap ditempatnya sampai beton tersebut mengeras. Biaya bekesting berkisar antara sepertiga hingga dua pertiga dari harga biaya suatu struktur beton bertulang.
3. Rendahnya kekuatan per satuan mengakibatkan beton bertulang menjadi sangat berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur – struktur bentang panjang, dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen.
4. Seperti pada no. 3, rendahnya kekuatan per satuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal terpenting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan – bangunan tinggi dan struktur – struktur berbentang panjang.
5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Selain itu, penuangan dan perawatan beton tidak bisa ditangani seteliti seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti baja struktur dan kayu lapis.

2.4. Material Pembentuk Beton

Material pembentuk beton adalah semen, agregat dan air. Material – material tersebut memiliki peranan dan ketentuan masing – masing yang harus

dipenuhi untuk memperoleh kualitas beton sesuai harapan yang ingin dicapai, kualitas beton yang baik dan sesuai rencana.

2.4.1. Semen

Semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama dari silikat – silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah. (PUBI-1982)

Suatu semen jika diaduk dengan air akan membentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah dengan pasir menjadi mortar semen dan jika ditambah lagi dengan kerikil/batu pecah disebut beton. Fungsi semen ialah merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Walaupun semen hanya kira-kira 10 persen saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan yang aktif maka perlu dipelajari dan dikontrol secara ilmiah. (Tjokrodimuljo, 1992)

Semen *Portland* mengandung kalsium dan aluminium silika. Dibuat dari bahan utama *limestone* yang mengandung kalsium oksida (CaO) dan lempung yang mengandung silika oksida (SiO_2) serta aluminium oksida (Al_2O_3). Semen *Portland* yang dipakai harus memenuhi syarat SII 0013-81 dan Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982. Di dalam syarat pelaksanaan pekerjaan beton harus dicantumkan dengan jelas jenis semen yang boleh dipakai dan harus selalu dipertahankan sesuai dengan yang dipakai pada waktu penentuan rencana campuran. (Dipohusodo, 1994)

Besar jumlah kandungan dalam semen yang mana oksida – oksida berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan bisa dilihat pada tabel berikut ini (Tjokrodinuljo, 1992):

Tabel 2.1. Susunan Unsur Semen Biasa

Oksida	Persen
Kapur (CaO)	60 - 65
Silika (SiO_2)	17 - 25
Alumina (Al_2O_3)	3 - 8
Besi (Fe_2O_3)	0,5 - 6
Magnesia (MgO)	0,5 - 4
Sulfur (SO_3)	1 - 2
Soda/Potash $Na_2O + K_2O$	0,5 - 1

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen *Portland* di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis, yaitu (PUBI-1982):

- Jenis I : Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan – persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis – jenis lain.
- Jenis II : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis IV : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Jenis V : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Beton yang dibuat dari semen *Portland* biasa memerlukan waktu sekitar dua minggu untuk mencapai kekuatan yang cukup besar untuk dipindahkan dari cetakannya dan untuk menerima beban berkekuatan sedang. Beton seperti itu bisa mencapai kekuatan desainnya setelah 28 hari dan terus mengalami peningkatan sesudahnya tetapi dengan tingkat penambahan yang lebih lambat. (McCormac, 2000)

2.4.2. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan ialah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. 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. Secara umum, agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kricak, batu pecah atau split, adapun agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian atau dari hasil pecahan batu. (Tjokrodimuljo, 1992)

Ukuran maksimum agregat kasar dalam struktur beton diatur dalam peraturan untuk kepentingan berbagai komponen, namun pada dasarnya bertujuan agar agregat dapat masuk atau lewat di antara sela – sela tulangan atau acuan. Agregat yang digunakan harus memenuhi ketentuan SII 0052-80. Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai $\pm 70-75$ % dari seluruh volume massa padat beton. Untuk mencapai kuat beton baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras

massa agregat akan semakin tinggi kekuatannya dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan akibat cuaca). Nilai kuat beton yang dicapai sangat ditentukan oleh mutu bahan agregat ini. (Dipohusodo, 1994)

Harga agregat yang lebih murah dari semen, agregat lebih disukai dan diusahakan agar selalu digunakan sebanyak mungkin. Agregat harus kuat, tahan lama dan bersih. Jika terdapat debu atau partikel-partikel lain, debu dan partikel tersebut akan mengurangi ikatan antara pasta semen dengan agregatnya. Kekuatan agregat memberikan pengaruh penting pada kekuatan beton dan sifat – sifat agregat sangat mempengaruhi daya tahan beton. (McCormac,2000)

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1992):

1. Butir – butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus dengan mesin uji *Los Angeles* atau bejana *Rudeloff*. Persyaratan menurut konsep Pedoman Beton 1989 dapat dibaca dalam tabel berikut.

Tabel 2.2. Persyaratan Kekerasan Agregat untuk Beton

Kelas dan mutu beton	Bejana <i>Rudeloff</i> maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2 mm (persen)		Mesin <i>Los Angeles</i> maksimum bagian yang hancur menembus ayakan 1,7 mm (persen)
	19-30 mm	9,5-19 mm	
Kelas I Mutu B0 dan B1	30	32	50
Kelas II mutu K-125 – K-225	22	24	40
Kelas III mutu di atas K-225	14	16	27

2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini tidak boleh lebih dari 5 persen untuk beton sampai mutu K-125 dan 2,5 persen untuk mutu beton yang lebih tinggi.
3. Harus tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
4. Harus yang benar-benar tidak mengandung zat organis. Kandungan zat organis dapat mengurangi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% *NaOH*, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna pembanding. Ditinjau dari aksi zat – zat yang berpengaruh buruk tersebut, maka dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:
 - a. zat yang mengganggu proses hidrasi;
 - b. zat yang melapisi agregat sehingga mengganggu terbentuknya lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen;
 - c. butiran – butiran yang kurang tahan cuaca, yang bersifat lemah dan menimbulkan reaksi kimia antara agregat dan pastanya.
5. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit (untuk pasir modulus halus antara 1,50 – 3,80). Pasir yang seperti ini hanya memerlukan pasta semen sedikit.
6. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca. Sifat kekal tersebut jika diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - a. jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12 persen;

- b. jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 18 persen.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, agregat harus mempunyai tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali. Reaksi alkali-silika merupakan reaksi antara kandungan silika aktif dalam agregat dan alkali dalam semen. Reaksi dimulai dengan serangan terhadap mineral-mineral silika dalam agregat oleh alkali hidroksida yang ada dalam semen. Reaksi membentuk suatu gel alkali – silika yang menyelimuti butiran – butiran agregat. Gel tersebut dikelilingi oleh pasta semen karena terjadi pemuaiannya maka terjadilah tegangan internal, yang mengakibatkan retakan atau pecahnya pasta semen.
 8. Untuk agregat kasar, tidak mengandung butiran – butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 persen dari berat keseluruhan.

2.4.3. Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir – butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 persen berat semen saja, namun kenyataan nilai faktor air – semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Tambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah. Selain itu, kelebihan air akan bersama – sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan kecil yang

dikenal dengan *laitance* (Selaput tipis). Selaput ini akan mengurangi lekatan antara lapis – lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama – sama semen juga dapat keluar, sehingga terjadilah sarang – sarang kerikil. (Tjokrodimuljo, 1992)

Air yang digunakan untuk membuat beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, zat organik atau bahan – bahan lain yang bersifat merusak beton dan baja tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang bersih dan dapat diminum. Harap diperhatikan bahwa air yang berasal dari sumber alam tanpa pengolahan sering mengandung garam – garam anorganik, zat organik dan zat – zat yang mengandung lempung atau tanah liat, minyak dan kotoran lainnya yang berpengaruh buruk terhadap mutu dan sifat beton. (Dipohusodo, 1994)

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton (tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum). Dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya air memenuhi syarat berikut (Tjokrodimuljo, 1992):

1. Tidak mengandung lumpur (benda yang melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam – garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung khlorida (*Cl*) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.