

TUGAS AKHIR

**KAJIAN SIKAFUME UNTUK KUAT TEKAN BETON
DENGAN FAKTOR AIR SEMEN YANG BERVARIASI
(Studi Penelitian)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ISMATUL HADID TANJUNG
1307210179



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ismatul Hadid Tanjung

NPM : 1307210179

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Kajian Sikafume Untuk Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen Yang Bervariasi

Bidang ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Desember 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Dosen Pembimbing II / Peguji

Ir. Ellyza Chairina, M.Si

Hj. Irma Dewi, S.T., M.Si

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Peguji

Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc

Ir. Zurkiyah, M.T

Program Studi Teknik Sipil
Ketua Prodi.

Dr. Ade Faisal, ST, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ismatul Hadid Tanjung

Tempat /Tanggal Lahir : Gunung Sitoli / 23 November 1994

NPM : 1307210179

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Kajian Sikafume Untuk Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen Yang Bervariasi”.

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Desember 2017



Saya yang menyatakan,

Ismatul Hadid Tanjung

ABSTRAK

KAJIAN SIKAFUME UNTUK KUAT TEKAN BETON DENGAN FAKTOR AIR SEMEN YANG BERVARIASI (Studi Penelitian)

Ismatul Hadid Tanjung
1307210179

Ir. Ellyza Chairina, M.Si
Hj. Irma Dewi, ST., M.Si

Beton adalah suatu bahan bangunan yang tersusun dari campuran homogen antara semen, air dan agregat, dan jika diperlukan memerlukan bahan tambah (*additive*). Untuk mengetahui pengaruh bahan *additive* terhadap kuat tekan beton karakteristik maka dilakukan penelitian dengan menggunakan bahan *additive* berupa *Sikafume*. Setelah penelitian dilakukan didapat nilai kuat tekan karakteristik beton normal dengan faktor air semen 0,4 sebesar 30,15 MPa pada umur 14 hari dan 32,98 MPa pada umur 28 hari, untuk faktor air semen 0,5 didapat 30,61 MPa untuk umur 14 hari dan 30,04 MPa pada umur 28 hari dan untuk faktor air semen 0,6 sebesar 31,67 MPa dan 36,09 MPa pada umur 28 hari. Kuat tekan yang didapat dengan penambahan sikafume sebesar 10 % pada faktor air semen 0,4 sebesar 32,42 MPa pada umur 14 hari dan 37,16 MPa untuk 28 hari Kuat tekan yang didapat dengan penambahan *sikafume* 10% pada faktor air semen 0,5 sebesar 33,48 MPa pada umur 14 hari dan 38,09 MPa pada umur 28 hari dan Kuat tekan yang didapat dengan penambahan *sikafume* 10% pada faktor air semen 0,6 pada umur 14 hari sebesar 35,35 MPa dan 40,31 MPa untuk 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan *Sikafume* sebagai bahan *additive* dengan variasi faktor air semen yang berbeda dapat menaikkan nilai kuat tekan beton rata-rata.

Kata kunci : Beton, sikafume, Kuat Tekan Beton, Faktor Air Semen

ABSTRACT

STUDY OF SIKAFUME FOR STRONG PRESS WITH WATER FACTOR CEMENT VARIOUS (CASE STUDY)

Ismatul Hadid Tanjung
1307210179

Ir. Ellyza Chairina, M.Si
Hj. Irma Dewi, ST., M.Si

Concrete is a building material composed of a homogeneous mixture of cement, water and aggregate, and if necessary requires additive. To know the influence of additive materials to the compressive strength of concrete characteristics then conducted research using additive materials in the form. After the research was done, the value of compressive strength of normal concrete characteristics with water factor of cement 0,4 30,15 MPa at age 14 days and 32,98 MPa at age 28 days, for water cement factor 0,5 obtained 30,61 MPa for age 14 days and 30.04 MPa at 28 days and for the water factor of 0.6 cement at 31.67 MPa and 36.09 MPa at 28 days. The compressive strength obtained by the addition of 10% cycassia at the cement water factor of 0.4 of 32.42 MPa at the age of 14 days and 37.16 MPa for 28 days, the compressive strength obtained by the addition of 10% cycasside at 0.5 cement water factor of 33 , 48 MPa at age 14 days and 38.09 MPa at age 28 days and compressive strength obtained with addition of 10% cycassume at cement water factor of 0.6 at age 14 days of 35.35 MPa and 40,31MPa for 28 days. Based on the result of research obtained, it can be concluded that the use of Sikafume as an additive with variations of different water cement factors can increase the value of the compressive strength of the characteristic concrete.

Keywords: Concrete, sikafume, Strong Concrete Press, Water Factor Cemen.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Kajian Sikafume Untuk Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen Yang Bervariasi” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Ellyza Chairina, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hj.Irma Dewi, ST,. M.Si selaku Dosen Pembimbing - II dalam penulisan Tugas Akhir ini dan Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Ir. Zurkiyah, M.T. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Rahmatullah ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Orang tua penulis: Iskandar Mirzan Tanjung. A.md. dan Siti Rohani Sikumbang. A.md. yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Abang saya Andry Munandar Tanjung S.Sos dan Kakak saya tercinta Puspita Ninsih Tanjung dan Adek saya Saidar Parawansyah Tanjung beserta Keponakan saya Isnan Fahri Akbar dan Azri Syahir Akhtar yang telah memberikan saya semangat untuk mengerjakan skripsi saya.
9. Sahabat-sahabat penulis: Nanda Alif Kurnia S.T, Afriande, Dian Syahputra siregar, Afridho Zulfantri, M. Yasir Kemal Nst, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 18 Desember 2017

Ismatul Hadid Tanjung

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAH	i
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Material Pembentuk Campuran Beton	6
2.2.1. Semen	6
2.2.2. Agregat	8
2.2.3. Air	14
2.3. Bahan <i>Additive</i>	15
2.4. Perencanaan Pembuatan Campuran Buatan Beton	
Standar Menurut SNI 03-2834, 1993	17
2.5. Slump Test	29
2.6. Perawatan Beton	30
2.7. Pengujian Kuat Tekan	31

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Umum	33
3.1.1 Metodologi Penelitian	33
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	35
3.3 Bahan dan Peralatan	35
3.3.1. Bahan	35
3.3.2. Peralatan	35
3.4 Persiapan Penelitian	36
3.5. Pemeriksaan Agregat	36
3.6. Pemeriksaan Agregat Halus	36
3.6.1. Kadar Air Agregat Halus	36
3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus	37
3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	38
3.6.4. Berat Isi Agregat Halus	39
3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus	40
3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)	43
3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar	43
3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar	44
3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	45
3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar	46
3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar	47
3.7.6. Kekerasan Agregat Dengan Mesin Los Angeles	50
3.8 Perencanaan Campuran Beton	51
3.9. Pelaksanaan Penelitian	52
3.9.1. <i>Trial Mix</i>	52
3.9.2. Pembuatan Benda Uji	52
3.9.3. Pengujian <i>Slump</i>	52
3.9.4. Perawatan Beton	52
3.9.5. Pengujian Kuat Tekan	52

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Rencana Campuran Beton (Mix Design)	54
4.1.1. Data-Data Campuran Beton	54
4.1.1. Metode Mix Design	72
4.2 Pembuatan Benda Uji	80
4.3 Slump Test	81
4.4 Kuat Tekan Beton	81
4.4.1 Kuat Tekan Beton Normal	82
4.4.2 Kuat Tekan Beton <i>addative sikafume</i> 10%	84
4.5 Pembahasan	88
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi bahan pembentuk beton	5
Tabel 2.2	Batas Gradasi Agregat Halus	9
Tabel 2.3	Batas Gradasi Agregat Kasar	13
Tabel 2.4	Kandungan Zat Kimia Dalam Air yang Diizinkan	15
Tabel 2.5	Faktor pengali untuk deviasi standar	18
Tabel 2.6	Tingkat mutu pekerjaan pembetonan	18
Tabel 2.7	Perkiraan Kadar Air Bebas	19
Tabel 2.8	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum	21
Tabel 2.9	Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat	23
Tabel 2.10	Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air	25
Tabel 2.11	Toleransi waktu	31
Tabel 2.12	Perbandingan kekuatan tekan beton	32
Tabel 3.1	Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	37
Tabel 3.2	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	37
Tabel 3.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	38
Tabel 3.4	Data Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus	39
Tabel 3.5	Data Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	40
Tabel 3.6	Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	44
Tabel 3.7	Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	44
Tabel 3.8	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	45
Tabel 3.9	Data-Data Dari Hasil Penyelidikan Berat Isi Agregat Kasar	46
Tabel 3.10	Data Dari Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Kasar	48
Tabel 3.11	Hasil Pengujian Kekerasan Agregat	51
Tabel 4.1	Perencanaan Campuran Beton untuk FAS 0,4	55
Tabel 4.2	Perencanaan Campuran Beton untuk FAS 0,5	56
Tabel 4.3	Perencanaan Campuran Beton untuk FAS 0,6	57

Tabel 4.4	Banyak agregat kasar untuk tiap saringan dalam 1 benda uji dengan F.A.S 0,4	61
Tabel 4.5	Banyak agregat kasar untuk tiap saringan dalam 1 benda uji dengan F.A.S 0,5	62
Tabel 4.6	Banyak agregat kasar untuk tiap saringan dalam 1 benda uji dengan F.A.S 0,6	62
Tabel 4.7	Banyak agregat halus untuk tiap saringan dalam 1 benda uji untuk F.A.S 0,4	62
Tabel 4.8	Banyak agregat halus untuk tiap saringan dalam 1 benda uji untuk F.A.S 0,5	63
Tabel 4.9	Banyak agregat halus untuk tiap saringan dalam 1 benda uji untuk F.A.S 0,6	64
Tabel 4.10	Banyak Sikafume dan semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji	66
Tabel 4.11	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk FAS 0,4	69
Tabel 4.12	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk FAS 0,5	69
Tabel 4.13	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk FAS 0,6	69
Tabel 4.14	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk FAS 0,4	70
Tabel 4.15	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk FAS 0,5	71
Tabel 4.16	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk FAS 0,6	71
Tabel 4.17	Jumlah kadar air bebas yang ditentukan	74
Tabel 4.18	Hasil pengujian nilai <i>slump</i>	81
Tabel 4.19	Hasil pengujian kuat tekan beton normal untuk FAS 0,4	82
Tabel 4.20	Hasil pengujian kuat tekan beton normal untuk FAS 0,5	83
Tabel 4.21	Hasil pengujian kuat tekan beton normal untuk FAS 0,6	84
Tabel 4.22	Hasil pengujian kuat tekan beton <i>additive sikafume</i> 10% untuk FAS 0,4	85
Tabel 4.23	Hasil pengujian kuat tekan beton <i>additive sikafume</i> 10% untuk FAS 0,5	85
Tabel 4.24	Hasil pengujian kuat tekan beton <i>additive sikafume</i> 10% untuk FAS 0,6	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gradasi pasir kasar	10
Gambar 2.2	Gradasi pasir agak kasar	10
Gambar 2.3	Gradasi pasir agak halus	11
Gambar 2.4	Gradasi pasir halus	11
Gambar 2.5	Gradasi agregat kasar	13
Gambar 2.6	Hubungan faktor-air-semen dan kuat tekan kubus beton	20
Gambar 2.7	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm	26
Gambar 2.8	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm	26
Gambar 2.9	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	27
Grafik 2.10.	Hubungan kandungan jenis agregat campuran berat isi beton	28
Gambar 3.1	Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan	34
Gambar 3.2	Gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)	43
Gambar 3.3	Gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	50
Gambar 4.1	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton	73
Gambar 4.2	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	75
Gambar 4.3	Hubungan kandungan berat agregat campuran berat isi beton	76
Gambar 4.4	Beban tekan pada benda uji kubus	82
Gambar 4.5	Grafik kuat tekan beton normal pada umur 14 hari untuk setiap F.A.S	87
Gambar 4.6	Grafik kuat tekan beton normal pada umur 28 hari untuk setiap F.A.S	87
Gambar 4.7	Grafik kuat tekan beton normal pada umur 14 hari dan 28 hari	88
Gambar 4.8	Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari	89
Gambar 4.9	Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari	90

Gambar 4.10 Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari dan 28 hari

90

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas Penampang	(cm ²)
B_j	=	Berat Jenis	(gr)
FM	=	Modulus Kehalusan	-
f'_c	=	Kuat Tekan	(MPa)
K_k	=	Persentasi berat agregat kasar terhadap agregat campuran	(%)
K_h	=	Persentasi berat agregat halus terhadap agregat campuran	(%)
n	=	Jumlah Benda Uji	(Buah)
P	=	Beban Tekan	(kg)
t	=	Tinggi Benda Uji	(cm)
V	=	Volume	(cm ³)
W	=	Berat	(kg)
	=	Diameter	(cm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LatarBelakang

Dalam era pembangunan nasional yang berkembang serba cepat, pemakaian beton (khususnya beton normal) sebagai bahan konstruksi sangat banyak dipakai. Hal ini disebabkan karena beton mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan, baik dari segi biaya, struktur ataupun pelaksanaannya di lapangan. Selain dari pada itu beton merupakan suatu elemen struktur yang dapat dibuat sesuai dengan bentuk dari dimensi suatu struktur.

Oleh karena itu pemakaian beton sebagai bahan konstruksi sangat banyak digunakan oleh industri jasa konstruksi baik di lapangan maupun di pabrik. Dari berbagai hasil penelitian, beton dapat ditingkatkan fungsi dan kegunaannya seoptimal mungkin sejalan dengan pesatnya kemajuan teknologi konstruksi seperti bangunan gedung, jembatan dan jalan rayaserta konstruksi lainnya.

Sebuah bangunan dibuat untuk tempat tinggal atau tempat melakukan aktivitas pekerjaan. Adapun hal-hal umum yang direncanakan dalam pembuatan suatu bangunan atau gedung, adalah kekuatan strukturnya terhadap gaya-gaya serta beban-beban yang dipikulnya. Disini beton sebagai bahan yang mendominasi bangunan tersebut harus lah direncanakan dengan sebaik-baiknya guna menghindari segala kemungkinan hal terburuk yang mungkin terjadi.

Dengan semakin majunya ilmu pengetahuan dan teknologi, maka muncullah penelitian-penelitian yang bertujuan untuk menambah kualitas beton baik dari segi material, hingga penambahan bahan penambah (*admixture*). Menurut beberapa sumber, pemilihan bahan penambah pada beton dimaksudkan untuk mengisi pori pada agregat halus, atau bahan penambah yang mempercepat proses hidrasi antara komposisi beton.

Dalam beberapa inovasi yang dikembangkan sekarang ini, bahan penambah atau *admixture* yang sering digunakan biasanya berbentuk limbah. Alasan digunakannya limbah diantaranya adalah agar dapat mengurangi efek limbah itu

sendiri terhadap lingkungan apabila dibiarkan begitu saja. Baik itu limbah domestik, limbah kimiawi, limbah pabrik, limbah pertanian, dan sebagainya. Namun ada juga campuran berupa zat kimiawi atau sering disebut juga bahan *additive* yang telah diteliti berupa zat cair atau padat. Pencampuran kedua bahan ini baik *admixture* atau pun zat *additive* dicampur kedalam campuran dengan perbandingan ukuran tertentu untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan *admixture* dan *additive* pada benda uji beton.

Penulisan tugas akhir ini akan membahas tentang penelitian beton dengan komposisi material agregat kasar, agregat halus, semen dan air dengan perbandingan tertentu, dan adanya penggunaan bahan penambah *admixture* berupa zat *additive* berupa *Sikafume*. Penelitian dengan menggunakan bahan *additive* diharapkan dapat menaikkan nilai dari kuat tekan beton yang direncanakan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang penelitian ini, permasalahan yang terjadi diantaranya adalah:

1. Apakah dengan variasi faktor air semen yang berbeda dapat mempengaruhi campuran beton yang akan dibuat dapat menaikkan kuat tekan beton?
2. Mengapa zat *additive* yang dipakai berupa *sikafume* yang notabene merupakan *superplasticizer*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh perbandingan faktor air semen yang berbeda.
2. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan *sikafume* pada campuran beton normal.
3. Untuk mengetahui kuat tekan terhadap faktor air semen yang berbeda.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk dapat mengetahui perbandingan kualitas kuat tekan beton normal atau beton yang tidak memakai bahan penambah (*admixture*) dengan beton yang telah dicampur dengan bahan penambah zat *additive* berupa *sikafume* dengan persentase yang telah ditentukan. Dan apabila penelitian berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan untuk pelaksanaan di lapangan, maupun dilakukan penelitian lebih lanjut kedepannya.

1.5 Ruang Lingkup

Agar permasalahan pada penelitian ini lebih terarah baik dari segi analisis maupun pelaksanaannya di lapangan, perlu diadakan pembatasan masalah diantaranya:

1. Penggunaan bahan penambah *sikafume* sebagai zat *additive*.
2. Pengaruh penggunaan kuat tekan beton normal dengan beton yang telah ditambah *sikafume*.
3. Perbandingan pengujian kuat tekan beton dengan perbedaan faktor air semen 0,4, 0,5 dan 0,6 mengalami perendaman selama 14 hari dan 28 hari. Karena umumnya factor umur dari beton yang ideal adalah 28 hari sedangkan umur beton 14 hari hanya digunakan sebagai variasi.

1.6 Sistematika Pembahasan

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membagi materi yang akan disampaikan dalam beberapa bab yaitu:

Bab 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan.

Bab 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir, dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

Bab 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton berasal dari kata “*concretus*“, yang artinya “tumbuh bersama“. Ini berarti gambaran mengenai penggabungan partikel-partikel lepas menjadi suatu massa yang utuh (Raina, 1988).

Beton dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara dan kadang-kadang campuran bahan tambahan lainnya (mulai dari bahan kimia, serat sampai bahan buangan non kimia) dengan perbandingan tertentu. “Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam perancah dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen dan air yang menyebabkan pengerasan pada beton, bahan yang terbentuk ini mempunyai kuat desak yang tinggi dan ketahanan terhadap tarik yang rendah.” (Nawy, 1990).

“Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.” (Murdock dan Brook, 1999).

Selain itu, Komposisi bahan pembentuk beton berdasarkan jumlah persentase yang biasanya terdapat pada suatu campuran beton dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1: Komposisi bahan pembentuk beton (Murdock dan Brook, 1999).

Nama Bahan	Jumlah (%)
Agregat kasar dan halus	60 – 80
Semen	7 – 15
Air	14 – 21
Udara	1 – 8

2.2. Material Penyusun Campuran Beton

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan jumlah optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi. Berikut akan dijelaskan mengenai ketiga bahan penyusun utama beton tersebut dan bahan pengisi yang saat ini sering digunakan.

2.2.1 Semen

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan juga mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat. Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat bereaksi secara kimia dengan air hal ini disebut dengan hidrasi, sehingga terjadi proses pembekuan yang membentuk material batu padat dan setelah pembekuan material tersebut akan mempertahankan kekuatan dan stabilitas bahkan didalam air. Salah satu jenis semen yang biasa dipakai dalam pembuatan beton ialah semen *portland*, terbuat dari campuran Kalsium (Ca), Silika (SiO_2), Alumunia (Al_2O_3) dan Oksida Besi (Fe_2O_3). Kalsium bisa didapatkan dari setiap bahan yang mengandung kapur.

Menurut ASTM C150 (1985), semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari Kalsium, Sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen *portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986 atau SII.0013-81 yang diadopsi dari ASTM C150 (1985).

Semen terbagi dalam beberapa jenis yaitu:

1. Semen Abu atau semen *portland* adalah bubuk (*bulk*) berwarna keabu-abuan, dibentuk dari bahan utama batu kapur / gamping dengan kadar Kalsium tinggi yang diolah dalam tanur dengan suhu 1400°C dan dengan tekanan yang tinggi. Semen ini biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester. Semen

ini berdasarkan persentase kandungan penyusunannya terdiri dari 5 tipe, yaitu tipe I sampai tipe V.

2. Semen Putih (*white cement*) adalah semen yang lebih murni dari semen abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (*finishing*), sebagai *filler* atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) murni.
3. *Oil Well Cement* atau semen sumur minyak adalah semen khusus yang digunakan dalam proses pengeboran minyak bumi atau gas alam, baik di darat maupun di lepas pantai.
4. *Mixed* dan *Fly Ash Cement* adalah campuran semen abu dengan *Pozzolan* buatan (*fly ash*). *Pozzolan* buatan (*fly ash*) merupakan hasil sampingan dari pembakaran batu bara yang mengandung *Amorphous Silica*, *Aluminium*, dan *Oksida* lainnya dalam variasi jumlah. Semen ini digunakan sebagai campuran untuk membuat beton, sehingga menjadi lebih keras.

Berdasarkan persentase kandungan penyusun, semen *portland* terdiri dari 5 tipe yaitu:

1. Semen *Portland* Tipe I adalah semen *portland* umum (*normal portland cement*) yang digunakan dalam konstruksi beton secara umum dan tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
2. Semen *Portland* Tipe II adalah semen *portland* yang mempunyai panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Semen ini digunakan pada bangunan drainase dengan sulfat agak tinggi, dinding penahan tanah tebal yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen *Portland* Tipe III adalah semen *portland* dengan kekuatan awal yang tinggi (*high early strength portland cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan serta dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *Portland* Tipe IV adalah semen *portland* dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya.

Pertumbuhan kekuatannya lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi tinggi.

5. Semen *Portland* Tipe V adalah semen portland yang tahan Sulfat (*sulfat resisting portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang digunakan hanya untuk bangunan yang terkena Sulfat, seperti di tanah/air yang kadar Alkalinya tinggi.

2.2.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonna, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton. Agregat adalah bahan pengisi yang berfungsi sebagai penguat.

Agregat harus mempunyai gradasi yang baik dan memenuhi syarat agar seluruh massa beton dapat berfungsi secara utuh, homogen dan padat, dimana agregat yang berukuran kecil dapat mengisi rongga-rongga yang ada diantara agregat yang berukuran besar.

“Agregat didefinisikan sebagai material *granular*, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk semen hidrolik atau adukan.” (Menurut SNI T-15-1990-03).

Berdasarkan ukurannya, agregat ini dapat dibedakan menjadi:

- a. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 5 mm.

Menurut ASTM C33 (1982) agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- i. Pasir halus: \emptyset 0 - 1 mm
- ii. Pasir kasar: \emptyset 1 - 5 mm

Agregat halus dan pasir mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semen dalam beton. Fungsi agregat dalam *design* campuran beton adalah sebagai pengisi. Ditinjau dari berat jenis agregat halus yang digunakan maka beton yang dihasilkan dapat berbobot ringan, normal atau berat.

Maksud penggunaan agregat halus didalam adukan beton adalah:

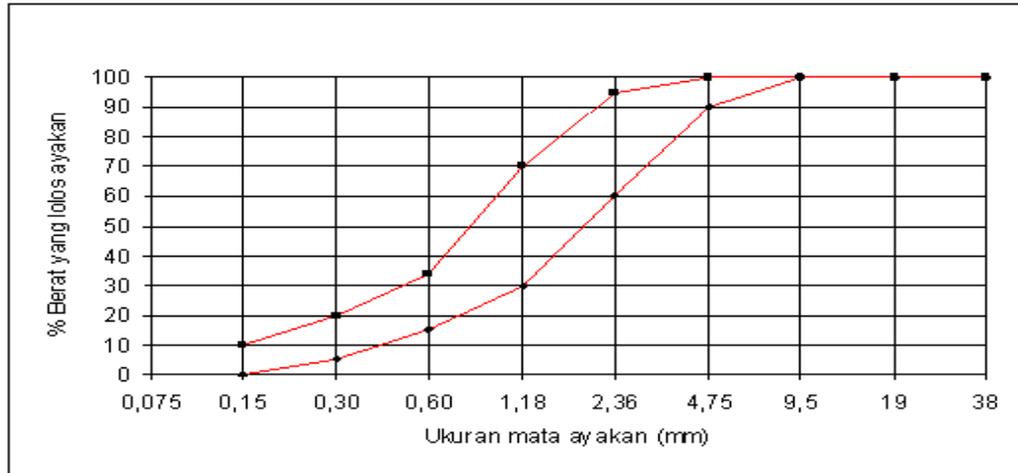
1. Menghemat pemakaian semen
2. Menambah kekuatan beton
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton

SK. SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat *zone* (daerah) seperti dalam Tabel 2.2. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.1 sampai Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

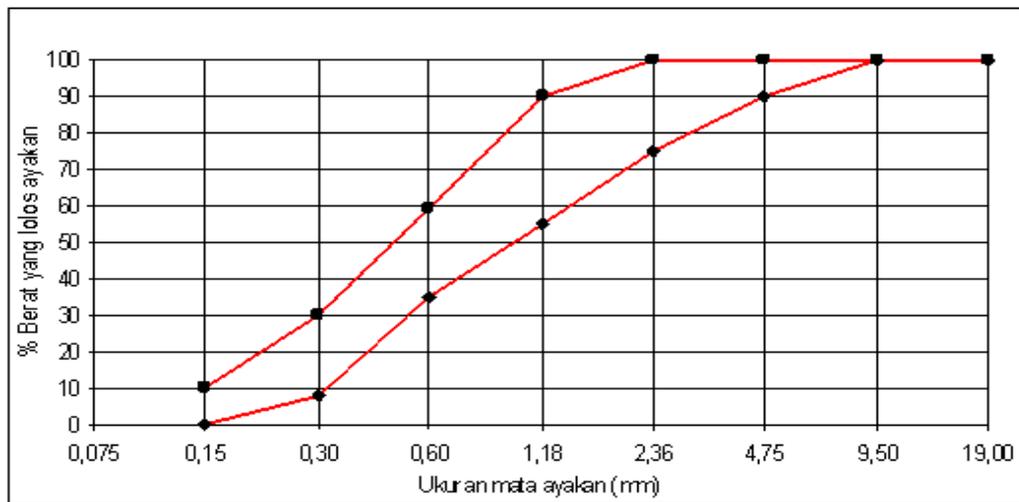
Tabel 2.2: Batas gradasi agregat halus (SK. SNI T-15-1990-03).

Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

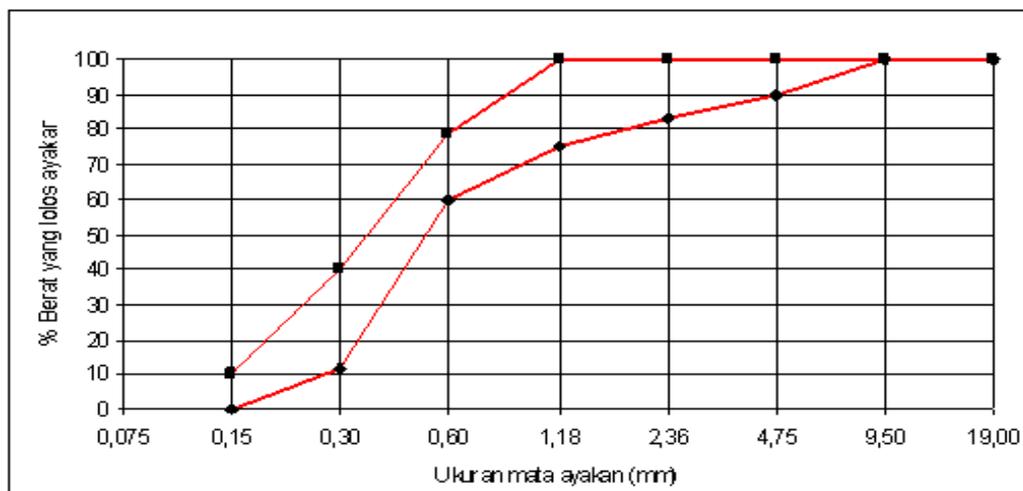
Keterangan: - Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Sedang
 - Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Halus.



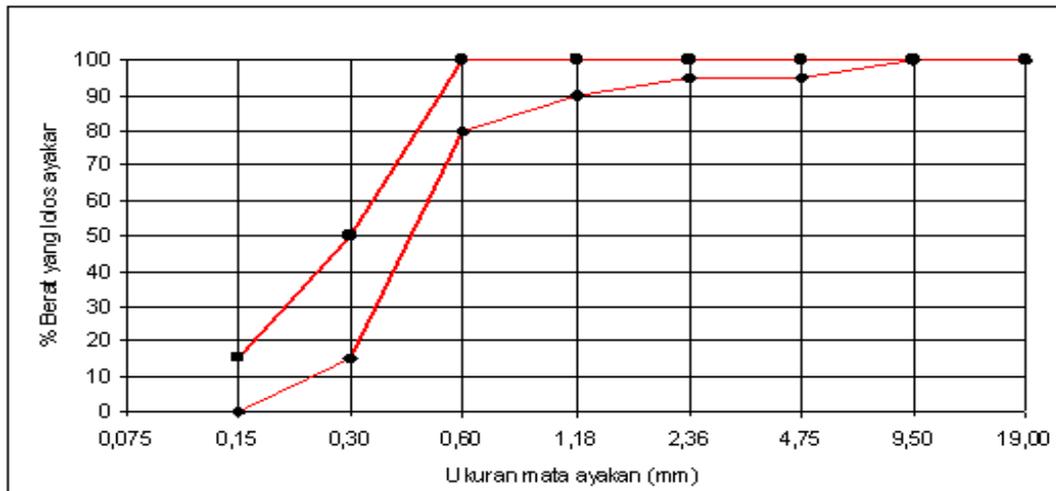
Gambar 2.1: Daerah gradasi pasir kasar (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.2: Daerah gradasi pasir sedang (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.3: Daerah gradasi pasir agak halus (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir halus (SNI 03-2834-1993).

Pemeriksaan material ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI, agregat halus diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan
 2. Berat jenis
 3. Penyerapan (*Absorpsi*)
 4. Kadar air
 5. Kadar lumpur
 6. Berat isi
- b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm (ASTM C33, 1982), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari industri pemecah batu. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.

Menurut ASTM C33 (1986), agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

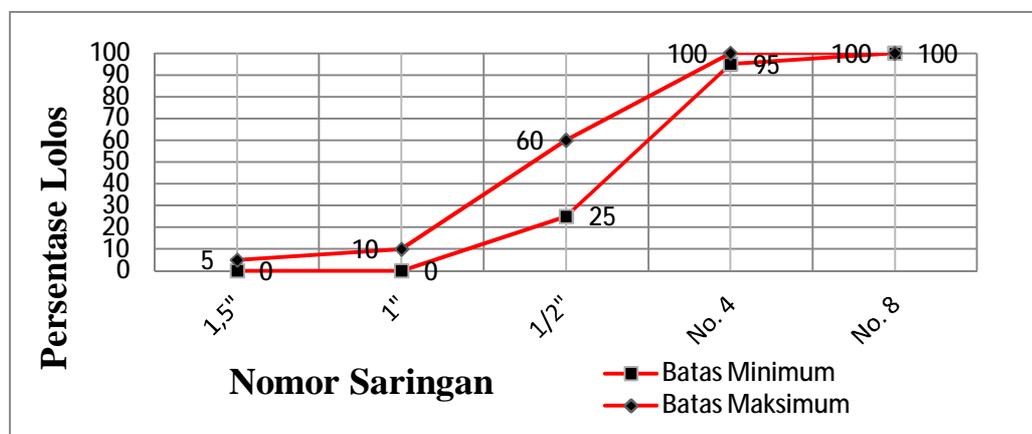
1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.

2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total
 - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.
4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.

Menurut ASTM C33 (1986), batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.3. dan dijelaskan melalui Gambar 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.3: Batas gradasi agregat kasar (ASTM C33, 1986).

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (1/2 in)	25	60
4,75 (No. 4)	95	100
2,36 (No. 8)	100	100



Gambar 2.5: Batas gradasi agregat kasar (ASTM C33,1986).

Pemeriksaan material agregat kasar ini sesuai dengan standar ASTM C33 (1986), agregat kasar diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan
2. Berat jenis
3. Penyerapan (*Absorpsi*)
4. Kadar air
5. Kadar lumpur
6. Berat isi
7. Keausan agregat

2.2.3. Air

Air juga tidak kalah penting dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton. Pastinya air merupakan pemersatu proses pencampuran dari agregat dan semen, atau bahkan bahan tambah maupun zat *additive*. Air digunakan pada campuran beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah dalam pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton maka akan menurunkan kekuatan beton dan juga dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelecekan beton atau daya kerjanya menjadi berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar dapat memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaannya, tetapi kekuatan hancur beton akan menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam Faktor Air Semen (*water cement ratio*) atau yang sering kita singkat dengan FAS, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dibagi dengan berat semen dalam adukan beton tersebut.

Beton untuk konstruksi gedung biasanya memiliki nilai rasio semen sebesar 0,45 hingga 0,65. Dengan rasio tersebut dapat dihasilkan beton yang kedap air, namun mutu beton tetap dipengaruhi cara pemadatan dan daya kerjanya. Bilamana daya kerja beton rendah, maka diperlukan zat *additive*, sehingga daya kerja beton menjadi lebih baik, tanpa mempengaruhi kekuatan atau faktor air semen.

Menurut SNI 03-2874-2002, proses pengikatan, pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak seperti bahan yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton dan tulangan.
- b. Air pencampur 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.
- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar 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 diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C 109).

Berikut adalah Tabel 2.4 yang menjelaskan tentang konsentrasi maksimum kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan:

Tabel 2.4: Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan (Mulyono, 2005).

Kandungan Unsur kimia Chloride	Konsentrasi (Maksimum)
a. Beton prategang	500 ppm
b. Beton bertulang	1000 ppm

Tabel 2.4: *Lanjutan.*

Kandungan Unsur kimia Chloride	Konsentrasi (Maksimum)
Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ k}_2\text{O}$)	600 ppm
Sulfat (SO_4)	1000 ppm
Total solid	50000 ppm

2.3. Bahan *Additive*

Berbagai referensi sering disebutkan bahwa kegunaan terbaik dari beton adalah pemanfaatan pada kekuatan tekannya, sehingga kekuatan beton identik dengan kekuatan tekan karakteristik beton (f_c). Kuat tekan beton sangat bergantung pada jumlah/proporsi semen dalam campuran (*water cement ratio*). Selain dari perbandingan *water cement ratio*, kekuatan beton juga ditentukan oleh kekuatan pada *interfacial zone* yaitu daya lekat antara pasta dengan agregat. Hal tersebut dapat dilakukan dengan pemakaian bahan tambah (*additive/admixture*) jenis *water reducing agent (WRA)* dalam campuran beton.

Penambahan *additive* ke dalam campuran beton sebelum atau pada saat beton diaduk dengan tujuan untuk merubah sifat dari beton agar dapat berfungsi lebih baik, sehingga dapat diketahui seberapa besar kenaikan kekuatan tekan beton dengan adanya perubahan pada daerah *interfacial zone* (daya lekat antara pasta dengan agregat).

Bahan tambah yang akan digunakan untuk meningkatkan kuat tekan beton yaitu mikro silika jenis *sikafume*, karena dalam mikro silika mengandung unsur utama pembentuk semen yaitu silikat (SiO_2). Silica oksida (SiO_2) tersebut akan bereaksi dengan Ca(OH)_2 sehingga akan menjadi senyawa CSH gel, dimana senyawa CSH gel tersebut akan mengisi celah-celah yang lemah yaitu antara agregat dengan pasta semen sehingga akan memperkuat matrik beton. Berdasarkan uraian di atas diharapkan penambahan komposisi SiO_2 dalam campuran beton diharapkan akan menambah kekuatan tekan beton beton.

Semen merupakan bubuk yang sangat halus (kehalusan 300 - 350 m^2/kg) terdiri dari kalsium dan silikat yang berfungsi untuk mengikat agregat menjadi suatu massa yang padat. Komposisi minimum senyawa semen adalah senyawa

C3S, C2S, C3A dan C3A. Dari ke empat senyawa tersebut, C3S dan C2S yang benar-benar dapat berfungsi sebagai perekat (Neville, 1987). Senyawa-senyawa tersebut akan mengisi celah celah yang lemah dalam campuran beton yaitu antara agregat dengan pasta semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan kuat tekan beton (Paulus, 1986) yaitu:

- a. Kekuatan pasta semen yaitu dengan cara mengurangi porositas pasta (memperkecil *water cement ratio*), dan menggunakan bahan tambah (*mikro silica* atau *fly ash*)
- b. Kualitas atau kekuatan agregat khususnya agregat kasar
- c. Kekuatan ikatan / lekatan antara semen dengan agregat

Faktor-faktor yang menentukan kekuatan tekan beton adalah kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan pengawetan) serta umur beton. (Susilo.A.D, 2012) menyebutkan bahwa kekuatan beton sangat ditentukan oleh kekuatan agregat dan kekuatan matrix pengikatnya.

Dengan demikian, faktor yang dapat dioptimalkan untuk mendapatkan kekuatan beton struktural adalah kekuatan matrix pengikat antara pasta dengan agregat. Silicafume merupakan salah satu bahan additive yang dapat digunakan untuk membuat interfacial zone lebih baik karena silica fume dapat meningkatkan ikatan pasta semen dengan agregat. Selanjutnya beberapa kegunaan yang penting dari campuran (*Admixture*) berdasarkan (Wang dan Salmon, 1986) adalah:

- a. Untuk mempercepat kekuatan awal
- b. Memperlambat perkembangan
- c. Meningkatkan kekuatan (campuran pengurang air dan pengendali)

(Murdock dan Brook, 1986), mengemukakan bahwa bahan kimia (*admixture*) yang bersifat *Water Reduced Agent* dapat berfungsi untuk mereduksi air, dimana kadar air dalam beton dapat dikurangi tanpa kehilangan workabilitas. Persentase pengurangan air akibat pemakaian bahan yang bersifat *plastisizer* berkisar antara 5% sampai 10% dan kekuatan beton akan meningkat kekuatannya mencapai 10%. (Sagel, 1993) menyatakan bahwa pemakaian bahan tambah yang bersifat *Water Reduced Agent (plastisizer)* dapat menambah kekuatan beton serta meningkatnya

durabilitas beton. Selanjutnya (Neville dan Brook, 1993) menyatakan, Jenis bahan tambah *plastisizer* dapat digunakan untuk mencapai kekuatan beton yang lebih tinggi akibat pengurangan perbandingan air dan semen pada workabilitas yang sama.

2.4. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-1993

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c pada umur tertentu
2. Penghitungan nilai deviasi standar (S)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji 30 atau lebih dapat dilihat pada Tabel 2.6. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar dengan bahan uji coba kurang dari 15, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f_{cr} harus diambil tidak kurang dari ($f'_c + 12$ MPa).

Tabel 2.5: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia kurang dari 30 (SNI 03-2834-1993).

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'_c + 12$ Mpa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Perhitungan nilai tambah (margin) dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.6: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

Tingkat mutu pekerjaan	S (Mpa)
Memuaskan	2,8

Tabel 2.6: *Lanjutan.*

Tingkat mutu pekerjaan	S (Mpa)
Hampir Memuaskan	3,5
Sangat Baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr} .

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus:

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (2.1)$$

dengan:

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata perlu, MPa

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan, MPa

m = nilai tambah, MPa

5. Penetapan jenis semen *portland*.

Pada cara ini dipilih semen tipe I.

6. Penetapan jenis agregat.

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, berupa agregat alami (batu pecah atau pasir buatan).

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

Nilai faktor air semen bebas dapat diperoleh dari Gambar 2.6.

8. Faktor air semen maksimum.

9. Penetapan nilai *slump*.

Penetapan nilai *slump* ditentukan, berupa 0 - 10 mm, 10 - 30 mm, 30 - 60 mm atau 60 - 180 mm.

10. Penetapan besar butir agregat maksimum.

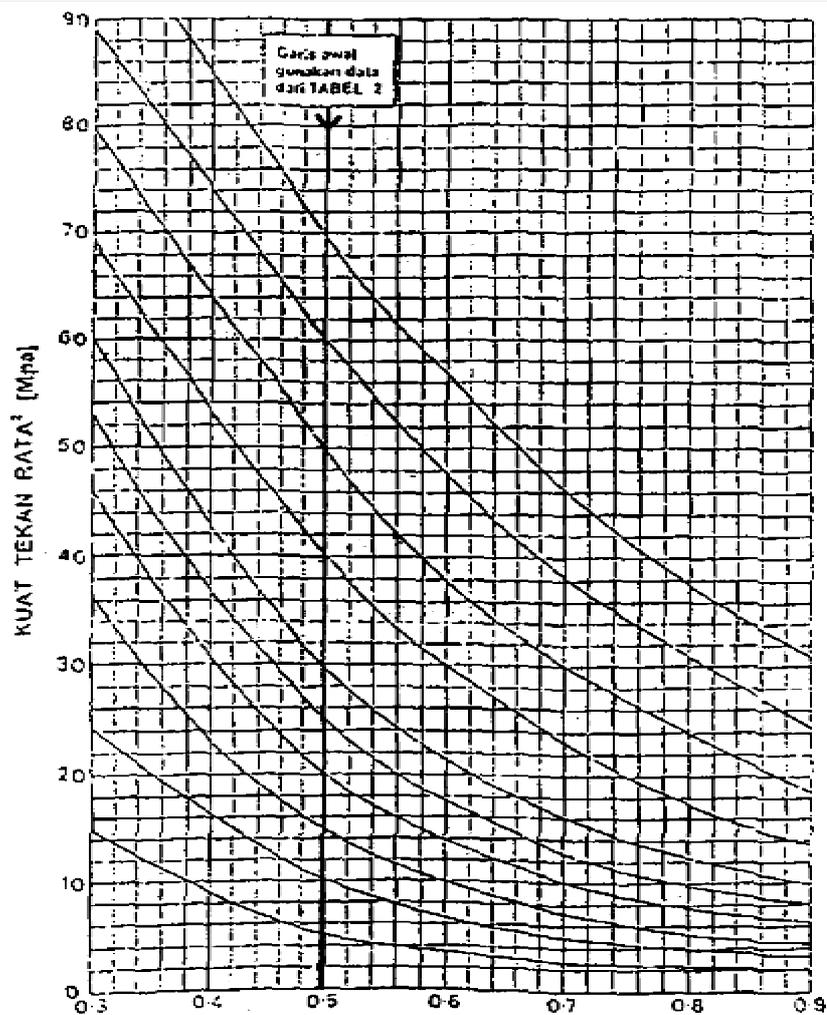
Penetapan besar butir maksimum agregat pada beton standar ada 3, yaitu 10 mm, 20 mm atau 40 mm.

11. Jumlah kadar air bebas.

Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2.7: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834, 1993).

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205



Gambar 2.6: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton (benda uji bentuk kubus 150 x 150 x 150 mm) (SNI 03-2834-1993).

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3}wh + \frac{1}{3}wk \quad (2.2)$$

Wh adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

Wk adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

12. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan:

$$W_{s_{mn}} = 1/Fas * W \text{ air} \quad (2.3)$$

Fas = Faktor air per meter kubik beton

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 2.9, 2.10, dan 2.11. Dari ketiga tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

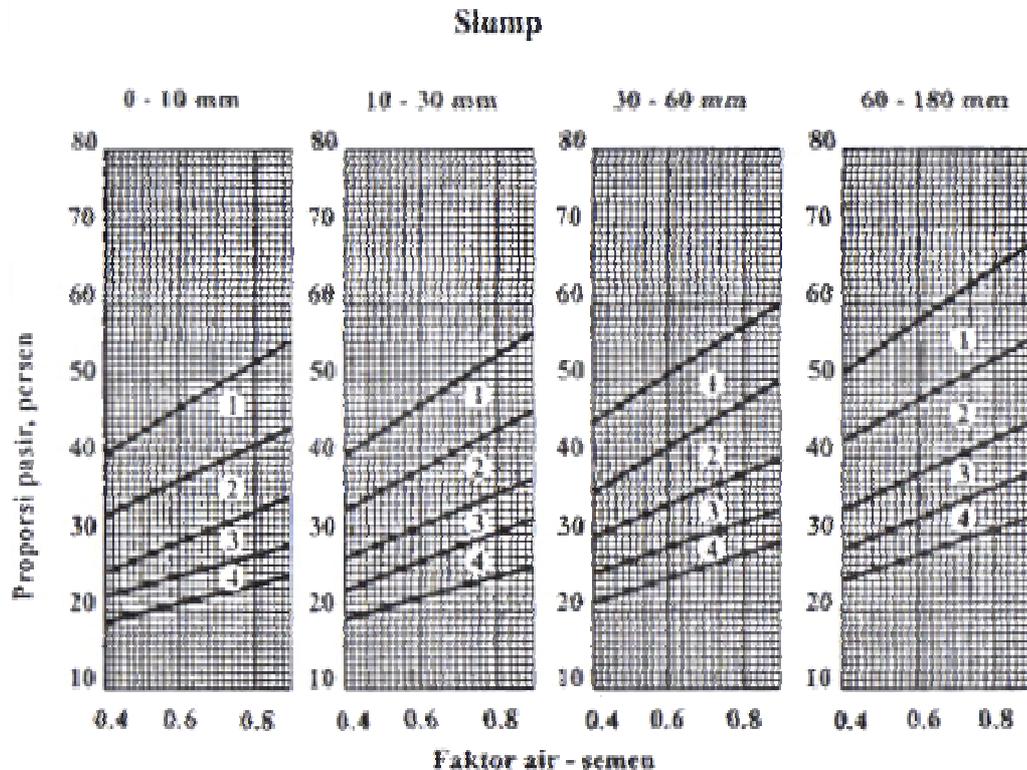
Tabel 2.8: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-1993).

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton(kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55

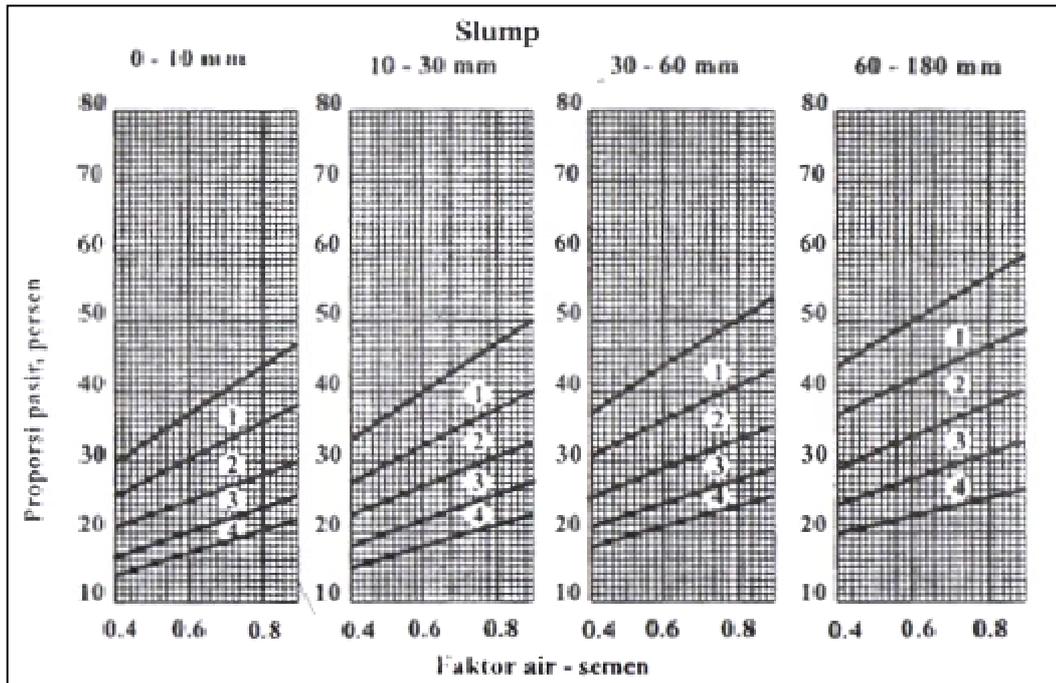
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Penetapan jenis agregat halus:

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 2.1) agak kasar (Gambar 2.2), agak halus (Gambar 2.3) dan pasir halus (Gambar 2.4).
17. Penetapan jenis agregat kasar menurut Gambar 2.5.
18. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

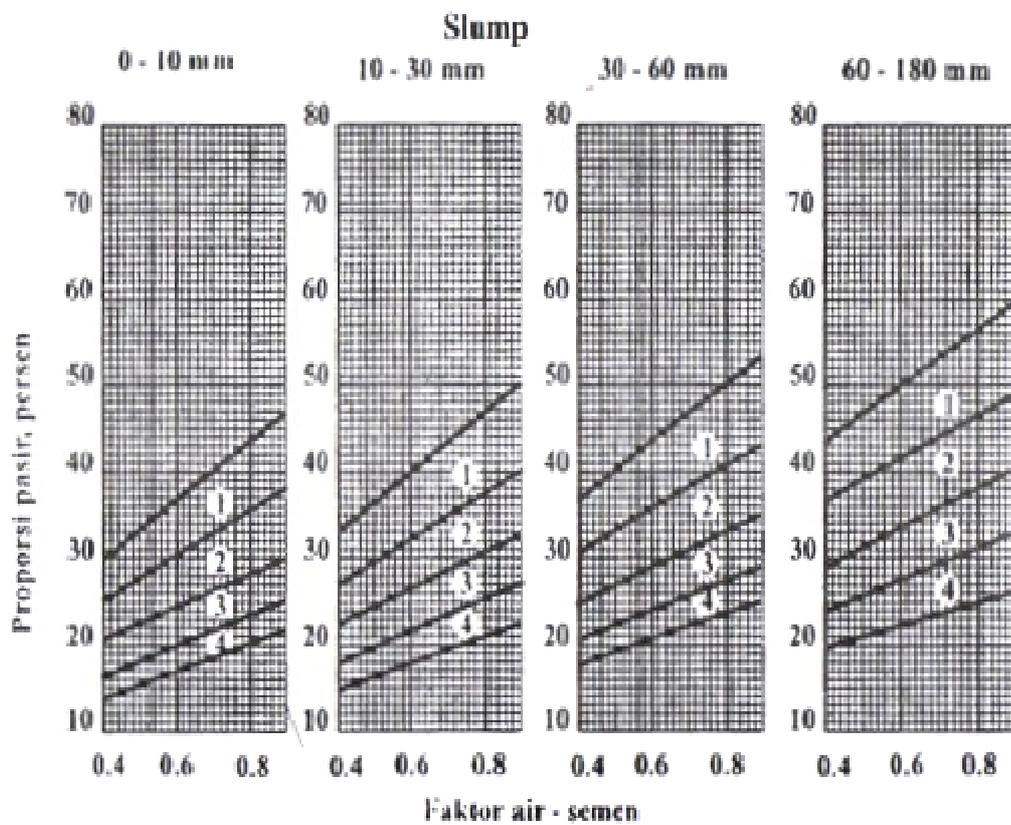
Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 2.7, Gambar 2.8, dan Gambar 2.9.



Gambar 2.7: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.8: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.9: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_j \text{ camp} = K_h/100 \times B_{jh} + K_k/100 \times B_{jk} \quad (2.4)$$

Dimana:

$B_j \text{ camp}$ = berat jenis agregat campuran

B_{jh} = berat jenis agregat halus

B_{jk} = berat jenis agregat kasar

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

20. Perkiraan berat isi beton.

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 2.10.

21. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,camp} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \quad (2.5)$$

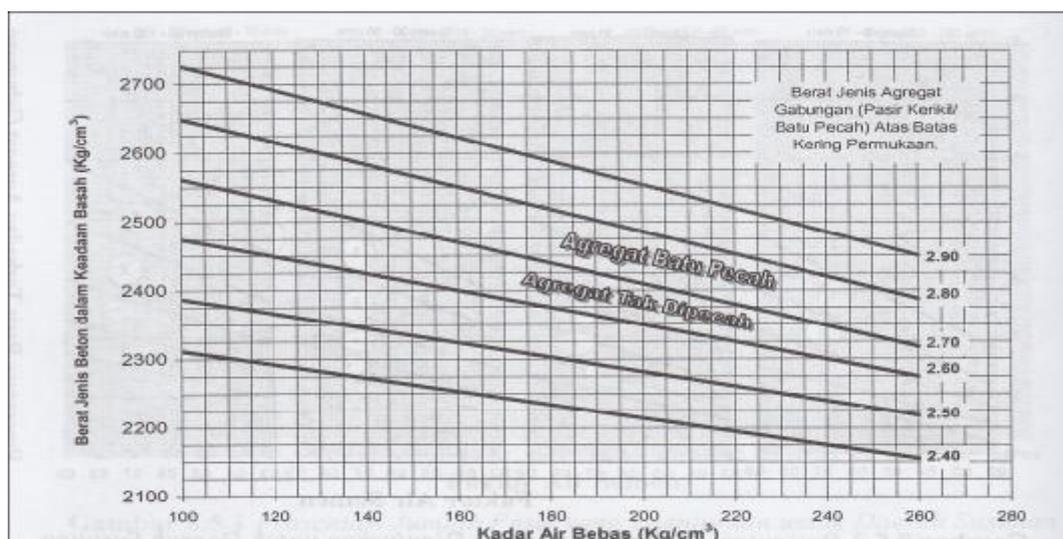
Dengan:

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3)

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg/m^3)

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg/m^3)

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg/m^3)



Gambar 2.10: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-1993).

22. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21).

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,h} = K_h \times W_{agr,camp} \quad (2.6)$$

Dengan:

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%)

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3)

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,k} = K_k \times W_{agr,camp} \quad (2.7)$$

Dengan :

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3)

24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m^3 adukan.
25. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut:

a. $Air = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$ (2.8)

b. $Agregat\ halus = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100}$ (2.9)

c. $Agregat\ kasar = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$ (2.10)

Dengan:

B adalah jumlah air (kg/m^3)

C adalah agregat halus (kg/m^3)

D adalah jumlah agregat kasar (kg/m^3)

Ca adalah absorpsi air pada agregat halus (%)

Da adalah absorpsi agregat kasar (%)

Ck adalah kandungan air dalam agregat halus (%)

Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

2.5. *Slump Test*

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambah (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat.

2.6. Perawatan Beton

Hidrasi pada semen terjadi karena adanya air yang dicampurkan ke dalam adukan beton. Kondisi ini harus dipertahankan agar reaksi hidrasi kimiawi terjadi dengan sempurna. Jika beton terlalu cepat mengering, maka akan terjadi retak pada permukaannya.

Kekuatan beton akan berkurang sebagai akibat retak ini, juga akibat kegagalan mencapai reaksi kimiawi penuh. Kondisi perawatan beton yang baik dapat dicapai dengan melakukan beberapa langkah, yaitu:

1. *Water (Standar Curing)*

Perawatan ini dilakukan dengan menggunakan media air. Beton direndam didalam air selama waktu yang diperlukan untuk menggunakan beton tersebut.

2. *Exposed Atmosfer*

Disini beton dibiarkan setelah dibuka dari cetakan didalam ruangan menurut temperatur ruangan tersebut.

3. *Sealed* atau *wrapping*

Perawatan beton dengan cara ini membalut dan menutupi semua permukaan beton. Beton dilindungi dengan karung basah agar uap air yang terdapat dalam beton tidak hilang.

4. *Steam Curing* (perawatan uap)

Perawatan dengan uap seringkali digunakan untuk beton yang dihasilkan dari pabrik. Temperatur perawatan uap ini 80-150°C dengan tekanan udara 76 mmHg dan biasanya lama perawatan satu hari.

5. *Autoclave*

Perawatan beton dengan cara memberikan tekanan yang tinggi pada beton dalam ruangan tertutup, untuk mendapatkan beton mutu tinggi.

2.7. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan (*Compressive Strength*) untuk setiap umur beton dan kuat tekan rata-ratanya tergantung pada karakteristik pemakain semen, penggunaan bahan lain pembentuk beton dan kehalusan bahan tambahan.

Untuk melakukan pengujian kuat tekan benda uji digunakan alat *Universal Testing Machine*. Beban yang bekerja akan didistribusikan secara merata dan kontinyu melalui titik berat sepanjang sumbu longitudinal dengan tegangan yang dihasilkan sebesar:

$$f \text{ (saat pengujian)} = \frac{P}{A} \quad (2.11)$$

Dimana:

f (saat pengujian) = kuat tekan saat pengujian (kg/cm²)

P = Beban tekan (kg)

A = Luas penampang (cm²)

Menurut ASTM C-39 (1993), pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat

melakukan pengetesan, tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan, sesuai dengan Tabel 2.12.

Tabel 2.9: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan (ASTM C-39, 1993).

Umur Pengujian	Toleransi Waktu yang Diizinkan
24 jam	0,5 jam atau 2,1 %
3 hari	2 jam atau 2,8 %
7 hari	6 jam atau 3,6 %
28 hari	20 jam atau 3,0 %
90 hari	48 jam atau 2,2 %

Pengujian kuat tekan beton dilakukan umumnya pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuat tekan dapat destimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefisien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

$$f \text{ (estimasi 28 hari)} = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefisien}} \quad (2.12)$$

Dimana:

f (estimasi 28 hari) = kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm²)

f (saat pengujian) = kuat tekan saat pengujian (kg/cm²)

koefisien = koefisien dari umur beton

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 2.13 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 2.10: Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodinuljo, 2007).

Umur (hari)	7	14	21	28
Koefisien	0,65	0,88	0,95	1,00

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

3.1.1. Metodologi Penelitian

Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

1. Data primer

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

- § Analisa saringan agregat
- § Berat jenis dan penyerapan
- § Pemeriksaan berat isi agregat
- § Pemeriksaan kadar air agregat
- § Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*)
- § Kekentalan adukan beton segar (*slump*)
- § Uji kuat tekan beton

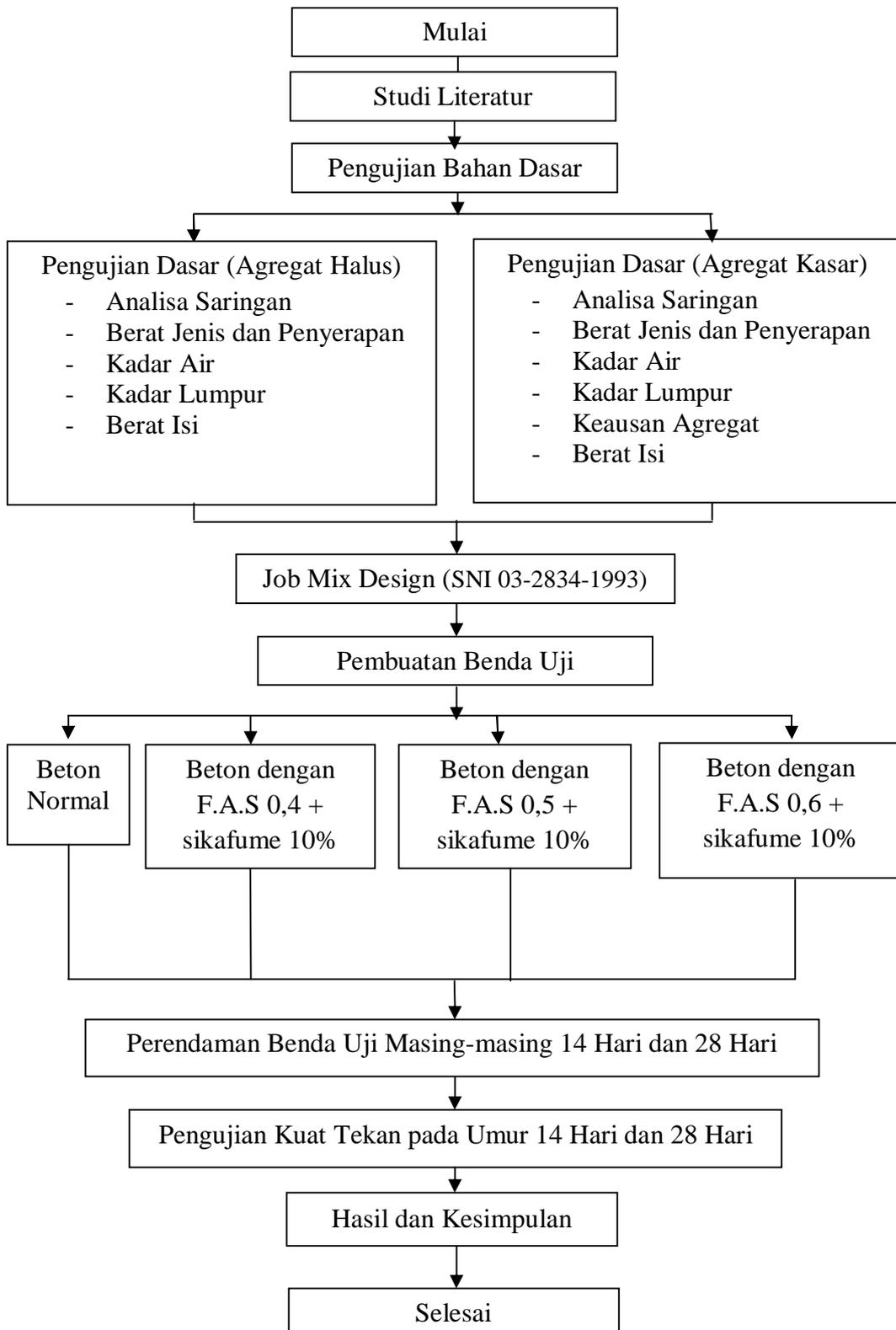
2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan Kepala Laboratorium Beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai SNI-03-2834 (1993), PBI (Peraturan Beton Indonesia), ASTM C33 (1985) serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Maret 2017 hingga Agustus 2017. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.

3.3. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Andalas PPC (*Portland Pozzolan Cement*).

b. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai.

c. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari daerah Binjai.

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Sikafume

Sikafume yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil dari PT. Sika Indonesia.

3.3.2. Peralatan

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

a. Alat-alat pendukung pengujian material

b. Timbangan digital

c. Alat pengaduk beton (*mixer*)

d. Cetakan benda uji berbentuk kubus

e. Mesin kompres (*compression test*)

3.4. Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material sampai di lokasi penelitian, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian yang akan dilaksanakan nantinya dan juga agar material tidak

tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material.

3.5. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.6. Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan / pemeriksaan diantaranya:

- ✓ Pemeriksaan kadar air
- ✓ Pemeriksaan kadar lumpur
- ✓ Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan
- ✓ Pemeriksaan berat isi
- ✓ Pemeriksaan analisa saringan

3.6.1. Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.1 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.1: Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	1893	1983	1918
Berat contoh SSD	1400	1450	1425
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	1859	1915	1887
Berat wadah (W3)	493	493	493
Berat air (W1-W2)	34	28	31
Berat contoh kering (W2-W3)	1366	1422	1394
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	2,49	1,97	2,23

Berdasarkan Tabel 3.1 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat halus yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU, didapat rata-rata kadar air sebesar 2,23%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada contoh pertama kadar air yang didapat sebesar 2,49%, sedangkan contoh kedua didapat kadar air sebesar 1,97%. Hasil diatas tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2% - 20%.

3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.2 sehingga diketahui kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.2: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	485	482	483,5
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	15	18	16,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	3	3,6	3,3

Berdasarkan Tabel 3.2 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 3,0%, dan sampel kedua sebesar 3,6%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-

rata pengujian yakni sebesar 3,3%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu $< 5\%$.

3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.3: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (E)	491	492	491,5
Berat piknometer penuh air (D)	700	701	701
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	1004	1003	1004
Berat jenis contoh kering $E/(B+D-C)$	2,505	2,485	2,49
Berat jenis contoh SSD $B/(B+D-C)$	2,551	2,525	2,54
Berat jenis contoh semu $E/(E+D-C)$	2,626	2,589	2,61
Penyerapan $((B-E)/E) \times 100\%$	1,833	1,626	1,73

Berdasarkan Tabel 3.3 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering $<$ Berat Jenis SSD $<$ Berat Jenis Contoh Semu dengan nilai rata-rata $2,49 \text{ gr/cm}^3 < 2,54 \text{ gr/cm}^3 < 2,61 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,73%. Berdasarkan standar ASTM

C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

3.6.4. Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat isi agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.4 sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.4: Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus.

No	Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	19798	20432	21148	20459,33
2	Berat wadah (gr)	5300	5300	5300	5300
3	Berat contoh (gr)	14498	15132	15848	15159
4	Volume wadah (cm ³)	10952,23	10952,23	10952,23	10952,23
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,324	1,382	1,447	1,384

Berdasarkan Tabel 3.4 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar 1,384 gr/cm³. Hasil ini didapat dari rata-rata kedua contoh, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.5 dan batas gradasi agregat halus pada Gambar 3.2, sehingga diketahui modulus kehalusan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.5: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.

No. Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
	9.50 (No 3/8 in)	0	0	0		
4.75 (No. 4)	34	38	72	3,27	3,27	96,73
2.36 (No. 8)	75	75	150	6,82	10,09	89,91
1.18 (No.16)	207	215	422	19,18	29,27	70,73
0.60 (No. 30)	276	278	554	25,18	54,45	45,55
0.30 (No. 50)	310	322	632	28,73	83,18	16,82
0.15 (No. 100)	162	137	299	13,59	96,77	3,23
Pan	36	35	71	3,23	100,00	0,00
Total	1100	1100	2200	100		

Berdasarkan Tabel 3.5 menjelaskan pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-1993, yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat. Apakah agregat yang dipakai termasuk zona pasir kasar, sedang, agak halus, atau pasir halus. Penjelasan nilai kumulatif agregat didapat dari penjelasan berikut ini:

Total berat pasir = 2200 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{72}{2200} \times 100\% = 3,27 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{150}{2200} \times 100\% = 6,82 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{422}{2200} \times 100\% = 19,18 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{554}{2200} \times 100\% = 25,18 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{632}{2200} \times 100\% = 28,73 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{299}{2200} \times 100\% = 13,59 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{71}{2200} \times 100\% = 3,23 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

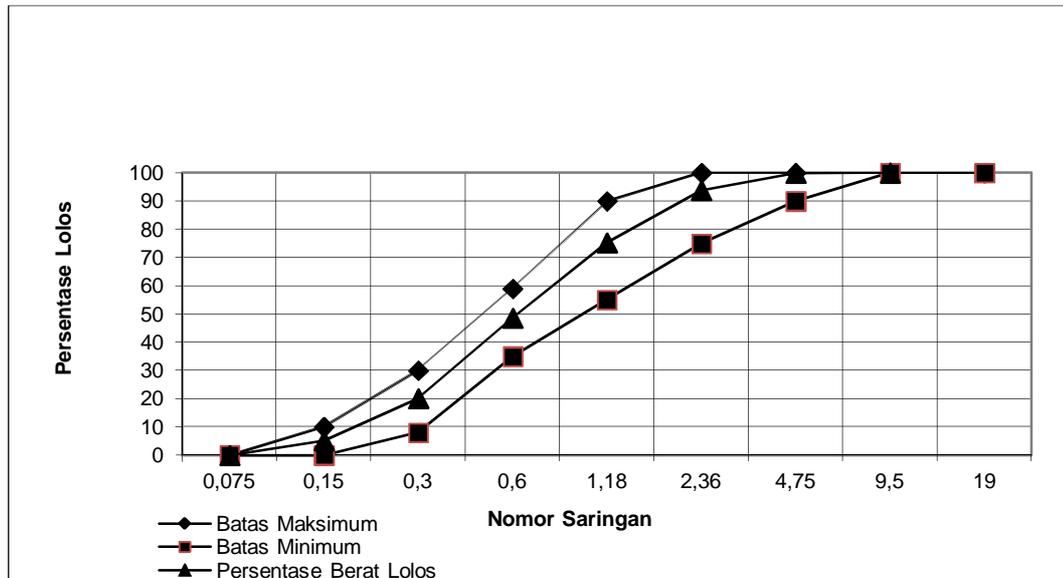
No.4	=	0	+	3,27	=	3,27	%
No.8	=	3,27	+	6,82	=	10,09	%
No.16	=	10,09	+	19,18	=	29,27	%
No.30	=	29,27	+	25,18	=	54,45	%
No.50	=	54,45	+	28,73	=	83,18	%
No.100	=	83,18	+	13,59	=	96,77	%
Pan	=	96,77	+	3,23	=	100,00	%

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 277,05 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{277,05}{100} \\ \text{FM} &= 2,77 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	3,23	=	96,77	%
No.8	=	100	-	16,82	=	83,18	%
No.16	=	100	-	45,55	=	54,45	%
No.30	=	100	-	70,73	=	29,27	%
No.50	=	100	-	89,91	=	10,09	%
No.100	=	100	-	96,73	=	3,27	%
Pan	=	100	-	100,00	=	0,00	%



Gambar 3.2: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

Berdasarkan Gambar 3.2 menjelaskan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada Tabel 3.5 diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,77 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 (pasir sedang) seperti gambar diatas.

3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan / pemeriksaan diantaranya:

- ✓ Pemeriksaan kadar air
- ✓ Pemeriksaan kadar lumpur
- ✓ Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan
- ✓ Pemeriksaan berat isi
- ✓ Pemeriksaan analisa saringan

3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.6 sehingga diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.6 Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD & berat wadah (W1)	3792	3845	3818,5
Berat contoh SSD	3300	3350	3325,0
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	3770	3827	3798,0
Berat wadah (W3)	492	495	493,5
Berat air (W1-W2)	22	18	20,0
Berat contoh kering (W2-W3)	3278	3332	3305,0
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	0,67	0,54	0,61

Berdasarkan Tabel 3.6 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar yang menggunakan dua sampel yang kemudian dirata-ratakan. Dari hasil pengujian didapat nilai kadar air agregat kasar pada contoh pertama sebesar 0,67%, pada contoh kedua sebesar 0,54%. Sedangkan nilai rata-rata kadar air pada agregat kasar yang diteliti adalah sebesar 0,61% dan hasil tersebut telah memenuhi syarat yang ditetapkan yaitu 0,5% - 1,5%.

3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.7: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering: A (gr)	2500	2500	2500
Berat contoh setelah dicuci: B (gr)	2491	2494	2492,5
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci: C (gr)	9	6	7,5

Tabel 3.7: *Lanjutan.*

Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	0,36	0,24	0,3

Berdasarkan Tabel 3.7 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel yang menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,36%, dan sampel kedua sebesar 0,24%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,3%. Menurut PBI 1971 hasil pemeriksaan kadar lumpur diatas telah memenuhi syarat yaitu $< 1\%$.

3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.8: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A)	3300	3350	3325
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (C)	3276	3324	3300
Berat contoh jenuh (B)	2076	2115	2095,5
Berat jenis contoh kering $(C/(A-B))$	2,676	2,691	2,68
Berat jenis contoh SSD $(A/(A-B))$	2,696	2,713	2,70
Berat jenis contoh semu $(C/(C-B))$	2,730	2,749	2,74
Penyerapan $((A-C)/C) \times 100\%$	0,733	0,782	0,76

Berdasarkan hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorbtion*) pada agregat halus yang diteliti. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering sebesar 2,68 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,70 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,74 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,76% dan berdasarkan ASTM C 127 nilai ini berada di bawah nilai absorpsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4%.

3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat isi agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga diketahui berat isi agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.9: Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar.

No	Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	30327	31768	32979	31691,33
2	Berat wadah (gr)	6440	6440	6440	6440
3	Berat contoh (gr)	23887	25328	26539	25251
4	Volume wadah (cm)	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,545	1,638	1,716	1,633

Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,633 gr/cm³. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat

sebesar 1,545 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,638 gr/cm³. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,716 gr/cm³ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yang yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-1986-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.10: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar.

No Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1.5 in)	122	118	240	3,72	3,72	96,28
19.0 (3/4 in)	1356	1407	2763	42,87	46,59	53,41
9.52 (3/8 in)	961	934	1895	29,40	76,00	24,00
4.75 (No. 4)	759	788	1547	24,00	100,00	0,00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1.18 (No.16)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0,00	100	0
Total	3198	3247	7445	100		

Berdasarkan Tabel 3.10, didapatkan nilai kumulatif agregat dan modulus kehalusan agregat kasar yang diperoleh dari persentase jumlah keseluruhan kumulatif tertahan agregat. Percobaan ini dilakukan dua kali, nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C33 (1986), yang pada pengerjaan *Job Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tata cara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-1993. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 6445 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= \frac{240}{7000} \times 100\% = 3,72 \% \\
 \frac{3}{4} &= \frac{2763}{7000} \times 100\% = 42,87 \% \\
 \frac{3}{8} &= \frac{1895}{7000} \times 100\% = 29,40 \% \\
 \text{No. 4} &= \frac{1547}{7000} \times 100\% = 24,00 \%
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 0 + 3,72 = 3,72 \% \\
 \frac{3}{4} &= 3,72 + 42,87 = 46,59 \% \\
 \frac{3}{8} &= 46,59 + 29,40 = 76,00 \% \\
 \text{No.4} &= 76,00 + 24,00 = 100,00 \%
 \end{aligned}$$

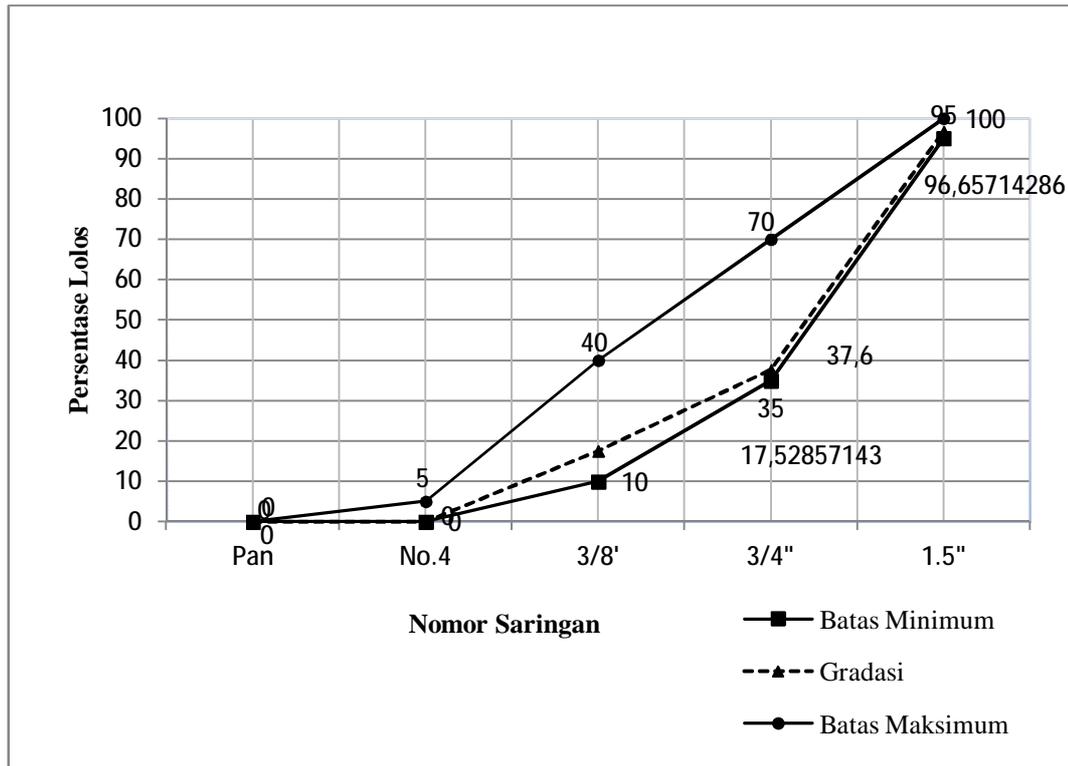
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 726,31

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{726,31}{100} \\
 \text{FM} &= 7.26
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 100 - 3,72 = 96,28 \% \\
 \frac{3}{4} &= 100 - 46,59 = 53,41 \% \\
 \frac{3}{8} &= 100 - 76,00 = 24,00 \% \\
 \text{No. 4} &= 100 - 100 = 0 \%
 \end{aligned}$$

Batas gradasi batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm.

Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-1993, dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* kerikil maksimum 40 mm.

3.7.6. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 2147:2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil UMSU tentang kekerasan agregat dengan Mesin *Los Angeles*.

Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut:

- Berat sampel sebelum pengujian = 5000 gr

Berat tiap-tiap ayakan tercantum dalam Tabel 3.11. Nilai keausan agregat didapatkan dari perbandingan persentase dari berat akhir agregat yang tertahan dengan saringan No. 12 dengan berat awal agregat yang diambil. Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar ketahanan agregat terhadap gesekan.

Tabel 3.11: Data-data dari hasil pengujian keausan agregat.

No Saringan	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)
12,5 (1/2 in)	2500	1606
9,50 (3/8 in)	2500	576
4,75 (No. 4)	-	974
2,36 (No. 8)	-	406
1,18 (No. 16)	-	-
0,60 (No. 30)	-	-
0,30 (No. 50)	-	-
0,15 (No. 100)	-	-
Pan	-	770
Total	5000	4332
	Berat lolos saringan No. 12	668
	<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)	13,36 %

$$\frac{\sum_{i=1}^n W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \times 100\%$$

$$\frac{668}{5000} \times 100\% = 13,36\%$$

Dari hasil pemeriksaan di dapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4332 gr dan nilai *abrasion* (keausan) sebesar 13,36 %. Nilai tersebut telah memenuhi standar PBI 1971 bahwa nilai keausan agregat tidak lebih dari 50%.

3.8. Perencanaan Campuran Beton

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

dengan F.A.S 0,5 : 5 buah

dengan F.A.S 0,6 : 5 buah

- Beton variasi F.A.S 0,4 + 10% sikafume umur 14 hari : 5 buah
- Beton variasi F.A.S 0,4 + 10% sikafume umur 28 hari : 5 buah
- Beton variasi F.A.S 0,5 + 10% sikafume umur 14 hari : 5 buah
- Beton variasi F.A.S 0,5 + 10% sikafume umur 28 hari : 5 buah
- Beton variasi F.A.S 0,6 + 10% sikafume umur 14 hari : 5 buah
- Beton variasi F.A.S 0,6 + 10% sikafume umur 28 hari : 5 buah

Total : 60 buah

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan.

Dari hasil percobaan didapati data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar = $2,70\text{gr/cm}^3$
- Berat jenis agregat halus = $2,54\text{gr/cm}^3$
- Kadar lumpur agregat kasar = 0,30%
- Kadar lumpur agregat halus = 3,30%
- Berat isi agregat kasar = $1,633\text{gr/cm}^3$
- Berat isi agregat halus = $1,384\text{gr/cm}^3$
- FM agregat kasar = 7,26
- FM agregat halus = 2,77
- Kadar air agregat kasar = 0,61%
- Kadar air agregat halus = 2,23%
- Penyerapan agregat kasar = 0,76%
- Penyerapan agregat halus = 1,73%
- Nilai slump rencana = 30-60 mm
- Ukuran agregat maksimum = 40 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 42,5 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834-1993.

Tabel 4.1: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-1993) dengan F.A.S 0,4.

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus)	Ditetapkan		30 MPa	
2	Deviasi Standar	-		12 MPa	
3	Nilai tambah (margin)	-		5,7 MPa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		47,7 MPa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat:	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
	- kasar - halus	Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas			0,4	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7		170 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11:7		425 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		425 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,40	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2		33%	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan		2.65	
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2421 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20 - 12 - 11		1826 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		602,58kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21 - 22		1223,42 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	425	170	602,58	1223,42
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,4	1,42	2,88

Tabel 4.1: Lanjutan.

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
24	- Tiap campuran uji 0,003375 m ³ (1 kubus)	1,43	0,57	2,03	4,13
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	425	168,82	605,59	1221,58
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,4	1,42	2,87
	- Tiap campuran uji 0,003375 m ³ (1 kubus)	1,43	0,57	2,04	4,12

Tabel 4.2: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-1993) dengan F.A.S 0,5.

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus)	Ditetapkan	30 MPa
2	Deviasi Standar	-	12 MPa
3	Nilai tambah (margin)	-	5,7 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	47,7 MPa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7	Faktor air-semen bebas		0,5
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7	170 kg/m ³
12	Jumlah semen	11:7	340 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	340 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-	0,50
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2	Daerah gradasi zona 2
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3	Gradasi maksimum 40 mm

Tabel 4.2: Lanjutan.

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
18	Persen agregat halus			35	
19	Berat jenis relatif			2,64	
20	Berat isi beton			2417,5	
21	Kadar agregat gabungan			1907,5	
22	Kadar agregat halus			667,625	
23	Kadar agregat kasar			1239,875	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
	Tiap m ³	340	170	667,63	1239,875
	Tiap campuran m ³	1	0,5	1,96	3,65
	Tiap campuran uji 0,003375m ³ (1 kubus)	1,15	0,57	2,25	4,18
	Koreks campuran				
	Tiap m ³	340	168,52	670,96	1238,02
	Tiap campuran uji m ³	1	0,50	1,97	3,64
	Tiap campuran uji 0,003375m ³ (1 kubus)	1,15	0,57	2,26	4,18

Tabel 4.3: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-1993) dengan F.A.S 0,6.

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus)	Ditetapkan	30 MPa
2	Deviasi Standar	-	12 MPa
3	Nilai tambah (margin)	-	5,7 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	47,7 MPa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat:	Ditetapkan	Batu pecah Binjai
	- kasar - halus	Ditetapkan	Pasir alami Binjai
7	Faktor air-semen bebas		0,6
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7	170 kg/m ³
12	Jumlah semen	11:7	283 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	283 kg/m ³

Tabel 4.3: Lanjutan.

No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
14	Jumlah semen minimum			275	
15	Faktor air semen yang disesuaikan			0,6	
16	Susunan agregat besar butir agregat halus			Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan			Gradasi maksimum 40mm	
18	Persen agregat halus			38	
19	Berat jenis relatif			2,64	
20	Berat isi beton			2417,5	
21	Kadar agregat gabungan			1964	
22	Kadar agregat halus			746,38	
23	Kadar agregat kasar			1217,78	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
	Tiap m ³	283	170	746,38	1217,78
	Tiap campuran m ³	1	0,6	2,63	4,30
	Tiap campuran uji 0,003375m ³ (1 kubus)	0,96	0,57	2,52	4,11
25	Koreks campuran				
	Tiap m ³	283	168,095	750,115	1215,957
	Tiap campuran uji m ³	1	0,593	2,647	4,292
	Tiap campuran uji 0,003375m ³ (1 kubus)	1	0,57	2,53	4,10

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran untuk setiap m³ adalah:

✓ Faktor air semen 0,4

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
425	:	605,59	:	1221,58	:	168,82
1	:	1,42	:	2,87	:	0,4

✓ Faktor air semen 0,5

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
340	:	670,96	:	1238,02	:	168,52
1	:	1,97	:	3,64	:	0,57

✓ Faktor air semen 0,6

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
283	:	750,12	:	1215,96	:	168,09
1	:	2,65	:	4,10	:	0,59

a. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan kubus dengan ukuran:

$$\begin{aligned}\text{Sisi} &= 15 \text{ cm} \\ \text{Volume Kubus} &= \text{Sisi} \times \text{Sisi} \times \text{Sisi} \\ &= 15 \times 15 \times 15 \\ &= 3375 \text{ cm}^3 \\ &= 0,003375 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Maka, Bahan yang digunakan untuk F.A.S 0,4

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji pada
= Banyak semen x Volume 1 benda uji
= $425 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 1,43 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak pasir x Volume 1 benda uji
= $605,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 2,04 kg
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak kerikil x Volume 1 benda uji
= $1221,58 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 4,12 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak air x Volume 1 benda uji
= $168,82 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 0,570 kg

Bahan untuk F.A.S 0,5

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji pada
= Banyak semen x Volume 1 benda uji
= $340 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 1,15 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak pasir x Volume 1 benda uji
= $670,96 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 2,26 kg
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak kerikil x Volume 1 benda uji
= $1238,02 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 4,18 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak air x Volume 1 benda uji
= $168,52 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 0,57 kg

Bahan untuk m^3 F.A.S 0,6

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak semen x Volume 1 benda uji
= $283 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 1 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak pasir x Volume 1 benda uji
= $750,12 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 2,53 kg
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak kerikil x Volume 1 benda uji
= $1215,96 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 4,10 kg

- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = $168,09 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 = 0,57 kg

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

F.A.S 0,4

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 1,43 : 2,04 : 4,12 : 0,57

F.A.S 0,5

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 1,15 : 2,26 : 4,18 : 0,57

F.A.S 0,6

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 1 : 2,53 : 4,10 : 0,57

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.4, 4.5 dan 4.6

Tabel 4.4: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji dengan F.A.S 0,4.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	3,72	$\frac{3,72}{100} \times$	4,12	0,153
$\frac{3}{4}$	42,87	$\frac{42,87}{100} \times$	4,12	1,767
3/8	29,40	$\frac{29,40}{100} \times$	4,12	1,212
No. 4	24,00	$\frac{24,00}{100} \times$	4,12	0,989
Total				4,12

Tabel 4.5: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji dengan F.A.S 0,5.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	3,72	$\frac{3,72}{100} \times$	4,18	0,155
$\frac{3}{4}$	42,87	$\frac{42,87}{100} \times$	4,18	1,791
3/8	29,40	$\frac{29,40}{100} \times$	4,18	1,228
No. 4	24,00	$\frac{24,00}{100} \times$	4,18	1,003
Total				4,18

Tabel 4.6: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji dengan F.A.S 0,6.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	3,72	$\frac{3,72}{100} \times$	4,10	0,153
$\frac{3}{4}$	42,87	$\frac{42,87}{100} \times$	4,10	1,759
3/8	29,40	$\frac{29,40}{100} \times$	4,10	1,207
No. 4	24,00	$\frac{24,00}{100} \times$	4,10	0,985
Total				4,10

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,153 kg, saringan $\frac{3}{4}$ sebesar 1,767 kg, saringan $\frac{3}{8}$ sebesar 1,212 kg dan saringan no 4 sebesar 0,989 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 4,12 kg, Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,155 kg, saringan $\frac{3}{4}$ sebesar 1,791 kg, saringan $\frac{3}{8}$ sebesar

1,228 kg dan saringan no 4 sebesar 1,003kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 4,18 kg, dan tabel 4.6 menjelaskan juga jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,153 kg, saringan 3/4 sebesar 1,759 kg, saringan 3/8 sebesar 1,207 kg dan saringan no 4 sebesar 0,985 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 4,10 kg.

Tabel 4.7: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji untuk F.A.S 0,4.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	3,27	$\frac{3,27}{100}$	x 2,04	0,067
No.8	6,82	$\frac{6,82}{100}$	x 2,04	0,115
No.16	19,18	$\frac{19,18}{100}$	x 2,04	0,360
No.30	25,18	$\frac{25,18}{100}$	x 2,04	0,518
No.50	28,73	$\frac{28,73}{100}$	x 2,04	0,589
No.100	13,95	$\frac{13,95}{100}$	x 2,04	0,272
Pan	3,23	$\frac{3,23}{100}$	x 2,04	0,074
Total				2,04

Tabel 4.8: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji untuk F.A.S 0,5.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	3,27	$\frac{3,27}{100}$	x 2,26	0,074
No.8	6,82	$\frac{6,82}{100}$	x 2,26	0,154
No.16	19,18	$\frac{19,18}{100}$	x 2,26	0,434
No.30	25,18	$\frac{25,18}{100}$	x 2,26	0,570

Tabel 4.8: Lanjutan.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.50	28,73	$\frac{28,73}{100}$	x 2,26	0,651
No.100	13,95	$\frac{13,95}{100}$	x 2,26	0,316
Pan	3,23	$\frac{3,23}{100}$	x 2,26	0,073
Total				2,26

Tabel 4.9: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji untuk F.A.S 0,6.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	3,27	$\frac{3,27}{100}$	x 2,53	0,083
No.8	6,82	$\frac{6,82}{100}$	x 2,53	0,173
No.16	19,18	$\frac{19,18}{100}$	x 2,53	0,486
No.30	25,18	$\frac{25,18}{100}$	x 2,53	0,637
No.50	28,73	$\frac{28,73}{100}$	x 2,53	0,727
No.100	13,95	$\frac{13,95}{100}$	x 2,53	0,353
Pan	3,23	$\frac{3,23}{100}$	x 2,53	0,082
Total				2,53

Berdasarkan Tabel 4.7 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,067kg, saringan no 8 sebesar 0,139 kg, saringan no 16 sebesar 0,392 kg, saringan no 30 sebesar 0,515 kg, saringan no 50 sebesar 0,587 kg, saringan no 100

sebesar 0,285 kg, dan pan sebesar 0,66kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,04 kg, Tabel 4.8 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,074 kg, saringan no 8 sebesar 0,154 kg, saringan no 16 sebesar 0,434 kg, saringan no 30 sebesar 0,570 kg, saringan no 50 sebesar 0,651 kg, saringan no 100 sebesar 0,316 kg, dan pan sebesar 0,73 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,26 kg, dan Tabel 4.9 juga menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,083 kg, saringan no 8 sebesar 0,173 kg, saringan no 16 sebesar 0,486 kg, saringan no 30 sebesar 0,637 kg, saringan no 50 sebesar 0,727 kg, saringan no 100 sebesar 0,353 kg, dan pan sebesar 0,082 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,53 kg.

a. Bahan *additive*

Untuk penggunaan bahan *additive* menggunakan *sikafume* sebesar 10%.

- *Sikafume* yang dibutuhkan sebanyak 10% untuk 1 benda uji dengan F.A.S 0,4

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{10}{100} \times 1,43 \text{ kg} \\
 &= 0,143 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- *Sikafume* yang dibutuhkan sebanyak 10% untuk 1 benda uji dengan F.A.S 0,5.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{10}{100} \times 1,15 \text{ kg} \\
 &= 0,115 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- *Sikafume* yang dibutuhkan sebanyak 10% untuk 1 benda uji dengan F.A.S 0,6 .

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10}{100} \times \text{Berat semen}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{10}{100} \times 1 \text{ kg}$$

$$= 0,100 \text{ kg}$$

Tabel 4.10: Banyak Sikafume dan semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji.

Penggunaan Bahan <i>additive</i>	<i>Sikafume</i> (kg)	Berat Semen (kg)
10%,F.A.S 0,4	0,143	1,291
10%,F.A.S 0,5	0,115	1,033
10%,F.A.S 0,6	0,100	0,900

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan jumlah penggunaan *additive sikafume* sebesar 10% untuk F.A.S 0,4 adalah 0,143 kg untuk semen yang digunakan sebanyak 1,291 kg, jumlah penggunaan *additive sikafume* sebesar 10% untuk F.A.S 0,5 adalah 0,115 kg untuk semen yang digunakan sebanyak 1,033 kg dan jumlah penggunaan *additive sikafume* sebesar 10% untuk F.A.S 0,6 adalah 0,100 kg untuk semen yang digunakan sebanyak 0,900 kg.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat untuk FAS 0,4 sebanyak 20 benda uji, untuk FAS 0,5 sebanyak 20 benda uji dan untuk FAS 0,6 sebanyak 20 benda uji. banyak bahan yang dibutuhkan untuk untuk setiap FAS adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk beton normal dengan FAS 0,4 sebanyak 10 benda uji
 - = Banyak semen 1 benda uji x 10 benda uji
 - = 1,43 x 10
 - = 14,344 kg
 - § Untuk FAS 0,4 + 10% *sikafume*
 - = Banyak Semen 1 benda uji x 10 benda uji
 - = 1,291 x 10
 - = 12,914 kg
- Semen yang dibutuhkan untukbeton normal FAS 0,5 sebanyak 10 benda uji

= Banyak semen 1 benda uji x 10 benda uji

= $1,15 \times 20$

= 11,475 kg

§ Untuk FAS 0,5 + 10% *sikafume*

= Banyak Semen 1 benda uji x 10 benda uji

= $1,033 \times 10$

= 10,328 kg

- Semen yang dibutuhkan untuk beton normal FAS 0,6 sebanyak 20 benda uji

= Banyak semen 1 benda uji x 20 benda uji

= 1×20

= 10 kg

§ Untuk FAS 0,6 + 10% *sikafume*

= Banyak Semen 1 benda uji x 10 benda uji

= $0,900 \times 10$

= 9 kg

- Pasir yang dibutuhkan untuk FAS 0,4 sebanyak 20 benda uji.

= banyak pasir untuk 1 benda uji x 20

= $2,04 \times 20$

= 40,878 kg

- Pasir yang dibutuhkan untuk FAS 0,5 sebanyak 20 benda uji.

= banyak pasir untuk 1 benda uji x 20

= $2,26 \times 20$

= 45,290 kg

- Pasir yang dibutuhkan untuk FAS 0,6 sebanyak 20 benda uji.

= banyak pasir untuk 1 benda uji x 20

= $2,53 \times 20$

= 50,633 kg

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk FAS 0,4 sebanyak 20 benda uji.

= banyak pasir untuk 1 benda uji x 20

= $4,12 \times 20$

= 82,457 kg

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk FAS 0,5 sebanyak 20 benda uji.
= banyak pasir untuk 1 benda uji x 20
= 4,18 x 20
= 83,566 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk FAS 0,6 sebanyak 20 benda uji.
= banyak pasir untuk 1 benda uji x 20
= 4,10 x 20
= 82,077 kg
- Air yang dibutuhkan untuk FAS 0,4 sebanyak 20 benda uji.
= banyak pasir untuk 1 benda uji x 20
= 0,57 x 20
= 11,396 kg

Perbandingan FAS 0,4 untuk 20 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
27,258	:	40,878	:	82,457	:	11,396

Perbandingan FAS 0,5 untuk 20 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
21,803	:	45,290	:	83,566	:	11,396

Perbandingan FAS 0,6 untuk 20 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
19	:	50,633	:	82,077	:	11,396

Berdasarkan analisa saringan dari setiap faktor air semen, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.11 ,Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.

Tabel 4.11: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk FAS 0,4 sebanyak 20 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat batu pecah	
1,5	3,72	$\frac{3,72}{100}$	x 82,457	3,067

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat batu pecah	
¾	42,87	$\frac{42,87}{100}$	x 82,457	35,349
3/8	29,40	$\frac{29,40}{100}$	x 82,457	24,242
No. 4	24,00	$\frac{24,00}{100}$	x 82,457	19,970
Total				82,457

Tabel 4.12: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk FAS 0,5 sebanyak 20 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat batu pecah	
1,5	3,72	$\frac{3,72}{100}$	x 83,566	3,109
¾	42,87	$\frac{42,87}{100}$	x 83,566	35,825
3/8	29,40	$\frac{29,40}{100}$	x 83,566	24,568
No. 4	24,00	$\frac{24,00}{100}$	x 83,566	20,056
Total				83,566

Tabel 4.13: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk FAS 0,6 sebanyak 20 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat batu pecah	
1,5	3,72	$\frac{3,72}{100}$	x 82,077	3,053
¾	42,87	$\frac{42,87}{100}$	x 82,077	35,186
3/8	29,40	$\frac{29,40}{100}$	x 82,077	24,131
No. 4	24,00	$\frac{24,00}{100}$	x 82,077	19,698
Total				82,077

Berdasarkan Tabel 4.11 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 20 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 3,067 kg, saringan 3/4 sebesar 35,349 kg, saringan 3/8 sebesar 24,242 kg dan saringan no 4 sebesar 19,790 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 20 benda uji dengan FAS 0,4 sebesar 82,457 kg, Tabel 4.12 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 20 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 3,109 kg, saringan 3/4 sebesar 35,825 kg, saringan 3/8 sebesar 24,568 kg dan saringan no 4 sebesar 20,056 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 20 benda uji dengan FAS 0,5 sebesar 83,566 kg dan Tabel 4.13 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 48 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 3,053 kg, saringan 3/4 sebesar 35,186 kg, saringan 3/8 sebesar 24,131 kg dan saringan no 4 sebesar 19,069 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 20 benda uji dengan FAS 0,6 sebesar 82,077kg.

Tabel 4.14: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 20 benda uji dengan FAS 0,4.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	3,27	$\frac{1,00}{100}$	x 40,878	1,337
No.8	6,82	$\frac{5,90}{100}$	x 40,878	2,788
No.16	19,18	$\frac{18,50}{100}$	x 40,878	7,840
No.30	25,18	$\frac{26,60}{100}$	x 40,878	10,293
No.50	28,73	$\frac{28,73}{100}$	x 40,878	11,744
No.100	13,59	$\frac{13,59}{100}$	x 40,878	5,555
Pan	3,23	$\frac{3,23}{100}$	x 40,878	1,320
Total				40,878

Tabel 4.15: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 20 benda uji dengan FAS 0,5.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	3,27	$\frac{1,00}{100}$	x 45,290	1,481
No.8	6,82	$\frac{5,90}{100}$	x 45,290	3,089
No.16	19,18	$\frac{18,50}{100}$	x 45,290	8,687
No.30	25,18	$\frac{26,60}{100}$	x 45,290	11,404
No.50	28,73	$\frac{28,73}{100}$	x 45,290	13,012
No.100	13,59	$\frac{13,59}{100}$	x 45,290	6,155
`Pan	3,23	$\frac{3,23}{100}$	x 45,290	1,463
Total				45,290

Tabel 4.16: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 20 benda uji dengan FAS 0,6.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	3,27	$\frac{1,00}{100}$	x 50,633	1,656
No.8	6,82	$\frac{5,90}{100}$	x 50,633	3,453
No.16	19,18	$\frac{18,50}{100}$	x 50,633	9,711
No.30	25,18	$\frac{26,60}{100}$	x 50,633	12,749
No.50	28,73	$\frac{28,73}{100}$	x 50,633	14,547
No.100	13,59	$\frac{13,59}{100}$	x 50,633	6,881
`Pan	3,23	$\frac{3,23}{100}$	x 50,633	1,635
Total				50,633

Berdasarkan Tabel 4.14 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 20 benda uji dengan FAS 0,4 ialah saringan no.4 sebesar 1,337kg, saringan no.8 sebesar 2,788kg, saringan no.16 sebesar 7,840kg, saringan no.30 sebesar 10,293kg, saringan no.50 sebesar 11,744kg, saringan no.100 sebesar 5,555kg, dan pan sebesar 1,320kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 20 benda uji dengan FAS 0,4 sebesar 40,878kg, sedangkan Tabel 4.15 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 20 benda uji dengan FAS 0,5 ialah saringan no 4 sebesar 1,481 kg, saringan no 8 sebesar 3,089 kg, saringan no.16 sebesar 8,687 kg, saringan no 30 sebesar 11,404 kg, saringan no 50 sebesar 13,012kg, saringan no.100 sebesar 6,155kg, dan pan sebesar 1,463 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 20 benda uji dengan FAS 0,5 sebesar 45,290kg dan Tabel 4.16 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 20 benda uji dengan FAS 0,6 ialah saringan no.4 sebesar 1,656kg, saringan no.8 sebesar 3,453kg, saringan no.16 sebesar 9,711 kg, saringan no.30 sebesar 12,749kg, saringan no.50 sebesar 14,547kg, saringan no.100 sebesar 6,881kg, dan pan sebesar 1,635kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 20 benda uji dengan FAS 0,6 sebesar 50,633kg.

4.1.1. Metode Pengerjaan Mix Design

Pelaksanaan Mix Design dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 30 MPa untuk umur 28 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.6.
3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.7.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}

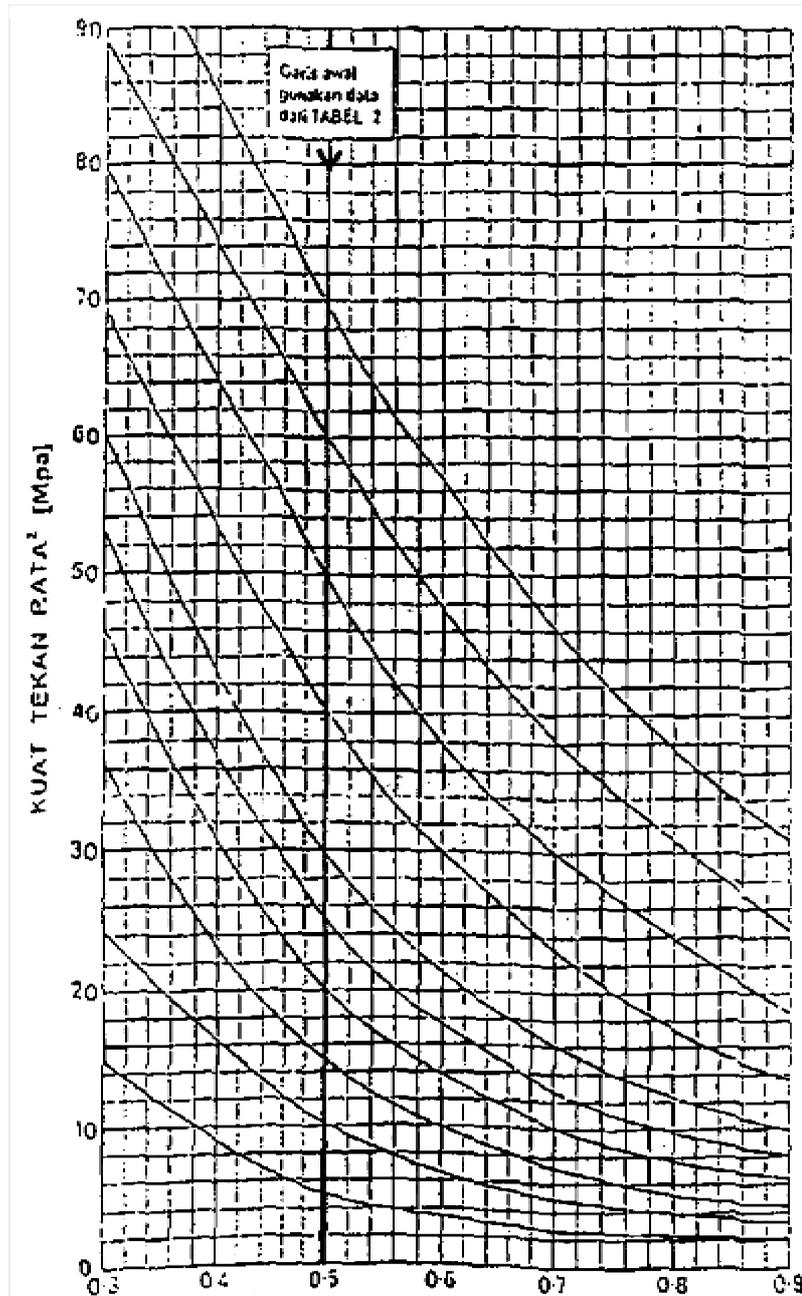
Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.1.

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

$$f'_{cr} = 42,5 + 17,7$$

$$= 47,7\text{MPa}$$

5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
6. Jenis agregat diketahui :
 - agregat kasar = batu pecah
 - agregat halus alami= pasir
7. Nilai faktor air semen bebas di tetapkan yaitu 0,4, 0,5 dan 0,6



Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton (SNI 03-2834-1993).

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0.60 berdasarkan Tabel 2.9. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.1 tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air semen yang lebih kecil.
9. Nilai slump ditetapkan setinggi 30-60 mm berdasarkan Gambar 2.9.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 40 mm.
11. Jumlah kadar air bebas ditentukan berdasarkan Tabel 2.8 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.7.

Tabel 4.17: Jumlah kadar air bebas yang ditentukan.

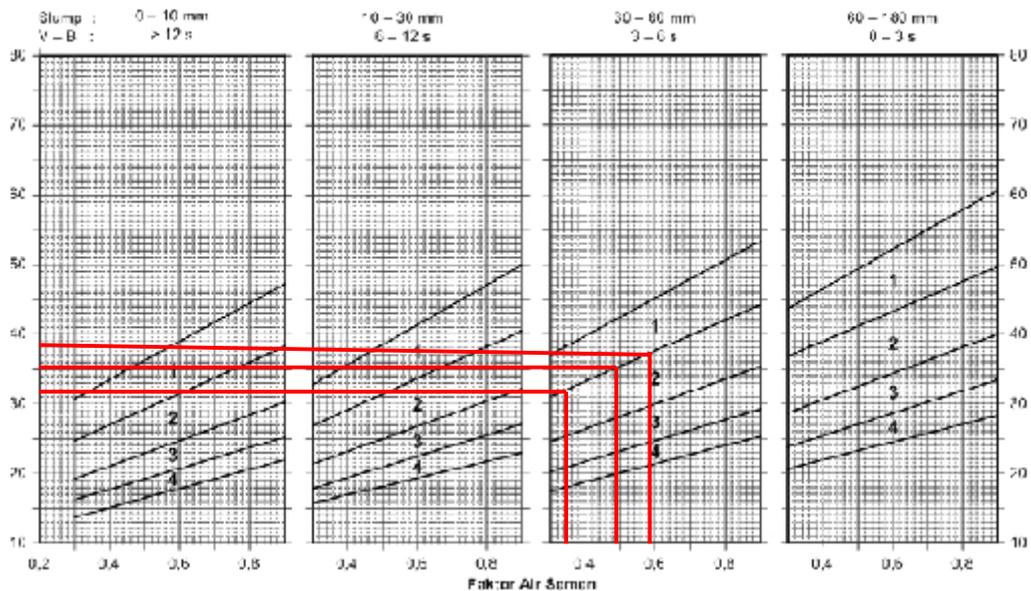
Slump (mm)	30-60	
Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	batu tak dipecahkan	batu pecah
40	160	190

Setelah interpolasi memakai Pers. 4.1.

$$\begin{aligned}
 & \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} \times 160 + \frac{1}{3} \times 190 \\
 &= 170 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Jumlah semen, yaitu : $170 : 0.4 = 425 \text{ kg/m}^3$
 $170 : 0.5 = 340 \text{ kg/m}^3$
 $170 : 0.6 = 283 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 berdasarkan Tabel 2.9. Seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.
15. Faktor air-semen yang disesuaikan: dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.

16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.3.
17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.5.
18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,8 mm ini dicari dalam Gambar 2.9 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air-semen 0,35. Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir No.2 diperoleh harga nilai 33% untuk FAS 0,4, 35% untuk FAS 0,5 dan untuk FAS 0,6 38%. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).

19. Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena itu agregat halus dalam hal ini merupakan gabungan dari dua macam agregat halus lainnya, maka berat jenis sebelum menghitung berat jenis agregat gabungan antara pasir dan kerikil.

Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut :

– BJ agregat halus = 2,54

– BJ agregat kasar = 2,70

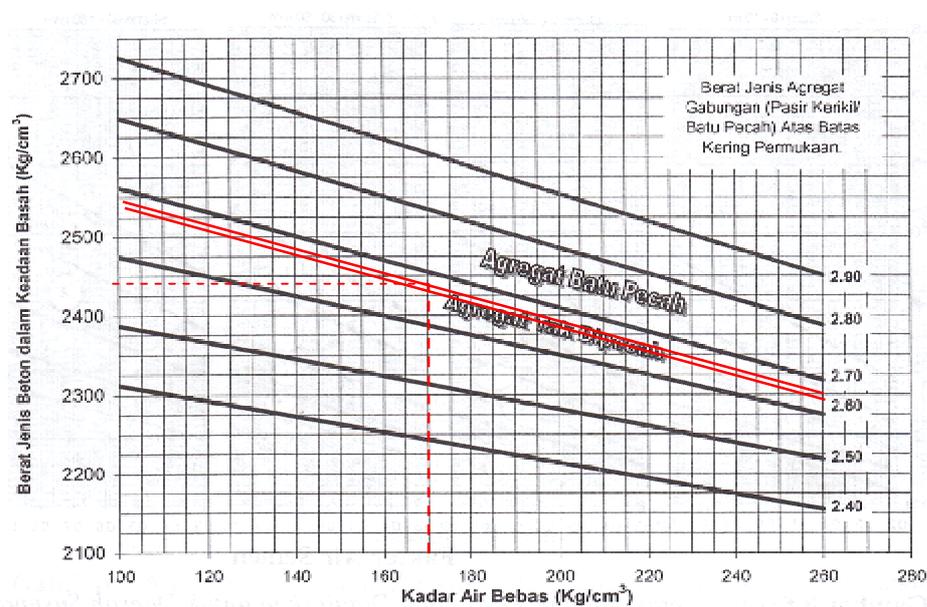
– BJ agregat gabungan Halus dan kasar

$$\S \text{ untuk FAS } 0,4 = (0,33 \times 2,54) + (0,67 \times 2,70) = 2,65$$

$$\S \text{ untuk FAS } 0,5 = (0,35 \times 2,54) + (0,65 \times 2,70) = 2,64$$

$$\S \text{ untuk FAS } 0,6 = (0,38 \times 2,54) + (0,62 \times 2,70) = 2,64$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.3 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,69. Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 170 kg/m^3), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka 2450 kg/m^3 .



Gambar 4.3: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-1993).

21. Kadar agregat gabungan FAS 0,4 = berat isi beton– (jumlah semen+kadar air)
 $= 2421 - (425 + 170) = 1826 \text{ kg/m}^3$

$$\text{FAS } 0,5 = \text{berat isi beton} - (\text{jumlah semen} + \text{kadar air}) \\ = 2417,5 - (340 + 170) = 1907,5$$

$$\text{FAS } 0,6 = \text{berat isi beton} - (\text{jumlah semen} + \text{kadar air}) \\ = 2417,5 - (283 + 170) = 1964$$

22. Kadar agregat halus FAS 0,4 = (Persen agregat halus) x (Kadar agregat gabungan)

$$= \frac{33}{100} \times 1826 = 602,58 \text{ kg/m}^3$$

FAS 0,5 = (Persen agregat halus) x (Kadar agregat gabungan)

$$= \frac{35}{100} \times 1907,5 = 667,625 \text{ kg/m}^3$$

FAS 0,6 = (Persen agregat halus) x (Kadar agregat gabungan)

$$= \frac{38}{100} \times 1964 = 746,38 \text{ kg/m}^3$$

23. Kadar agregat kasar FAS 0,4 = Kadar agregat gabungan - Kadar agregat halus
= 1826 – 602,58 = 1223,42 kg/m³

FAS 0,5 = Kadar agregat gabungan - Kadar agregat halus
= 1907 – 667,625 = 1239,375 kg/m³

FAS 0,6 = Kadar agregat gabungan - Kadar agregat halus
= 1964 – 746,38 = 1217,62 kg/m³

24. Proporsi campuran dari langkah (1) hingga (23) kita dapatkan susunan campuran beton teoritis.

untuk tiap m³ sebagai berikut:

- FAS 0,4

– Semen = 425 kg

– Air = 170 kg/lt

– Agregat halus = 602,58 kg

– Agregat kasar = 1223,42 kg

- FAS 0,5

– Semen = 340 kg

– Air = 170 kg/lt

– Agregat halus = 667,625 kg

– Agregat kasar = 1239,375 kg

- FAS 0,6

– Semen = 283 kg

- Air = 170 kg/lt
- Agregat halus = 746,38 kg
- Agregat kasar = 1217,78 kg

25. Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yaitu yang akan kita pakai sebagai campuran uji, angka-angka teoritis tersebut perlu dibenarkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang akan dipakai. Dengan menggunakan Pers. 2.8, 2.9, dan 2.10, didapat koreksi proporsi campuran untuk air sebesar:

- FAS 0,4

$$\begin{aligned}
 &= B - (C_k - C_a) \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 170 - (2,23 - 1,73) \frac{602,58}{100} - (0,61 - 0,76) \times \frac{1223,42}{100} \\
 &= 168,82 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\
 &= 602,58 + (2,23 - 1,73) \times \frac{602,58}{100} \\
 &= 605,59 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 1223,42 + (0,61 - 0,76) \times \frac{1223,42}{100} \\
 &= 1221,58 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

- FAS 0,5

$$\begin{aligned}
 &= B - (C_k - C_a) \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 170 - (2,23 - 1,73) \frac{667,625}{100} - (0,61 - 0,76) \times \frac{1239,875}{100} \\
 &= 168,52 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\ &= 667,625 + (2,23 - 1,73) \times \frac{667,625}{100} \\ &= 670,96 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 1239,875 + (0,61 - 0,76) \times \frac{1239,875}{100} \\ &= 1238,02 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

• FAS 0,6

$$\begin{aligned} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 170 - (2,23 - 1,73) \times \frac{746,38}{100} - (0,61 - 0,76) \times \frac{1217,78}{100} \\ &= 168,09 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\ &= 746,38 + (2,23 - 1,73) \times \frac{746,38}{100} \\ &= 750,12 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 1217,78 + (0,61 - 0,76) \times \frac{1217,78}{100} \\ &= 1215,96 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4.2. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan kubus sebagai benda uji dengan ukuran sisi 15 cm, jumlah benda uji yang di buat adalah sebanyak 60 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton

Beton diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula-mula sebagian air (kira-kira 75 % dari jumlah air yang ditetapkan) dimasukkan kedalam bejana pengaduk, lalu agregat kasar, agregat halus, dan semen. Setelah diaduk rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan campuran tampak homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan

Sebelum beton di masukkan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah di sediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk menggunakan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu direndam di dalam air (terendam keseluruhan) hingga umur yang telah ditentukan. Ruang penyimpanan harus bebas gataran selama 48 jam pertama setelah perendaman.

4.3. *Slump Test*

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut abrams dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai

ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2 1/2 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

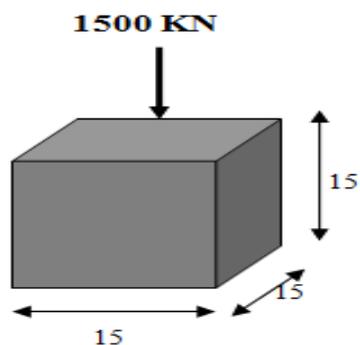
Tabel 4.18: Hasil pengujian nilai *slump*.

	Beton Normal		Beton F.A S 0,4 dan <i>additive</i> 10%		Beton F.A S 0,5 dan <i>additive</i> 10%		Beton F.A S 0,6 dan <i>additive</i> 10%	
	14	28	14	28	14	28	14	28
<i>Slump</i>	4	4,5	3,5	4,5	3	4,5	3,5	4
(cm)	4,5	5	3	3,5	3,5	4	3	3,5

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan hasil slump test beton normal, beton dengan *sikafume 10%* sebesar 3 sampai dengan 4,5 cm.

4.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN, benda uji yang akan dites adalah berupa kubus dengan panjang sisi 15 cm dan jumlah benda uji 60 buah, seperti pada Gambar 4.4, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar.4.4: Beban tekan pada benda uji kubus.

Ada beberapa macam cetakan benda uji yang dipakai, diantaranya adalah kubus dengan sisi 15 cm. Serta silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Perbedaannya terletak pada perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton yang didapat setelah diuji. Yakni faktor untuk kubus adalah 1, sedangkan faktor dari silinder adalah 0,83.

4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal (saat pengujian)

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 6 buah. Hasil kuat tekan beton normal 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tekan beton normal untuk FAS 0,4.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A = 225cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	60000	266,67	30,30	30,15
2	58500	260,00	29,55	
3	60000	266,67	30,30	
4	61500	273,33	31,06	
5	58500	260,00	29,55	
Umur 28 hari				
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A = 225cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
1	74500	331,11	33,11	32,98
2	73000	324,44	32,44	
3	73000	324,44	32,44	
4	76000	337,78	22,78	
5	74500	331,11	33,11	

Berdasarkan Tabel 4.19 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 14 dan 28 hari. Dari 5 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 30,15 MPa pada umur beton 14 hari dan 32,98 MPa untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.20: Hasil pengujian kuat tekan beton normal untuk FAS 0,5.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_{c,0,88}$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	60000	266,67	30,30	30,61
2	61500	273,33	31,06	
3	60000	266,67	30,30	
4	61500	273,33	31,06	
5	60000	266,67	30,30	
Umur 28 hari				
1	76000	337,78	33,78	34,04
2	77500	344,44	34,44	
3	77500	344,44	34,44	
4	76000	337,78	33,78	
5	76000	337,78	33,78	

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 14 dan 28 hari. Dari 5 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 30,61 MPa pada umur beton 14 hari dan 34,04 MPa untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.21: Hasil pengujian kuat tekan beton normal untuk FAS 0,6.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	63000	280,00	31,82	31,67
2	61500	273,33	31,06	
3	63000	280,00	31,82	
4	61500	273,33	31,06	
5	64500	286,67	32,58	
Umur 28 hari				
1	81500	362,22	36,22	36,09
2	80000	355,56	35,56	
3	81500	362,22	36,22	
4	83000	268,89	36,89	
5	80000	355,56	35,56	

Berdasarkan Tabel 4.11 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 14 dan 28 hari. Dari 5 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,67 MPa pada umur beton 14 hari dan 36,09 MPa untuk umur beton 28 hari.

4.4.2. Kuat Tekan Beton *additive sikafume* 10% (saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi *additive sikafume* 10% dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 5 buah. Hasil kuat tekan beton 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22: Hasil pengujian kuat tekan beton *additive sikafume* 10% untuk FAS 0,4.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	63000	280,00	31,82	32,42
2	63000	280,00	31,82	
3	66000	293,33	33,33	
4	64500	286,67	32,58	
5	64500	286,67	32,58	
Umur 28 hari				
1	83000	368,89	36,89	37,16
2	84500	375,56	37,56	
3	83000	368,89	36,89	
4	84500	375,56	37,56	
5	83000	368,89	36,89	

Berdasarkan Tabel 4.12 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi *additive sikafume* 10% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari sebesar 32,42 MPa dan 37,17 MPa pada estimasi 28 hari.

Tabel 4.23: Hasil pengujian kuat tekan beton *additive sikafume* 10% untuk FAS 0,5.

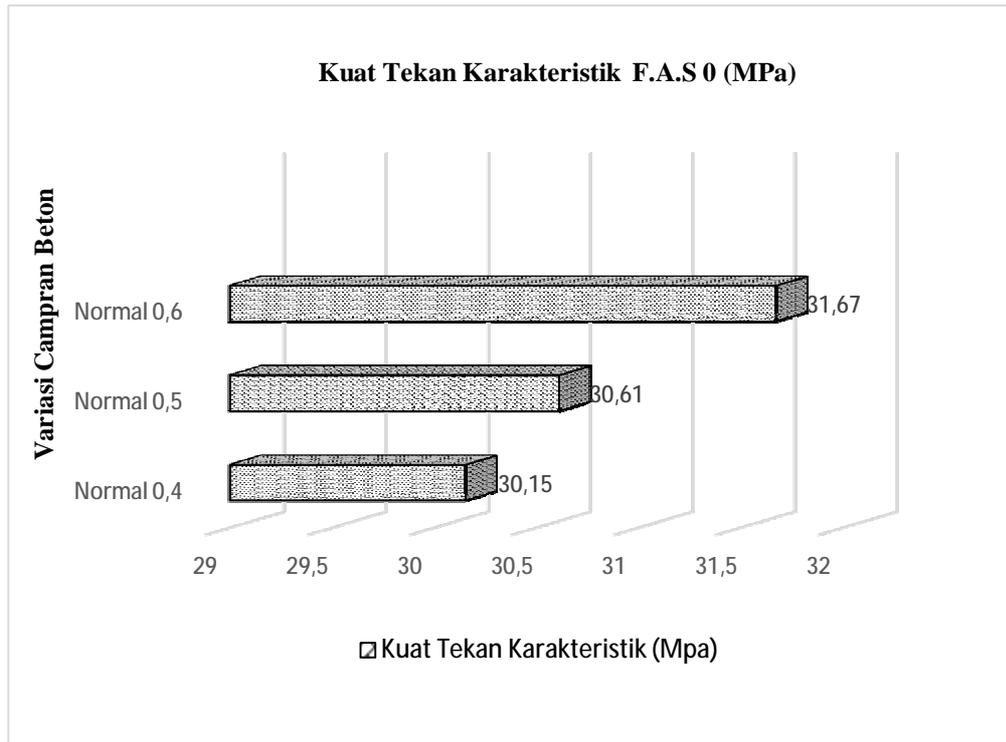
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c / 0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	67500	300,00	34,09	33,48
2	66000	293,33	33,33	
3	66000	293,33	33,33	
4	67500	300,00	34,09	
5	64500	286,67	32,58	
Umur 28 hari				
1	84500	375,56	37,56	38,09
2	86000	382,22	38,22	
3	86000	382,22	38,22	
4	87500	388,89	38,89	
5	84500	375,56	37,56	

Berdasarkan Tabel 4.12 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi *additive sikafume* 10% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari sebesar 33,48 MPa dan 38,09 MPa pada estimasi 28 hari.

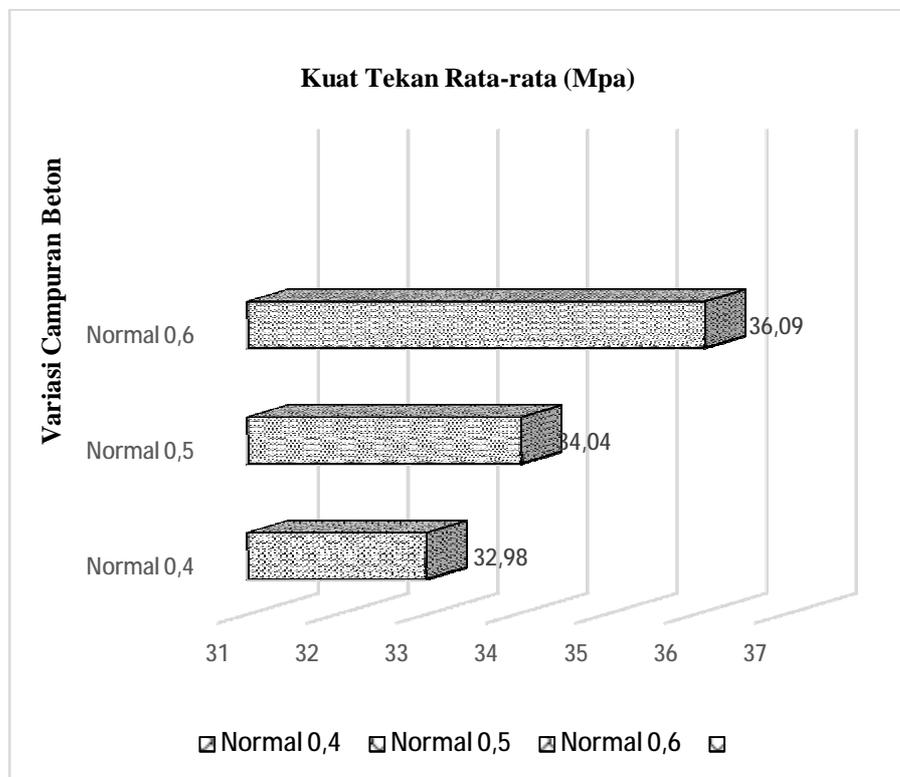
Tabel 4.24: Hasil pengujian kuat tekan beton *additive sikafume* 10% untuk FAS 0,6.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c / 0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	68500	304,44	34,60	35,35
2	70000	311,11	35,35	
3	70000	311,11	35,35	
4	70000	311,11	35,35	
5	71500	317,78	36,11	
Umur 28 hari				
1	89000	395,56	39,56	40,31
2	90000	400,00	40,00	
3	91500	406,67	40,67	
4	93000	413,33	41,33	
5	90000	400,00	40,00	

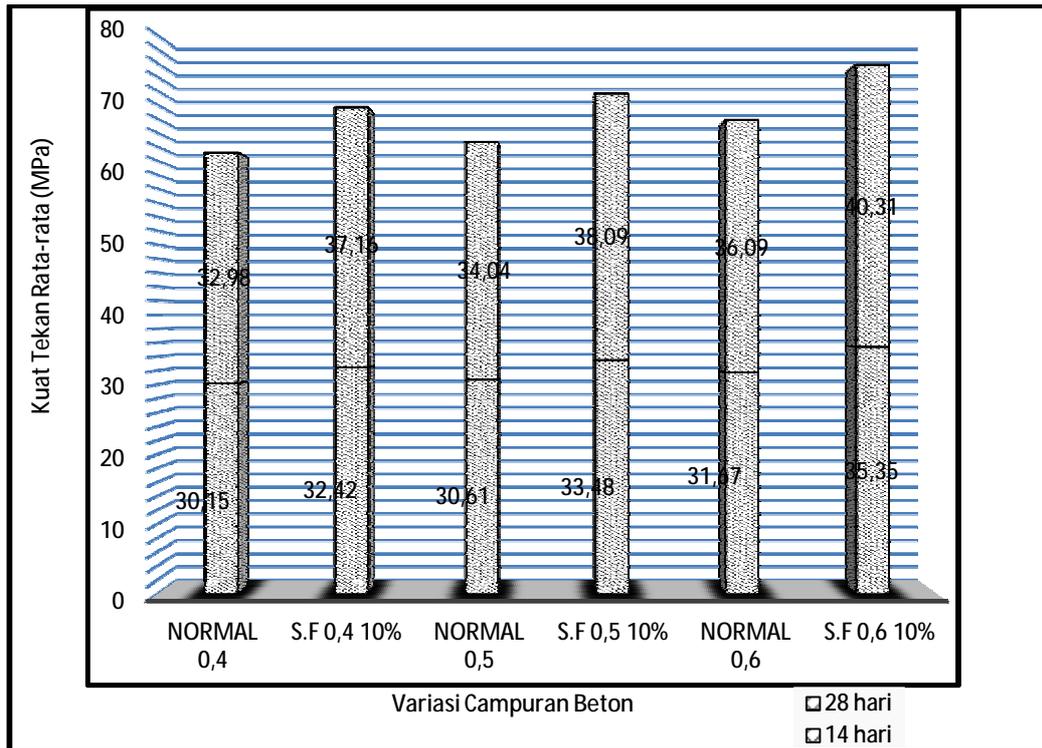
Berdasarkan Tabel 4.13 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi *additive sikafume* 10% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari sebesar 35,35 MPa dan 40,31 MPa pada estimasi 28 hari.



Gambar 4.5: Grafik kuat tekan beton normal pada umur 14 hari untuk setiap F.A.S.



Gambar 4.6: Grafik kuat tekan beton normal pada umur 28 hari untuk setiap F.A.S.



Gambar 4.7: Grafik kuat tekan beton normal pada umur 14 hari dan 28 hari.

Dari hasil Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton normal pada masing-masing faktor air semen terjadi kenaikan pada umur 14 hari dan 28 hari.

4.5. Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan serbuk kaca, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan Sikafume untuk setiap faktor air semen yang ditetapkan mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

Ø Additive 10% ,FAS 0,4

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} &= \frac{32,42 - 30,15}{30,15} \times 100\% \\ &= 7,529\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{37,16 - 32,98}{32,98} \times 100\% \\ &= 12,674\% \end{aligned}$$

Ø Additive 10% ,FAS 0,5

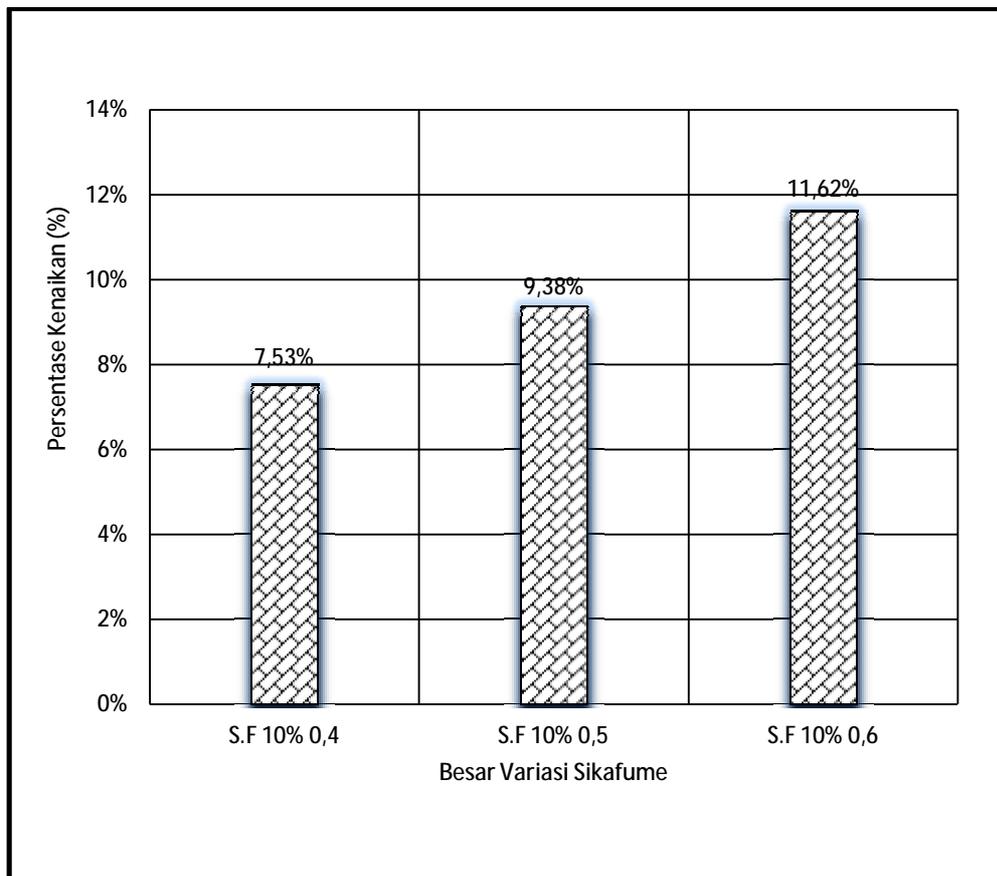
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} &= \frac{33,48 - 30,61}{30,61} \times 100\% \\ &= 9,376\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{38,09 - 34,04}{34,04} \times 100\% \\ &= 11,898\% \end{aligned}$$

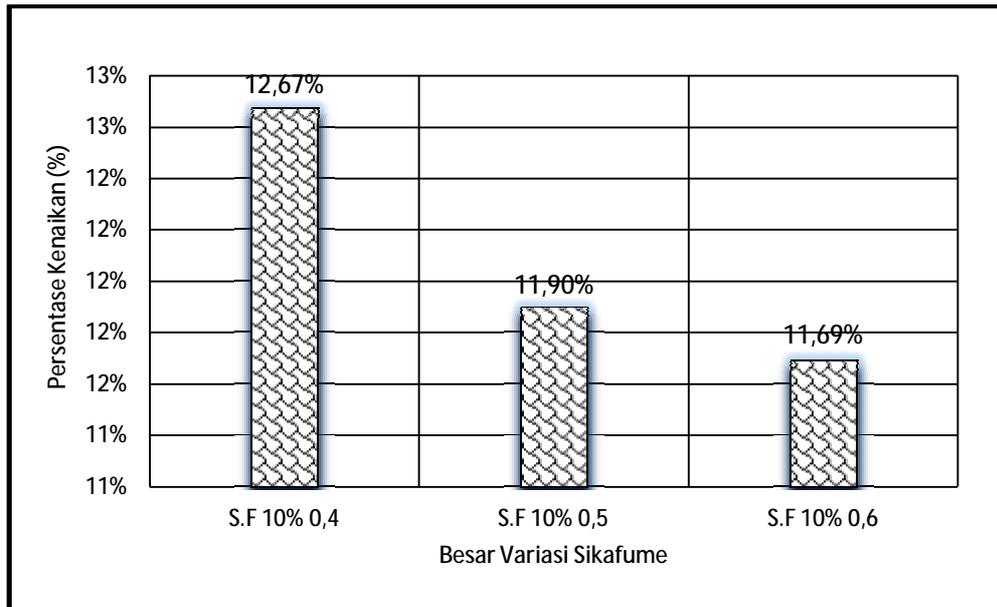
Ø Additive 10% ,FAS 0,6

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} &= \frac{35,35 - 31,67}{31,67} \times 100\% \\ &= 11,620\% \end{aligned}$$

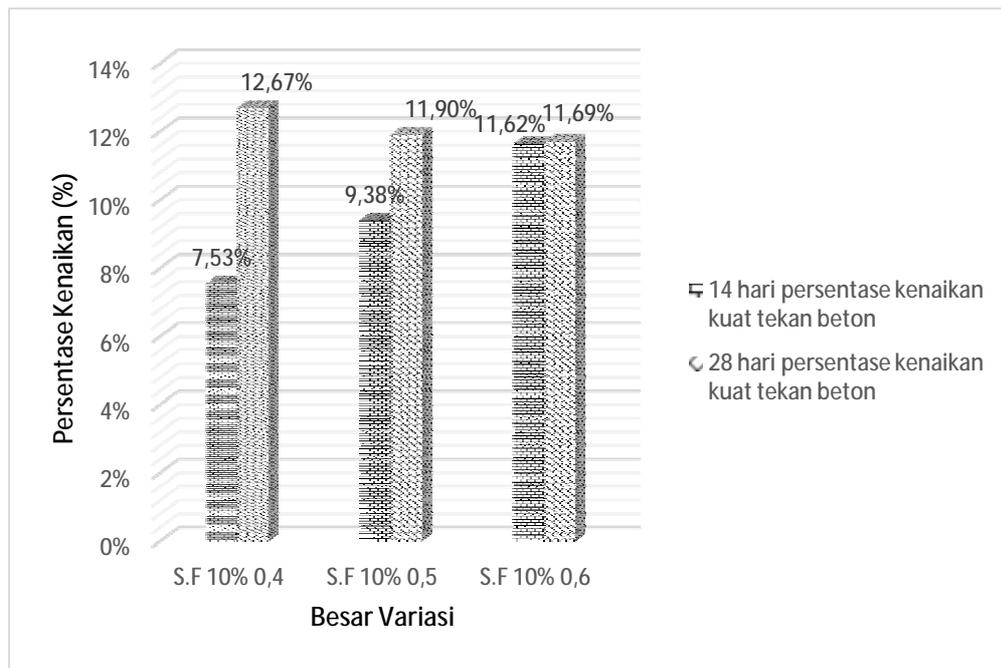
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{40,31 - 36,09}{36,09} \times 100\% \\ &= 11,693\% \end{aligned}$$



Gambar 4.8: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari.



Gambar 4.9: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari.



Gambar 4.10: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari dan 28 hari.

Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan kuat tekan beton, dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 serta perbandingan mengenai besar persentase kenaikan yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan dari data kuat tekan beton yang dihasilkan bahwa variasi persen sikafume untuk setiap variasi faktor air semen 0,4, 0,5 dan 0,6 dapat mempengaruhi mutu beton yang didapat, yaitu:
 - Beton normal dengan faktor air semen 0,4 didapat kuat tekan sebesar 30,15 MPa pada umur 14 hari dan 32,98 MPa pada umur 28 hari.
 - Beton normal dengan faktor air semen 0,5 didapat kuat tekan sebesar 30,61 MPa pada umur 14 hari dan 34,04 MPa pada umur 28 hari.
 - Beton normal dengan faktor air semen 0,6 didapat kuat tekan sebesar 31,67 MPa pada umur 14 hari dan 36,09 MPa pada umur 28 hari.
2. Berdasarkan data dari kuat tekan beton normal yang di dapat, bahwa beton ditambah dengan sikafume 10% untuk setiap faktor air semen mempunyai kuat tekan yang naik. Pada beton dengan bahan *Additive Sikafume* didapat kuat tekan pada umur 14 hari dan pada umur 28 hari serta pada beton dengan penambahan *Sikafume* di dapat sebagai berikut:
 - Penambahan sikafume 10% untuk faktor air semen 0,4 pada umur 14 hari didapati peningkatan sebesar 7,529%.
 - Penambahan sikafume 10% untuk faktor air semen 0,4 pada umur 28 hari didapati peningkatan sebesar 12,674%.
 - Penambahan sikafume 10% untuk faktor air semen 0,5 pada umur 14 hari didapati peningkatan sebesar 9,376%.
 - Penambahan sikafume 10% untuk faktor air semen 0,5 pada umur 28 hari didapati peningkatan sebesar 11,898%.
 - Penambahan sikafume 10% untuk faktor air semen 0,6 pada umur 28 hari didapati peningkatan sebesar 11,620%.

- Penambahan sikafume 10% untuk faktor air semen 0,6 pada umur 28 hari didapati peningkatan sebesar 11,693%.
3. Berdasarkan dari data kuat tekan beton yang dihasilkan bahwa penambahan sikafume pada setiap faktor air semen yang telah ditetapkan menghasilkan kuat tekan beton di atas beton normal.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk pengujian kuat tarik dan lentur akibat pengaruh penambahan bahan *Additive Sikafume* dalam campuran beton.
2. Perlu ketelitian lebih lagi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.
3. Perlu dilakukan penelitian mendalam terhadap batasan pencampuran *sikafume* pada campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211 (1993) *Guide for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. American Concrete Institute. Detroit Michigan.
- American Society for Testing and Materials C 127 *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 128 *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate*. Philadelphia: ASTM
- American Society for Testing and Materials C 136 *Standards test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 150 (1985) *Standards Specification For Portland Cement*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 29 *Standards test for bulk density (unit weight) and voids in aggregate*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 33 (1982, 1986) *Standards Specification For Aggregates*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 39 (1993) *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Philadelphia: ASTM.
- Dinas Pekerjaan Umum (1971) *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-1971)* Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1990) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SK SNI T-15-1990-03)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Metode Pengujian Kadar Air Agregat (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1996) *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm) (SNI 03-4142-1996)*. Pusjatan-Balitbang PU.

- Dinas Pekerjaan Umum (2002) *Tata cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. (SNI 03-2847-2002). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar* (SNI 1969:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat halus* (SNI 1969:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008). *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles* (SNI 2147:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Slump Beton* (SNI 1972:2008). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Douglas, R. W. (1972) *A history of glass making*. GT Foulis & Co Ltd: London.
- Karwur, H. Y. Dkk. (2013) *Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen*, Jurnal Sipil Statik Vol. 1, 276-281.
- Nawy, E. G. (1990) *Beton bertulang: suatu pendekatan dasar*, PT. Eresco, Bandung.
- Nawy, E. G. (1996) *Beton prategang*, PT. Erlangga, Jakarta.
- Parrot, L. J. (1988) *A Literature Review of High Strength Concrete Properties*. British Cement Association (BCA). Wexham Springs.
- Murdock, L. J. dan Brook, K. M. (1991) *Bahan dan Praktek Beton*, Erlangga, Jakarta.
- Raina, V.K. (1989) *Concrete for Contruction Facts & Practice*, Tata McGraw Hill. New Delhi.
- Tjokrodimulyo, K. (2007) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro.
- Wahyudi, G. & Rahim, S. A. (1999) *Struktur Beton Bertulang*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Winter, G. & Nilson, A. H. (1993) *Design of concrete structures*. McGraw Hill Book Company Inc. New York.
- Wang, C.K. and C.G. Salmon. 1995, *Reinforced Concrete Design*. Harper and Roe, New York.

DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN BERLANGSUNG DI
LABORATORIUM BETON PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA



Gambar L1: Material agregat kasar yang akan digunakan.



Gambar L2: Material agregat halus yang akan digunakan.



Gambar L3: Semen Padang Tipe PPC.



Gambar L4: Sikafume.



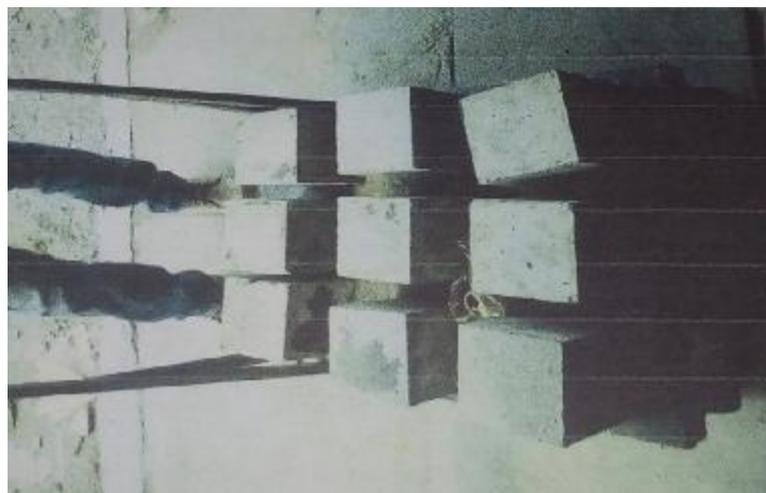
Gambar L5: Proses pencampuran agregat.



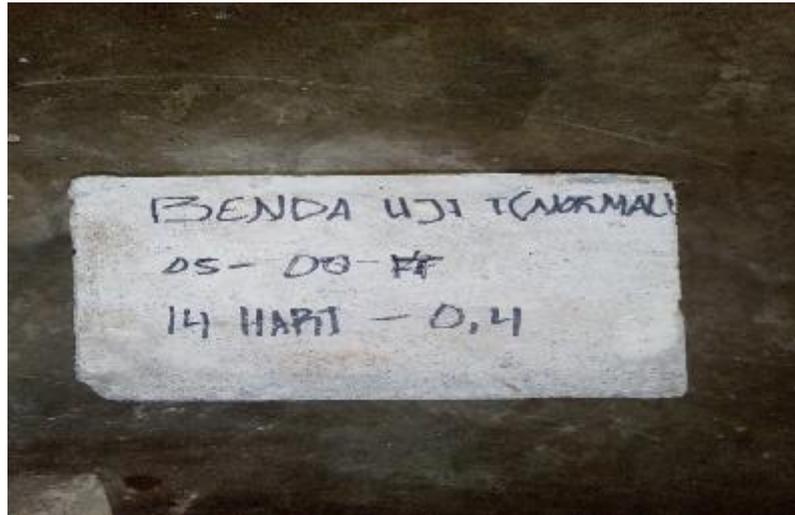
Gambar L6: Hasil pengujian slump test.



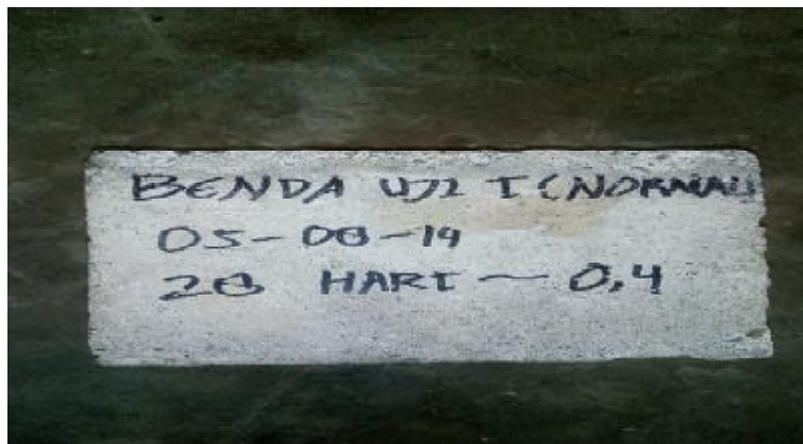
Gambar L7: Proses perendaman benda uji.



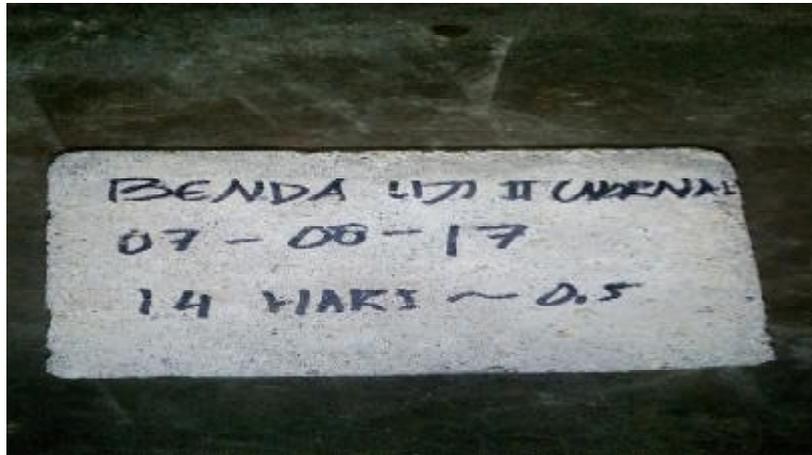
Gambar L8: Benda uji yang sedang dijemur.



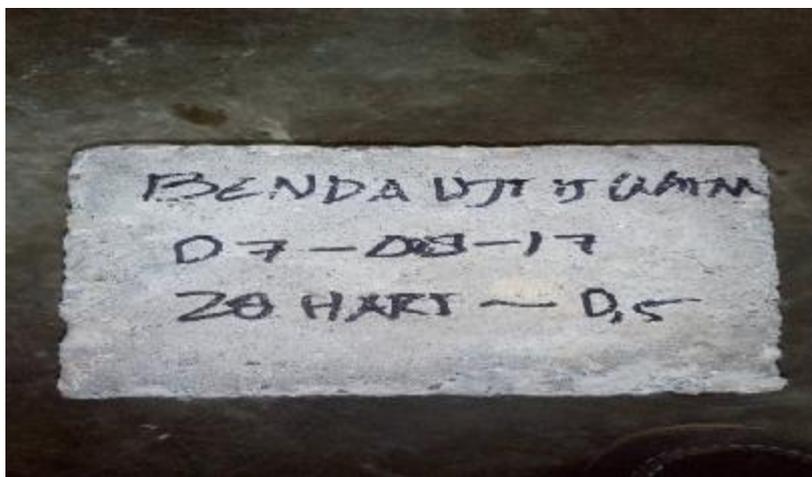
Gambar L9: Benda Uji I (Normal 0.4) 14 hari.



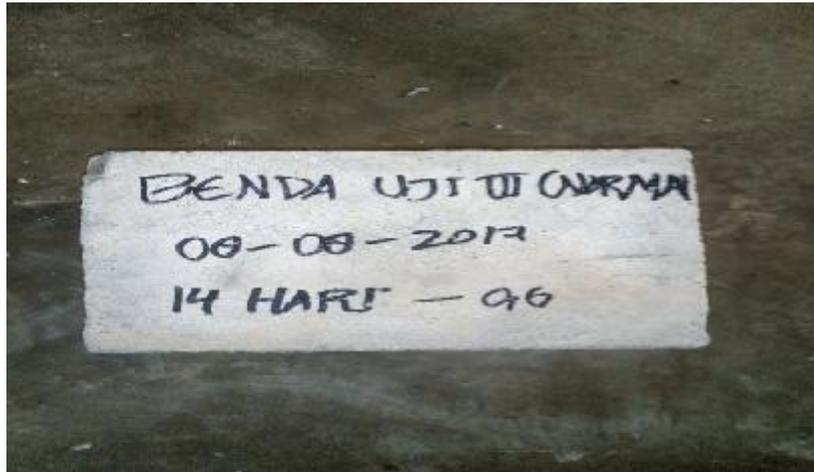
Gambar L10: Benda Uji I (Normal 0.4) 28 hari.



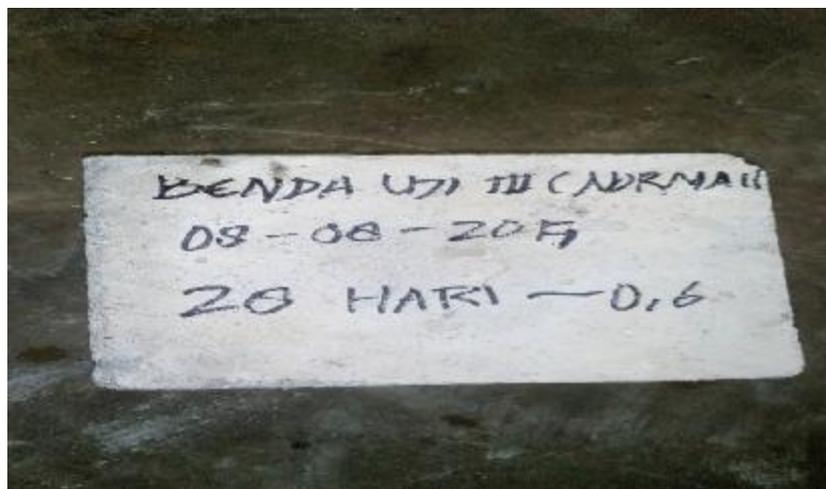
Gambar L11: Benda Uji II (Normal 0.5) 14 hari.



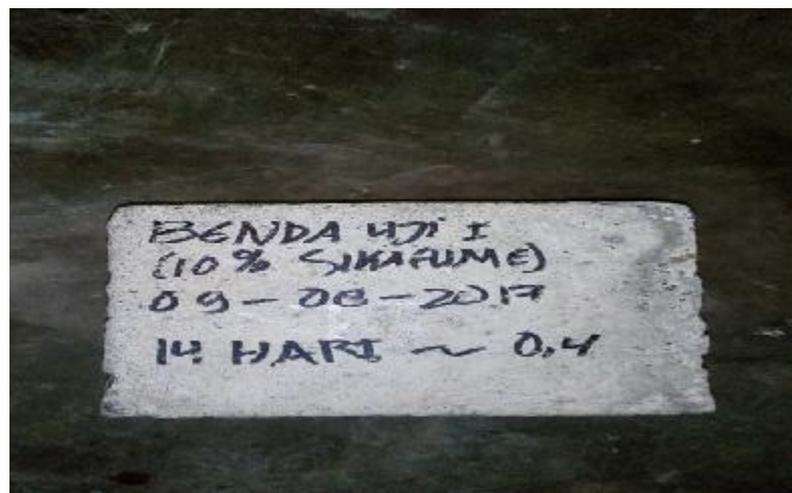
Gambar L12: Benda Uji II (Normal 0.5) 28 hari.



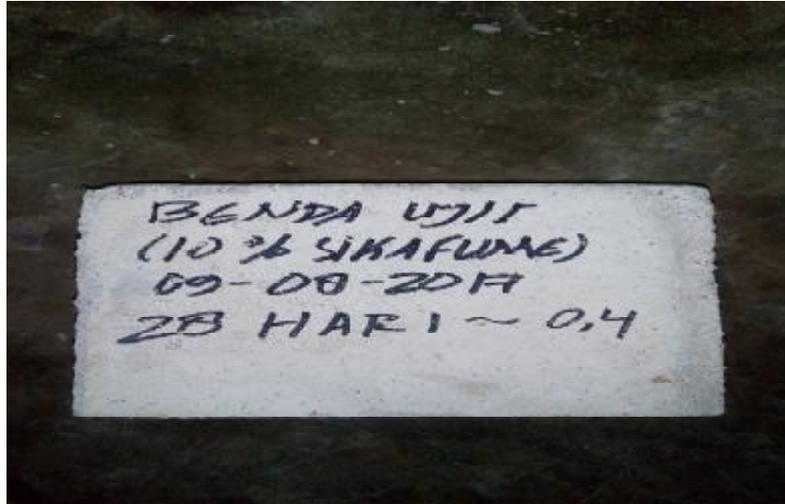
Gambar L13: Benda Uji III (Normal 0.6) 14 hari.



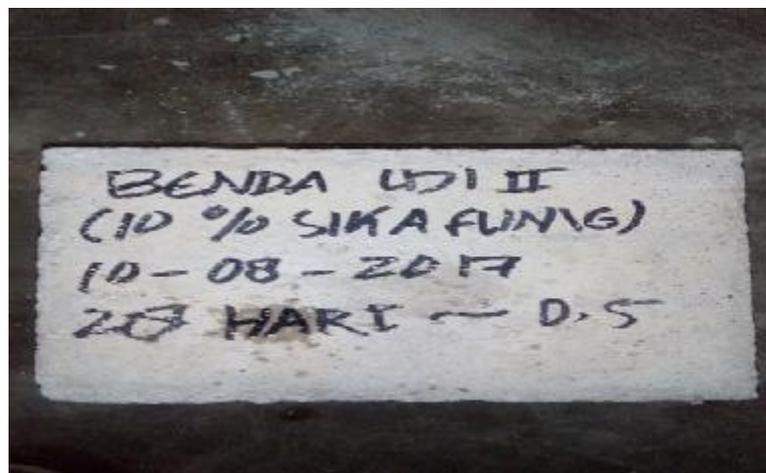
Gambar L14: Benda Uji III (Normal 0.6) 28 hari.



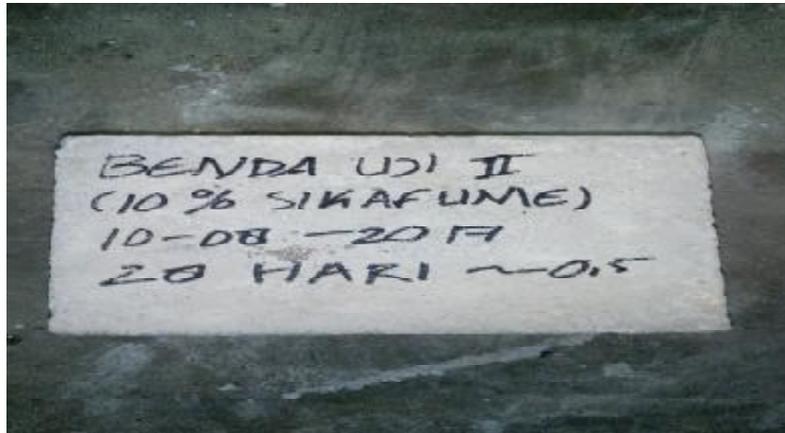
Gambar L15: Benda Uji I (10% Sikafume-0.4) 14 hari.



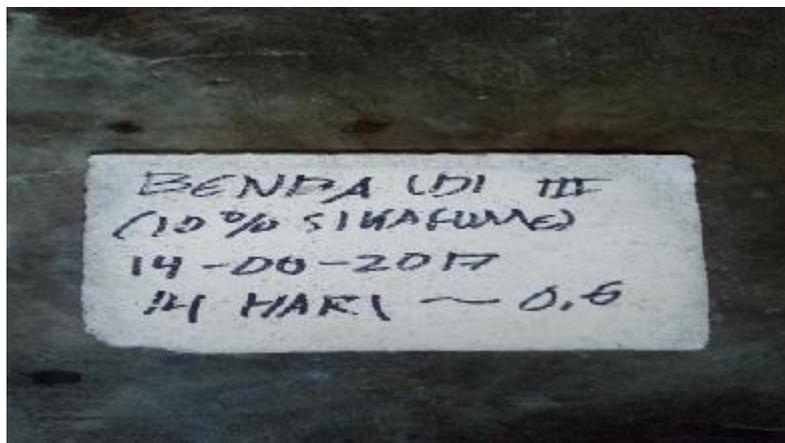
Gambar L16: Benda Uji I (10% Sikafume-0.4) 28 hari.



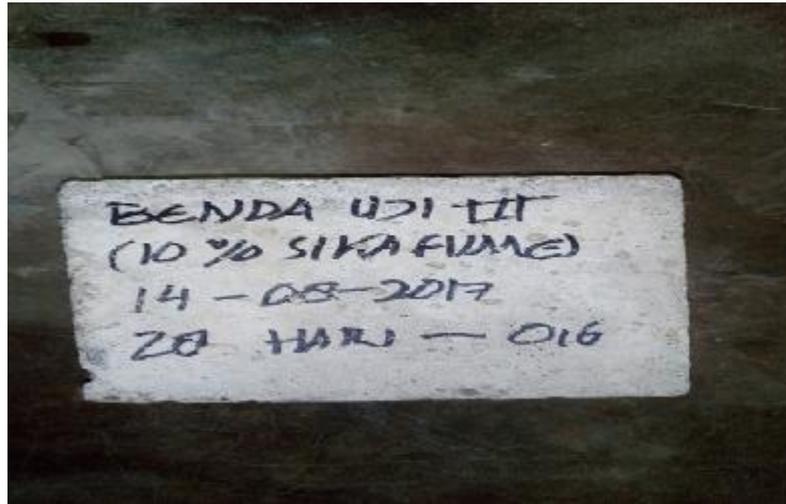
Gambar L17: Benda Uji II (10% Sikafume-0.5) 14 hari.



Gambar L18: Benda Uji II (10% Sikafume-0.5) 28 hari.



Gambar L19: Benda Uji III (10% Sikafume-0.6) 14 hari.



Gambar L20: Benda Uji III (10% Sikafume-0.6) 28 hari.



Gambar L21: Hasil proses uji tekan pada beton.



Gambar L22: Uji kuat tekan beton normal 14 hari 58,5 T.



Gambar L23: Uji kuat tekan beton normal 28 hari 60 T.



Gambar L24: Uji kuat tekan beton normal 61,5 T.



Gambar L25: Uji kuat tekan beton normal 63,5 T.



Gambar L26: Uji kuat tekan beton normal 71,5 T.



Gambar L27: Dengan penambahan 10% sikafume, FAS 0,6 sebesar 91,5 T.

