

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

2.2. Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang mempunyai berat jenis beton yang lebih kecil dari beton normal. Pada dasarnya, semua jenis beton ringan dibuat dengan kandungan rongga dalam beton dengan jumlah besar. Menurut SNI-03-2847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat jenis tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . Oleh karena itu, berdasarkan cara mendapatkan beton ringan menurut Tjokrodimuljo (1996), beton ringan dapat dibedakan menjadi 3 jenis dasar sebagai berikut:

1. Beton agregat ringan.
2. Beton busa.
3. Beton tanpa agregat halus (non pasir).

Menurut Tjokrodimuljo (2003), beton ringan adalah beton yang mempunyai berat jenis beton antara 1000-2000 kg/m³. Berdasarkan berat jenis dan pemakaiannya beton dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Jenis-jenis Beton Berdasarkan Berat Jenis dan Pemakaiannya

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (kg/m ³)	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1000	Non struktur
Beton ringan	1000-2000	Struktur ringan
Beton normal	2300-2500	Struktur
Beton berat	> 3000	Perisai sinar X

Sumber: Tjokrodimuljo, K (2003)

Menurut SK SNI 03-3449-2002 beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan beton dengan berat jenis di bawah 1850 kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan dengan tujuan structural kuat tekan minimum 17,24 MPa dan maksimum 41,36 MPa. Sedangkan beton isolasi adalah beton ringan yang mempunyai berat isi kering oven maksimum 1440 kg/m³. Dengan kuat tekan maksimum 17,24 MPa dan kuat tekan minimumnya adalah 6,68 MPa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Jenis-jenis Beton Ringan Berdasarkan Kuat Tekan, Berat Beton, dan Agregat Penyusunnya.

Konstruksi Beton Ringan	Beton Ringan		Jenis Agregat Ringan
	Kuat Tekan (MPa)	Berat Isi (kg/m ³)	
Struktural • Minimum • Maksimum	17,24 41,36	1400 1850	• Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan batu serpih, batu apung, batu sabak, terak besi atau abu terbang;
Struktural ringan • Minimum • Maksimum	6,89 17,24	800 1400	• Agregat mangan alami seperti scoria atau batu apung
Struktur sangat ringan, sebagai isolasi, maksimum		800	• Pendit atau vermikulit

Sumber : SK SNI 03-3449-2002

Menurut Dobrowolski (1998), beton ringan mempunyai berat jenis di bawah 1900 kg/m³. Menurut Neville dan Brooks (1987), beton ringan mempunyai berat jenis di bawah 1800 kg/m³. Jenis-jenis beton ringan menurut Dobrowolski (1998) dan Neville dan Brooks (1987) dapat dikelompokkan sesuai **Tabel 2.3** di bawah ini.

Tabel 2.3 Jenis-Jenis Beton Ringan Menurut Dobrowolski (1998) dan Neville and Brooks (1987)

Sumber	Jenis Beton Ringan	Berat Jenis Beton (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>Structural Lightweight Concretes</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 Concretes</i>)	500-800	7-14
	Beton ringan struktur (<i>Structural Lightweight Concretes</i>)	1400-1800	>17

2.3. Bahan-bahan Penyusun Beton

2.3.1. Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah PPC (*Portland Pozzolan Cement*) yaitu semen yang diproduksi dengan dua cara yaitu cara pertama menggiling klingker semen dan *pozzolan* dengan bahan tambah gips atau kalsium sulfat. Cara kedua dengan mencampur sampai rata gerusan semen dan *pozzolan* halus. Semen PPC menghasilkan panas hidrasi lebih sedikit dari pada semen biasa. Sifat ketahanan terhadap kotoran dalam air lebih baik, sehingga cocok sekali jika dipakai untuk bangunan di laut, bangunan pengairan, dan beton massa (Tjokrodimuljo 1996).

2.3.2. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan agar bereaksi dengan semen (proses pengikatan) serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Proses pengikatan berawal beberapa menit setelah pencampuran yang disebut *initial set* (pengikatan awal) dan berakhir setelah beberapa jam disebut *final set* (akhir pengikatan). Waktu pengikatan adalah jangka waktu dari mulai mengikatnya semen setelah berhubungan dengan air sampai adukan semen menunjukkan kekentalan yang tidak memungkinkan lagi untuk dikerjakan lebih lanjut. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen. Namun, dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan. Kelebihan air yang ada digunakan sebagai pelumas. Penambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang. Selain itu, akan menimbulkan *bleeding*. Hasil *bleeding* ini berupa lapisan tipis yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton.

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.

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.

1. Agregat Halus.

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegasi 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).

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat halus menurut Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\pm 2,2$.

- b. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
- Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%
- d. 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.
- e. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis 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.

f. 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 zona 1, 2, 3, dan 4 dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Sisa di atas ayakan 4,8 mm harus maksimum 2% berat
- Sisa di atas ayakan 1,2 mm harus maksimum 10% berat
- Sisa di atas ayakan 0,3 mm harus maksimum 15% berat

g. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir dengan alkali harus negatif.

h. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

i. Agregat halus yang digunakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan di atas (pasir pasang).

Berikut ini adalah beberapa karakteristik pasir yang umum.

a. Berat jenis pasir

Berat jenis pasir adalah rasio antara massa padat pasir dengan massa air yang mempunyai volume sama pada suhu yang sama.

Berdasarkan berat jenisnya, agregat secara umum dapat dibedakan menjadi (Tjokrodinuljo, 1996):

- Agregat normal, yaitu agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basalt, kuarsa, dan sebagainya.
- Agregat berat, yaitu agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 misalnya magnetic (Fe_3O_4), barites (BaSO_4) atau serbuk besi.
- Agregat ringan, mempunyai berat jenis kurang dari 2 dan biasanya digunakan untuk bagian non struktural.

b. Gradasi Pasir

Gradasi pasir adalah distribusi ukuran butiran dan pasir. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai presentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat di dalam ayakan. Gradasi agregat akan memberikan variasi ukuran butir yang bervariasi sehingga akan memberikan pengaruh pada penempatan yang tinggi sejalan dengan peningkatan kekuatan. Butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang besar sehingga pori yang terbentuk akan menjadi sedikit.

Berdasarkan pengertian pasir di atas, maka susunan ayakan untuk menentukan gradasi pasir berturut-turut adalah ayakan dengan lubang 10 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; dan 0,15 mm. menurut SK SNI T-15-1990-03, kekasaran pasir dibedakan menjadi 4

kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar, pasir agak kasar pasir agak halus, dan pasir halus. Penjelasan lebih lengkap dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Batas-batas Gradasi Untuk Agregat Halus (Pasir)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SK SNI T-15-1990-03

- Keterangan:
- Daerah I : Pasir kasar
 - Daerah II : Pasir agak kasar
 - Daerah III : Pasir agak halus
 - Daerah IV : Pasir halus

2. Agregat Kasar

Agregat kasar mempunyai ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm atau tertahan saringan dengan diameter lubang 4,8 mm. Seiring dengan perkembangan teknologi, banyak sekali dikembangkan material-material pintar (*smart material*) dalam bidang konstruksi dengan berbagai tujuan penggunaan, di antaranya adalah untuk mengurangi berat struktur. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah membuat agregat ringan buatan yaitu membuat agregat kasar yang terbuat dari kertas.

Kertas adalah suatu bahan yang dibuat dalam bentuk lembaran-lembaran tipis dari jerami, kulit, kayu, rami, dan lain-lain. Kertas yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas HVS. Selain itu, penggunaan kertas juga ditujukan untuk memanfaatkan kembali limbah kertas yang semakin banyak akibat semakin tingginya penggunaan kertas di dunia.

2.3.4. Tepung Kanji

Fungsi dari tepung kanji untuk dicampurkan ke dalam agregat kertas ditujukan untuk mengurangi serapan air yang terjadi pada agregat selain itu penambahan tepung kanji juga berguna untuk menjaga bentuk dari agregat kertas pada saat pengadukan beton, perbandingan tepung kanji dan bubur kertas adalah 1:10.

2.4. Macam-macam Beton Ringan

2.4.1. Beton Non Pasir.

Beton non pasir (*non-fines concrete*) merupakan beton yang terbuat dari semen, air dan kerikil, tanpa pasir, karena tanpa pasir maka rongga-rongga antarabutir kerikil tidak terisi oleh butir-butir pasir. Rongga tersebut mengakibatkan berat jenis beton menjadi lebih ringan. Beton non pasir umumnya digunakan pada non struktural seperti pagar, rabat beton, batako. Beton non pasir lebih menonjolkan estetikanya dan hanya menggunakan sedikit semen yaitu karena untuk melapisi permukaan agregat kasar saja Berat Jenis beton non pasir ini berkisar dari 1963,04 kg/m³ (minimum) sampai dengan 2047,34 kg/m³ (maksimum). Kuat tekan beton non pasir minimum diperoleh pada variasi

berdiameter agregat 15 mm adalah 5,66 MPa; dan kuat tekan maksimum diperoleh pada variasi diameter 10 mm adalah 7,45 MPa (Ermiami dan Gussyafri, 2008).

2.4.2. Beton Ringan dengan Agregat Ringan

Beton ringan dapat dibuat dengan cara membuat beton ringan menggunakan agregat kasar ringan yaitu agregat dengan berat isi kering gembur maksimum 1100 kg/m^3 (SK SNI 03-3449-2002). Agregat kasar ringan dibagi menjadi dua yaitu agregat kasar ringan buatan berupa tanah liat yang sudah diproses pemanasan bahan-bahan seperti terak dan peleburan besi, tanah liat, diatmite, abu terbang, batu sabak, batu serpih, batu lempung, perlit dan vermikulit selain itu, ada juga agregat alami berupa batu apung skoria atau tufa.

2.4.3. Beton Kertas

Beton kertas (*papercrete*) adalah beton yang terbuat dari kertas dari campuran antara semen, pasir, dan kertas daur ulang. Limbah kertas yang digunakan umumnya dalam bentuk bubur kertas (*pulp*). Kertas dapat juga dijadikan sebagai pengganti agregat kasar yang akan digunakan dalam campuran adukan beton. Selain itu, penggunaan kertas juga untuk memanfaatkan kembali kertas yang semakin banyak akibat semakin tingginya penggunaan kertas di dunia.

2.5. Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya (Spesifikasi Bahan Tambah untuk Beton. SK SNI S-18-1990-03). Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang diteliti tentang pengaruhnya pada beton., khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan pengerjaan, dan kekedaaan terhadap air.

2.6. Hasil Penelitian yang Pernah Dilakukan

Berdasarkan penelitian Gunarto, dkk, (2008), kertas koran bekas sebagai bahan limbah sampah dapat dimanfaatkan sebagai beton dalam bentuk panel *papercrete*, dengan variasi campuran 1 : 2, 1 : 3, dan 1 : 4, dengan bahan tambah 0,2% gula pasir pada masing-masing variasinya, menghasilkan berat *papercrete* pada kategori beton ringan dengan berat antara 840 – 933 kg/m³. Kuat tekan *papercrete* terendah pada campuran 1 semen : 4 kertas non gula pasir sebesar 1,23 MPa dan kuat tekan tertinggi sebesar 2,48 MPa pada campuran 1 semen : 2 kertas dengan gula pasir. Modulus elastisitas beton terendah pada campuran 1 semen : 4 kertas, non gula pasir yaitu sebesar 2,53 MPa, dan tertinggi adalah pada campuran 1 semen : 3 kertas dengan bahan tambah gula pasir yaitu sebesar 6,48 MPa.

Berdasarkan penelitian Santoso, (2010) agregat kertas dengan diameter butiran 10-20 mm sebagai agregat beton ringan dengan perbandingan semen : agregat = 1 : 4, dengan variasi prosentase volume agregat kertas 0%, 15%, 30% dan 45% dari volume agregat keseluruhan diperoleh data berat jenis beton berturut-turut sebesar 2157,93 kg/m³; 2010,31 kg/m³; 1974,33 kg/m³ dan 1936,23 kg/m³, dengan kuat tekan 13,31 MPa; 8,59 MPa; 10,15 MPa dan 11,40 MPa dan modulus elastis beton berturut-turut sebesar 7770,19 MPa; 8047,92 MPa; 30429,12 MPa dan 24191,05 MPa.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Santosa, (2000) dengan menggunakan agregat ringan kasar berupa batu apung dengan diameter maksimum 2,5 mm, serta agregat halus dari Galunggung dengan bahan tambah *sika aer* sebesar 1,5% dari berat semen dan kadar *sika fume* adalah 3%, 6% dan 10% terhadap berat semen didapatkan peningkatan kuat tekan berturut-turut sebesar 0,79%, 15,36%, dan 21,90%, sedangkan *sika aer* mengakibatkan penurunan kuat tekan sebesar 0,35%, serta dapat menurunkan berat volume beton ringan 8,5% dibandingkan terhadap beton ringan tanpa aditif.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Arimurti (2009) dengan cara membuat beton non-pasir dengan perbandingan volume semen : agregat = 1 : 7, dan dengan faktor air-semen tetap, yaitu 0,40. Agregat kasar berasal dari Sungai Boyong. Beton non-pasir dibuat dengan variasi penambahan *silica fume* sebesar 0%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% dari berat semen dengan masing-masing variasi berjumlah 6 silinder. Jumlah keseluruhan benda uji berjumlah 108 silinder beton. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik belah,

dam modulus elastisitas. Dari hasil penelitian menunjukkan peningkatan kuat tekan pada masing-masing umur (14, 28, dan 56) hari secara signifikan terjadi pada penggunaan 5% *silica fume* sebesar 0,55 MPa (7,60%) , 0,46 MPa (5,51%), dan 0,32 MPa (3,75%) sedangkan untuk kuat tarik belahnya, peningkatan persentase pada masing-masing umur secara signifikan terjadi pada penggunaan 10% *silica fume*. 0,46 MPa (52,71%), 0,6 MPa (52,76%), dan 0,38 MPa (25,74%). Modulus Elastisitas beton non pasir dengan peningkatan paling signifikan terjadi pada penggunaan 5% *silica fume* sebesar 1115,87 MPa. Berdasarkan hasil analisis varian yang dilakukan terhadap hasil penelitian, menunjukkan bahwa penggunaan variasi tertentu *silica fume* pada lingkungan standard ASTM berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan beton non-pasir.