

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

Beton merupakan bahan bangunan yang dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen *portland*, air, agregat halus berupa pasir, agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah, udara dan bahan campuran tambahan / *additive* (jika diperlukan). Campuran yang masih plastis selanjutnya dituang kedalam cetakan dan diberikan perawatan dengan cara perendaman dalam air atau pembasahan dengan air pada permukaannya. Pada campuran ini akan terjadi reaksi hidrasi antara semen dengan air yang menyebabkan terjadinya pengerasan beton dan menghasilkan pertambahan kekuatan. Pertambahan kekuatan ini berlangsung terus menerus di bawah suatu kelembaban dan suhu, sehingga dalam pemakaian beton sebagai bahankonstruksi perlu dipilih bahan-bahan yang sesuai, pada campuran beton sering digunakan untuk mengubah, memperbaiki sifat-sifat beton atau meningkatkan kuat tekan beton itu sendiri dan lain sebagainya. Sedangkan bahan tambah yang dipakai bisa berupa kimia (*chemical admixture*) dan mineral (*additive*). Selain untuk merubah sifat-sifat beton penggunaan bahan tambah diharapkan mampu mengurangi penggunaan semen guna lebih ekonomis dan kuat tekan yang dihasilkan meningkat. (Haris, 2021)

Kekuatan, keawetan dan sifat beton tergantung terhadap sifat-sifat dasar, perbandingan campuran bahan-bahannya, cara pengadukannya, cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, serta pemadatan dan perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimulyo, 2007).

Perencanaan campuran adukan beton, bertujuan untuk mendapatkan, mutu beton yang sebaik-baiknya dengan kriteria-kriteria antara lain kuat tekan tinggi, *workability* tinggi (mudah dikerjakan), tahan lama (awet) dan murah (ekonomis).

B. Penelitian Terdahulu

Sutriyono, Retno Trimurtiningrum, dan Aditya Rizkiardi (2018), dalam penelitiannya yang berjudul Pengaruh *Silica Fume* Sebagai Substitusi Semen Terhadap Nilai Resapan dan Kuat Tekan Mortar. Penelitian ini menggunakan *Silica Fume* sebagai bahan pembuatannya, Metode pembuatan dan pengujian kuat tekan mortar mengacu pada SNI 03-6825-2002. Hasil penelitian ini nilai resapan air dengan variasi 0%, 5%, 8%, 12%, dan 15% mengalami kenaikan penurunan berurut-urutan sebesar 3,970%, 3,818%, 3,564%, 3,394%, dan 3,276%. Nilai kuat tekan mortar mengalami kenaikan dari mortar normal pada variasi 5%, dan 8% dengan presentase kenaikan sebesar 283,086 kg/cm² dan 312,574 kg/cm². Sedangkan variasi 12% dan 15% mengalami penurunan. Kuat tekan maksimum terdapat pada persentase 8% sebesar 312,574 kg/cm² kuat tersebut mengalami peningkatan sebesar 3,8% dari kuat tekan beton mortar normal sebesar 271,290 kg/cm². Dan kuat tekan terendah dipersentase 15% sebesar 209,365 kg/cm².

Prayuda dan Fadillawaty Saleh (2019) dalam penelitian ini yang berjudul Kuat Tekan Beton Awal Tinggi Dengan Variasi Penambahan *Superplasticizer* dan *Silica Fume*. Penelitian ini menggunakan *silica fume* dan *superplasticizer* sebagai penggunaan bahan tambah. Benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dilakukan berupa pengujian *workability* dan kuat tekan dari beton pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian ini dibagi menjadi 2 variasi pengujian yaitu : berdasarkan pengujian pertama dengan *superplasticizer* 1% untuk semua variasi dan *silica fume* dengan variasi kadar 3%, 6%, dan 10% serta beton tanpa bahan tambah didapatkan kadar optimum *silica fume* (*sika fume*) 5% dan *superplasticizer* (*sikament NN*) 1% dengan kuat tekan 26,83 MPa. Dan berdasarkan pengujian kedua dengan *superplasticizer* 0,5%, 1%, dan 1,5% untuk semua variasi dan *silica fume* 6% serta beton tanpa bahan tambah didapatkan kadar optimum berada pada kadar *superplasticizer* 1,5% dan *silica fume* 6% dengan kuat tekan

awal beton 28,42 MPa.

Haris dan Rizal Firdaus (2021) dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Penggunaan *Silica Fume Powder* Terhadap Kuat Tekan. Penelitian ini menggunakan *silica fume* sebagai bahan pembuatannya. Benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dilakukan berupa pengujian kuat tekan dari beton pada umur 7 hari, dan 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian ini dibagi menjadi 2 variasi pengujian yaitu : berdasarkan pengujian pertama umur 7 hari dengan *silica fume powder* dengan variasi kadar 5% dan 10% dengan kuat tekan variasi 5% menghasilkan sebesar 23,46 MPa sedangkan kuat tekan variasi 15% menghasilkan sebesar 20 MPa. Dan berdasarkan pengujian kedua umur 28 hari dengan *silica fume powder* dengan variasi kadar 5% dan 10% dengan kuat tekan variasi 5% menghasilkan sebesar 32,12 MPa sedangkan kuat tekan variasi 15% menghasilkan sebesar 35,96 MPa.

Davendra. (2022) melakukan penelitian tentang Pengaruh *Silica Fume* Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Mutu Tinggi. Penelitian ini menggunakan *silica fume* sebagai penggunaan bahan tambah . Penelitian ini menggunakan komposisi *silica fume* sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% yang digunakan berperan sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Benda uji silinder yang digunakan dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 45 buah. Dimana 3 buah untuk benda uji dengan campuran *silica fume* sebesar 0%, 3 buah untuk benda uji dengan campuran *silica fume* sebesar 2,5%, 3 buah untuk benda uji dengan campuran *silica fume* sebesar 5%, 3 buah untuk benda uji dengan campuran *silica fume* sebesar 7,5%, 3 buah untuk benda uji dengan campuran *silica fume* sebesar 10%. Dengan umur 7 hari, 14 hari, 28 hari dan pengujian air resapan 10 sampel dengan umur 28 hari, benda uji silinder yang digunakan dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20cm. Dari hasil uji kuat tekan silinder pada variasi 0% pada umur 7 hari sebesar 29,38 MPa, pada 14 hari sebesar 44,90 MPa, pada 28 hari sebesar 52,4 MPa. Variasi 2,5% pada umur 7 hari sebesar 30,01 MPa, pada 14 hari sebesar 45,09 MPa, pada 28 hari sebesar 53,8 MPa. Variasi 5% pada umur 7 hari sebesar 43,39 MPa, pada 14

hari sebesar 46,31 MPa, pada 28 hari sebesar 55,8 MPa. Variasi 7,5% pada umur 7 hari sebesar 35,52 MPa, pada 14 hari sebesar 39,12 MPa, pada 28 hari sebesar 51,2 MPa. Variasi 10% pada umur 7 hari sebesar 33,42 MPa, pada 14 hari sebesar 34,99 MPa, pada 28 hari sebesar 50,8 MPa.

Wicaksono (2018), dalam penelitiannya yang berjudul *Pengaruh Kadar Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Pada High Strength Self Compacting Concrete (HSCC) Benda Uji Silinder D 7,5cm x 15cm Usia 14 dan 28hari*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar optimum pemakaian *silica fume* untuk mencapai kuat tekan beton 40 Mpa. Variasi presentase *silica fume* pada komposisi campuran beton sebesar 0%, 8%, 9%, 10%, dan 11% di komposisi campuran beton menggunakan tata cara pembuatan rencana campuran tinggi dengan semen *portland* dengan abu terbang, SNI 03-6468-2000. Benda uji silinder yang digunakan dengan ukuran diameter 7,5 cm, dan tinggi 15 cm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa campuran *silica fume* dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin banyak *silica fume* yang digunakan, kuat tekan semakin menurun. Diketahui bahwa kuat tekan beton usia 14 hari dengan persentase 8%, 9%, dan 10% mengalami kenaikan berurutan sebesar 43,95 MPa, 45,67 MPa, dan 49,39 MPa sedangkan variasi 11% mengalami penurunan sebesar 47,25 MPa. Kuat tekan beton usia 28 hari dengan persentase 8%, dan 9%, mengalami peningkatan berurutan 56,68 MPa, dan 67,65 MPa. sedangkan variasi 10% dan 11% mengalami penurunan sebesar 63,41 MPa dan 53,90 MPa. Kuat tekan maksimum usia 14 hari dipersentase 10% sebesar 49,39 MPa dan usia 28 hari dipersentase 9% sebesar 67,65 MPa. Dari berat semen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan terhadap *reactive powder concrete* akibat penggunaan penambahan komposisi *silica fume* dan untuk mengetahui hasil presentase optimal dari *silica fume* pada kuat tekan beton. Benda uji yang digunakan dalam penelitian berbentuk silinder berukuran 5cm x 10cm. Setiap dari variasi terdapat 5 benda uji, sehingga total pengujian kuat tekan beton adalah 30 benda uji dengan umur rencana 14 hari. Hasil dari percobaan 1 kuat tekan dengan rata-rata semua variasi yang dihasilkan kurang dari 40MPa, maka akan dilakukan percobaan II yaitu dengan

menambahkan volume dari *superplasticiter* sebanyak 2 kali data awal. Terdapat 2 benda uji pada setiap variasi dengan total keseluruhan sebesar 12 benda uji. Hasil dari percobaan II kuattekan rata-rata untuk variasi 0% sebesar 42,02 MPa, variasi 9% sebesar 3,29 MPa, variasi 18% sebesar 45, 83 MPa, variasi 36% sebesar 43,29 MPa dan variasi 45% sebesar 42,02 MPa. Presentase optimal dari *silica fume* adalah 26,28%.

C. Definisi Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dan beberapa material yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka daktilitas beton sangat tergantung dari kualitas masing – masing pembentuk. (Tjokrodimulyo, 2007).

Berdasarkan SNI 03-2834-2000, beton didefinisikan sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasardan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Beberapa sifat umum beton sebagai salah satu material konstruksi yang harus dipenuhi berdasarkan SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Kelecekan (*workability*), yaitu sifat beton yang diukur dari tingkat kemudahan atau kesulitan adukan pada beton segar untuk dikerjakan (diaduk, diangkut, dituang, dan juga dipadatkan).
2. Keawetan (*durability*), yaitu sifat yang menunjukkan kemampuan beton dalam menahan kondisi eksternal, baik fisik, mekanik maupun kimia yang dapat merusak beton.
3. Kekuatan (*strength*), yaitu sifat beton dalam menahan beban yang akan diterimanya ketika telah ditempatkan pada struktur.
4. Ekonomis (*economics*), yaitu sifat beton sebagai material konstruksi harus dapat meminimalisir pemborosan biaya konstruksi secara keseluruhan Beton yang dibuat harus terjangkau.

D. Semen *Portland*

Semen *Portland* 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 satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium dan boleh dengan bahan tambah lainnya (SNI 15- 2049-2004).

Semen dibedakan menjadi beberapa tipe, berdasarkan penggunaannya. Jenis semen berdasarkan kegunaannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis lain.
2. Jenis II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan terhadap sulfur atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu 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 hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat.

E. Agregat Halus

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, krikil, batu pecah dan keraj tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2847-2002).

Agregat halus dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar (Gradasi No.1), pasir sedang (Gradasi No.2), pasir agak halus (Gradasi No.3), dan pasir halus (Gradasi No.4) seperti pada table 2.1. sebagai berikut :

Tabel 2.1. Gradasi Agregat Halus

%Lolos saringan / Ayakan							
Ukuran Saringan Ayakan				Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
mm	SNI	ASTM	inch	Gradasi no.1	Gradasi no 2	Gradasi no. 3	Gradasi no.4
9,50	9,6	%in	0,375	100 – 100	100 – 100	100 – 100	100 – 100
4,75	4,8	no. 4	0,187	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0,15	no100	0,0059	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : SNI 03-2834-2000

F. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 03-2847-2002). Fungsi agregat kasar adalah sebagai pengisi agregat kasar seperti pada tabel 2.2. sebagai berikut :

Tabel 2.2. Gradasi Agregat Kasar

%Lolos Saringan/Ayakan						
Ukuran Saringan Ayakan				Ukuran maks. 10mm	Ukuran maks. 20mm	Ukuran maks. 40mm
Mm	SNI	ASTM	inch			
75,0	76	3 in	3,00			100 – 100
37,5	38	1 ^{1/2} in	1,50		100 – 100	95 – 100
19,0	19	3/4 in	0,75	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,5	9,6	3/8 in	0,3750	50 – 85	30 – 60	10 – 40
4,75	4,8	no. 4	0,1870	0 – 10	0 – 10	0 – 5

Sumber : SNI 03-2834-2000

G. Air

Air adalah bahan pencampuran antara semen, dengan agregat halus dan kasar. 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 (SNI 03-2847-2002).

Menurut SK SNI 03-2847-2002. Syarat air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton yaitu :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus lebih 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.
2. Air pencampuran yang digunakan pada beton prategang atau beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak boleh dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama dan hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortal yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur yang dibuat dan uji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortal semen hidrolis (menggunakan specimen kubus dengan sisi 50mm)” (ASTM C 109).

H. Silica Fume

Silica fume merupakan mineral *admixture* yang berupa *pozzolan* halus yang memiliki komposisi silika lebih banyak dari *pozzolan* halus lainnya, yang berasal dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon dan alloy besi silikon dengan

ciri fisik berupa warna abu-abu dengan diameter sekitar 0,1 – 0,2 μm . Untuk sifat kimia, presentase SiO_2 *silica fume* lebih dominan dari senyawa-senyawa lain, dengan presentase diatas 90% dan sisanya terdiri dari senyawa-senyawa lain.

Dengan ukuran partikel yang sangat halus, *silica fume* memiliki kemampuan untuk mengisi ruang kosong pada beton sehingga campuran beton mengalami proses penjenjuran (lebih rapat) yang dapat meningkatkan kuat tekan dan impermeabilitasnya. Pengaruh lainnya yaitu sebagai bahan pozzolan, dimana SiO_2 bereaksi dengan Ca(OH)_2 yang merupakan bahan sisa dari hasil hidrasi semen yang kemudian menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) sebagaimana yang dihasilkan hidrasi semen yang memberikan kekuatan pada beton kerasnya. Reaksi tersebut tersebar merata sehingga menambah kekuatan lekatan antara agregat dan pasta semen. ((Haris & Firdaus, n.d.)).

Penambahan *Silica Fume* dalam jumlah tertentu kedalam campuran beton dapat menggantikan jumlah semen dan juga berperan sebagai pengisi dari partikel-partikel semen, sehingga distribusi porositas beton menjadi kecil, kedapatan beton bertambah dan meningkatkan kekuatan beton. Dengan demikian tingkat pengawasan harus teliti, hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis sehingga menimbulkan akibat yang jelek seperti penurunan kekuatan atau sifat-sifat yang lain (Sugeng Riyanto Suliyanto, 2012).

Tabel 2.3 Kandungan *Silica fume*

Komposisi	(%)
SiO_2	92 – 94
Fe_2O_3	0,10 – 0,50
Al_2O_3	0,20 – 1,30
CaO	0,10 – 0,15
MgO	0,10 – 0,20
C	3 – 5
MnO	0,008
K_2O	0,1
Na_2O	0,1

Sumber : Yogendran, et al, 1987

Banyak manfaat yang didapat jika mencampurkan *silica fume* ke dalam adukan beton, diantaranya :

1. Pada beton segar
 - a. Memudahkan pengerjaan,
 - b. Mengurangi perembesan air,
 - c. Mengurangi waktu pengikatan.
2. Meningkatkan kuat tekan
 - a. Memperkecil susut dan rangkai,
 - b. Meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan lingkungan agresif.
 - c. Sebagai penetrasii klorida.
 - d. Permeabilitas lebih kecil.
 - e. Ketahanan terhadap keausan tinggi.

I. Uji Gradasi

Metode yang dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan dalam pengujian ini dalam memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase butiran baik agregat halus dan agregat kasar. Dalam metode pengujian jenis tanah mencakup jumlah dan jenis - jenis tanah baik agregat halus dan agregat kasar. Untuk analisis saringan agregat adalah penentuan presentasi berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan lalu angka-angka presentase digambarkan grafik pembagian butir (SNI 03-1968-1990).

J. Nilai Slump Test

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecikan suatu adukan beton yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton. Semakin besar nilai *slump* maka semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaiknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.4 Penetapan nilai *slump* adukan beton

Uraian	Nilai Slump	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,00
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan kontruksi dibawah tanah	9,00	2,50
Pelat, Balok, Kolom, dan Dinding Perkerasan jalan	7,50	5,00
Pembeton Massal	7,50	2,50

Sumber : Tjokrodimuljo (2007).

K. Mutu Beton

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, air dengan atau tanpa bahan tamabahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus (SNI 03-2847-2002).

Beton juga mempunyai beberapa jenis mutu diantaranya adalah beton mutu rendah (mempunyai kuat tekan kurang dari 20 MPa), beton mutu sedang (mempunyai kuat tekan 21 MPa – 40 MPa), beton mutu tinggi (mempunyai kuat tekan lebih dari 41 MPa) (SNI 03-6468-2000).

Beton mutu rendah umumnya mempunyai kuat tekan antara 15 MPa – 20 Mpa. Uji kuat tekan beton dilakukan pada beton umur 28 hari dengan menggunakan benda uji silinder diameter 15cm dan tinggi 30cm. Beton ini biasanya digunakan untuk pekerjaan struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu (SNI 03-6468-2000).

L. Uji Gradasi

Metode yang dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan metode saringan. Tujuan dalam pengujian ini dalam memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase butiran baik agregat halus dan agregat kasar.

Dalam metode pengujian jenis tanah mencakup jumlah dan jenis-jenis tanah baik agregat halus maupun agregat kasar. Untuk analisis saringan agregat adalah penentuan presentasi berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan lalu angka-angka presentase digambarkan grafik pembagian butir (SNI 03-1968-1990).

M. Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat

Dalam pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm atau saringan nomor 4. Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24 + 4) jam direndam didalam air cara uji ini tidak ditunjukkan untuk digunakan pada pengujian agregat ringan (SNI 03-1969-2008).

N. Uji Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus (pasir) bertujuan untuk menentukan besarnya (persentase) kadar lumpur dalam agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton. Kandungan lumpur <5% merupakan ketentuan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

O. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Adapun tahapan-tahapan dalam perhitungan campuran beton tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menentukan mutu beton dan umur beton

Dalam penelitian ini, mutu beton yang akan digunakan adalah f_c' 20M Padangan pengujian beton 28 hari.

2. Menentukan Nilai Deviasi Standar (DS)

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	$4,5 < s \leq 5,5$	$5,5 < s \leq 6,5$	$6,5 < s \leq 8,5$
Sedang	1000-3000	$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 5,5$	$5,5 < s \leq 7,5$
Besar	>3000	$2,5 < s \leq 3,5$	$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 6,5$

Sumber : SNI 03-2834-2000

Standar deviasi akan digunakan untuk nilai margin atau angka aman yang apabila kita disain itu paling tidak akan setara atau lebih sedikit dari mutu yang direncanakan.

Tabel 2.6 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan.

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

Sumber : SNI 03-2834-2000

Karena dalam penelitian ini masih studi eksperimen, jadi digunakan tingkat pengendalian yang jelek yaitu 7 MPa.

3. Mencari Nilai Tambah Untuk Nilai Kuat Tekan Rencana (M)

Tabel 2.7 Angka koreksi standar deviasi

Jumlah pengujian	Factor pengkali deviasi standar
<15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
>30	1,00

Sumber : SNI 03-2834-2000

- Semakin sedikit sampel yang digunakan maka angka *margin*/deviasi standarnya lebih besar
- Karena penelitian ini adalah studi eksperimen dan benda uji yang dibuat <15, maka ditetapkan nilai *margin* setara 12 MPa (SNI 03- 2834-2000)
- Atau jika dihitung dengan menggunakan rumus, nilai *margin* ini setara dengan : $1,64 \times s$

4. Kuat tekan beton yang ditargetkan dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

Dimana :

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata (MPa)

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

M = Nilai tambah (MPa)

5. Menentukan jenis semen *Portland*

Semen *Portland* merupakan bahan pengikat hidrolis yang sangat penting dalam konstruksi beton. Bahan perekat hidrolis yaitu dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan pembantu untuk membuat pasta semen atau *grout* bila bersenyawa dengan air dapat mengeras dan bila bereaksi dengan agregat halus biasa disebut mortar (Tjokrodinuljo, 2007). Semen *Portland* yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland* tipe 1

6. Menetapkan jenis agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, apakah berupa alami atau batu pecah, pada penelitian ini digunakan agregat kasar batu pecah dan agregat halus alami.

7. Menetapkan Faktor Air Semen (FAS)

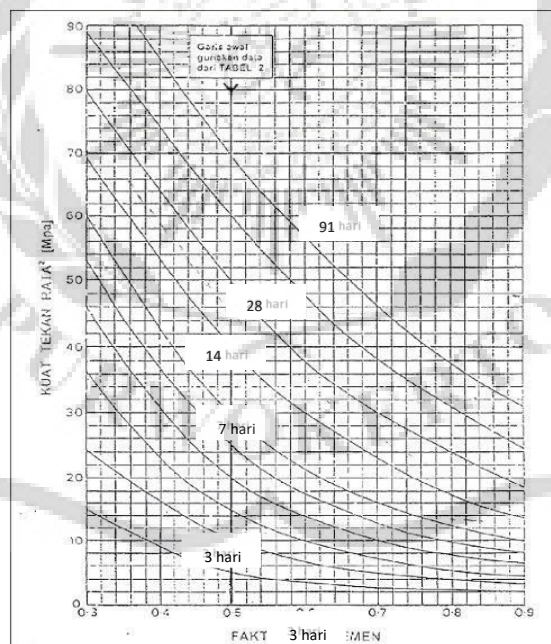
Factor air semen yang digunakan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan berdasakn hubungan kuat tekan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagaipedoman dapat digunakan Tabel 2.8 dan Gambar 2.1.

Tabel 2.8 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan Air semen dan Agregat Yang Biasa Dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat	Umur 3 hari	Umur 7 hari	Umur 28 hari	Umur 91 hari	Bentuk Uji
Semen Tipe I	Kasar Batu tak dipecahkan Batu pecah	17	23	33	40	Silinder
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan Batu pecah	20	28	40	48	Kubus
Semen Tipe III	Batu tak dipecahkan Batu pecah	21	28	38	44	Silinder
		25	33	44	48	

Sumber : SNI 03-2834-2000

Pada tabel sesuaikan jenis semen, semen yang akan digunakan adalah semen tipe I dan jenis agregat kasar yaitu batu pecah serta umur rencana 28 hari dengan bentuk benda uji silinder dan didapatkan kuat tekan senilai 37 MPa.



Sumber : SNI 03 2834-2000

Gambar 2.1 Hubungan factor air semen dan kekuatan tekan beton untuk benda uji silinder (benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm).

Cara menggunakan Grafik sebagai berikut :

- a. Tarik garis vertikal Fas 0,5 sesuai dengan tabel.
- b. Kemudian Tarik secara horizontal nilai kuat tekan silinder 37 Mpa ke kanan sampai berpotongan dengan nilai fas 0,5.
- c. Setelah berpotongan dibuat garis parabola diantara garis pertemuan titik 37 Mpa dan fas 0,5.
- d. Setelah didapat garis parabola baru, kemudian gunakan kuat tekan yang direncanakan $f'_{cr} = 32$ Mpa. Kemudian Tarik secara horizontal dari nilai f'_{cr} (32 MPa) sampai menyentuh garis parabola yang baru.
- e. Kemudian Tarik kebawah secara tegak lurus sampai menyentuh nilai fas dan kemudian baca nilai fas yang akan dicari.
- f. Maka akan didapat nilai fas bebas = 0,55
- g. Faktor air semen adalah perbandingan jumlah air dengan jumlah semen, semakin tinggi nilai fas, maka semakin kecil nilai kuat tekan beton sehingga harus hati-hati dalam menentukan nilai fas.
- h. Menentukan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum sesuai dengan tabel 2.9.

8. Menentukan jumlah semen minimum dan factor air semen maksimum sesuai dengan tabel 2.10.

Tabel 2.9 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkaran Khusus

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton didalam Ruang Bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau Korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah :		
a. Mengalami keadaan bahas dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		—
Beton yang kontinu berhubungan :		
a. Air tawar		—
b. Air laut		—

Sumber : SNI 03 2834-2000

- Fas maksimum dan jumlah semen maksimum pada pengujian ini diambil jenis pembetonan beton didalam ruang bangunan keadaan keliling non korosif sehingga fas maksimum didapat nilai 0,6 dan jumlah semen 275 kg/m³.
- Sehingga fas yang digunakan adalah 0,55 (fas terkecil). Digunakan fas terkecil karena semakin tinggi nilai fas, maka mutu beton akan semakin turun.
- Nilai *slump test* yang ditentukan didalam indoor yaitu 60 mm – 180 mm.

9. Besar Butir Agregat Maksimum

Besar butir agregat maksimum dihitung berdasarkan ketentuan yaitu seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan. Untuk nilai agregat maksimum yang ditentukan dalam penelitian ini adalah 40 mm.

10. Kadar Air Bebas

Kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan) dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \dots\dots\dots 2.1$$

Dengan :

W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus
 W_k = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar
 Nilai W_h dan W_k diperoleh dari tabel 2.10.

Tabel 2.10 Perkiraan Kebutuhan Air Bebas (Kg/m³)

Ukuran Maks Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Alami	150	180	205	225
	Split	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Split	170	190	210	255
40	Alami	115	140	160	175
	Split	155	175	190	205

Sumber : SNI 03 2834-2000

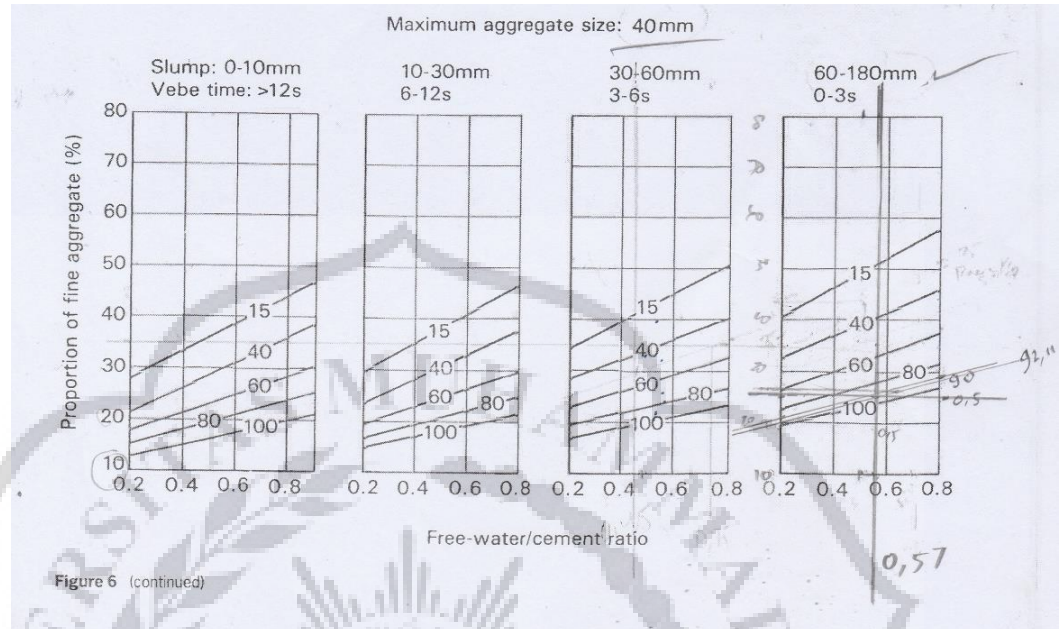
- Dengan ukuran agregat 40 mm dan nilai slump 60 mm – 180 mm, didapat jenis batuan alami 175 (W_h) dan batu pecah 205 (W_k).
- Maka didapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} w_h + \frac{1}{3} w_k$$

$$\text{Kadar semen} = \frac{\text{kadar air bebas}}{\text{faktor air semen}}$$

11. Menentukan Persentase Agregat Halus dan Agregat Kasar

Untuk menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada gambar grafik 2.2



Gambar 2.2 grafik 15 persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran maksimum 40 mm.

- Susunan besar butir agregat halus adalah daerah gradasi agregat no.2 sesuai dengan tabel SNI 03-2834-2000
- Persen agregat halus dicari dan disesuaikan pada ukuran agregat maksimum yang digunakan.
- Pada mix design untuk penelitian ini, agregat maksimum yang digunakan adalah 40mm, sehingga digunakan grafik 15. Kemudian berdasarkan nilai slump yang telah ditentukan (60mm – 180mm).
- Kemudian dengan menggunakan nilai fas yang digunakan yaitu 0,55 dan daerah gradasi agregat halus (60mm – 180mm), maka persen agregat halus dapat ditentukan.

Cara menentukan grafik adalah sebagai berikut :

- Pada gambar 2.2 diatas, tentukan grafik yang akan dipakai berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
- Tarik garis vertikal ke atas samping kurva yang paling diatas diantara 2

kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.

- c. Kemudian, Tarik garis horizontal ke kanan, baik kurva batas atas maupun kurva batas bawah yang berada didaerah gradasi dan catat nilainya.
- d. Ambil rata-rata dari hasil kedua nilai tersebut untuk persentase agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$100\% - \text{persentase agregat halus.}$$

12. Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis relative agregat diambil dari hasil laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Berat Jenis agregat gabungan} = (\% \text{Agregat Halus} \times \text{Berat Jenis Agregat halus}) + (\% \text{Agregat Kasar} \times \text{Berat jenis Agregat kasar}).$$

Dengan :

$$\text{Berat Jenis agregat gabungan} = \text{Berat jenis agregat gabungan}$$

$$\text{Berat Jenis agregat halus} = \text{Berat jenis agregat halus}$$

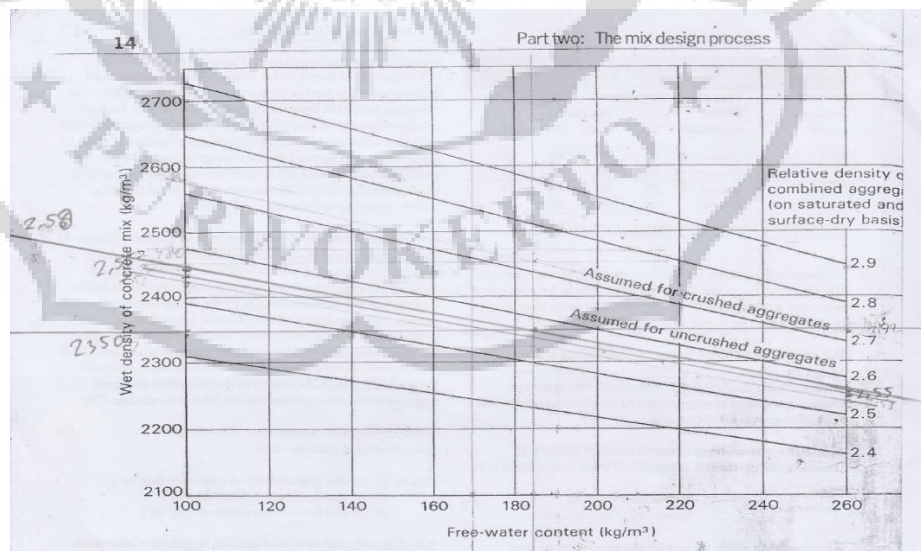
$$\text{Berat Jenis agregat kasar} = \text{Berat jenis agregat kasar}$$

$$\% \text{Agregat Halus} = \text{Persentase agregat halus}$$

$$\% \text{Agregat Kasar} = \text{Persentase agregat kasar}$$

(Sumber ; Balitbang P.P.W.,2000)

13. Mencari Nilai Berat Isi Beton Dengan Menggunakan Gambar



Gambar 2.3 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah Yang Telah Selesai Dipadatkan

Cara menggunakan grafik adalah sebagai berikut :

- a. Pada gambar 2.3 diatas, Tarik garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan sejajar dengan garis linier yang telah ada pada grafik.
- b. Tarik garis vertikal keatas sampai memotong garis yang telah dibuat tadi sesuai dengan nilai kadar air bebas kemudian Tarik garis horizontal ke kiri pada perpotongan kedua garis diatas dan catat nilainya.

P. Pemeriksaan slump beton segar

Dengan pemeriksaan slump diperoleh nilai slump yang dipakai sebagai tolok ukur kelecakan beton segar, yang berhubungan dengan tingkat kemudahan pengerjaan beton. Bertujuan untuk mengetahui langkah dan besarnya nilai uji slump. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.11 Penetapan nilai *slump* adukan beton

Uraian	Nilai Maksimum	Slump Minimum
Dinding, Pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,00
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi di bawah tanah	9,00	2,50
Pelat, Balok, Kolom, Dan Dinding	15,00	7,50
Perkerasan jalan	7,50	5,00
Pembetonan massal	7,50	2,50

Sumber : Tjokrodimuljo(2007)

Q. Pembuatan silinder beton

Silinder beton yang dibuat adalah replikasi dari beton yang digunakan untuk bahan bangunan. Silinder beton ini dibuat dari adukan beton yang akan digunakan, yang merupakan sampel yang akan diujikan di laboratorium. Jumlah silinder beton yang dibuat harus bisa merepresentasikan dari adukan beton yang dibuat sebagai bahan bangunan.

R. Pengujian kuat tekan silinder beton

Maksud dari pengujian kuat tekan silinder beton adalah untuk menentukan kekuatan tekan beton berbentuk silinder yang dibuat dan dirawat di Laboratorium. Kekuatan tekan beton adalah beban persatuan luas yang menyebabkan beton hancur. Kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Dengan:

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

