

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton sendiri adalah material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran pasir, kerikil/batu pecah, semen serta air. Terkadang beberapa macam bahan tambahan dicampurkan kedalam campuran tersebut dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat dari beton, yakni antara lain untuk meningkatkan *workability*, *durability*, serta waktu pengerasan beton. (Agus Setiawan, 2016)

Beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja secara bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja akan memberikan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Selain itu tulangan baja juga mampu memikul beban tekan, seperti digunakan pada elemen kolom beton. (Agus Setiawan, 2016)

Campuran bahan-bahan yang membentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis. Secara umum proporsi komposisi unsur pembentuk dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Unsur Beton

Agregat Kasar + Agregat Halus (60%-80%)	
Semen : 7%-15%	Air (14%-21%)
Udara : 1%-8%	

(Sumber : Buku Catatan Kuliah Material semen dan Beton, ITB)

2.2. Semen

Semen adalah material anorganik yang dapat digunakan untuk mengikat butiran mineral atau pecahan batuan didalam pembuatan batu batuan sesuai dengan bentuk yang direncanakan.

Semen yang merupakan salah satu bahan dasar pembuatan beton tergolong ke dalam jenis semen hidrolis. Jenis semen hidrolis yang banyak digunakan hingga

saat ini adalah merupakan semen Portland yang dipatenkan di Inggris pada tahun 1824 atas nama Joseph Aspdin. Semen Portland adalah material berbentuk bubuk berwarna abu-abu dan banyak mengandung kalsium dan aluminium silika. Bahan dasar pembuat semen sebenarnya adalah batu kapur yang mengandung CaO , serta lempung atau tanah liat yang banyak mengandung SiO_2 dan Al_2O_3 . Material-material ini dicampur dan ditambahkan gips dalam jumlah yang cukup, kemudian dibakar dalam klinker dan kemudian didinginkan. Material dasar penyusun semen (kapur, silika dan alumina) diangkut dari lokasi penambangan. Selanjutnya material-material yang masih dalam bentuk batuan tersebut dihaluskan untuk memecah bongkahan batu menjadi serpihan yang lebih kecil. Kemudian material-material yang sudah dihaluskan tadi dimasukkan dan dicampur dalam suatu tungku berputar dan dibakar pada suhu sekitar 1550°C hingga menjadi bahan yang disebut dengan istilah klinker. Klinker kemudian didinginkan dan dihaluskan kembali hingga menjadi berbentuk serbuk. Klinker yang sudah halus dan dingin itu kemudian diberi bahan tambahan gips atau kalsium sulfat (CaSO_4) sebanyak kira-kira 2 hingga 4% sebagai bahan pengontrol waktu ikat semen. Pada tahap ini dapat pula ditambahkan bahan lain guna memperoleh sifat-sifat semen yang diinginkan, misalkan ditambah dengan kalsium klorida agar semen cepat mengeras. Selanjutnya tahap akhir dari proses manufaktur semen adalah tahap kemasan, semen dapat dijual dalam bentuk kemasan kantong (40 kg atau 50 kg), atau juga dapat disimpan dalam silo, untuk dijual dalam bentuk semen curah.

Bahan-bahan dasar semen yang terdiri dari kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan oksida besi (Fe_2O_3), pada saat proses manufaktur seiring dengan penambahan bahan tambah lainnya, maka terjadilah suatu reaksi kimiawi yang cukup kompleks. Sebagai hasilnya terjadi perubahan susunan kimia dalam semen, namun semen yang telah jadi pada umumnya mengandung unsur-unsur kimia seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2. Komposisi Oksidasi Semen Portland

Senyawa Oksida	Persentase (%)
Kapur, CaO	60 – 67
SiO ₂	17 – 25
Al ₂ O ₃	3 – 8
Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
MgO	0,1 – 4
Alkali (K ₂ O, Na ₂ O)	0,4 – 1,3
SO ₃	1,3 – 3,0

(Sumber : Agus Setiawan, 2016)

Meskipun banyak unsur kompleks yang terbentuk pada pembuatan semen, namun ada 4 unsur utama yang paling penting yang terkandung dalam semen, yaitu :

1. Trikalsium silikat (C₃S) atau 3CaO.SiO₂
2. Dikalsium silikat (C₂S) atau 2CaO.SiO₂
3. Trikalsium aluminat (C₃A) atau 3CaO.Al₂O₃
4. Tetrakalsium aluminoforit (C₄AF) atau 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃

Trikalsium silikat dan dikalsium silikat adalah bagian terpenting dari semen yang memberikan kekuatan pada semen. Jumlah total C₃S dan C₂S berkisar antara 70 hingga 80% dari berat semen, dengan kisaran jumlah C₃A adalah 45% sedangkan C₂S adalah 25%. Pada semen-semen modern, C₃A dan C₄AF secara berangsur dikurangi jumlahnya dalam komposisi kimiawi semen.

Di pasaran terdapat beberapa jenis semen yang sering digunakan di dunia konstruksi, tergantung jenis dan permasalahan yang dihadapi selama masa konstruksi. Beton yang terbuat dari semen Portland biasa memerlukan waktu sekitar dua puluh delapan hari untuk memperoleh kekuatan maksimalnya. Namun dalam beberapa hal khusus, sering dibutuhkan beton yang memiliki kuat tekan

awal yang tinggi, sehingga diperlukan semen-semen jenis khusus. Semakin cepat beton mengeras, maka semakin efisien pula proses konstruksi yang sedang berjalan. Untuk struktur-struktur berukuran masif seperti bendungan dan pilar jembatan, panas hidrasi yang terjadi di dalam beton akan terdisipasi secara lambat, dan hal ini akan mengakibatkan permasalahan yang serius. Hal ini akan mengakibatkan beton berekspansi selama hidrasi sehingga akan menimbulkan retakan-retakan pada beton. Untuk mengatasi hal tersebut maka dapat digunakan jenis semen yang memiliki panas hidrasi rendah. Pada struktur-struktur yang dituntut memiliki ketahanan yang tinggi terhadap bahan-bahan kimia seperti sulfat, misalnya pada bangunan bawah laut, maka harus digunakan jenis semen yang tahan terhadap serangan sulfat dan klorida.

Secara umum sesuai dengan standar dari *American Society for Testing and Material (ASTM)*, jenis semen yang ada dapat dikategorikan menjadi lima jenis :

- a. Tipe I – jenis semen biasa yang dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi umum
- b. Tipe II – merupakan modifikasi dari semen tipe I, yang memiliki panas hidrasi lebih rendah dan dapat tahan dari beberapa jenis sulfat
- c. Tipe III – merupakan tipe semen yang dapat menghasilkan kuat tekan beton awal yang tinggi. Setelah 24 jam proses pengecoran semen tipe ini akan menghasilkan kuat tekan dua kali lebih tinggi dari pada semen tipe biasa, namun panas hidrasi yang dihasilkan semen jenis ini lebih tinggi dari pada panas hidrasi semen tipe I
- d. Tipe IV – merupakan semen yang mampu menghasilkan panas hidrasi yang rendah, sehingga cocok digunakan pada proses pengecoran struktur beton yang masif
- e. Tipe V – digunakan untuk struktur-struktur beton yang memerlukan ketahanan yang tinggi dari serangan sulfat

Berdasarkan SNI 15-7064-2004, bahan dasar semen ada 3 macam yaitu klinker atau terak (70%-95%) merupakan hasil olahan pembakaran batu kapur, batu silica, pasir besi dan lempung, gypsum (sekitar 5%, sebagai zat pelambat pengerasan) dan material ketiga seperti batu kapur, pozzolan, abu terbang, dan lain-lain. Jika unsur ketiga tersebut tidak lebih dari sekitar 3% umumnya masih memenuhi

makan akan termasuk jenis semen *Ordinary Portland Cement* (OPC) atau kualitas semen tipe I. Jika kandungan material ketiga ini lebih tinggi hingga sekitar maksimum 6%-35% maka semen tersebut akan berganti menjadi jenis semen *Portland Composite Cement* (PCC) .

2.3. Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Pada beton biasanya terdapat 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar.

Dua jenis agregat adalah :

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan-pecahan dari *blast-furnace*) dan
2. Agregat halus (pasir alami dan buatan)

Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak didalam beton, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut.

Agregat memiliki 2 kategori sifat, yaitu sifat-sifat mekanik agregat dan sifat-sifat fisik agregat.

1. Sifat-sifat mekanik agregat

- a. Daya lekat (*Bond*)

Bentuk dan tekstur permukaan agregat mempengaruhi kekuatan beton, terutama untuk beton berkekuatan tinggi. Kekuatan lentur lebih dipengaruhi oleh bentuk-bentuk tekstur agregat dari pada kekuatan tekan. Semakin kasar tekstur, semakin besar daya lekat antara partikel dengan matrik semen. Biasanya pada agregat dengan daya lekat baik akan banyak dijumpai partikel agregat yang pecah dalam beton yang diuji sampai kapasitasnya.

b. Kekuatan

Kekuatan tekan agregat yang dibutuhkan pada beton umumnya lebih tinggi dari pada kekuatan betonnya sendiri. Hal ini dikarenakan tegangan sebenarnya yang bekerja pada titik kontak masing-masing partikel agregat biasanya jauh lebih tinggi dari pada tegangan tekan yang bekerja pada beton.

c. Kekerasan

Kekerasan agregat sangat diperlukan khususnya pada beton struktur jalan atau pada lantai yang memikul beban lalu lintas yang berat. Kekerasan agregat dapat diukur dengan *Los Angeles Test*.

d. Keuletan (*Toughless*)

Keuletan merupakan daya tahan agregat terhadap pecah akibat tumbukan, pengukuran keuletan biasanya dilakukan dengan uji kejut.

2. Sifat-sifat fisik agregat

a. Berat jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat jenis agregat di udara dari unit volume terhadap berat air dengan volume yang sama. Pengukuran berat jenis dilakukan pada 3 kondisi, yaitu:

- 1) Berat jenis absolut (*Apparent Specific Gravity*) yaitu perbandingan berat agregat, tanpa pori diudara dengan volumenya.
- 2) Berat jenis SSD (*Bulk Specific Gravity Saturated Surfcae Dry*) yaitu perbandingan berat agregat, termasuk berat air dalam pori dengan volumenya.
- 3) Berat jenis kering (*Bulk Specific Gravity Dry*) yaitu perbandingan berat agregat, termasuk pori diudara dengan volumenya.

a. Berat volume (*Bulk Density*)

Berat volume merupakan massa aktual yang akan mengisi suatu penampang/wadah dengan volume satuan. Parameter ini berguna untuk mengubah ukuran massa menjadi ukuran volume.

b. Kadar air

Kadar air nilainya berubah ubah sesuai dengan kondisi cuaca. Kadar air adalah perbandingan antara pengurangan berat tersebut

terhadap berat kering dalam persen. Kadar air ditentukan dengan pengurangan berat agregat dari kondisi tertentu ke kondisi kering oven. Pengukuran kadar air sangat diperlukan pada pelaksanaan pencampuran beton sehingga kelecakan dan faktor air semen adukan beton tetap seperti rencana.

c. Porositas dan Absorpsi

Porositas, permeabilitas, dan absorpsi agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen, daya tahan beton terhadap pembekuan dan pencairan, stabilitas kimia, daya tahan terhadap abrasi dan *specific gravity*.

2.3.1. Agregat kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi 1/4 in. (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. Menurut SNI 03-2847-2002, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi 'alami' dari batuan berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai butir 5 mm sampai 40 mm.

Jenis agregat kasar yang umum adalah :

1. *Batu pecah alami* : bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
2. *Kerikil alami* : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah dari pada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.
3. *Agregat kasar buatan* : terutama berupa *slag* atau *shale* yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari *blast-furnace* dan lain-lain.

2.3.2. Agregat halus

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, pertikel yang lebih kecil dari saringan No. 100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan dari *American Society of Testing and Material* (ASTM). Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus. Menurut SNI 1970-2008, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4).

2.3.3. Gradasi campuran beton berbobot normal

Gradasi yang di rekomendasikan untuk agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan sebagai beton berbobot normal dicantumkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Persyaratan Gradasi untuk Agregat pada Beton berbobot Normal

Ukuran saringan standar Amerika	persen lewat				
	Agregat kasar				agregat halus
	No. 4 sampai 2 in.	No. 4 sampai 1 ½ in.	No. 4 sampai 1 in.	No. 4 sampai ¾ in.	
2 in.	95 - 100	100	-	-	-
1 ½ in.	-	95 - 100	100	-	-
1 in.	25 - 70	-	95 - 100	100	-
¾ in.	-	35 - 70	-	95 - 100	-
½ in.	10 - 30	-	25 - 60	-	-
3/8 in.	-	10 - 30	-	20 - 55	100
No. 4	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10	95 - 100
No. 8	0	0	0	0 - 5	80 - 100
No. 16	0	0	0	0	50 - 85
No. 30	0	0	0	0	25 - 60
No. 50	0	0	0	0	10 - 30
No. 100	0	0	0	0	2 - 10

(Sumber : ASTM C-33)

2.4. Air dan Udara

2.4.1. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen. Selain itu, air yang demikian dapat mengurangi afinitas antara agregat dengan pasta semen dan mungkin pula mempengaruhi kemudahan pengerjaan.

Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimiawi antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total (semen + agregat halus + agregat kasar) material yang menentukan, melainkan hanya perbandingan antara air dan semen pada campuran yang menentukan. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya.

Menurut SK SNI 03-2847-2002, air yang digunakan untuk campuran beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merusak terhadap beton atau tulangan.
2. Air campuran yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi :
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang mengandung air dari sumber yang sama.
 - b. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortal yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai

kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “*Metode uji kuat tekan untuk mortal semen hidrolis* (Menggunakan specimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C-109).

2.4.2. Air-entrained

Sebagai akibat terjadinya penguapan air secara perlahan-lahan dari campuran beton, akan timbul rongga-rongga pada beton keras yang dihasilkan. Jika rongga ini terdistribusi dengan benar, dapat merupakan karakteristik beton yang sangat penting. Suatu bahan yang disebut air-entraining agent, seperti vinsol resin, dapat ditambahkan ke dalam campuran agar diperoleh rongga yang terdistribusi merata. Adanya ronggarongga ini memudahkan pengerjaan beton, mengurangi kerapatannya, menambah keawetan, mengurangi bleeding dan segregasi, dan mengurangi jumlah pasir yang diperlukan dalam campuran. Karena itulah persentase air-entrained harus dipertahankan Optimum agar diperoleh beton dengan kualitas yang diinginkan. Kandungan udara optimum ini adalah 9% dari fraksi mortar dalam beton. Air-entrained yang berlebihan (5% sampai 6% dari campuran total) akan menurunkan kekuatan beton.

2.4.3. Faktor Air Semen

Sebagai ‘tingkatan dari pembahasan di atas, pengontrolan ketat ‘perlu diberikan terhadap faktor air-semen dan persentase udara dalam campuran. Karena faktor air-semen merupakan ukuran kekuatan beton, maka faktor im’ harus merupakan kriteria yang utama dalam desain struktur beton pada umumnya. Biasanya dinyatakan dalam perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran.

2.5. Zeolit

Zeolit merupakan mikrosilika yang dapat digunakan sebagai bahan pozzolan, karena zeolit mengandung banyak silika yang dapat meningkatkan kekuatan

beton. Mineral zeolit merupakan bahan tambang yang banyak tersedia di alam (Ariwibowo, 2011). Pada jurnal Angelina Eva Lianasari dengan judul Penggunaan Material Lokal Zeolit Sebagai Filler Untuk Produksi Beton Memadat Mandiri (Self Compacting Concrete).

Dalam penggunaan bahan tambah harus dilakukan dengan takaran dosis atau kadar yang tepat sehingga pengaruh penambahan dapat mencapai hasil yang maksimum pada beton, karena penggunaan bahan tambahan yang berlebihan malah akan mengakibatkan penurunan kualitas beton. Maka dari itu dengan adanya penambahan mineral zeolit kedalam campuran adukan beton, disamping berfungsi sebagai bahan pozzolan juga diharapkan menjadi *filler* yang mampu mengisi rongga-rongga atau pori-pori pada beton (Ariwibowo, 2011). Pada jurnal Angelina Eva Lianasari dengan judul Penggunaan Material Lokal Zeolit Sebagai Filler Untuk Produksi Beton Memadat Mandiri (Self Compacting Concrete).

Secara empiri, rumus molekul zeolit adalah $M_{x/n} \cdot (AlO_2)_x \cdot (SiO_2)_y \cdot xH_2O$ komposisi kimia dari zeolit dapat dilihat pada tabel 2.4. berikut (Anonim, dikutip dari sheeaba 2008)

Tabel 2.4. Komposisi Kimiawi Zeolit

Komposisi	Kandungan (%)
SiO ₂	66.49
Al ₂ O ₃	13.44
Fe ₂ O ₃	1.75
K ₂ O	1.18
TiO ₂	1.40
MgO	1.67
CaO	2.07

(sumber : Angelina Eva Lianasari, 2012)

Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral [SiO₄]⁴⁻ dan [AlO₄]⁵⁻. Kedua tetrahedral di atas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi oleh atom-atom

logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Breck, 1974; Chetam, 1992; Scot *et al.*, 2003).

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin (Lestari, 2010). Sebagai produk alam, zeolit alam diketahui memiliki komposisi yang sangat bervariasi, namun komponen utamanya adalah silika dan alumina. Di samping komponen utama ini, zeolit juga mengandung berbagai unsur minor, antara lain Na, K, Ca (Bogdanov *et al.*, 2009), Mg, dan Fe (Akimkhan, 2012).

2.6. Limbah Beton

Jumlah sampah konstruksi demikian besar sehingga menjadi perhatian dunia untuk menjaga sumber alam dan mengurangi eksploitasi sumber daya alam. Salah satu upaya dalam mengurangi banyaknya penggunaan sumber daya alam untuk material beton adalah dengan memanfaatkan beton bekas (daur ulang) untuk digunakan kembali dalam pembuatan beton baru sebagai agregat kasar. Pemanfaatan beton bekas (daur ulang) tersebut memiliki kekurangan yaitu menurunnya mutu beton diakibatkan karena adanya porositas yang terjadi didalam beton sangat tinggi. Salah satu cara yang mampu menutupi rongga atau pori diantara partikel adalah dengan menambahkan *filler* (Rohman, cahyono. 2013).

Suharwanto (2004) melakukan studi eksperimen dimana agregat daur ulang mengandung mortal sebesar 25% hingga 45% untuk agregat kasar, dan 70% hingga 100% untuk agregat halus. Kemudian mortal tersebut mengakibatkan berat jenis agregat menjadi lebih kecil, lebih porous atau berpori, sehingga kekerasannya berkurang, bidang temu (*interface*) yang bertambah, dan unsur-unsur kimia agresif (seperti Na₂SO₄ dan MgSO₄) lebih mudah masuk dan merusak. Berdasarkan hasil penelitian Marastuti, et. Al.,(2014) bahwa partikel agregat kasar daur ulang yang diproduksi dengan menggunakan pemecah batu (*stone crusher*)

mempunyai bentuk gradasi yang baik, namun memiliki absorsi yang tinggi dan berat jenis yang rendah dibandingkan dengan agregat alam.

Menurut Hardjasaputra dan Ciputera (2008) kekuatan beton yang hasil dengan menggunakan agregat kasar limbah beton adalah sebesar 84% - 86% dari kuat tekan beton yang direncanakan.

2.7. Kuat Tekan

Dalam perencanaan suatu komponen struktur beton, biasanya diasumsikan bahwa beton memikul tegangan tekan dan bukannya tegangan tarik. Oleh karena itu kuat tekan beton pada umumnya dijadikan acuan untuk menentukan mutu atau kualitas suatu material beton. Pada umumnya sifat mekanik beton yang lainnya, dapat diperkirakan berdasarkan kuat tekan beton. Untuk menentukan besarnya kuat tekan beton dapat dilakukan uji kuat tekan dengan mengacu pada standar ASTM C39 / C39M 12a “Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”. Benda uji yang digunakan berupa silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Di beberapa negara lain seperti Inggris, Jerman, dan negara-negara Eropa lainnya digunakan benda uji kubus berukuran sisi 150 mm atau 200 mm. Di Prancis dan Rusia umumnya digunakan benda uji berupa prisma dengan ukuran 70 x 70 x 350 mm atau 100 x 100 x 500 mm. Tabel 2.2 dan 2.3 menunjukkan rasio kuat tekan berbagai benda uji.

Tabel 2.5. Faktor Koreksi Kuat Tekan silinder berdasarkan rasio terhadap diameter uji

Rasio H/D	2,00	1,75	1,50	1,25	1,10	1,00	0,75	0,50
Faktor koreksi kuat tekan	1,00	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87	0,70	0,50
Kuat tekan relatif terhadap silinder standar	1,00	1,02	1,04	1,06	1,11	1,18	1,43	2,00

(sumber : Agus Setiawan, 2016)

Menurut SNI 03-6815-2002, maksud pengujian kekuatan beton adalah untuk menentukan terpenuhi spesifikasi kekuatan dan mengukur variabilitas beton.

Besarnya variasi kekuatan contoh uji beton tergantung pada mutu material, pembuatan, dan kontrol dalam pengujian. Perbedaan kekuatan dapat ditemukan dari dua penyebab utama, yaitu :

1. Perbedaan dalam perilaku kekuatan yang terbentuk dari campuran beton dan bahan penyusunnya.
2. Perbedaan jelas dalam kekuatan yang disebabkan oleh perpaduan variasi dalam pengujian.