

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton adalah bahan konstruksi yang memiliki peran penting dalam industri konstruksi. Sebagai bahan yang paling banyak digunakan dalam berbagai struktur, beton dikenal karena daya tahan, kekuatan, dan fleksibilitas akan bentuk daripada bidang kerjanya. Beton terdiri material komposit yang terdiri dari agregat halus (biasanya pasir), agregat kasar (biasanya kerikil), dan medium pengikat (biasanya campuran semen hidrolis dan air) dengan atau tanpa bahan tambahan, campuran, atau tambahan (Karya, 2008). konsep dasar beton melibatkan beberapa komponen utama yang dikombinasikan untuk menghasilkan campuran yang solid dan kuat, Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana pada usia 28 hari.

Keunggulan lain yang dimiliki beton dibandingkan dengan material lainnya adalah mempunyai kuat tekan dan stabilitas volume yang baik dan biaya perawatannya relatif lebih murah. Selain itu, material beton lebih tahan terhadap pengaruh lingkungan, tidak mudah terbakar, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi, sehingga banyak digunakan sebagai pelindung struktur baja terhadap pengaruh kebakaran pada bangunan gedung.(Syarif Hidayat, 2009).

Beton umur 28 hari memiliki kekuatan tekan 10-65 MPa, lalu beton bertulang biasanya memiliki kekuatan tekan 17–30 MPa, Sedangkan untuk beton prategang digunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar antara 30-45 MPa. Untuk keadaan dan keperluan khusus, beton mampu mencapai kuat tekan 62 MPa. Beton dengan kekuatan tekan tinggi ini biasanya dibuat di bawah pengawasan ketat laboratorium. (Dipohusodo, 1999).

Penggunaan beton sampai saat ini masih mejadi pilihan utama konstruksi bangunan, karena karakteristik beton yang fleksibel dan metode serta

materialnya mudah ditemukan dipasaran. Pada umumnya beton digunakan pada pekerjaan bangunan gedung, jembatan, dinding penahan tanah, terowongan, tangki, saluran air dan lainnya (Tampubolon P Sudarno, 2022).

2.1.1. Jenis-jenis Beton

Terdapat beberapa jenis beton, antara lain:

a. Beton ringan

Berat jenisnya <1900 kg/m³, dipakai untuk elemen non-struktural. Dibuat dengan cara-cara berikut: membuat gelembung udara dalam adukan semen, menggunakan agregat ringan (tanah liat bakar/batu apung) atau pembuatan beton non-pasir.

b. Beton normal

Berat jenisnya 2200-2500 kg/m³, dipakai hampir pada semua bagian struktural bangunan.

c. Beton berat

Berat jenis >2500 kg/m³, dipakai untuk struktur tertentu, misal: struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.

d. Beton jenis lain

Beton massa (mass concrete) Beton yang dituang dalam volume besar, biasanya untuk pilar, bendungan dan pondasi turbin pada pembangkit listrik. Pada saat pengecoran beton jenis ini, pengendalian diutamakan pada pengelolaan panas hidrasi yang timbul, karena semakin besar massa beton maka suhu didalam beton semakin tinggi. Bila perbedaan suhu didalam beton dan suhu di permukaan beton >20°C dapat menimbulkan terjadinya tegangan tarik yang disertai retak-retak

Terdapat jenis beton yang sering digunakan yaitu beton normal, karena sifatnya yang dapat diaplikasikan pada setiap pekerjaan konstruksi (Karya, 2008).

2.1.2. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Beton adalah batu buatan terbuat dari campuran adukan semen, agregat halus dan agregat kasar yang dibentuk sedemikian rupa sehingga

menjadi struktur beton untuk bangunan, beton merupakan sebuah material utama yang paling sering digunakan pada pekerjaan konstruksi, berikut ini kelebihan dan kekurangan beton sebagai bahan bangunan. Berikut adalah beberapa kelebihan dari beton:

- a. Tahan lama
- b. Kekuatannya bisa diatur
- c. Mudah dibentuk
- d. Maintenance/ perawatannya lebih mudah
- e. Tahan terhadap suhu tinggi
- f. Mampu memikul beban tekan yang berat
- g. Tahan terhadap api dan cuaca ekstrem
- h. Mudah didapat bahan bakunya

Sedangkan kekurangan beton adalah sebagai berikut:

- a. Pekerjaan butuh ketelitian tinggi
- b. Lebih mahal dibandingkan dengan beberapa bahan konstruksi lainnya
- c. Kuat tariknya lemah
- d. Lebih lama dalam proses pengerjaan
- e. Bentuk yang sudah dibuat susah diubah
- f. Daya pantul suara besar
- g. Beton yang mengeras sebelum pengecoran, tidak bisa didaur ulang
- h. Berat

2.2. Limbah besi (*Iron Slag*)

Menurut Paul. N. Antoni (2007), *Slag* merupakan bahan sisa dari pengecoran besi, dimana prosesnya memakai dapur (furnance) yang bahan bakarnya dari udara yang ditiupkan (blast). Pada peleburan Baja, biji besi atau besi bekas dicairkan dengan II-3 kombinasi batu gamping, delomite atau kapur, pembuatan baja dimulai dari dengan menghilangkan ion pengotor baja, diantaranya *aluminium*, *silicon* dan *phosphor*. Untuk menghilangkan ion pengotor baja, diantaranya *aluminium*, *silicon* dan *phosphor*. Untuk menghilangkan ion pengotor tersebut, diperlukan kalsium yang terdapat pada batu kapur. Campuran kalsium, *aluminium*, *silicon* dan *phosphor* membentuk

(slag) yang bereaksi pada temperature 1600°C dan membentuk cairan, bila cairan ini didinginkan maka akan terjadi kristal, II-12 dapat digunakan sabagai campuran semen dan dapat juga sebagai pengganti agregat. (ASTM 494, 1994) Slag adalah produk non-metal yang merupakan matrial berbentuk halus sampai balok–balok besar, dari hasil pembakaran yang didinginkan.

Menurut Lewis (1982) keuntungan penggunaan limbah padat (slag) dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Mempertinggi kekuatan tekan beton karena kecenderungan melambatnya kenaikan kekuatan tekan
2. Menaikkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan beton
3. Mengurangi variasi kekuatan tekan beton
4. Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu.

Menurut Cain (1994:505), faktor-faktor untuk menentukan sifat penyemenan (cementious) dalam slag adalah komposisi kimia, konsentrasi alkali dan reaksi terhadap sistem, kandungan kaca dalam slag, kehalusan dan temperatur yang ditimbulkan selama proses hidrasi berlangsung. PT Krakatau Semen Indonesia menyatakan bahwa slag merupakan residu pembakaran pada tanur (*furnace*) dari proses pemurnian baja atau produk samping dari pabrik baja seperti PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. dan anak perusahaannya PT Krakatau Posco yang sudah dihaluskan. Slag utamanya mengandung kalsium, aluminium dan silika yang memiliki komposisi kimia tidak berbeda dengan bahan-bahan mineral alami termasuk bahan hidrasi seperti Semen Portland. Komposisi kimia pada *ground granulated blase furnace slag* dapat diliat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Pada *Ground Granulated Blase Furnace Slag*

No	Parameter	Oksida	Hasil Uji
1	Kalium Oksida	CaO	45,20%
2	Silikon Oksida	SiO ₂	34,80%
3	Alumunium Oksida	Al ₂ O ₃	14,79%
4	Sulfur Oksida	SO ₃	1,74%
5	Ferri Oksida	Fe ₂ O ₃	1,34%

6	Magnesium Oksida	MgO	0,99%
7	Titanium Oksida	TiO ₂	0,55%
8	Kalium Oksida	K ₂ O	0,38%
9	Mangan Oksida	MnO	0,25%
10	Natrium Oksida	Na ₂ O	0,22%
11	Barium Oksida	BaO	0,08%
12	Phospor Oksida	P ₂ O ₅	0,05%

Sumber: Krakatau Semen Indonesia

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Definisi slag dalam ASTM. C.989, “*Standard spesification for ground granulated Blast-Furnace Slag for use in concrete and mortar*”, (ASTM, 1995: 494) adalah produk non-metal yang merupakan material bentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya dalam air

2.3. Mix Design

Dalam memilih bahan campuran beton, mempertimbangkan kuantitas atau perbandingan dari setiap materialnya agar beton mencapai kualitas yang disyaratkan. Beberapa metode dalam perancangan beton :

1. Metode ACI (*American Concrete Institute*) Method, mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan dilapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan dan kekuatan pekerjaan beton. Cara ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan.
2. Metode Road Note No.4, cara perancangan ini ditekankan pada pengaruh gradasi agregat terhadap kemudahan pengerjaan. II -20
3. Metode SK.SNI T-15-1990-03./ Current British Method (DOE) , disusun oleh British Departement of Environment pada tahun 1975 untuk menggantikan Road Note.4 di Inggris. Untuk kondisi di Indonesia telah diadakan penyesuaian pada besarnya variasi kuat tekan beton.

4. Metode campuran coba-coba, cara coba-coba dikembangkan berdasarkan cara metode ACI, Road Note No.4 dan SK.SNI T-15-1990- 03, setelah dilakukan pelaksanaan dan evaluasi. Cara ini berusaha mendapatkan pori-pori yang minimum atau kepadatan beton yang maksimum artinya bahwa kebutuhan agregat halus maksimum untuk mendapatkan kebutuhan semen minimum.

2.4. Kuat tekan beton

Menurut (ASTM C39, 2014) tentang standar tes untuk kuat tekan sampel dihitung dengan cara membagi beban maksimum yang dicapai selama pengujian dengan luas permukaan sampel beton, secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$f'_c = P/A \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas penampang tertekan (mm²)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton :

1. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan Fungsi dari faktor air semen yaitu:
 - a. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
 - b. Sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar lebih mudah dalam pencetakan beton.

Kekuatan beton tergantung pada perbandingan faktor air semennya. Semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton, namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas – batas dalam hal ini, nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu

beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0.4 dan maksimum 0.65 (Tri Mulyono, 2004). Sehingga dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik. (L.J. Murdock and K.M. Brooks, 1979).

2. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.

2.5. Semen Portland

Semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Badan Standardisasi Nasional, 2015)

2.5.1. Jenis-Jenis Semen

Menurut SNI 2049:2015 terdapat beberapa jenis semen, antara lain:

1. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasirendah.
5. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen Tipe I adalah semen yang lebih sering digunakan pada

bangunan. Semen ini memiliki keunggulan dapat meningkatkan kekuatan dan mengeras melalui suatu reaksi kimia dengan air yang disebut hidrasi.

2.5.2. Sifat Fisik Semen Kehalusan Butir :

1. Semakin halus semen, maka permukaan butirannya akan semakin luas, sehingga persenyawaanya dengan air akan semakin cepat dan membutuhkan air dalam jumlah yang besar pula.
2. Berat jenis Berat jenis semen pada umumnya berkisar 3.15 kg/liter.
3. Waktu pengerasan semen Pengerasan semen dikenal dengan adanya waktu pengikatan awal (initial setting) dan waktu pengikatan akhir (final setting). Waktu pengikatan awal dihitung sejak semen tercampur dengan air hingga II -23 mengeras. Pengikatan awal untuk semua jenis semen harus diantara 60 – 120 menit.
4. Kekekalan bentuk Pasta semen yang dibuat dalam bentuk tertentu dan bentuknya tidak berubah pada waktu mengeras, maka semen tersebut mempunyai sifat kekal bentuk.
5. Pengaruh suhu Pengikatan semen berlangsung dengan baik pada suhu 35°C dan berjalan dengan lambat pada suhu di bawah 15°C.

Tabel 2.2 Sifat Fisik Semen

No	Uraian	Jenis semen portland				
		I	II	III	IV	V
1	Kehalusan:					
	Uji permeabilitas udara, m ² /kgdengan alat :					
	- Turbidimeter, min	160	160	160	160	160
	- Blaine, min	280	280	280	280	280
2	Kekekalan : Pemuaian dengan autoclave, maks %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

3	Kuat tekan:					
	- Umur 1 hari, kg/cm ² , minimum	-	-	120	-	-
	- Umur 3 hari, kg/cm ² , minimum	135	100 70 a)	240	-	80
	- Umur 7 hari, kg/cm ² , minimum	215	175 120 a)	-	70	150
	- Umur 28 hari, kg/cm ² , minimum	300	-	-	170	210
4	Waktu pengikatan (metode alternatif) dengan alat:					
	a) Gillmore					
	- Awal, menit, minimal	60	60	60	60	60
	- Akhir, menit, maksimum	600	600	600	600	600
	b) Vicat					
- Awal, menit, minimal	45	45	45	45	45	
- Akhir, menit, maksimum	375	375	375	375	375	

Sumber : (Badan Standardisasi Nasional, 2015)

Terdapat uji semen yang dapat dilakukan, yaitu uji berat jenis semen.

Dalam pengujian tersebut, terdapat perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{\text{Berat Semen}}{(v_2 - v_1)} \dots \dots \dots (2.2)$$

2.6. Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan. Menurut SNI 2847-2013 (2013), agregat merupakan bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (blast-fumace slag), yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Komposisi agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Pada beton konvensional, menggunakan agregat dalam campurannya, dimana pengertian agregat adalah butiran mineral

alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70 % volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Dari hal tersebut, peranan agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Sedangkan dari keseluruhan kebutuhan agregat pada beton, agregat kasar mempunyai porsi yang lebih tinggi dibanding dengan agregat halus, sehingga secara keseluruhan material pembentuk beton sangat didominasi oleh agregat kasar. Fungsi agregat kasar pada beton adalah sebagai kekuatan pada beton. Berdasarkan hal tersebut diatas, pengaruh kekuatan agregat terhadap beton sangat besar. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan agregat pada beton yaitu kekerasan agregat, kekasaran permukaan agregat, dan gradasi agregat. Batu pecah yang memiliki permukaan yang lebih kasar daripada kerikil sehingga memberikan kuat tekan yang lebih tinggi pada beton.

1. Agregat Kasar

Menurut (ASTM C33/C33M – 13, 2010) agregat kasar adalah agregat yang tertahan dari ayakan 4,75 mm. Syarat-syarat agregat kasar sebagai berikut:

- a. Agregat kasar harus terdiri butiran keras dan tidak berpori.
- b. Bersifat kekal, artinya tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- c. Modulus halus butir agregat kasar antara 5-7,1 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %, apabila kadar lumpur melampaui 1% agregat kasar harus di cuci.
- e. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.

Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan ASTM C33	Lolos Ayakan (%)
37,50 mm	100
25,00 mm	90 – 100

19,00 mm	40 – 85
12,50 mm	10 – 40
9,50 mm	0 – 15
4,75 mm	0 – 5

Sumber: ASTM C33

Terdapat uji agregat yang dapat dilakukan, yaitu pengujian kadar air dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat kasar} = \frac{w_3 - w_5}{w_5} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

2. Agregat Halus

Menurut (SNI-8321_Spesifikasi Agregat Beton, 2016) agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir buatan, atau kombinasi keduanya. Agregat halus harus memiliki nilai tidak lebih dari 45% lolos ukuran saringan manapun dan tertinggal di saringan berikutnya. Menurut ASTM C 125-92, agregat halus adalah agregat yang melewati ayakan 3/8 in (9,5 mm) dan hampir seluruhnya melewati saringan 4,75 mm (saringan No. 4 Standar ASTM) dan tertahan pada ayakan 75 mm (No. 200).

Syarat-syarat agregat halus sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5 %.
- b. Modulus kelengkapannya harus tidak kurang dari 2,3 atau lebih dari 3,1.
- c. Tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- d. Tidak mengandung zat organik yang terlalu banyak. 20
- e. Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus harus tidak reaktif terhadap alkali.
- f. Agregat halus dari laut/pantai boleh dipakai asal dengan petunjuk lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Berikut tabel gradasi agregat halus berdasarkan ASTM C33:

Tabel 2.4 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan ASTM C33	Lolos Ayakan (%)
37,50 mm	100
25,00 mm	90 – 100

19,00 mm	40 – 85
12,50 mm	10 – 40
9,50 mm	0 – 15
4,75 mm	0 – 5

Terdapat beberapa uji agregat yang akan dilakukan, yaitu:

4 Berat Jenis

Pengujian berat jenis dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4 yang mengacu pada SNI 1970:2008:

$$\text{Berat Jenis Pasir} = \frac{W1}{W1+W2=W3} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

W1 = Berat Jenis awal (gr)

W2 = Berat Pasir + *Picnometer* (gr)

W3 = Berat *Picnometer* + air (gr)

5 Analisa Saringan Pasir

Perhitungan analisa saringan pasir dapat menggunakan persamaan 2.5 yang mengacu pada SNI 03-1968-1990:

$$\text{Modulus Halus Pasir} = \frac{\%Kumulatif Tertinggal}{100} \dots\dots\dots (2.5)$$

6 Berat volume agregat

Berat volume agregat adalah rasio antara berat agregat dengan volume agregat. Rumus pengujian berat volume agregat halus dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6:

$$\text{Berat Volume} = \frac{W3}{V} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

W1 = Berat bejana

W2 = Berat Bejana berisi benda uji

W3 = Berat benda uji (W2-W1)

V = Volume benda uji

7 Pengujian kadar lumpur

Pengujian kadar lumpur terhadap agregat yang digunakan dalam komposisi pembuatan agregat ringan ini berguna untuk mengetahui seberapa banyak lumpur yang terdapat pada suatu agregat yang akan digunakan sebagai

campuran Beton SNI 03-4428-1997. Pengujian kadar lumpur dengan cara basah dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7.

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{h}{H} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

h = Kadar lumpur (mm)

H = Tinggi pasir (mm)

8 Pengujian kadar air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap melalui pori-pori. Setiap bahan campuran beton mempunyai tingkat resapan pasir yang berbeda beda hal ini dipengaruhi tergantung dari jumlah udara yang terjadi. Metode pelaksanaan pengujian mengacu pada (SNI 1970. 2008). Kadar penyerapan air pasir dapat dihitung dengan Persamaan 2.8.

$$\text{Kadar Air} = \frac{W1-W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

W1 = Berat pasir SSD awal (gr)

W2 = Berat pasir kering oven (gr)

Berikut terlampir pada gambar 2.1, tabel menurut SNI – 8231 Spesifikasi agregat beton, 2016 mengenai jumlah yang lebih halus dari masing-masing saringan laboratorium (lubang persegi) persen massa:

Nomor ukuran	Ukuran nominal (saringan dengan lubang persegi)	Jumlah yang lebih halus dari masing-masing saringan laboratorium (lubang persegi), persen massa													
		100 mm (4 in)	90 mm (3.5 in)	75 mm (3 in)	63 mm (2.5 in)	50 mm (2 in)	37.5 mm (1.5 in)	25.0 mm (1 in)	19.0 mm (3/4 in)	12.5 mm (1/2 in)	9.5 mm (3/8 in)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 6)	1.18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm-37.5 mm (3.5 in-1.5 in)	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm-37.5 mm (2.5 in-1.5 in)	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm-25.0 mm (2 in-1 in)	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	-	-	-	-	-	-
367	50 mm-4.75 mm (2 in-no. 4)	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-	-	-
4	37.5 mm-19.0 mm (1.5 in-3/4 in)	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	-	-	-	-	-
467	37.5 mm-4.75 mm (1.5 in-no. 4)	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-	-
5	25.0 mm-12.5 mm (1 in-0.5 in)	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	-	-	-	-	-
56	25.0 mm-9.5 mm (1 in-3/8 in)	-	-	-	-	-	100	90-100	40-95	10-40	0-15	0-5	-	-	-
57	25.0 mm-4.75 mm (1 in-no. 4)	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	-	-
6	19.0 mm-9.5 mm (3/4 in-3/8 in)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-	-
67	19.0 mm-4.75 mm (3/4 in-no. 4)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-	-
7	12.5 mm-4.75 mm (0.5 in-no. 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-	-
8	9.5 mm-2.36 mm (3/8 in-no. 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5	-
89	9.5 mm-1.18 mm (3/4 in-no. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	20-55	5-30	0-10	0-5
9A	4.75 mm-1.18 mm (no. 4-no. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-40	0-5

*Agregat nomor ukuran 9 ditentukan dalam ASTM C125 sebagai agregat halus, namun dimasukkan sebagai agregat kasar jika dikombinasikan dengan bahan nomor ukuran 8 untuk menghasilkan nomor ukuran 89, dimana agregat kasar didefinisikan dalam ASTM C125.

Gambar 2.1 Ukuran Saringan

2.7. Air

Air merupakan salah satu bahan yang penting dalam pembuatan beton maupun Beton. Fungsi air dalam pembuatan Beton adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antar semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu (sni-7974-2013-air, 2013). Air harus bersih dan bebas dari minyak, kandungan garam, lumpur, bahan organik, atau kotoran lain seperti lempung dan lempung halus.

2.8. Slump

Nilai slump digunakan untuk mengukur tingkat kelecekan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (workability). Semakin besar nilai slump, maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai slump, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. Kisaran nilai slump yang biasa digunakan

sekitar 8 cm hingga 12 cm. Apabila nilai slump berkisar 0 cm maka dapat dipastikan bahwa tingkat workabilitas beton jelek. Nilai seperti ini biasanya terdapat pada beton non pasir.

Tabel 2.5 Penetapan nilai slump adukan beton

Pemakaian beton	Nilai Slump (cm)	
	Maks	Min
(berdasarkan jenis struktur yang dibuat)		
Dinding, pelat fondasi, pondasi telapak bertulang	12.5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisondan struktur bawah tanah	9	2.5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7.5
Perkerasan jalan	7.5	5
Pembetonan masal (beton massa)	7.5	2.5

Sumber : SNI 03-2847-2013

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh (Lukman, Siti, 2007) bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan slag sebagai agregat kasar pada beton. Dengan proporsi campuran variasi slag 0%; 10%; 30%; 50%; dan 70%. Penelitian ini menggunakan benda uji silinder (15x30 cm) sebanyak 40 sampel per variasi dengan mutu $f'c$ 35 Mpa. Hasil penelitian tersebut didapat Kuat tekan beton meningkat seiring dengan penambahan prosentase limbah padat (slag) dalam campuran beton, Slump yang menunjukkan tingkat workability, campuran ternyata semakin meningkat seiring bertambahnya prosentase limbah padat (slag), Air content semakin besar sebagai fungsi penambahan prosentase limbah padat (slag) dalam campuran beton, Kuat lentur beton meningkat seiring dengan perubahan prosentase limbah padat (slag) dalam campuran beton, kuat lentur beton meningkat seiring dengan perubahan prosentase limbah padat (slag) dalam campuran beton, Pemanfaatan limbah padat (slag) memberikan kontribusi positif terhadap segi ekonomi yaitu harga beton mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar prosentase slag.

Ali achmadi (2009) dengan judul “Kajian Beton Mutu Tinggi Menggunakan Slag Sebagai Agregat Halus Dan Agregat Kasar Dengan Aplikasi *Superplasticizer* Dan *Silicafume*”. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton tertinggi terjadi pada substitusi Slag 60% nilai Kuat Tekan 671,57 Kg/cm², meningkat 9.2 % dari substitusi beton normal.
2. Hubungan penambahan prosentase substitusi Slag dengan kuat tekan tidak linier, mengalami penurunan pada substitusi Slag 80% dan substitusi Slag 100 %.
3. Kuat tarik beton, mengalami peningkatan pada substitusi 20%, 40%,60% dan mengalami penurunan pada substitusi Slag 80% dan 100%, nilai kuat tarik tertinggi terjadi pada 43.62 Kg/cm². Pada substitusi Slag 60%, meningkat 17.1% dari substitusi beton normal.
4. Uji Porositas terkecil pada substitusi Slag 60%, dengan nilai 0.98, mengalami penurunan 27.9% dari substitusi beton normal.
5. Dengan meningkatnya substitusi slag nilai Modulus Elastisitas cenderung semakin rendah, nilai Modulus Elastisitas terendah pada substitusi slag 60% sebesar 20056 Mpa.
6. Limbah Slag dapat dipakai sebagai agregat halus dan agregat kasar pada campuran pembuatan beton mutu tinggi.
7. Hasil pengujian, Kuat Tekan, Kuat Tarik, Modulus Elastisitas, tidak menunjukkan korelasi terhadap prosentase substitusi slag, disebabkan ketidaksamaan gradasi agregat setiap substitusi.

Dari hasil penelitian mengenai optimasi pemanfaatan limbah ironslag baja PT. Barawaja sebagai campuran beton, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Pemeriksaan kuat tekan beton dengan variasi komposisi split 50 % dengan iron slag kasar 50 % sebesar 15,58 MPa, komposisi split 25% dengan iron slag kasar 75 % sebesar 17,60 MPa dan komposisi split 0 % dengan iron slag 100 % sebesar 20,49 % MPa telah memenuhi persyaratan SNI DT-91-00082007 dimana mutubeton K-175 harus mencapai kuat tekan sebesar 14,5 Pa. Hal ini dipengaruhi oleh sifat kimia iron slag yang bersifat seperti C₂S (slag semen), sehingga semakin banyak persentase komposisi iron slag maka

semakin besar pula perekat/pengikat material dalam beton yang dapat meningkatkan interlocking antar material.

1. Hasil uji porositas diperoleh bahwa porositas terendah adalah 0,74 % yang terjadi pada benda uji dengan substitusi slag 100 % dan nilai tertinggi adalah 1,26 % pada benda uji dengan substitusi slag 0%, menunjukkan bahwa pengaruh komposisi agregat kasar baik split maupun iron slag sangat mempengaruhi porositas beton.
2. Hasil pengujian TCLP dari limbah iron slag, unsur senyawa kimia berbahaya yang terlarut sangatlah kecil dibandingkan sebelum iron slag ini berfungsi sebagai substitusi agregat. Hal ini menandakan bahwa unsure Cd, Cr, Pb, dan Zn yang terkandung di dalam beton merupakan senyawa oksida yang berbentuk kristalin dimana senyawa ini memiliki nilai kelarutan sangat kecil yaitu $K_{sp} = 7 \times 10^{-27}$.
3. Berdasarkan hasil penelitian ini maka limbah iron slag baja PT. Barawaja kota Makassar dapat dijadikan sebagai substitusi agregat pada pembuatan beton dengan mutu beton K-175 dengan komposisi split : iron slag terbaik yaitu 0 % : 100 %. Penentuan komposisi ini didasarkan atas data kuat tekan mencapai nilai maksimal sebesar 20,49 MPa dengan nilai porositas terendah yaitu 0,74 %.

Jafar, Safril (2017) dengan judul “ Pengaruh Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton dan Umur dari Agregat dari Gunung Gamalama”. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan tambah Superplasticizer manakah yang memiliki kuat tekan beton yang paling tinggi dengan variasi pengujian dengan kadar 1%, 1,5%, dan 2% pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari dengan agregat dari Gunung Gamalama. Perancangan pencampuran beton normal ini mengacu pada SNI 03-2834- 2002 dan benda uji yang dibuat untuk penelitian ini menggunakan cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil penelitian nilai kuat tekan beton pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari ini berturut-turut untuk kadar Superplasticizer 1% adalah 47,85 MPa, 67,43 MPa, 71,01 MPa, untuk kadar Superplasticizer 1,5% adalah 36,63 MPa, 53,06 MPa, 76,74 MPa, dan untuk kadar Superplasticizer 2% adalah 27,66 MPa, 50,66 MPa, 59,54 MPa. Dalam penelitian kuat tekan beton dengan

bahan tambah Superplasticizer didapatkan kuat tekan yang baik dengan kadar 1% dan 1,5%.

Krisman Aprieli Zai (2014), “Pengaruh Penambahan Silica Fume Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Metode ACI (*American Concrete Institute*)”. Pengurangan faktor air semen (fas) dan penambahan additive seperti silica fume sering digunakan untuk memodifikasi komposisi beton dan mengurangi porositas. Pengurangan fas mengakibatkan menurunnya porositas beton dan pori-pori, namun kelecakan beton juga akan berkurang sehingga sulit dikerjakan. Agar mudah dikerjakan maka perlu digunakan superplasticizer dengan dosis tertentu terhadap berat semen sehingga akan meningkatkan kelecakan pasta. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan silica fume dan superplasticizer terhadap kuat tekan beton mutu tinggi. Kadar silica fume yang digunakan sebanyak 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen dan superplasticizer sebanyak 2% dari berat semen untuk semua variasi. Mutu beton yang direncanakan f^c 70 MPa yang diuji pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari setelah terlebih dahulu dilakukan curing. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder ukuran \varnothing 15 cm x 30 cm, sebanyak 100 benda uji dimana untuk setiap variasi sebanyak 20 benda uji. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa pada penambahan silica fume 10% dan superplasticizer 2% dari berat semen diperoleh kuat tekan beton optimum sebesar 84,93 MPa pada umur 28 hari dan mempunyai kuat tekan beton karakteristik sebesar 79,68 MPa.