

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemakaian beton sebagai bahan bangunan teknik sipil telah lama dikenal di Indonesia. Beton merupakan salah satu unsur yang sangat penting mengingat fungsinya sebagai salah satu elemen pembentuk struktur yang banyak digunakan, hal ini disebabkan karena sistem konstruksi beton memiliki banyak kelebihan. Kelebihan beton dalam mendukung tegangan tekan, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, perawatannya yang mudah dan murah dengan memanfaatkan bahan-bahan lokal, menjadikan beton sangat populer dipakai, baik untuk struktur-struktur besar maupun sederhana. Disamping memiliki kelebihan, beton juga memiliki kekurangan antara lain, mempunyai kuat tarik yang rendah, beton segar mengerut saat pengeringan dan beton kering mengembang jika basah, beton sulit untuk kedap air dan beton bersifat getas.

Pada dasarnya, beton dibuat dengan cara mencampurkan semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat kasar, agregat halus (pasir) dan air yang menjadi satu kesatuan, kemudian mengeras dalam jangka waktu tertentu. Sifat beton yang sering diamati umumnya adalah kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur. Sifat-sifat tersebut sangat bergantung pada beberapa faktor antara lain kualitas bahan dasar pembuat beton, komposisi campuran, umur dan keadaan cuaca atau faktor lingkungan. Tetapi pada daerah yang sulit mendapatkan pasir dan kerikil maka harga beton menjadi mahal.

Pengaplikasian beton untuk membuat bangunan sangat perlu diperhatikan faktor kelemahan beton itu sendiri. Salah satu kelemahan beton yang paling utama adalah berat jenis beton terlalu besar, yang akan menyebabkan bangunan menjadi berat dan menyebabkan beban gempa semakin tinggi, serta penggunaan semen dengan jumlah yang cukup besar.

Pada penelitian ini dicoba beton dari dengan menggunakan campuran batuan dari gunung yang digunakan untuk struktur. Jika Kondisi batu pecah dari segi keausan tidak memenuhi persyaratan, dan komposisinya berbeda dengan komposisi batu pecah yang berumber dari sungai , maka kemungkinan kuat tekan dan kuat lenturnya akan lebih rendah bila digunakan beton normal. Namun demikian, penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kuat tekan silinder beton dengan memanfaatkan bahan bahan agregat kasar yaitu: batu pecah dari gunung dan batu pecah dari sungai sebagai campuran agregat kasar dalam kontruksi struktur bangunan dan membandingkan jumlah air dan agregat kasar pada masing-masing campuran beton.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui kuat tekan beton dengan agregat kasar batu pecah dari gunung dan sungai.
- b. Untuk mengetahui kadar semen pada beton dengan agregat kasar batu pecah gunung dan sungai.

2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya pada kuat tekan beton .
- b. Dapat memberikan sumbangan pemikiran dalam hal pemilihan batuan pecah.

1.3 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan dalam upaya mencari perbandingan bahan agregat kasar campuran beton yang berupa batu pecah yang di ambil dari sumber yang berbeda, yakni bebatuan dari gunung dan batuan dari sungai.

Usulan Tugas Akhir ini akan dijabarkan permasalahan yang akan dibahas yaitu :

- a) Untuk mencari perbedaan jumlah semen yang digunakan antara agregat kasar dari gunung dan dari sungai.
- b) Seberapa kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar batu pecah dari gunung dibandingkan dengan agregat kasar batu pecah dari sungai.

1.4 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi perluasan dalam pembahasan tugas akhir ini, maka penelitian dibatasi pada masalah berikut :

1. Semen OPC (semen tipe 1)
2. Mutu beton ($f_c = 25$ Mpa)
3. Agregat halus berupa pasir dari sungai Wampu Binjai.
4. Agregat kasar yang berupa batu pecah berasal dari gunung Dolok Seraut Merek Kabupaten Karo Sumatera Utara, dan batu pecah dari sungai Wampu, Langkat.
5. Diameter batu pecah maksimal 40 mm
6. Nilai Slump 10 ± 2 .
7. Umur benda uji : 14, 21, 28 hari.
8. Jumlah benda uji yakni 3 buah per umur benda uji atau 9 buah
9. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil, Universitas HKBP Nommensen Medan
10. Jenis benda uji berupa Silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk uji tekan beton.

1.5. Maksud Penelitian

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui kadar penggunaan semen, air, agregat halus dan perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan agregat kasar dari sumber yang berbeda.

BAB II

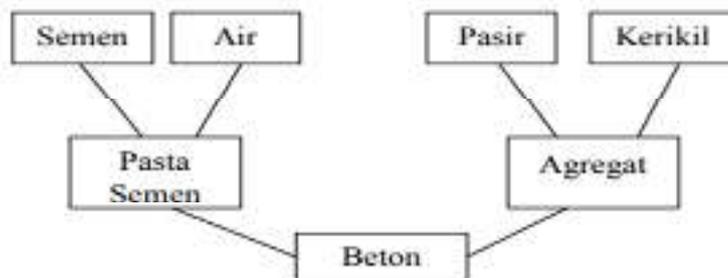
LANDASAN TEORI

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik lain, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa campuran tambahan yang membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03). Sebagai material komposit, sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur masing-masing serta interaksi mereka. Ada 3 sistem umum yang melibatkan semen, yaitu pasta semen, mortar dan beton. Ketiga sistem tersebut dapat pula dipandang sebagai model komposit dengan 2 fase, yaitu fase matriks dan fase terurai.

Pada beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi dengan mortar. Jadi kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton. Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran.

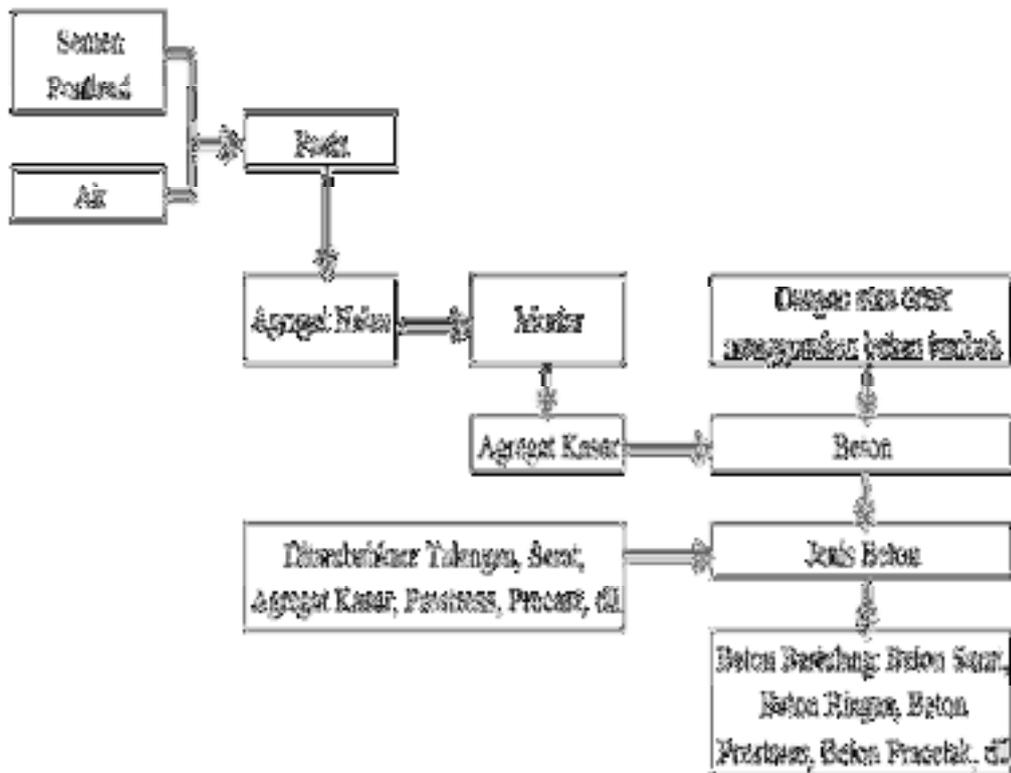


Gambar 2.1. Skema Bahan Penyusun Beton

Sumber : Teknologi Beton, Tjokrodinuljo 1996

2.1.2 Proses Terjadinya Beton

Proses terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dan semen. Selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton.



Gambar 2.2 Proses terjadinya beton

Sumber: Teknologi Beton, Mulyono 2003

2.2 Bahan-Bahan Penyusun Beton

2.2.1 Semen *Portland*

Semen *portland* (*Portland cement*) adalah 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. (SNI 15-2049-2004).

Tjokrodimuljo (1996) mengemukakan semen *portland* berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan bangunan yang lain (batu bata, batu kali, pasir). Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat.

Tabel 2.1 Kandungan bahan-bahan kimia dalam bahan baku semen

Oksida	%
Kapur, CaO	60 – 65
Silica, SiO ₂	17 – 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO ₃	1 – 2
Soda/Potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1

Sumber : Teknologi Beton, Tjokrodinuljo 1996

SNI 15-2049-2004 mengemukakan jenis dan penggunaan semen *portland* yaitu:

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

2.2.2 Air

Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas air erat kaitannya dengan bahan-bahan yang terkandung dalam air tersebut. Air diusahakan agar tidak membuat rongga pada beton, tidak membuat retak pada

beton dan tidak membuat korosi pada tulangan yang mengakibatkan beton menjadi rapuh. Fungsi air dalam beton yaitu sebagai bahan penghidrasi semen, agar semen bisa berfungsi sebagai bahan pengikat, serta air berfungsi sebagai bahan pelumas, yaitu mempermudah proses pencampuran agregat dan semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (*workability*). Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

Air yang mengandung banyak kotoran akan mengganggu proses pengerasan atau kekuatan beton. Hal yang dapat disebabkan apabila terdapat kotoran dalam air:

1. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan
2. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan
3. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton
4. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan
5. Bercak-bercak pada permukaan beton.

2.2.3 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan. 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. Agregat menurut asalnya dapat dibagi dua yaitu agregat alami yang diperoleh dari sungai dan agregat buatan yang diperoleh dari batu pecah. Dalam campuran beton, agregat merupakan bahan penguat (*strengter*) dan pengisi (*filler*), dan menempati 60%—75% dari volume total beton.

Jenis Agregat berdasarkan proses pengolahannya

- Agregat Alam. Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya.
- Agregat melalui proses pengolahan. Digunung-gunung atau dibukit-bukit, dan sungai-sungai sering ditemui agregat yang masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.
- Agregat Buatan. Agregat yang merupakan merupakan mineral filler/pengisi (partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

Keutamaan agregat dalam peranannya di dalam campuran beton :

- Menghemat penggunaan semen Portland
- Menghasilkan kekuatan besar pada beton
- Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton
- Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton yang padat.

2.2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar yang biasa dipakai dalam konstruksi ada yang bersumber dari gunung dan dari sungai.

1. Agregat kasar yang bersumber dari gunung

Batu belah berasal dari batu bulat yang berukuran besar kemudian di pecah menjadi bongkahan-bongkahan lebih kecil. Jenis batu belah ini, umumnya berwarna kehitaman, coklat keputihan tergantung daerah bukit atau gunung asalnya. Batu belah kebanyakan berada di daerah perbukitan dan gunung aktif. Namun, tidak memungkinkan terdapat pada aliran sungai yang perlu masih butuh bantuan alat berat untuk mengangkut batu besar ini. Batu belah ini sangat baik

untuk pondasi menerus dan pondasi umpak (tua) karena batu ini biasanya berasal dari letusan batu dan sering juga dipakai sebagai bahan agregat kasar dalam pembuatan campuran beton. Keunggulan lain penggunaan batu belah sebagai bahan pondasi bangunan bisa mengikuti lebar diinginkan secara rapih sehingga porsi beban yang akan diterapkan pada pondasi lebih maksimal. Batu belah yang bagus digunakan untuk pondasi rumah keras, bersih dan tidak lapuk.

Cara menentukan tidak lapuk atau batu tua yang siap digunakan untuk bangunan dengan cara membelahnya menggunakan palu. Apabila pecah, yang dihasilkan tajam, atau mampu menyayat maka batu tersebut sangat baik digunakan untuk bangunan.

2. Agregat kasar yang bersumber dari sungai

Batu kali adalah bongkahan batu yang umumnya ukurannya tidak beraturan yang didapatkan dari sungai yg digunakan sebagai bahan fondasi bangunan rumah, gedung, dan lain-lain. Batu kali merupakan salah satu material yang penting untuk Pembuatan Rumah/bangunan yaitu sebagai Pembuatan Fondasi Rumah/Bangunan. Batu kali dipasang Bersama Mortar (adukan Semen + Pasir + air) sebagai konstruksi awal pembuatan dinding Rumah. Batu kali juga material alami yang tahan terhadap kondisi lingkungan seperti Hujan dan Panas, sehingga sampai saat ini penggunaannya sebagai Fondasi Rumah masih belum tergantikan dengan material buatan. Jenis jenis Batu Kali adalah sebagai berikut:

- Batu Kali Bulat

Batu Kali Bulat adalah batuan alami yang bentuknya bulat tidak beraturan yang biasanya didapat kan dari sungai, Material ini cukup keras dan tahan terhadap cuaca namun Mortar (adukan Semen + Pasir + air) kurang mengikat/Menempel kuat karena tekstur permukaannya halus.

- Batu Kali Belah

Batu Kali Belah Adalah Batuan Alami yang bentuknya besar lalu dihancurkan menjadi ukuran sekitar 30- 40 cm yang biasanya didapatkan dari gunung atau perbukitan, namun terkadang ada jg yang didapat kan dari sungai. Batu kali jenis ini merupakan material yang paling baik untuk Pembuatan Fondasi karena selain material ini keras Tekstur permukaannya cukup kasar karena hasui pemecahan sehingga Mortar (adukan

Semen + Pasir + air) mengikat/Menempel dengan kuat. Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. ukuran maksimum dari beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan.

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:

- 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.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya. Bila melampaui harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
- Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
- Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff dengan beban uji 20 ton.
- Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Coarse Aggregate* antara 6–7,5.

Jenis Agregat berdasarkan proses pengolahannya :

1. Agregat Alam

Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya.

2. Agregat melalui proses pengolahan
Digunung-gunung atau dibukit-bukit, dan sungai-sungai sering ditemui agregat yang masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.
3. Agregat Buatan
Agregat yang merupakan mineral *filler*/pengisi (partikel dengan ukuran < 0,075 mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

2.2.3.2. Jenis Gradasi

1. Gradasi Baik
Gradasi baik, adalah campuran agregat dengan ukuran butiran yang terdistribusi merata dalam rentang ukuran butiran. Agregat bergradasi baik disebut juga dengan agregat bergradasi rapat.
Agregat bergardasi baik dapat dikelompokkan menjadi :
 - a. Agregat bergradasi kasar, adalah agregat bergradasi baik yang didominasi oleh agregat ukuran butiran kasar
 - b. Agregat bergradasi halus, adalah agregat bergradasi baik yang dinominasi oleh agregat ukuran butiran halus.
2. Gradasi Buruk
Gradasi Buruk, adalah distrubusi ukuran agregat yang tidak memenuhi persyaratan agregat bergradasi baik.
Agregat bergradasi buruk dapat dikelompokkan menjadi:
 - a. Gradasi Seragam, adalah campuran agregat yang tersusun dari agregat dengan ukuran butirannya sama atau hampir sama.
 - b. Gradasi Terbuka, adalah campuran agregat dengan distribusi ukuran butiran sedemikian rupa sehingga pori-pori antar agregat tidak terisi dengan baik.
 - c. Gradasi Senjang, adalah campuran agregat yang ukuran butirannya terdistribusi tidak menerus, atau ada bagian yang hilang.

Tabel 2.2 Gradasi butir Agregat Kasar

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat		
	38 – 4,76 (mm)	19,0 – 4,76 (mm)	9,6 – 4,76 (mm)
38,1	95 – 100%	100%	100%
19,0	30 – 70%	95 – 100%	100%
9,52	10 – 35%	30 – 60%	50 – 85%
4,76	0 – 5%	0 -10%	0 - 10%

Sumber : SNI -03-2834-2000

2.2.3.3 Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasil oleh alat-alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm—4,76 mm yang meliputi pasir kasar (Coarse Sand) dan pasir halus (Fine Sand). Adapun syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan menurut PBI 1971, antara lain :

1. Pasir terdiri dari butir- butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian- bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.
3. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder*. Agregat yang tidak memenuhi syarat percobaan ini bisa dipakai apabila kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan beton dengan agregat yang sama tapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih pada umur yang sama.

Tabel 2.3 Gradasi butir Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	Daerah I (Pasir Halus) %	Daerah II (Pasir Agak Halus) %	Daerah III (Pasir Agak Kasar) %	Daerah IV (Pasir Kasar) %
9,5	100	100	100	100
4,75	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,36	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,18	30 – 70	55 – 90	75- 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : SK SNI T-15-1991-03

2.3 Pemilihan Proporsi Campuran

Pemilihan proporsi campuran beton harus ditentukan berdasarkan hubungan antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen (fas). Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang digunakan. Bila pada bagian pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah.

Susunan campuran beton yang diperoleh dari perhitungan perencanaan campuran harus dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan. Bahan untuk campuran coba harus mewakili bahan yang akan digunakan pada campuran sebenarnya.

2.3.1 Kuat Tekan Rata-rata

2.3.1.1 Deviasi Standar

Deviasi Standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus:

$$sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'c_i - f'cr)^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

dengan: sd = deviasi standar

$f'c_i$ = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$f'cr$ = kuat tekan beton rata-rata ($f'cr = \frac{\sum_{i=1}^n f'c_i}{n}$)

n = jumlah data/nilai hasil uji.

Deviasi standar ditentukan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton dan volume adukan beton yang dibuat (Tabel 2.4), makin baik mutu pelaksanaan maka makin kecil nilai deviasi standar.

2.3.1.2 Nilai Tambah (M)

Nilai tambah dihitung dengan rumus:

$$M = 1,64 \times Sr \quad (2.2)$$

dengan : M = nilai tambah

1,64 = tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

Sr = deviasi standar rencana

Apabila dalam suatu produksi beton, hanya terdapat 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung berdasarkan data uji tersebut dengan faktor pengali (k) seperti Tabel 2.5. Sedang bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa.

2.3.1.3 Menetapkan Kuat Tekan Rata-rata yang ditargetkan

Dihitung menurut rumus berikut:

$$f'_{cr} = f'c + M \quad (2.3)$$

$$f'_{cr} = f'c + 1,64 \cdot Sr \quad (2.4)$$

Tabel 2.4 Faktor pengali (k) deviasi standar

Jumlah Data	≥ 30	25	20	15	< 15
Faktor Pengali	1,00	1,03	1,08	1,15	-

Sumber : SNI 03-2834-1993

Tabel 2.5 Mutu pelaksanaan, volume adukan dan deviasi standar

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar sd (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m ³)	Mutu Pekerjaan		
		Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	< 1000	4,5 < s ≤ 5,5	5,5 < s ≤ 6,5	6,5 < s ≤ 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 5,5	5,5 < s ≤ 7,5
Besar	> 3000	2,5 < s ≤ 3,5	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 6,5

Sumber : SNI 03-2834-1993

Tabel 2.6 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

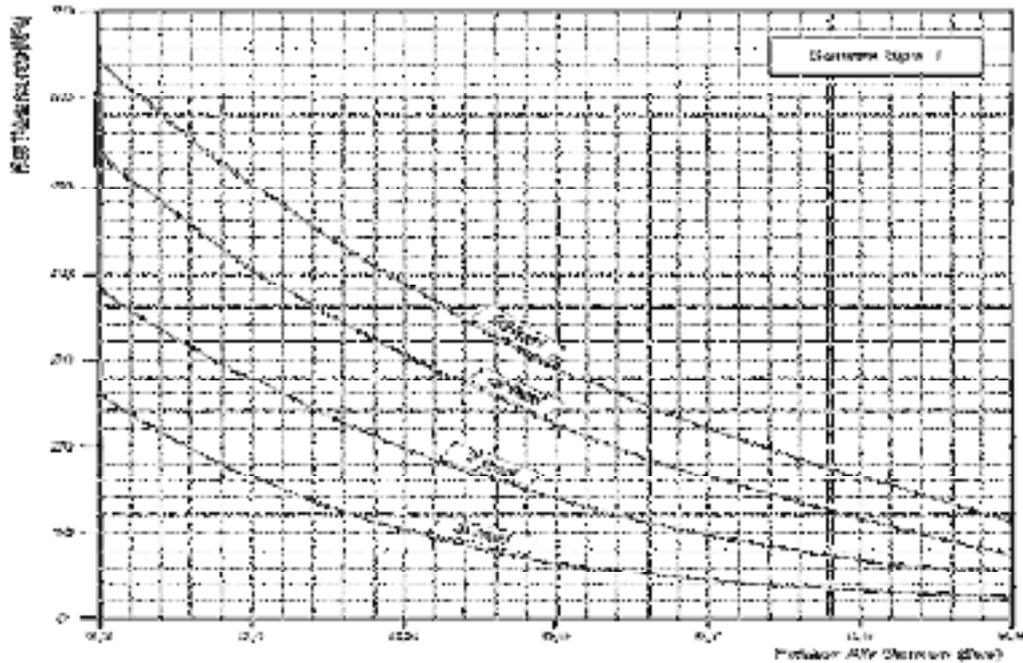
Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : SNI 03-2834-1993

2.4 Pemilihan Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan hal terpenting didalam pembentukan beton. Beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan pada konstruksi, karena konstruksi beton mempunyai beberapa kelebihan antara lain: bahan dasar mudah diperoleh, tahan terhadap berbagai cuaca, lebih mudah dan murah dalam pelaksanaan, serta perawatannya cukup mudah. Semakin tinggi nilai Fas (faktor air semen) pada campuran beton maka nilai kuat tekan dan modulus elastisitas akan semakin rendah. Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan:

1. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 2.7 dan Grafik 2.3 atau 2.4;
 - Cara 1 : digunakan jika data agregat kasar tidak diketahui dengan lengkap, yaitu nilai fas dicari dengan menggunakan Grafik 2.3.
 - Cara 2 : digunakan jika data agregat kasar diketahui lengkap, disini nilai fas dicari dengan menggunakan Tabel 2.7 dan Grafik 2.4.
2. Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-1915-1992 tentang spesifikasi beton tahan sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air. Fas yang digunakan adalah nilai terkecil dari nilai fas :
 - Persyaratan lingkungan khusus dan cara 1, atau
 - Persyaratan lingkungan khusus dan cara 2.



Sumber : SNI 03-2834-1993

Gambar 2.3 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

Tabel 2.7 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan Faktor air semen, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

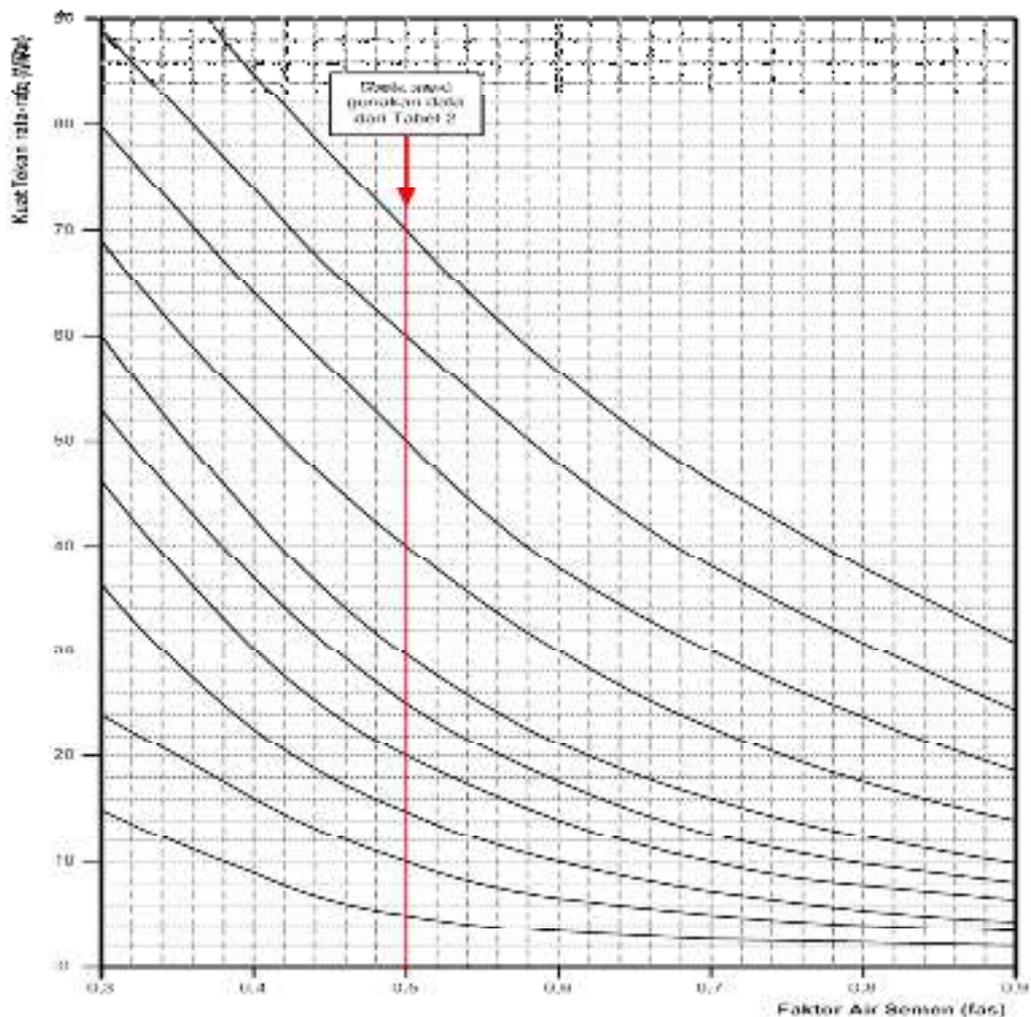
Jenis semen	Jens agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-1993

Tabel 2.8 Perkiraan kebutuhan air per-meter kubik beton

Ukuran maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-1993



Sumber : SNI 03-2834-1993

Gambar 2.4 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).

Tabel 2.9 Fas maksimum untuk beton yang berhubungan air tanah yang mengandung sulfat

Kadar gang-Guan Sulfat	Konsentrasi Sulfat		Sulfat (SO ₃) dalam air tanah (g/l)	Tipe Semen	Kandungan Semen minimum (kg/m ³)			f a s
	Dalam Tanah				Ukuran Agregat maksimum (mm)			
	Total SO ₃ (%)	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2:1 (g/l)						
	40	20			10			
1	< 0,2	< 1,0	< 0,3	tipe I dengan atau tanpa Puzolan (15-40%)	280	300	350	0,50
2	0,2 - 0,5	1,0 - 1,9	0,3 - 1,2	tipe I dengan atau tanpa Puzolan (15-40%)	290	330	350	0,50
				tipe I Puzolan (15-40%) atau Semen Portlant Puzolan	270	310	360	0,55
				tipe II atau tipe V	250	290	340	0,55
3	0,5 - 1,0	1,9 - 3,1	1,2 - 2,5	tipe I Puzolan (15-40%) atau Semen Portlant Puzolan	340	380	430	0,45
				tipe II atau tipe V	290	330	380	0,50
4	1,0 - 2,0	3,1 - 5,6	2,5 - 5,0	tipe II atau tipe V	330	370	420	0,45
5	> 2,0	> 5,6	> 5,0	tipe II atau tipe V dan lapisan pelindung	330	370	420	0,45

Sumber : SNI 03-2834-1993

Tabel 2.10 Ketentuan minimum untuk beton bertulang dalam air.

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan yang berhubungan dengan	f a s maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran maksimum Agregat (mm)	
				40	20
Bertulang Atau Prategang	air tawar	0,50	tipe V	280	300
	air payau	0,45	tipe I + Puzolan (15-40%) atau Semen Portland Puzolan	340	380
	air laut	0,45	tipe II atau V	330	370

Sumber : SNI 03-2834-1993

2.4.1 Slump

Slump pada dasarnya merupakan salah satu pengtesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak.

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan (tabel 2.12) agar diperoleh beton yang mudah dituangkan/dicor, dipadatkan dan diratakan.

Tabel 2.11 Penetapan nilai slump

Pemakaian Beton	Nilai Slump (mm)	
	maksimum	Minimum
dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	125	50
pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah	90	25
pelat, balok, kolom dan dinding	150	75
pengerasan jalan	75	50
pembetonan masal	75	25

Sumber : SNI 03-2834-1993

2.4.2 Ukuran Agregat Maksimum

Ukuran butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:

1. 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan;
2. 1/3 dari tebal pelat;
3. 3/4 dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

Selain itu, gradasi agregat yang digunakan (agregat halus dan agregat kasar) harus memenuhi persyaratan gradasi agregat untuk beton.

2.4.3 Kadar Air Bebas

Kadar air bebas adalah jumlah air yang dicampurkan ke dalam beton untuk mencapai konsistensi tertentu, tidak termasuk air yang diserap oleh agregat. Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

1. agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada table 3 dan grafik 1 atau 2;
2. agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \quad (2.5)$$

dengan: W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

2.4.4 Gradasi Agregat dan Proporsi Agregat Halus dan Agregat Kasar

Agregat yang dipergunakan merupakan campuran dari agregat halus dan agregat kasar dengan proporsi tertentu dan harus memenuhi persyaratan agregat untuk beton. Gradasi agregat halus dikelompokkan dalam 4 daerah gradasi menurut kehalusan butir agregat halus (gambar 2.4 sd. 2.7), dan persyaratan gradasi agregat kasar tergantung dari ukuran butir maksimum yang dipergunakan (gambar 2.8, 2.9 dan 2.10).

Persyaratan gradasi agregat gabungan (agregat halus dan agregat kasar) tergantung ukuran butir maksimum (gambar 2.11 s.d 2.13). Proporsi/prosentase agregat halus terhadap kadar total agregat dalam campuran beton dicari dengan

menggunakan grafik 3, 4 dan 5, yang tergantung nilai slump, fas, daerah gradasi agregat halus/pasir dan ukuran butir maksimum agregat.

2.4.5 Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis relatif agregat ditentukan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data hasil uji (agregat yang akan digunakan untuk campuran beton) atau bila tidak tersedia data tersebut, dapat digunakan nilai 2,5 untuk agregat tak dipecah dan 2,6 – 2,7 untuk agregat dipecah.
2. Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan rumus :

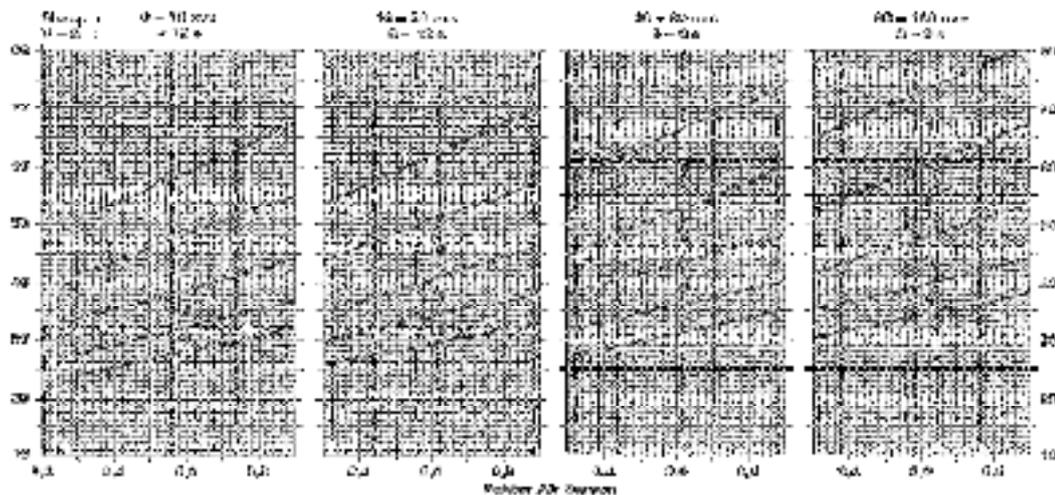
$$bj_{agr.gab} = \frac{P}{100} .bj_{agr.halus} + \frac{K}{100} .bj_{agr.kasar} \quad (2.6)$$

Dengan: Bj.agr.halus : bj agregat halus

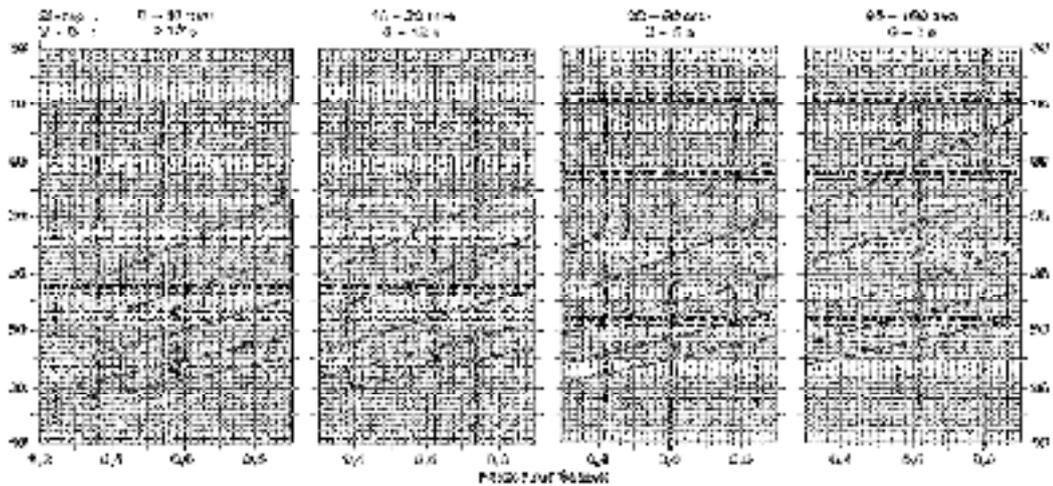
Bj.agr.kasar : bj agregat kasar

P : prosentase agregat halus

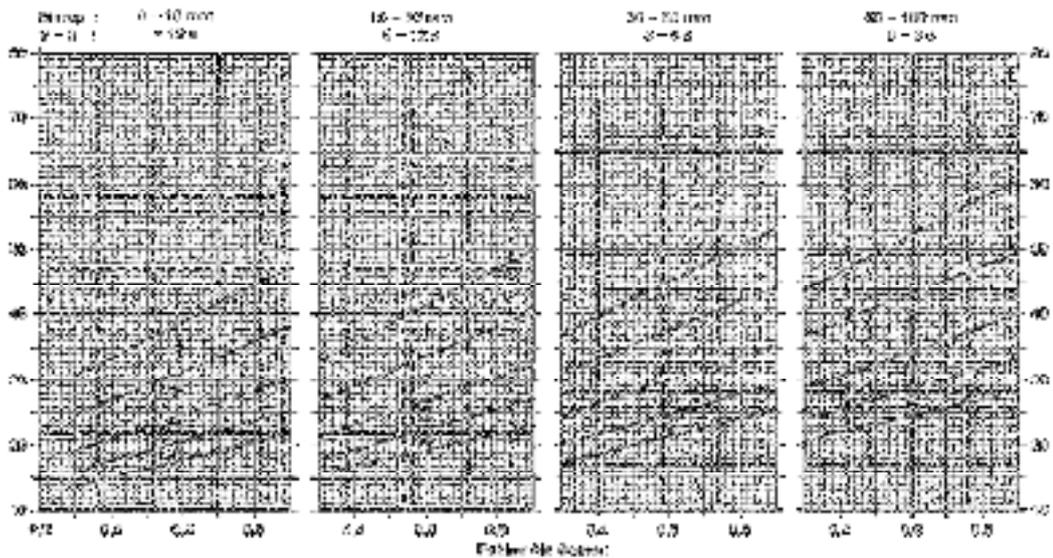
K : prosentase agregat kasar



Gambar 2.5 Grafik Persen Pasir terhadap kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm.



Gambar 2.6 Grafik Persen Pasir terhadap kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm



Gambar 2.7 Grafik Persen Pasir terhadap kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.

2.4.6 Koreksi Proporsi Campuran

Perencanaan campuran beton didasarkan pada agregat dalam kondisi SSD, sedangkan umumnya kondisi agregat tidak dalam keadaan SSD. Kandungan air agregat di lapangan dapat lebih kecil dari kondisi SSD (agregat lebih kering) yang menyebabkan air yang diberikan untuk campuran sebagian terserap agregat dan fas menjadi lebih kecil, atau dapat juga lebih besar dari kondisi SSD (agregat lebih basah) sehingga menambah air campuran dan fas menjadi lebih besar.

Karena itu untuk menjaga agar nilai fas tetap, harus dilakukan koreksi proporsi campuran yang disebabkan kandungan air pada agregat, dan koreksi paling sedikit dilaksanakan satu kali dalam sehari, dengan menggunakan rumus :

$$\text{Air} = A - \left[\frac{A_h - A_1}{100} \cdot B \right] - \left[\frac{A_k - A_2}{100} \right] \cdot C \quad (2.7)$$

$$\text{Agregat halus} = B + \left[\frac{A_h - A_1}{100} \right] \cdot B \quad (2.8)$$

$$\text{Agregat kasar} = B + \left[\frac{A_h - A_2}{100} \right] \cdot C \quad (2.9)$$

dengan:

A : jumlah kebutuhan air (liter/m³)

B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m³)

C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m³)

A_h : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)

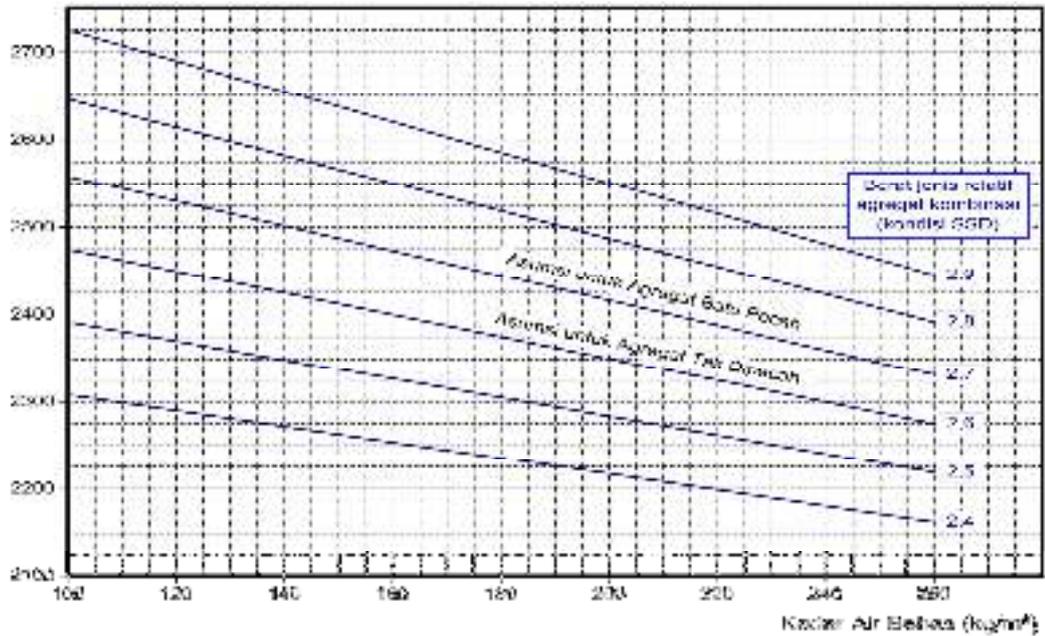
A_k : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)

A₁ : kadar air dalam agregat halus kondisi SSD (%)

A₂ : kadar air dalam agregat kasar kondisi SSD (%)

2.4.7 Berat Isi Beton

Berat isi beton dipengaruhi oleh berat jenis agregat gabungan (agregat halus dan agregat kasar) dan kadar air bebas. Berat isi beton dapat diperoleh dengan menggunakan Grafik 2.8



Gambar 2.8 Grafik Hubungan antara kuat tekan dan Faktor Air Semen (benda uji berbentuk kubus 150 x 150 x150 mm)

2.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah perbandingan antara tingkatan beban yang diberikan dengan luas penampang. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 - 500 kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum sampai benda uji pecah di bagi dengan luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm².

$$f^c = \frac{P}{A} \times \frac{1}{f_u} \quad (2.10)$$

- dengan:
- $f'c$ = kuat tekan (MPa)
 - P = beban maksimum (kg)
 - A = luas penampang benda uji (mm^2)
 - F_u = faktor umur

Tabel 2.12 Konversi umur uji kuat tekan beton

U	3	7	14	21	28	90	365
F_u	0,46	0,66	0,88	0,95	1	1,2	1,3

Sumber SNI 03-2834-1993

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Pengaruh mutu semen Portland.
2. Pengaruh dari perbandingan adukan beton.
3. Pengaruh air untuk membuat adukan.
4. Pengaruh umur beton.
5. Pengaruh waktu pencampuran.
6. Pengaruh perawatan.
7. Pengaruh bahan campuran tambah.

2.6 Pemeriksaan Sifat Fisik Material di Laboratorium

Pemeriksaan sifat fisik material berguna dalam merencanakan campuran beton. Adapapun pemeriksaan yang dilakukan yaitu:

a. Analisa Saringan

Penguraian susunan butiran agregat (gradasi) bertujuan untuk menilai agregat yang digunakan pada produksi beton. Pada pelaksanaannya perlu ditentukan batas maksimum dan minimum butiran sehubungan pengaruh terhadap sifat perkerjaan, penyusutan, kepadatan, kekuatan dan juga faktor ekonomi dari beton. Tujuan dari analisa saringan ialah untuk mendapatkan nilai modulus halus butir agregat dan gradasi perbutiran agregat.

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertinggal}}{100} \quad (2.11)$$

b. Pemeriksaan Kehalusan Semen

Kehalusan semen sangat mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan menentukan pada proses pengikatan agregat dalam campuran beton. Semakin halus beton, pengikatannya menjadi lebih sempurna dan juga

mempercepat proses pengerasan beton. Pemeriksaan kehalusan semen dimaksudkan untuk mendapatkan semen standar sebagai bahan pengikat dalam campuran beton.

$$F = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \quad (2.12)$$

dengan :

W1 = berat benda uji yang tertahan diatas saringan

W2 = berat benda uji semula

c. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Berat jenis adalah perbandingan antara berat isi kering semen pada suhu kamar dengan berat isi air suling sama dengan isi semen bertujuan untuk menentukan berat persatuan volume dari smen yang akan dipergunkan dalam perencanaan campuran beton.

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{BS}{(v_2 - v_1) \times d} \quad (2.13)$$

dengan: BS = Berat semen (gr)

V1 = Pembacaan skala ke-1 (ml)

V2 = Pembacaan skala ke-2 (ml)

d = Berat isi air (1)

d. Berat Jenis dan Penyerapan

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat sejumlah volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap berat air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan dengan berat agregat dalam keadaan kering oven.

$$B_j \text{ Kering} = \frac{B_k}{(W_2 + B_j - W_1)} \quad (2.14)$$

$$B_j \text{ jenuh (SSD)} = \frac{B_j}{(W_2 + B_j - W_1)} \quad (2.15)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (2.16)$$

dengan: B_j = Berat kering permukaan jenuh (gr)

B_k = Berat kering oven (gr)

W1 = Berat bejana + benda uji + air (gr)

W2 = Berat bejana + air (gr)

e. Kadar Air

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terdapat dalam agregat dalam satuan berat dibandingkan dengan berat keseluruhan agregat. Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat dalam agregat kasar saat akan diaduk menjadi campuran beton. Dengan diketahuinya kandungan air, maka air campuran beton dapat disesuaikan agar faktor air semen yang diambil konstan.

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100\% \quad (2.17)$$

dengan: w_1 = Berat agregat (gr)

w_2 = Berat kering oven sebelum dicuci (gr)

f. Berat Isi

Berat isi adalah perbandingan berat sampel dengan volume sampel. Pemeriksaan berat isi dibagi menjadi tiga cara yaitu :

- 1) Cara Lepas
- 2) Cara Penggoyangan
- 3) Cara Perojokan

$$\gamma = \frac{W_3}{V} \quad (2.18)$$

dengan: γ = berat isi agregat

W_3 = berat benda uji

V = volume wadah

g. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Mesin Los Angeles merupakan salah satu mesin untuk pengujian keausan / abrasi agregat kasar, fungsinya adalah kemampuan agregat untuk menahan gesekan, dihitung berdasarkan kehancuran agregat tersebut. Uji keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles dapat dilakukan dengan 500 atau 1000 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm. Pemeriksaan Keausan agregat kasar bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles. Persyaratan keausan agregat kasar adalah harus lebih kecil dari 27%.

$$\text{Nilai Keausan Los Angeles} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2.19)$$

Dengan : A = Berat sampel semula (gram)
 B = Berat sampel yang tertahan / lebih besar dari
 1,7 mm (gram)

h. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat bertujuan untuk menentukan persentasi kadar lumpur dalam agregat.

$$\text{Kadar Lumpur Agregat} = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100\% \quad (2.20)$$

dengan: w_1 = Berat agregat mula-mula (gr)

w_2 = Berat sampel setelah dikeringkan selama 24 jam (gr)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton yang menggunakan agregat kasar dari sungai dan dari gunung. Pengujian kuat tekan menggunakan 3 buah sample untuk masing – masing benda uji pada umur 14 , 21 hari dan 28 hari. Pengujian menggunakan silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm untuk pengujian kuat tekan. Penambahasan secara umum, urutan tahap penelitian ini meliputi:

1. Penyediaan bahan penyusun beton
2. Pemeriksaan bahan
3. Perancangan campuran beton (mix design)
4. Pemeriksaan nilai slump
5. Pembuatan benda uji
6. Pengujian benda uji.

3.2 Bahan

Benda uji dibuat dengan menggunakan material yang umumnya sering digunakan untuk membuat beton normal, namun dengan penggunaan batuan dari sungai sebagai substitusi pada agregat kasar. Bahan-bahan tersebut adalah sebagai berikut ini:

1. Agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimum agregat 40 mm yang berasal gunung Dolok Seraut Merek Kabupaten Karo Sumatera Utara, dan batu pecah dari sungai Wampu, Langkat.
2. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari Binjai
3. Air yang berasal dari Laboratorium beton Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan.
4. Semen *Ordinari Portland Cement* (OPC) atau semen tipe 1.

3.3 Alat yang Digunakan

Dalam proses pengujian bahan, pembuatan benda uji serta pengujian benda uji digunakan beberapa alat yang telah disediakan oleh Laboratorium beton Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan untuk mempermudah dalam pembuatan benda uji. Alat-alat tersebut antara lain :

1. Cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pembuatan sampel beton yang akan diuji kuat tekan.
2. Kerucut *Abrams* untuk mengetahui nilai *slump* beton.
3. *Compression Testing Machine* untuk pengujian kuat tekan beton.
4. Ayakan atau saringan digunakan untuk memperoleh ukuran butiran agregat tertahan.
5. Timbangan digunakan untuk menimbang atau mengukur berat suatu benda. Dalam penelitian ini timbangan digunakan untuk menimbang berat bahan penyusun beton yang akan digunakan agar sesuai dengan kebutuhan.
6. Piknometer dalam penelitian ini digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
7. Oven adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengeringkan suatu benda dengan suhu tertentu. Dalam penelitian ini oven digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan agregat kasar, serta untuk pengujian kandungan lumpur agregat halus.
8. Sekop dalam penelitian ini digunakan untuk mengambil atau mengangkat kerikil dan pasir yang kemudian diletakan ke dalam ember
9. Cetok adalah alat berupa sendok adukan yang terbuat dari lempengan logam dan kayu sebagai pegangannya. Dalam penelitian ini cetok digunakan untuk mengambil pasir dan semen yang akan ditimbang bersama ember.
10. Ember dalam penelitian ini digunakan sebagai tempat untuk meletakan bahan penyusun beton yang akan ditimbang. Setelah ditimbang, kemudian bahan tersebut dibawa ke tempat pengadukan beton.
11. Molen adalah alat pengaduk yang digunakan untuk mencampurkan bahan penyusun beton hingga merata seperti yang diinginkan dalam waktu tertentu.
12. Tongkat Penumbuk yang dimaksud adalah sebatang besi dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm yang memiliki ujung bulat. Tongkat penumbuk digunakan untuk

memadatkan beton segar yang berada di dalam cetakan sebanyak 25 kali setiap pengisian sepertiga bagian cetakan agar beton tersebut merata dan padat.

13. Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang suatu benda dengan ukuran tertentu. Dalam penelitian ini jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter dan tinggi sampel. Jangka sorong memiliki ketelitian 0,01 mm.
14. Mesin tekan dalam penelitian ini digunakan untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton. Mesin ini memberi beban dengan gaya tekan secara konstan sampai sampel beton tersebut hancur.

3.4 Pembuatan Benda Uji dan Perawatannya

Pengujian beton bertujuan untuk mengetahui kadar beton yang berhubungan dengan mutu dan kualitas beton. Dalam proses pengujian beton, haruslah melewati beberapa tahap. Tahap yang paling mendasar adalah pembuatan benda uji beton. Tahap pembuatan benda uji dimulai dengan menghitung *mix design* (rencana adukan beton). Jumlah benda uji dibuat sebanyak 18 benda uji, dengan ukuran cetakan silinder panjang 300 mm dan diameter silinder 150 mm untuk kuat tekan.

Pembuatan beton dilakukan seperti pembuatan beton secara konvensional. Kemudian campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder. Setelah beton mengering, benda uji dirawat dengan cara direndam di dalam bak berisi air selama 14,21 dan 28 hari. Setelah 14,21, dan 28 hari benda uji dikeluarkan dari dalam bak dan dikeringkan terlebih dahulu selama 24 jam sebelum diuji.

3.5 Pengujian Bahan

Sebelum memulai untuk membuat benda uji, bahan-bahan yang akan digunakan harus diuji terlebih dahulu untuk memastikan bahan-bahan tersebut telah memenuhi syarat yang telah ditentukan. Bahan-bahan yang akan diuji adalah agregat halus, dan agregat kasar.

3.5.1 Pengujian Agregat Halus

Yang termasuk dalam pengujian bahan agregat halus adalah pemeriksaan kandungan zat organik, pemeriksaan kandungan lumpur, pemeriksaan gradasi agregat halus, dan berat jenis agregat halus.

1. Pemeriksaan kandungan zat organik

- a. Mengambil pasir kira – kira $\pm 130 \text{ cm}^3$
- b. Mengeringkan pasir tersebut didalam tungku pada suhu 105 derajat selama 36 jam.
- c. Megeluarkan pasir dari tungku, kemudian mendingkan dengan *exicator* .
- d. Memasukkan pasir 130 cm^3 tersebut kedalam tabung gelas ukur 250 cc
- e. Menuangkan NaOH 3% ke dalam gelas ukur sampai batas 200 cc
- f. Mengocok gelas ukur yang berisi pasir dengan NaOH 3% selama 10 menit dan membiarkannya selama 24 jam.
- g. Mengamati dan mencatat warna larutan yang terdapat di atas pasir dan membandingkannya dengan *Gardner Standart Colour*.

2. Pemeriksaan kandungan lumpur

- a. Menimbang pasir kering sebanyak 100 gr dan memasukkannya ke dalam gelas ukur 250 cc.
- b. Mengisi air ke dalam gelas ukur sampai setinggi 12 cm di atas permukaan pasir dan mengocoknya selama 1 menit, kemudian biarkan selama 1 menit, lalu buang airnya.
- c. Mengulang langkah a dan b sampai airnya jernih.
- d. Menghitung kandungan lumpur

3. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

- a. Mengeringkan pasir dalam tungku pada suhu 105 °C selama kurang lebih 24 jam.
- b. Mengeluarkan pasir dari tungku dan mendinginkannya ke dalam *exicator*
- c. Menimbang pasir (B gram)
- d. Timbang berat awal masing-masing ayakan
- e. Susun ayakan dengan susunan ayakan sebagai berikut Ø 9,5 mm; Ø 4,75 mm; Ø 2,36 mm; Ø 1,18 mm; Ø 0,60 mm; Ø 0,30 mm; Ø 0,15; Pan.
- f. Timbang 500 gr pasir kering oven kemudian masukkan ke dalam ayakan yang telah disusun

- g. Saringan diletakkan di mesin pengayak lalu nyalakan mesin pengayak selama 10 menit dan kemudian diamkan mesin pengayak selama 5 menit.
- h. Timbang berat setiap ayakan + pasir yang tertahan di ayakan tersebut, kemudian hitung % lolos agregat halus tersebut.
- i. Dari pemeriksaan tersebut, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB), yaitu nilai yang digunakan untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butiran agregat. Semakin besar nilai MHB-nya, maka butir-butir agregat tersebut juga akan semakin besar.

4. Pemeriksaan Berat Jenis

- a. Agregat yang tertahan saringan $\frac{1}{2}$ ' diambil dan ditimbang sebanyak 1000 gr.
- b. Rendam agregat selama 24 jam kemudian dicuci sampai bersih
- c. Agregat yang sudah bersih ditimbang dalam air dengan menggunakan keranjang yang telah ditimbang terlebih dahulu di dalam air.
- d. Agregat dikeringkan dengan menggunakan kain lap sampai keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dan kemudian agregat ditimbang.
- e. Agregat dikeringkan dalam *oven* dengan suhu 110o C sampai kering.
- f. Agregat di dinginkan dan kemudian timbang beratnya.

3.5.2. Pengujian Agregat Kasar

Untuk agregat kasar berupa batu pecah sungai dan batu pecah gunung. Pengujian dilakukan terdiri dari berat jenis dan pemeriksaan keausan dengan mesin Los Angeles.

1. Berat Jenis

- a. Pilih sampel batun sungai dan batuan gunung yang akan diuji dengan kriteria permukaan rata, lalu timbang berat batu sungai tersebut.
- b. Siapkan alat-alat seperti cawan petri, mangkok dan air raksa.
- c. Timbang cawan petri, lalu catat hasilnya.
- d. Tuang air raksa ke dalam mangkok hingga penuh, kemudian ditimbang.
- e. Letakkan mangkok berisi air raksa tersebut di atas cawan petri dengan berhati-hati, jangan sampai air raksa tumpah.
- f. Masukkan sampel batuan tersebut ke dalam air raksa.
- g. Hitung volume air raksa yang tumpah diatas cawan petri.

h. Hitung berat jenis batuan tersebut.

2. Pemeriksaan Penyerapan Agregat Kasar

- a. Agregat yang tertahan di saringan $\frac{1}{2}$ " diambil dan ditimbang sebanyak 1000 gram..
- b. Rendam agregat selama 24 jam kemudian dicuci sampai bersih.
- c. Agregat dikeringkan dengan menggunakan kain lap sampai keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dan kemudian agregat ditimbang.
- d. Agregat dikeringkan dalam oven sampai dengan suhu 110 derajat celcius sampai kering.
- e. Agregat didinginkan kemudian ditimbang beratnya.

3. Pemeriksaan Keausan dengan Mesin Los Angeles

- a. Agregat diambil sebanyak 2500 gram yang lolos saringan $\frac{3}{4}$ " dan tertahan saringan $\frac{1}{2}$ ". Agregat diambil sebanyak 2500 gram yang lolos saringan $\frac{1}{2}$ " dan tertahan saringan $\frac{3}{8}$ ".
- b. Buka mesin *Los Angeles Abration*, masukkan agregat tersebut dan bola baja sebanyak 8 butir dimasukkan ke dalamnya, lalu ditutup kembali.
- c. Mesin *Los Angeles Abration* dihidupkan kembali.
- d. Putaran yang dibutuhkan sebanyak 500 putaran, dengan kecepatan mesin 33 putaran/menit. Untuk kekurangan putaran, hidupkan mesin *Los Angeles Abration* kembali, dan hitung jumlah kekurangan putaran dengan *counter*.
- e. Kemudian didiamkan selama 5 menit, agar debunya mengendap.
- f. Debu yang jatuh ditampung dengan penampung, penutupnya dibuka. Lalu bola baja dan agregat yang ada di dalamnya dikeluarkan lalu ditampung dalam penampung.
- g. Agregat yang ada di penampung disaring dengan saringan No. 12.
- h. Agregat yang tertahan saringan No. 12 ditimbang dan dihitung keausan yang dimiliki.

4. Kadar air

Metode ini sebagai acuan untuk menentukan besarnya kadar air agregat. Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, yang dinyatakan dalam persen. Peralatan yang digunakan, antara lain, timbangan, oven, dan talam logam tahan karat.

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- a) Menimbang dan mencatat berat talam (W1).
- b) Memasukkan benda uji ke dalam talam, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya (W2).

- c) Menghitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).
- d) Mengeringkan benda uji beserta talam di dalam oven.
- e) Setelah kering, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta talam ($W4$).
- f) Menghitung berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$).
- g) Hitung kadar air agregat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = 100 \times (W3 - W5) / W5$$

Dengan = $W3$ = berat benda uji semula berat;

$W5$ = benda uji kering

5. Analisa Saringan Agregat Kasar.

metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan saringan.

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- a) keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap. Sebaiknya untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian tinggi, dilakukan minimal 2 kali pengujian
- b) keluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram
- c) susun saring dari yang lubangnya paling besar dari atas kebawah (jangan terbalik), masukkan benda uji dan langsung di ayak. Bila tidak tersedia saringan dan mesin pengguncang dengan kapasitas besar, maka pengayakan dilakukan dengan cara manual
- d) keluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan letakkan masing-masing pada talam.
- e) timbang dan catat berat benda uji yang tertahan di masing-masing saringan. Dalam pembersihan saringan, gunakan sikat kawat untuk saringan dengan lubang besar, dan kuas untuk lubang yang halus.

6. Berat isi

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- a) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap
- b) Keluarkan benda uji dari oven lantas dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram

- c) Letakkan silinder ukur pada tempat yang datar. Untuk pengujian berat volume padat, masukkan benda uji per 1/3 bagian dan tiap bagian di tumbuk 25 kali merata, lalu diratakan, dikerjakan sampai volume penuh. Sedang untuk pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan dalam silinder sampai penuh (tanpa pemadatan) lalu diratakan.
- d) Timbang berat silinder berisi benda uji dan dicatat beratnya Hitung volume silinder.

3.6 Pengujian Slump

Uji Slump adalah suatu uji empiris/metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (fresh concrete) untuk menentukan tingkat *workability*nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air. Dalam suatu adukan/campuran beton, kadar air sangat diperhatikan karena menentukan tingkat *workability* nya atau tidak. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu kering menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak.

Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengukur kelecakan dari adukan beton yang berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*Workability*). Pada pengujian ini, yang dimaksudkan dengan nilai *slump* beton adalah hasil penurunan adukan campuran beton saat kerucut *Abrams* diangkat.

Tahapan pengujian slum sebagai berikut :

- a) Basahi cetakan kerucut dan plat dengan kain basah
- b) Letakkan cetakan di atas plat
- c) Isi 1/3 cetakan dengan beton segar, padatkan dengan batang logam sebanyak merata dengan menyusukannya. Lapisan ini penusukan bagian tepi dilakukan dengan besi dimiringkan sesuai dengan dinding cetakan. Pastikan besi menyentuh dasar. Lakukan 25-30 x tusukan.
- d) Isi 1/3 bagian berikutnya (menjadi terisi 2/3) dengan hal yang sama sebanyak 25-30 x tusukan. Pastikan besi menyentuh lapisan pertama.
- e) Isi 1/3 akhir seperti tahapan nomor 4

- f) Setelah selesai dipadatkan, ratakan permukaan benda uji, tunggu kira-kira 1/2 menit. Sambil menunggu bersihkan kelebihan beton di luar cetakan dan di plat.
- g) Cetakan diangkat perlahan TEGAK LURUS ke atas
- h) Ukur nilai slump dengan membalikkan kerucut di sebelahnya menggunakan perbedaan tinggi rata-rata dari benda uji.
- i) Toleransi nilai slump dari beton segar 10 ± 2 cm
- j) Jika nilai slump sesuai dengan standar, maka beton dapat digunakan dan siap untuk di cetak.

3.7. Perawatan Benda Uji

Perawatan beton adalah suatu metode pekerjaan yang bertujuan untuk menjaga permukaan beton segar selalu lembab dan jangan sampai terkena panas dari matahari secara langsung, sejak adukan beton dipadatkan hingga beton dianggap cukup keras. Perawatan beton dilakukandengan cara memasukkan beton ke dalam bak berisi air selama 14, 21, dan 28 hari. Setelah 14,21, dan 28 hari, benda uji dikeluarkan dari dalam bak dan dikeringkan terlebih dahulu sebelum diuji.

Perawatan benda uji dilakukan sebagai berikut :

- a) Dalam waktu 30 menit sesudah dilepas dari cetakan, rendam kedalam bak berisi air hingga semua permukaan benda uji terendam air.
- b) Penyimpangan dalam keadaan basah, yaitu dengan perendaman dalam air jenuh.
- c) Benda uji silinder harus dirawat sekurang kurangnya 20 jam sebelum pengujian pada umur 14, 21, dan 28 hari, beton silinder harus disimpan dalam air.

3.8 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah perbandingan antara tingkatan beban yang diberikan dengan luas penampang. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 - 500 kg/cm² . Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum sampai benda uji pecah di bagi

dengan luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam Mpa atau kg/cm² .

3.9 Tahap Penelitian

Penelitian ini mempunyai tahap-tahap yang harus dilakukan agar mencapai tujuan yang ditetapkan. Pengujian yang dilakukan itu adalah pengujian bahan penyusun beton meliputi agregat halus, agregat kasar dan semen, serta pengujian kuat tekan beton. Pada pelaksanaan penelitian ini, harus dibuat bagan alir penelitian. Hal ini penting mengingat alur proses agar mendapatkan data yang valid. Bagan alir dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:

