

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian Beton

Secara definitif, beton dimaknai menjadi campuran bahan yang berisi semen hidrolis, agregat halus dan kasar, serta air baik disertai maupun tidak disertai penambahan bahan lain (*admixture* atau *additive*) (SNI 2847:2013). Dengan perkembangan dari waktu ke waktu, beton memiliki penggolongan yang menyesuaikan pada kebutuhan seluruh negara dan instansi terkait.

Beberapa klasifikasi umum dari beton dapat dijelaskan terdiri dari:

1. Berat satuan (SNI 03-2847:2002)
 - Kategori berat : berat satuan $> 2.500 \text{ kg/m}^3$
 - Kategori normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
 - Kategori ringan : berat satuan $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
2. Kuat tekan (SNI 03-6468-2000, *ACI 318*, *ACI 363R-92*)
 - Kategori kualitas tinggi (*high strength concrete*) : $f_c' \geq 41 \text{ MPa}$
 - Kategori kualitas sedang (*medium strength concrete*): $f_c' = 21 \text{ MPa} - 40 \text{ MPa}$
 - Kategori kualitas rendah (*low strength concrete*) : $f_c' < 20 \text{ MPa}$
3. Berdasarkan pembuatan
 - Beton *cast in situ*, atau beton dicor pada lokasi pengerjaan beton, dengan cetakan maupun sesuai dengan kebutuhan bangunan atau struktur.
 - Beton *precast*, atau beton dicor pada lokasi pabrikasi tertentu, yang di kirim dan di rangkai sesuai dengan desain.
4. Berdasarkan lingkungan layan

Beton pada lingkungan tertentu biasanya dikategorikan sesuai dengan kondisi yang berisiko pada ketahanan dari konstruksi beton bertulang, antara lain:

 - Pada lingkungan korosif, sebab dapat dipengaruhi oleh zat sulfat, garam alkali, klorida, dsb.

- Pada lingkungan basah non-korosif
- Pada lingkungan terbuka/terpapar cuaca
- Pada lingkungan tertutup/terlindung atas cuaca

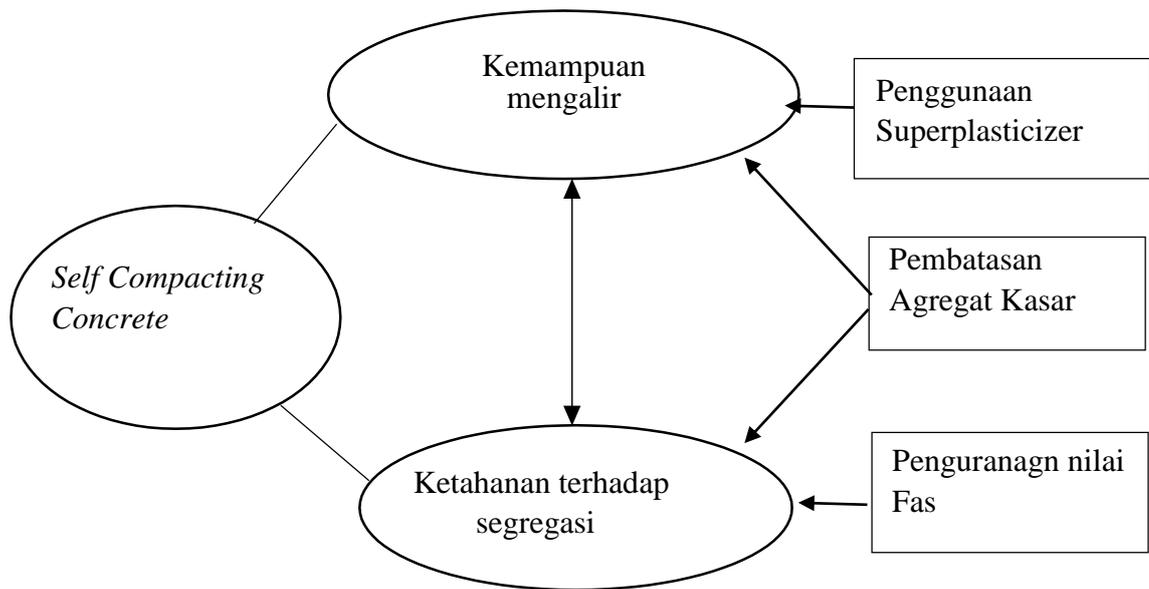
Dengan kondisi lingkungan berikut masing-masing tingkat risiko atas keawetan atau ketahanan konstruksinya, biasanya juga akan memerlukan perlakuan khusus pada bahan ataupun persyaratan desain dan pelaksanaannya.

5. Tegangan pra-layan

- Kategori Beton konvensional, atau beton normal yang tanpa mendapati adanya tegangan pra-layan
- Kategori Beton *pre-stressed*, atau beton yang beroleh tegangan pra-layan ketika konstruksinya melalui mekanisme sistem *prestressing*.
- Kategori Beton *post-tensioned*, atau beton yang beroleh tegangan pra-layan ketika konstruksinya melalui mekanisme sistem *post-tensioning*.

2.1.2 *Self Compacting Concrete*

Dijelaskan bahwa *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan sejenis beton yang dimungkinkan untuk bisa dialirkan ataupun dituang sehingga tidak membutuhkan mekanisme pemadatan melalui penggunaan vibrator maupun alat yang lain. Pada awalnya, SCC ditemukan pada 1990-an oleh Okamura di Jepang. Campuran beton bisa memadat atau mengalir sendiri menuju seluruh sudut struktur bangunan yang biasanya para pekerja kesulitan untuk menjangkaunya, serta mengisi permukaan dengan tinggi sesuai keinginan secara rata tanpa *blending*. Campuran beton ini kemudian disebut juga dapat mengalir lewat berbagai celah antara besi tulangan tanpa mendapati adanya kemungkinan segregasi (Sholihin As'ad, 2012) Berikut hubungan pemanfaatan *superplasticizer* pada sifat dari beton segar selama proses produksi SCC diperlihatkan melalui gambar berikut ini.



Gambar 2. 1 Prinsip dasar proses produksi SCC (Dehn dalam Adrianingias, 2013).

Komposisi agregat kasar dan halus pada SCC sangat berpengaruh, jika proporsi agregat halusnya semakin banyak, maka akan semakin meningkat daya alir betonnya, dan ketika semakin banyak proporsi agregat kasar resiko segregasi semakin tinggi.

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-2834-2000, bahwa agregat halus ialah pasir alam akibat desintegrasi antara pasir atau batu yang secara alami dari operasional industri pemecah batu, dengan ukuran butirnya yang paling besar adalah 5,0 mm. Selain itu agregat halus juga ialah butiran mineral dengan fungsi menjadi bahan pengisi campuran beton dan mortar. Selain uraian diatas, agregat halus juga memuat fungsi pokoknya ialah menjadi pengisi diantara agregat kasar untuk menguatkan ikatannya.

Pada SNI 03-2834-2000 terdapat empat daerah gradasi pada agregat halus yaitu :

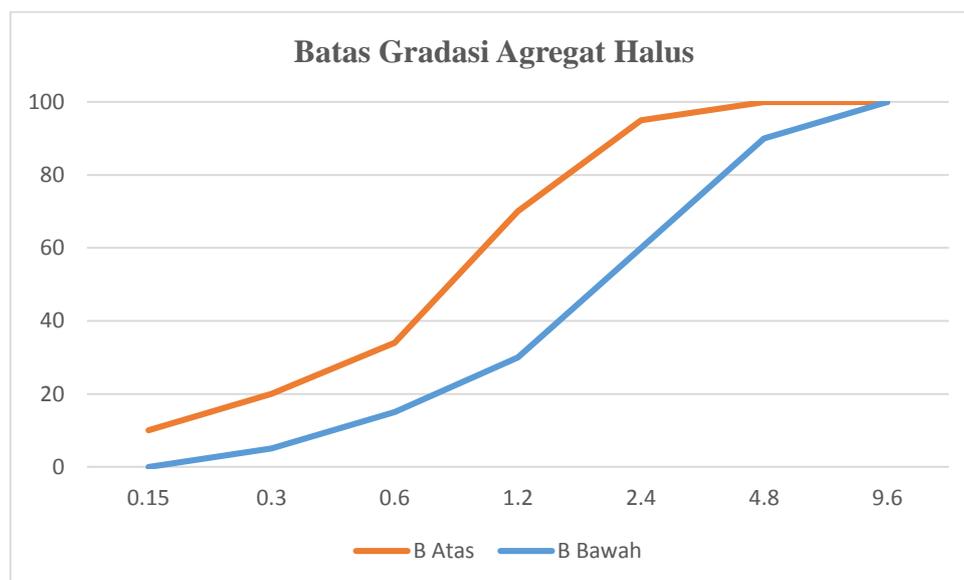
- Daerah gradasi I (Kasar)
- Daerah gradasi II (Agak Kasar)
- Daerah gradasi III (Agak Halus)
- Daerah gradasi IV (Halus)

Dari keempat daerah gradasi tersebut ditabelkan melalui tabel 2.1. Dari tabel tersebut, kemudian dibuat grafik untuk setiap daerah gradasi agregat halus.

Tabel 2. 1 Batas Gradasi Agregat Halus

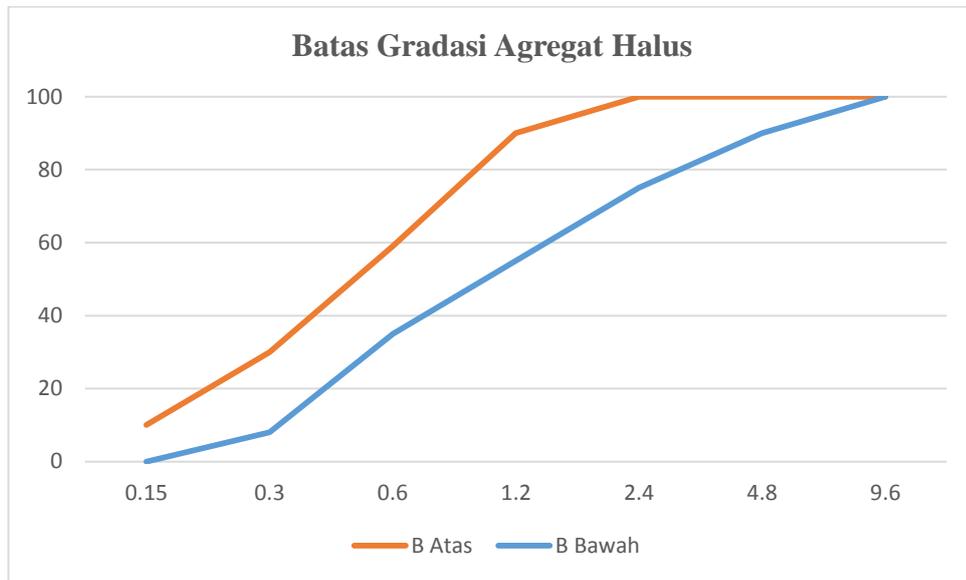
Lubang Saringan (mm)	prosentase lolos (%)			
	Daerah 1	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	90-100	90-100	85-100	95-100
1,2	60-95	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SNI 03-2834-2000



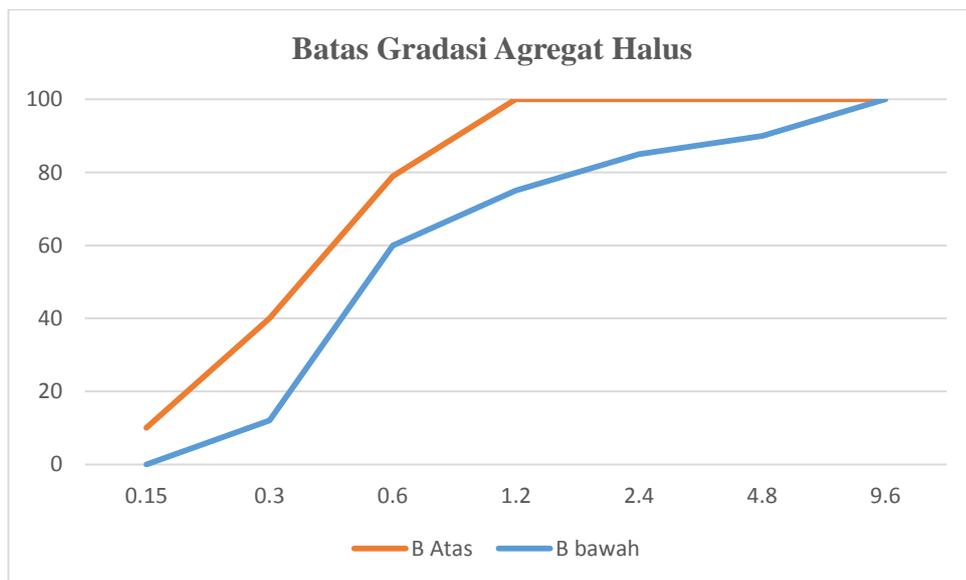
Gambar 2. 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar (Daerah I)

Sumber : SNI 03-2834-2000



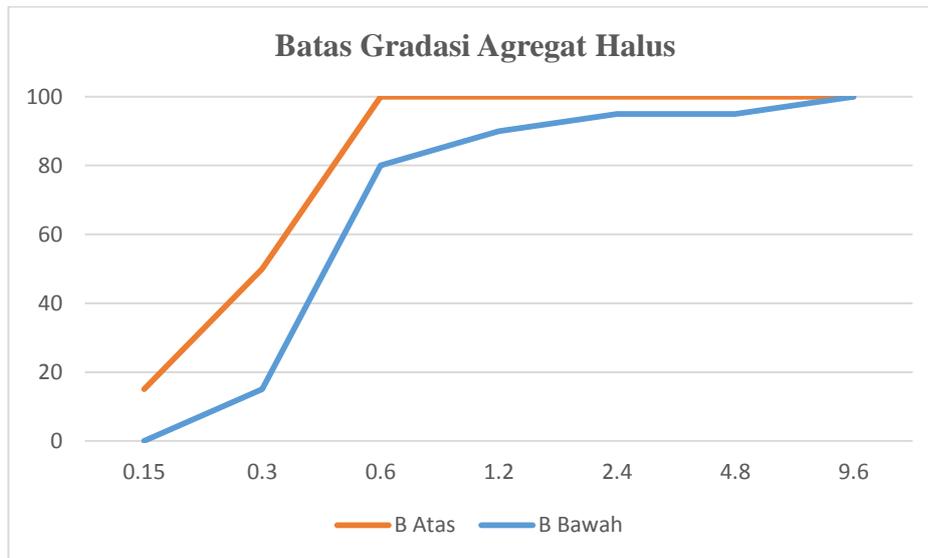
Gambar 2. 3 Grafik Gradasi Agregat Agak Kasar (Daerah II)

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2. 4 Grafik Gradasi Agregat Agak Halus (Daerah III)

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2. 5 Grafik Gradasi Agregat Halus (Daerah IV)

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.2.2 Agregat Kasar

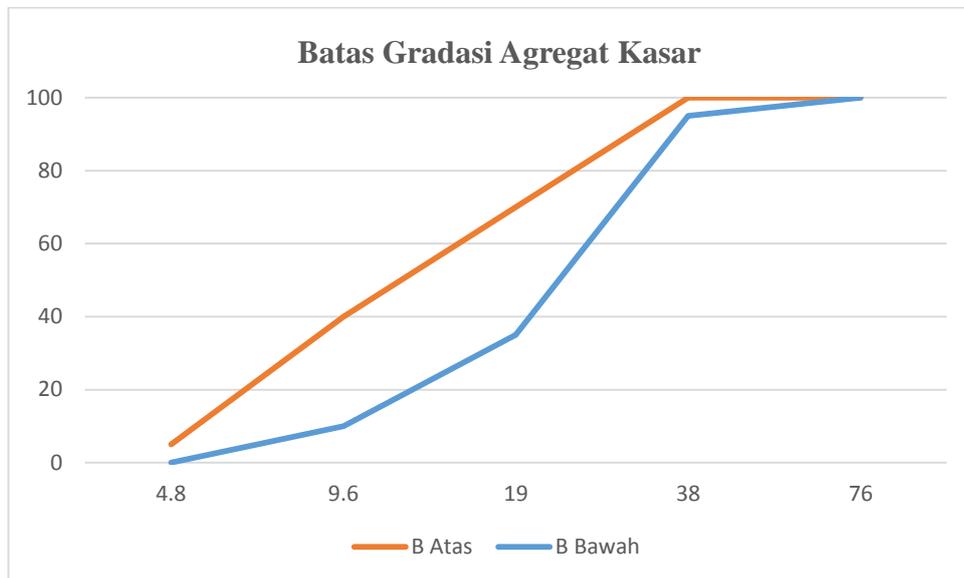
Adapun agregat kasar ialah kerikil akibat desintegrasi batu ataupun pasir dari operasional industri pemecah batu, dengan ukuran butirnya butir dari 5 mm hingga 40 mm (SNI 03-2834-2000). Fungsi agregat kasar yaitu menjadi komponen utama atau penyumbang terbanyak pada kekuatan atau daya calon beton yang akan dibuat. Besaran daya beton pada umumnya akan didasarkan atas daya agregat kasarnya.

Di dalam SNI 03-2834-2000, terdapat tiga daerah gradasi pada agregat kasar seperti pada tabel 2.2. Daerah gradasi tersebut dibuat grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.5

Tabel 2. 2 Analisa Saringan Agregat Kasar

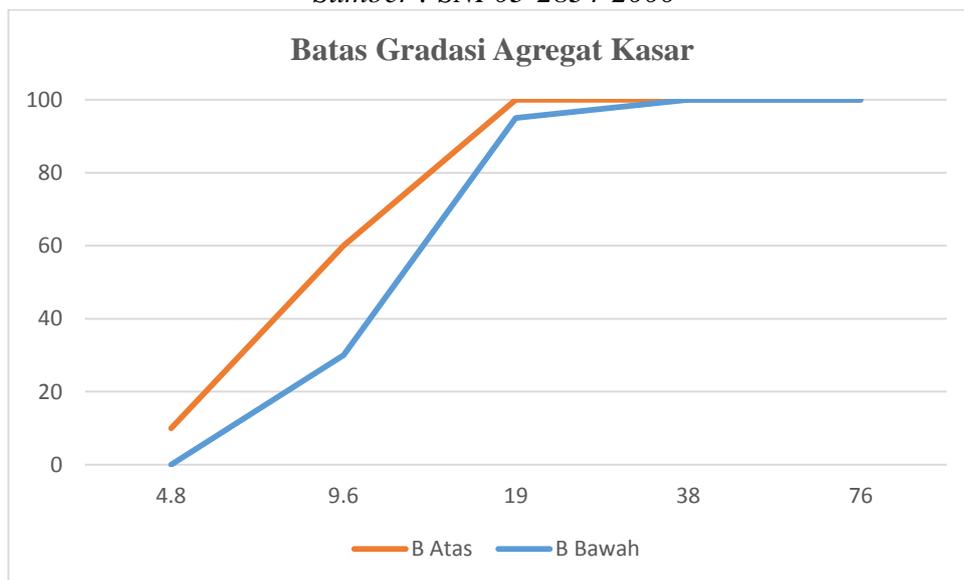
Lubang Saringan (mm)	prosaentse Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	100	100
38,1	95-100	100	100
19	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,76	0-5	0-10	0-10

Sumber : SNI 03-2834-2000



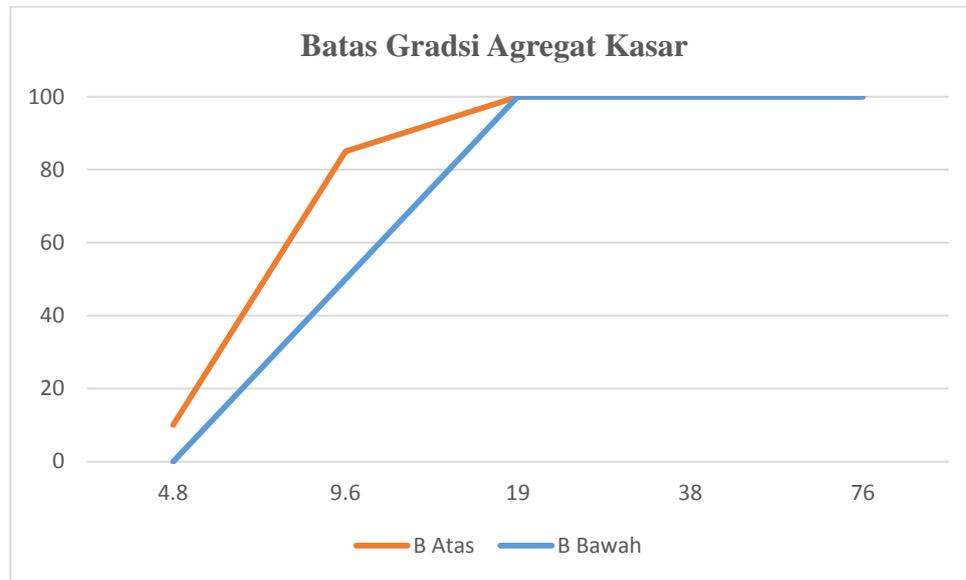
Gambar 2. 6 Grafik Gradasi Ukuran Maksimum 40 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2. 7 Grafik Gradasi Ukuran Maksimum 20 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2. 8 Grafik Gradasi Ukuran Maksimum 10 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.2.3 Air

Air yang digunakan pada pembuatan ataupun perawatan beton diharuskan dapat menghindari kandungan minyak, garam, asam alkali, bahan organis, maupun berbagai bahan lain yang berpotensi menjadi penyebab kerusakan kondisi beton dan/atau baja tulangan, sehingga lebih baik dapat menggunakan air bersih yang biasa dikonsumsi/diminum (PBI 1971). Kemudian untuk air pada adukan beton dimungkinkan penentuannya dari jumlahnya melalui ukuran isi atau berat serta diharuskan dapat akurat.

Adapun air dalam hal ini juga menjadi suatu faktor yang sangat signifikan ketika membuat beton, sebab akan bereaksi terhadap semen untuk kemudian menjadi pasta yang akan mengikat agregat. Selain itu dapat pula mempengaruhi kekuatan atau daya tekan beton, sebab lebih atau kurangnya air dapat menjadi penyebab dari menurunnya daya atau kekuatan beton. Kemudian akan terjadi *bleeding* pada beton ketika terlalu banyak air yang dipakai, atau air dan semen secara bersamaan bergerak menuju permukaan adukan beton masih segar karena penuangannya baru saja dilakukan. Hal yang membuat beton kekurangan lekatan pada lapis permukaan dengan beton pada lapisan bawah, serta arena di mana kedua lapisan kekurangan lekatan tersebut yang akan menjadi area dengan daya yang

sangat lemah. Air campuran beton juga dapat mempengaruhi *workability* dari adukan, besaran nilai atau tingkat susut beton, terjadinya reaksi dan semen untuk kemudian mendapatkan kekuatan selama tenggat waktu tertentu, serta dan peran pendukung air pada proses perawatan adukan beton yang dibutuhkan demi menjaga pengerasan tetap maksimal.

Penggunaan air pada beton sebaiknya telah sesuai dengan persyaratan yang terdiri dari (Tjokrodimulyo, 2007) :

- 1) Tak terdapat kandungan lumpur ataupun benda melayang lain dengan massa di atas 2 gr/ltr.
- 2) Tak terdapat kandungan berbagai garam yang berpotensi menjadi perusak beton (zat organik, asam) di atas 15 gr/ltr.
- 3) Tak terdapat kandungan Klorida (*Cl*) di atas 0,5 gr/ltr.

2.2.4 Semen

Dijelaskan bahwa semen *portland* ialah semen bersifat hidrolis yang proses pembuatan melalui mekanisme penggilingan pada terak semen *portland*, khususnya yang berisi kalsium silikat yang sifatnya hidrolis yang penggilingannya bersamaan berbagai bahan tambahan, seperti satu maupun beberapa kristal bersenyawa kalsium sulfat ataupun dimungkinkan penambahan adanya bahan yang lain (SNI 15-2049-2004). Adapun semen *portland* juga disebut juga merupakan suatu jenis semen yang paling umum digunakan. Terdapat ciri yang secara khusus dimiliki semen *portland* ialah bisa mengeras ketika bereaksi terhadap air dan kemudian menjadi benda padat yang tidak larut air.

Semen *portland* sebagaimana dijelaskan dalam SNI 15-2049-2004 terbagi dalam lima tipe berikut:

Tabel 2. 3 Pembagian Tipe Semen *Portland*

I	semen <i>portland</i> secara umum tak membutuhkan berbagai kualifikasi khusus sebagaimana dipersyaratkan terhadap beberapa jenisnya yang lain.
II	semen <i>portland</i> yang masih membutuhkan ketahanan pada kalor hidrasi ataupun sulfat yang bersifat sedang.

III	semen <i>portland</i> yang membutuhkan kekuatan atau daya tinggi ketika permulaan selepas terjadinya pengikatan.
IV	semen <i>portland</i> yang masih membutuhkan kalor hidrasirendah dalam penggunaannya.
V	semen <i>portland</i> yang masih membutuhkan ketahanan atau daya Tinggi pada sulfat dalam penggunaannya.

Sumber : SNI 15-2049-2004

2.2.5 Bahan Admixture

Admixture merupakan setiap bahan di luar unsur utama dari beton, yang terdiri dari agregat, air, dan semenyang ditambah dalam adukan beton, dengan bertujuan guna membuat berubah sifat beton ketika dalam kondisi segar atau baru saja mengeras (Lina, 2012). Adapun bahan kimia ini ialah modifikasi terhadap rantai *polycarbolix ether*, yang pengembangannya ditujukan terhadap industri beton dengan masih membutuhkan adanya nilai *slump*, daya tahan, dan kekuatan beton ketika menghadapi iklim yang cenderung panas. Melalui bahan ini akan didapatkan adukan dengan nilai di bawah nilai kekentalan adukan serupa sehingga menjadi lebih tinggi kekuatan tekan betonnya (Prasetyo, 2012). *Superplasticizier* jenis ini cukup sesuai ketika digunakan sebagai beton pracetak yang memuat *workability* optimal dengan kekuatan tinggi baik pada awal maupun akhir prosesnya. *Superplasticizier* yang digunakan ini bermanfaat atau memuat keuntungan dengan rendahnya rasio air-semennya, tak terdapat segregasi atau *bledding*, lebih rata permukaannya, sifat mekanis dari beton lebih tinggi, misalnya dalam *ultimate strength*, ikatan pada baja, modulus elastisitas, ketahanannya atas bahan kimia juga semain meningkat, serta lain sebagainya.

2.3 Perawatan Beton

Perawatan beton (*curing*) yang telah mengeras. Perawatan ini dilakukan guna mencegah beton retak akibat beton kehilangan air begitu cepat atau sering disebut hidrasi. Perawatan pada beton diharuskan ketika suhunya melebihi 10° celcius, serta ketika lembab minimalnya dalam 7 hari selepas pengecoran, di

luar ketika diharuskan mendapati adanya percepatan perawatan. Tujuan dari dilakukannya perawatan ini ialah membuat pengembangan kekuatan beton dapat sempurna dan wajar sekaligus tingkat kekedapan dan keawetannya lebih optimal, serta lebih ketahanannya lebih stabil dari kemungkinan aus dalam dimensi strukturnya. Selain itu juga berguna dalam pencegahan terhadap kemungkinan berlebihannya temperatur atau suhu beton ataupun penguapan air yang akan mengurangi kualitas beton terhadap kemampuan layan struktur atau komponen (SNI 03 – 2847 – 2002). Adapun maksud dari pelaksanaan perawatan beton ini ialah untuk menghindari beton kekuarangan air-semen ketika *setting time*, karena penguapan, dan signifikansi perbedaan pada suhu beton dengan lingkungan sekitar (Ozoyami, 2019).

2.4 Uji Kuat Tekan Beton

Pada uji terhadap kuat tekan beton, nilainya bisa didapatkan melalui mesin uji melalui mekanisme pemberian beban tekan yang bertingkat, disesuaikan terhadap kecepatan yang telah ditentukan pada benda uji silinder yang berdiameter 150 mm dengan tingginya 300 mm. Kemudian benda yang diuji ditekan pada mesin hingga terpecah atau jarum *dial indicator* berhenti. Beban maksimal ketika benda yang diuji telah pecah kemudian dibagi luasan penampang dari benda uji untuk dapat menemukan nilai kuat desak melalui persamaan MPa atau kg/cm²

Rumus pada persamaan 1 guna memperoleh nilai kuat tekan beton sebagaimana percobaan laboratorium, yakni:

$$f'_c = P/A \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

f'_c = Kuat Tekan (MPa)

P = Beban Tekan (N)

A = Luas Penampang Benda Uji (mm²)

2.5 *Ground Granulated Blast Slag Furnace (GGBFS)*

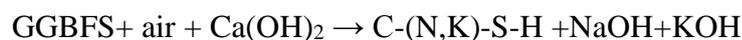
Adapun dijelaskan bahwa *Blast furnace slag* (ASTM C.989-04 *Standard Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortar*) yang terdiri dari kapur, silikat, dan alumino silikat, adalah produk non

logam yang dikembangkan ketika kondisinya cair dengan besi pada *blast furnace*. (Karim, Sulistiyowati, Paratiwi, 2018). *Slag* dari peleburan besi ataupun yang lainnya berdasar PP No 101/2014, tentang limbah B3 dikategorikan sebagai kelas 2 harus dikelola agar tidak mencemari lingkungan. Terkait UU Minerba No.4 2009, timbunan *slag* dalam industri peleburan logam mengharuskan adanya pengolahan mineral. Pemanfaatan *slag* pada produk semen telah dilakukan di beberapa negara, seperti Jerman (1826), China (1990), USA (1996), dan di Indonesia (2017). Dijelaskan juga bahwa GGBFS atau *slag* akan bereaksi ketika di tambah air dan memiliki proses hidrasi yang lambat di banding dengan semen pada suhu standar (20°C), bahan penyusun *slag* sendiri hampir serupa dengan semen.

Slag yang utama terbagi atas SiO₂, CaO, Al₂O₃ and MgO, serupa senyawa pokok dari semen (Roy,1982). Begitu juga dengan Hasil reaksi hidrasi semen kalsium yang utama akan serupa hasil hidrasi *slag* namun lebih bersifat gel, sehingga meningkatkan kepadatan pasta.

Adapun reaksi pozzolanic GGBFS melalui penggunaan Ca(OH)₂ berdasarkan hidrasi semen berguna dalam memperoleh senyawa C-S-H tambahan. Berikut ini merupakan mekanisme dari proses hidrasi GGBFS [7]

1. Reaksi primer:



2. Reaksi sekunder:

a. hasil reaksi utama semen + GGBFS

b. hasil reaksi utama semen + hasil reaksi utama GGBFS