

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian balok komposit beton-baja ringan juga dilakukan oleh:

1. Sari, dkk (2021), dengan judul : Analisa Kuat Lentur Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Profil Baja Ringan Sebagai Tulangan. Berdasarkan hasil penelitiannya, bahwa nilai kuat lentur rata – rata pada sampel baja ringan desain B yaitu 11,816 MPa dan baja tulangan didapat nilai kuat lentur 9,993 MPa.
2. Pramudiyanto, dkk (2011). dengan judul : Pengaruh Tebal Selimut Beton Normal Pada Laju Korosi Baja Tulangan. Berdasarkan hasil penelitiannya, bahwa terdapat kecenderungan penurunan laju korosi dan densitas arus korosi (I_{corr}) terhadap kenaikan tebal selimut beton. Besarnya penurunan laju korosi untuk spesimen $\emptyset 1,25''$, $\emptyset 3''$, $\emptyset 5''$ dan $\emptyset 6''$ berturut-turut yakni 4,440981 mm/yr, 1,633995 mm/yr, 0,026253 mm/yr dan 0 mm/yr. Sedangkan penurunan densitas arus korosi (I_{corr}) untuk spesimen $\emptyset 1,25''$, $\emptyset 3''$, $\emptyset 5''$ dan $\emptyset 6''$ berturut-turut yakni 0,000382446 mA/cm² , 0,000141 mA/cm² , $2,26 \times 10^{-6}$ mA/cm² dan 0,00 mA/cm² .
3. Lutfi (2014) melakukan penelitian secara eksperimental terhadap balok komposit beton-baja ringan yang akan dijadikan alternatif lain balok beton pracetak komposit dari beton-baja tulangan biasa. Baja ringan digunakan sebagai *cover* sekaligus sebagai bekisting. Darihasil eksperimen menggunakan beban titik di tengah bentang, balok beton pracetak komposit dari beton-baja ringan mampu menahan 5 beban hingga 152 kN.

2.2 Pengertian Beton

Pengertian beton didefinisikan sebagai campuran semen *portland* atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau menggunakan bahan tambahan. Macam dan jenis beton terdiri bahan pembentuknya dapat berupa beton normal, bertulang, pracetak, pratekan, beton

ringan, beton tanpa tulangan, beton fiber dan lainnya (Tri Mulyono, 2015)

Beton normal ialah beton yang mempunyai berat isi 2200 kg/m^3 sampai dengan 2500 kg/m^3 dan dibuat dengan menggunakan campuran antara semen *portland* atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan maupun tanpa bahan tambahan, membentuk masa yang padat, kuat, dan stabil (SNI 7656-2012).

Menurut Tri Mulyono (2015) secara umum beton dibedakan berdasarkan kuat tekan yaitu :

1. Beton mutu rendah

Diklasifikasikan sebagai beton mutu rendah jika kekuatan tekannya kurang dari 17,5 MPa. Secara struktural beton yang digunakan pada bangunan yang direncanakan sesuai dengan aturan-aturan SNI tidak boleh kurang daripada 17 MPa (SNI 2847:2013, 2013) pasal 5.1.1, dan harus didasarkan pada uji silinder yang dibuat dan diuji sebagaimana yang dipersyaratkan dalam uji kuat tekan.

2. Kuat Tekan Beton Mutu Normal (Sedang)

Diklasifikasikan sebagai beton normal jika kuat tekan beton berkisar dari 17 Mpa sampai 41 MPa. Untuk menghasilkan kuat tekan beton normal dengan kinerja tertentu umumnya ditambahkan bahan tambah baik mineral maupun kimia.

3. Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi (high strength concrete) merupakan beton yang memiliki kekuatan tekan 6000 psi (40 MPa) atau lebih dari uji silinder. Adapun klasifikasi beton berdasarkan kuat tekannya dalam tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2. 1 Kelas dan Mutu Beton

Klasifikasi ¹⁾	Standar Nasional Indonesia	American Concrete Institute
Kekuatan tekan rendah (low strength)	$fc' < 20 \text{ MPa}^2)$	$fc' < 2000\text{psi}^4)$ $fc' < 14 \text{ MPa}$

Kekuatan tekan normal (normal strenght)	$20 \text{ Mpa} \leq f_c' < 41,4 \text{ Mpa}^2$	$200\text{psi}, f_c' \leq 6000\text{psi}^{4) 5)}$ $14 \text{ Mpa} < f_c' \leq (42 \text{ Mpa})$
Kekuatan tekan tinggi (high strenght)	$F_c' \geq 41,4 \text{ Mpa}^3)$	$f_c' > 6000\text{psi}^4) 5)$ $f_c' > (42 \text{ MPa})$

(Sumber: Mulyono, 2015)

Menurut Tri Mulyono (2015) berdasarkan jenisnya beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu:

1. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440 - 1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari $17,2 \text{ Mpa}$ menurut SNI 08-1991-03.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan sekitar $15 - 14 \text{ Mpa}$.

3. Beton berat

Beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang tinggi.

4. Beton massa (*Mass Concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. *Ferro-Cement*

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6. Beton Serat (*Fibre Concrete*)

Beton serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

2.3 Kuat Tekan

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang diinginkan, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan ialah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 hal 116 pada umur 28 hari.

Kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas dan dinyatakan dengan Mpa. Kuat tekan beton (f'_c) dilakukan dengan melakukan uji silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pada umur 28 hari dengan tingkat pembebanan tertentu. Selama periode 28 hari silinder beton ini biasanya ditempatkan dalam sebuah ruangan dengan temperatur tetap dan kelembapan 100%.

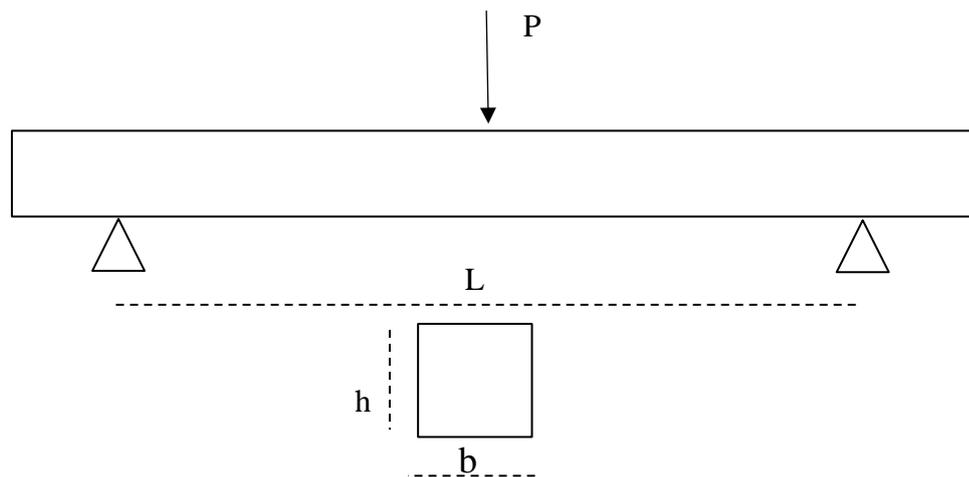
Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 1990 (SNI 03-1974-1990) yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan.

2.4 Kuat Lentur

Kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur yang dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Kuat lentur merupakan kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakkan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas.

Balok uji beton berpenampang persegi atau bujur sangkar dengan Panjang total balok empat kali lebar penampangnya. Beban maksimum yang menyebabkan keruntuhan balok uji didapatkan dengan menggunakan beban terpusat di tengah bentang (SNI 4154:2014) kuat lentur dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: bh^2

$$f_{lt} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b h^2} \dots\dots\dots(2.1)$$



Gambar 2.1 Perletakan pengujian Kuat Lentur balok

Keterangan:

f_{lt} = Kuat lentur. (Mpa)

P = Beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji. (N)

L = Panjang bentang di antara kedua balok tumpuan (mm)

b = Lebar balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

h = Tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

2.5 Slump dan Faktor Air Semen (FAS)

Pada setiap pengerjaan beton ada hal-hal yang harus diperhatikan salah satunya adalah kelecakan beton segar, kelecakan beton biasanya diperiksa dengan menggunakan uji *slump* untuk dapat memperoleh nilai slump yang kemudian akan dipakai sebagai tolak ukur kelecakan beton segar untuk kemudahannya dalam mengerjakan. Adapun faktor-faktor penyebab yang mempengaruhi kelecakan beton antara lain, sebagai berikut ini:

1. Jumlah air yang dipakai dalam adukan beton.
2. Jumlah semen dalam campuran adukan.
3. Gradasi agregat.
4. Besar butir maksimum agregat.

Slump pada beton sangat berhubungan dengan faktor air semen (fas) yang ada pada beton. Faktor air semen (fas) sendiri adalah perbandingan antara air dan juga semen yang digunakan pada campuran beton segar, semakin tinggi nilai faktor air semen (fas) pada sebuah beton biasanya akan semakin tinggi pula nilai *slump* yang didapatkan yang berarti jika nilai *slump* tinggi maka kuat tekan pun akan semakin kecil..

2.6 Keawetan

Keawetan beton merupakan lamanya waktu pada material untuk dapat melanjutkan pemakaiannya seperti yang telah direncanakan. Walaupun terjadi serangan dari luar baik fisik, mekanik dan kimia. Adapun pengaruh-pengaruh luar yang dapat merusak beton adalah pengaruh cuaca (hujan sinar matahari) silih berganti dan daya perusak kimiawi, misalnya air limbah/buangan, air laut, lemak gula dan sebagainya. Untuk mengatasi hal tersebut yaitu:

- Permukaan beton harus mulus misalnya (*Exposed concrete*).
- Tidak porous (rongga) dalam artian pemadatan harus baik.
- Menambah bahan tambahan tertentu untuk keperluan khusus.

2.7 Bahan Penyusun Beton

1. Semen Portland

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985^[2], semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan

bahan utamanya.

Bahan dasar semen Portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi, sebagaimana dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Susunan unsur semen Portland

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO ₂	17-25
Alumina, Al ₂ O ₃	3-8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5-6
Magnesia, Mg ₃	0,5-4
Sulfur, SO ₃	1-2
Soda/ Potash, Na ₂ O+ K ₂ O	0,5-1

Sumber: Tjokrodinuljo, 2007

Bahan pengikat hidrolis yang paling utama adalah semen portland. Disebut pengikat hidrolis karena semen portland akan mengikat (sifat sebagai bahan pembantu dan mengatur pengikatan. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland terbagi dalam 5 jenis yaitu :

1. Tipe I, yaitu untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya. Hanya tipe ini yang harus dipakai jika ingin ditambah *additive* dan *admixture*.
2. Tipe II, yaitu untuk konstruksi secara umum terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap Sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Tipe III, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV, yaitu untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap Sulfat. Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Proses kimiawi ini berupa rekristalisasi dalam bentuk *interlocking-crystals* sehingga membentuk gel semen yang akan mempunyai kekuatan tekan tinggi apabila mengeras.

2. Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm – 4,76 mm yang meliputi pasir kasar (*Coarse Sand*) dan pasir halus (*Fine Sand*). Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus. Menurut PBI, agregat halus memenuhi syarat:

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran tajam, keras, dan bersifat kekal artinya tidak hancur oleh pengaruh cuaca dan temperatur, seperti terik matahari hujan, dan lain-lain.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % berat kering, apabila kadar lumpur lebih besar dari 5%, maka agregat halus harus dicuci bila ingin dipakai untuk campuran beton atau bisa juga digunakan langsung tetapi kekuatan beton berkurang 5 %.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *ABRAMS-HARDER* dengan larutan NaOH 3%.
4. Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Fine Sand* antara 2,2 – 3,2. 5. Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Coarse Sand* antara 3,2 – 4,5.

Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam besarnya. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan tersebut juga dapat dipakai, asal saja kekuatan tekan adukan agregat pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama, tetapi dicuci terlebih dahulu dalam larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci bersih dengan air pada umur yang sama. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam dan apabila diayak dengan ayakan susunan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Sisa diatas ayakan 4 mm minimum beratnya 2%.
2. Sisa diatas ayakan 1mm minimum beratnya 10%.
3. Sisa diatas ayakan 0,025 beratnya berkisar antara 80% sampai 95%.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.

5. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
6. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *ABRAMS-HARDER* dengan larutan NaOH 3%.
7. Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Fine Sand* antara 2,2 – 3,2. Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Coarse Sand* antara 3,2 – 4,5.

Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam besarnya. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan tersebut juga dapat dipakai, asal saja kekuatan tekan adukan agregat pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama, tetapi dicuci terlebih dahulu dalam larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci bersih dengan air pada umur yang sama. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beraneka ragam dan apabila diayak dengan ayakan susunan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Sisa diatas ayakan 4 mm minimum beratnya 2%.
2. Sisa diatas ayakan 1mm minimum beratnya 10%.
3. Sisa diatas ayakan 0,025 beratnya berkisar antara 80% sampai 95%.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar (*Coarse Aggregate*) biasa juga disebut kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm – 150 mm.. Ketentuan agregat kasar antara lain:

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya. Bila melampaui harus dicuci.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
4. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
5. Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff

dengan beban uji 20 ton.

6. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
7. Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk agregat kasar antara 6 – 7,5.

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

- a. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
- b. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
- c. Agregat kasar buatan: Terutama berupa *slag* atau *shale* yang biasadigunakan untuk beton berbobot ringan.
- d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Agregat kasar yang diklasifikasi disini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

4. Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 25% berat semen saja. Namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini digunakan sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena dapat mengurangi kekuatan beton serta akan didapatkan beton yang porous. Selain itu kelebihan air pada beton akan bercampur dengan semen dan bersama-sama muncul ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang disebut dengan laitance (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat ke luar, sehingga terjadilah sarang-sarang kecil.

Persyaratan air yang akan digunakan dalam campuran beton adalah sebagai

berikut :

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam-garaman lebih dari 15 gram/liter.
- c. Air tidak boleh mengandung Chlorida (Cl) lebih dari 0,5gram/liter.
- d. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.8 Perawatan

Tujuan dari perawatan beton sendiri untuk mencegah adanya keretakan yang mungkin terjadi dimasa depan. Beton juga perlu dirawat untuk menjaga perbedaan suhu beton dengan sekitarnya yang terlalu besar. Perawatan beton juga diperlukan untuk stabilitas dan mencegah kehilangan air pada hari pertama. Perawatan beton bisa berlangsung hingga 2 minggu untuk melihat kondisi kelembapan pada beton.

Hal ini sangatlah penting untuk proses hidrasi semen diawal-awal pemakaiannya. Tingkat kelembapan beton yang baik ialah diatas 80% untuk mencegah terjadinya keretakan. Perawatan beton baik dilakukan selama 2 minggu lamanya.

Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton; kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur (Mulyono, 2015).

2.9 Prosedur Pengujian di Laboratorium

2.9.1 Pengujian Analisa Saringan dan Berat Jenis Penyerapan Agregat

Dalam pengujian ini ada beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah-langkah kerja dengan acuan yang dipakai, sehingga pengujian yang dilakukan akan menghasilkan nilai yang sebenarnya. Adapun pengujian ini meliputi sebagai berikut:

- a. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Modulus halus butir (MHB) ialah suatu indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekerasan butir-butir agregat. Maka semakin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar ukuran butir-butir agregatnya.

Analisa saringan agregat berguna untuk menentukan suatu persentase berat dari butiran agregat yang lolos dari saringan. Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MHB = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \dots\dots\dots(2.2)$$

b. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil atau batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5 mm – 20 mm. Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (SII.0052, 1980) atau 4,75 mm (ASTM C33, 1995) atau 5 mm (BS.812, 1976). Umumnya agregat kasar memiliki MHB sekitar 5,0 – 8,0.

Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan sebagai berikut:

$$MHB = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \dots\dots\dots(2.3)$$

c. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Berat jenis adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama dan pada suhu yang sama pula. Sedangkan penyerapan adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering (SSD = *Saturated Surface Dry*). Penyerapan air adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Standar laboratorium untuk penyerapan akan diperoleh setelah merendam agregat yang kering kedalam air selama (24 ± 4) jam.

Pengujian berat jenis penyerapan agregat halus Pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan agregat halus yang digunakan untuk menentukan nilai volume yang diisi oleh agregat. Pengujian ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Berat jenis kering (*Bulk dry spesific graffity*)

$$= \frac{B_2}{(B_3+500)-B_1} \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (*Bulk SSD spesific graffity*)

$$= \frac{500}{(B_3+500)-B_1} \dots\dots\dots (2.5)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{500-B_2}{B_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

B_1 = Berat piknometer + Air + Benda Uji

B_2 = Berat uji kering oven

B_3 = Berat piknometer + Air

d. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan agregat kasar yang digunakan untuk menentukan nilai volume yang diisi oleh agregat. Pengujian ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Berat jenis kering (*Bulk dry spesific graffity*)

$$= \frac{B_k}{(W_2+B_j)-W_1} \dots\dots\dots (2.7)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (*Bulk SSD spesific graffity*)

$$= \frac{B_k}{(W_2+B_j)-W_1} - W_1 \dots\dots\dots (2.8)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{b_j-b_k}{b_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering oven

B_j = Berat benda uji dalam keadaan SSD

W_1 = Berat piknometer + Air + Benda Uji

$W_2 = \text{Berat piknometer} + \text{AirPenguajian Bobot}$

e. Penguajian Berat Jenis Agregat Kasar

Penguajian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan agregat kasar yang digunakan untuk menentukan nilai volume yang diisi oleh agregat. Penguajian ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Berat jenis kering (*Bulk dry spesific graffity*)

$$= \frac{B_k}{(W_2 + B_j) - W_1} \dots\dots\dots(2.10)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (*Bulk SSD spesific graffity*)

$$= \frac{B_k}{(W_2 + B_j) - W_1} - W_1 \dots\dots\dots(2.11)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{b_j - b_k}{b_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering oven

B_j = Berat benda uji dalam keadaan SSD

W_1 = Berat piknometer + Air + Benda Uji

W_2 = Berat piknometer + AirPenguajian Bobot

2.9.2 Penguajian Bobot Isi Agregat

Penguajian ini berguna untuk menghitung berat isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Ukuran butir agregat kasar adalah 5mm–40mm, agregat halus terbesar 5mm. penguajian dalam kondisi padat dilakukan dengan cara ditusuk sedangkan dalam kondisi gembur dengan cara memasukan agregat sampai penuh lalu diratakan. Bobot isi kering udara agregat dihitung dalam kondisi kering oven dan kering permukaan. Pada kondisi padat dan gembur memiliki berat isi yang berbeda karena pada berat isi gembur masih terdapat rongga-rongga udara, berbeda dengan bobot isi padat yang dipadatkan dengan cara

ditusuk sehingga berat isi padat lebih berat daripada berat isi gembur karena berat isi padat tidak memiliki rongga udara. Berat isi pada agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berat jenis, gradasi agregat, bentuk agregat, diameter maksimum agregat. Dalam SII No.52-1980, berat isi untuk agregat beton diisyaratkan harus lebih dari 1,2 - 1,5 gr/cm². Adapun dalam pengujian ini digunakan rumus :

1. Bobot isi gembur

$$= \frac{\text{Berat Silinder} + \text{Agregat Gembur}}{\text{Volume Silinder}} \dots\dots\dots (2.13)$$

2. Bobot isi Padat

$$= \frac{\text{Berat Silinder} + \text{Agregat padat}}{\text{Volume Silinder}} \dots\dots\dots (2.14)$$

2.9.3 Kadar Air Agregat Halus dan Kasar

Kadar air agregat adalah perbandingan berat air yang terkandung didalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Kadar air tiap agregat bergantung pada tempat agregat tersebut berada.

Kadar air agregat dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

- 1) Kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair
- 2) Kadar air kering udara, yaitu punya kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi mengandung sedikit air dalam porinya dan masih menyerap air
- 3) Jenuh kering permukaan, yaitu dimana tidak ada air dipermukaan agregat, tetapi masih dapat menyerap air. Dalam kondisi ini air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton
- 4) Kondisi basah, yaitu dimana butir-butir agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan pada kadar air campuran beton.

Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

W_1 = Berat agregat

W_2 = Berat kering oven

2.9.4 Kadar Lumpur Agregat Halus dan Kasar

Kadar lumpur merupakan banyaknya lumpur yang terkandung didalam agregat. Lumpur yang terkandung didalam agregat dapat mempengaruhi mutu beton tersebut. Lumpur yang terkandung tidak boleh terlalu banyak, ada kecenderungan meningkatnya pemakaian air dalam campuran beton jika ada bahan-bahan itu tidak dapat menyatu dengan semen sehingga menghalangi penggabungan antara semen dan agregat serta mengurangi kekuatan beton.

Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_1 - W_3}{W_2} \times 100\% \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan :

W_2 = Berat kering oven

W_3 = Berat agregat setelah dicuci

2.9.5 Waktu Ikat Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Waktu pengikatan semen merupakan waktu yang dibutuhkan semen untuk mengeras.

Waktu ikat semen terbagi atas 2 yaitu waktu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Pengujian waktu ikat dapat dilakukan apabila nilai konsistensi normal semen tercapai. Syarat nilai konsistensi normal yaitu apabila jarum penetrasi mencapai angka 10 ± 1 mm sedangkan waktu ikat awal 25 ± 1 mm.

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen cukup kau untuk menahan tekanan standar pengujian waktu ikat semen adalah SNI 15-2049-2004.

2.9.6 Berat Jenis Semen

Semen portland merupakan salah satu bahan hidrolis yang dibuat dari campuran bahan yang mengandung oksida utamanya: kalsium, silika, alumina, dan

besi. Umumnya semen portland dibuat dalam suatu industri berteknologi modern dengan pengaturan komposisi yang akurat, sehingga terjamin mutunya. Namun demikian perbedaan pengaturan komposisi yang akurat, sehingga terjamin mutunya. Salah satu pengujian yang dapat mengindikasikan kepada hal tersebut adalah dengan pengujian berat jenisnya. Berat jenis semen portland komposit pada umumnya bernilai < 3 .

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{\text{Berat Semen}}{(V^2 - V^1)d} \dots\dots\dots (2.18).$$

