TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGURANGAN AIR SERTA PENAMBAHAN *ADMIXTURE* AM 78 DAN SERBUK LIMBAH KACA TERHADAP KUAT TEKAN PADA BETON MUTU TINGGI
(*THE INFLUENCE OF WATER REDUCTION AND ADDITION OF ADMIXTURE AM 78 AND GLASS WASTE POWDER TO COMPRESSIVE STRENGHT OF HIGH STRENGTH CONCRETE*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Taufiq Faizal Zakaria

12511126

PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGURANGAN AIR SERTA PENAMBAHAN *ADMIXTURE* AM 78 DAN SERBUK LIMBAH KACA TERHADAP KUAT TEKAN PADA BETON MUTU TINGGI (*THE INFLUENCE OF WATER REDUCTION AND ADDITION OF ADMIXTURE AM 78 AND GLASS WASTE POWDER TO COMPRESSIVE STRENGHT OF HIGH STRENGTH CONCRETE*)

Disusun oleh :

Taufiq Faizal Zakaria
12511126

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 24 Maret 2017

oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Dr. Ir. Harsoyo, M.Sc.	Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U.	Ir. Suharyatmo, M.T.

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, Februari 2016

Yang membuat pernyataan,



Taufiq Faizal Zakaria

(12511126)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillaahirabbil'aalamiin. Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah *Subhaanahu Wa Ta'ala* atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengaruh Penambahan Admixture AM 78 Dan Pemanfaatan Serbuk Limbah Kaca Terhadap Kuat Tekan Pada Beton Mutu Tinggi*. Skripsi ini dikerjakan guna melengkapi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Penyusunan skripsi ini banyak mendapatkan bantuan dan motivasi dari berbagai pihak, Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Harsoyo, M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberi ilmu kepada peneliti. Ucapan terimakasih tidaklah pernah cukup untuk membalas seluruh ilmu yang telah beliau berikan. Semoga suatu saat saya mampu menjadi guru besar dan orang hebat seperti beliau.
2. Bapak Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberi banyak pengtahuan dalam bidang teknik sipil dan serta telah memberi banyak masukan yang baik kepada peneliti agar menjadi seseorang yang lebih baik dan bermanfaat bagi semua orang.
3. Bapak Ir. Suharyatmo, M.T selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan nasihat, masukan dan pengetahuan kepada peneliti untuk menjadi orang yang lebih baik dan berguna bagi semua orang.
4. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D selaku ketua Program Studi Teknik Sipil FTSP UII beserta segenap jajaran pengajar Prodi Teknik Sipil atas segala ilmu yang saya peroleh.

5. Bapak Suwarno dan Bapak Darusalam, A.Md selaku Laboran Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, UII yang telah memberikan izin dan membatu dalam proses pembuatan dan pengujian sampel penelitian.
6. Bapak Joko Sunaryo dan Ibu Ririh Dyah Astuti sebagai orang tua saya, serta keluarga dan sahabat. Untaian kata tentu tidak akan pernah cukup untuk medeskripsikan rasa terima kasih atas jasa, ketulusan, kesabaran, kasih sayang dan pembelajaran atas makna kehidupan yang dapat penulis rasakan selama ini. Hanya prestasi dan doa seorang anak yang dapat saya sampaikan kepada kalian untuk membayar perjuangan selama ini guna menghantarkan penulis hingga meraih gelar strata satu (S1).

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari pembaca. Akhir kata saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dipergunakan sebagai tambahan pustaka serta menjadi sumber ide-ide bagi penelitian yang akan datang..

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Februari 2017

Penulis,

DAFTAR ISI

JUDUL

i

PERSETUJUAN

ii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

iii

KATA PENGANTAR

iv

DAFTAR ISI

vi

DAFTAR TABEL

ix

DAFTAR GAMBAR

xi

DAFTAR NOTASI

xiii

DAFTAR LAMPIRAN

xiv

ABSTRAK

xv

ABSTRACT

xvi

BAB I PENDAHULUAN

1

1.1 LATAR BELAKANG

1

1.2 RUMUSAN MASALAH

2

1.3 TUJUAN PENELITIAN

3

1.4 MANFAAT PENELITIAN

3

1.5 BATASAN PENELITIAN

3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

6

2.1 TINJAUAN UMUM

6

2.2 PENELITIAN TERDAHULU

7

2.3 KEASLIAN PENELITIIAN

11

BAB III LANDASAN TEORI

12

3.1 UMUM

12

3.2 BAHAN PENYUSUN BETON

12

3.2.1 Semen

12

3.2.2 Agregat kasar

14

3.2.3 Agregat Halus

15

3.2.4 Air

16

3.3 BAHAN TAMBAH

17

3.3.1 Bahan Tambah Kimia (*Admixture)*

17

3.3.2 Bahan Tambah Mineral (*Additive)*

19

3.3.3 Adiwasesa Mandiri (AM) 78

19

3.3.4 Serbuk Limbah Kaca

20

3.4 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design)*

21

3.4.1 Kuat Tekan Beton Rencana (f'c)

21

3.4.2 Nilai Standar Deviasi

21

3.4.3 Nilai Tambah

22

3.4.4 Kuat Tekan Rata – Rata (f'cr) yang Ditargetkan

22

3.4.5 Tipe Semen

22

3.4.6 Jenis Agregat (Pasir dan Kerikil)

23

3.4.7 Nilai Faktor Air Semen (fas)

23

3.4.8 Nilai *Slump*

27

3.4.9 Ukuran Butir Agregat Maksimum (Kerikil)

28

3.3.10 Kadar Air Bebas

28

3.4.11 Kebutuhan Semen

29

3.4.12 Persentase Jumlah Agregat Halus

29

3.4.13 Berat Jenis Relatif Gabungan

31

3.4.14 Berat Jenis Beton Basah

31

3.4.15 Proporsi Campuran Beton

32

3.5 KUAT TEKAN BETON

33

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

35

4.1 UMUM

35

4.2 BAHAN YANG DIGUNAKAN

35

4.3 ALAT YANG DIGUNAKAN

36

4.4 PENGUJIAN MATERIAL

44

4.4.1 Agregat Kasar

45

4.4.2 Agregat Halus

47

4.5 PERENCANAAN CAMPURAN BETON (*MIX DESIGN)*

51

4.6 PEMBUATAN BENDA UJI

54

4.7 PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

56

4.8 PENGOLAHAN DATA

57

4.9 BAGAN ALIR PENELITIAN

57

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

60

5.1 UMUM

60

5.2 PENGUJIAN AGREGAT KASAR

60

5.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

60

5.2.2 Modulus Halus Butir

61

5.2.3 Berat Isi Agregat Kasar

63

5.3 PENGUJIAN AGREGAT HALUS

64

5.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

64

5.3.2 Modulus Halus Butir

65

5.3.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

67

5.3.4 Berat Isi Agregat Halus

67

5.4 PERENCANAAN CAMPURAN BETON

68

5.5 PERCOBAAN CAMPURAN UJI (*TRIAL MIX)*

69

5.6 HASIL PENGUJIAN SLUMP

74

5.7 HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

76

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN

87

6.1 SIMPULAN

87

6.2 SARAN

87

DAFTAR PUSTAKA

89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Zat Kimia dari Semen dan Kaca

6

Tabel 2.2 Perbandingan Antara Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Saat Ini Dilakukan

10

Tabel 3.1 Bahan-Bahan Utama Penyusun Semen Portland

13

Tabel 3.2 Gradasi Kerikil

15

Tabel 3.3 Gradasi Pasir

16

Tabel 3.4 Tingkat Mutu Pengendalian Pekerjaan

22

Tabel 3.5 Perkiraaan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia 23

Tabel 3.6 Persyaratan fas dan Jumlah Semen Minimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus 26

Tabel 3.7 Fas Maksimum Untuk Beton yang Berhubungan Air Tanah Mengandung Sulfat 26

Tabel 3.8 Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

27

Tabel 3.9 Penetapan Nilai *Slump*

27

Tabel 3.10 Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton

28

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

61

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Kasar

61

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar

63

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

63

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

64

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

65

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

67

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus

67

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

68

Tabel 5.10 Kebutuhan Material Penyusun Beton per m^3

69

Tabel 5.11 Volume Campuran Beton

69

Tabel 5.12 Proporsi Campuran 3 Sampel Uji Coba

69

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Uji Coba

70

Tabel 5.14 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Tanpa Pengurangan Kadar Air 71

Tabel 5.15 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 5% 71

Tabel 5.16 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 10% 72

Tabel 5.17 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 15% 72

Tabel 5.18 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 20% 73

Tabel 5.19 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 25% 73

Tabel 5.20 Hasil Nilai *Slump* pada Setiap Variasi 74

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal 76
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Tanpa Pengurangan Kadar Air 76
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 5% 77
Tabel 5.24 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 10% 78
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 15% 79
Tabel 5.26 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 20% 80
Tabel 5.27 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 25% 81
Tabel 5.28 Presentase Peningkatan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari 84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Hubungan Antara Kuat Tekan Rata-Rata dan Faktor Air Semen

25

Gambar 3.2 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm

30

Gambar 3.3 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

30

Gambar 3.4 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm

31

Gambar 3.5 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

32

Gambar 4.1 Ayakan

36

Gambar 4.2 Timbangan

37

Gambar 4.3 Piknometer

37

Gambar 4.4 Oven

38

Gambar 4.5 Sekop

38

Gambar 4.6 Cetok

39

Gambar 4.7 Ember

39

Gambar 4.8 Molen

40

Gambar 4.9 Kerucut Abrams

40

Gambar 4.10 Palu Karet

41

Gambar 4.11 Cetakan Silinder

41

Gambar 4.12 Tongkat Penumbuk Beton

42

Gambar 4.13 Jangka Sorong

43

Gambar 4.14 Mesin Tekan

44

Gambar 4.15 Perletakan Benda Uji pada Pengujian Kuat Desak Beton

56

Gambar 4.15 *Flowchart* Tahapan Penelitian

58

Gambar 5.1 Gradasi Agregat Kasar

62

Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus

66

Gambar 5.3 Grafik Nilai Slump pada Setiap Variasi

75

Gambar 5.4 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Tanpa Pengurangan Kadar Air 77

Gambar 5.5 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 5% 78

Gambar 5.6 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 10% 79

Gambar 5.7 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 15% 80

Gambar 5.8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 20% 81

Gambar 5.9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 25% 82

Gambar 5.10 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton pada Seluruh Variasi Pengurangan Kadar Air dan Variasi Dosis AM 78

83

Gambar 5.11 Grafik Hubungan Hasil Kuat Tekan Beton dengan Nilai *Slump*

83

DAFTAR NOTASI

SNI = Standart Nasional Indonesia

SSD = *Saturated surface dry*

PC = *Portland cement*

f'c = Kuat tekan rencana

f'cr = kuat tekan rata-rata pada perencanaan beton

M = Nilai tambah (margin)

S = Standar deviasi

k = Faktor pengali standar deviasi

W = Nilai kasar air bebas

P = Beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji

d = Diameter benda uji

t = Tinggi benda uji

A = Luas penampang benda uji

fas = Faktor air semen

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus
Lampiran 2 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design)*
Lampiran 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

ABSTRAK

Pertumbuhan dalam bidang konstruksi bahan bangunan terus mengalami peningkatan. Inovasi perlu dilakukan untuk mendukung perkembangan pembangunan dan usaha-usaha untuk menambah kekuatan khususnya pada beton mutu tinggi sebagai struktur bangunan. Inovasi bahan penyusun beton perlu dilakukan untuk meningkatkan kekuatan beton yang lebih tinggi dari kekuatan yang direncanakan. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan beton adalah meningkatkan kepadatan pada beton dengan cara meminimumkan pori atau rongga yang terbentuk didalam beton. Oleh karena itu, perlu dilakukannya pemberian bahan tambah *additive* maupun *admixture* untuk menghasilkan beton dengan kekuatan yang tinggi. Bahan tambah *additive* yang digunakan adalah serbuk limbah kaca sebagai bahan pengisi atau *filler* yang berfungsi untuk mengisi kekosongan pada rongga, sedangkan bahan tambah *admixture* yang digunakan adalah AM 78 sebagai pengencer adukan beton akibat nilai fas yang kecil. Penambahan serbuk limbah kaca sebagai *filler* bisa menjadi solusi sebagai bahan tambah yang tidak memerlukan biaya yang mahal.

Penelitian ini menggunakan variasi penambahan AM 78 sebesar 0,6%; 0,8%; 1%; 1,2% dan 1,4% dari berat semen dan variasi pengurangan kadar air sebesar 5%; 10%; 15%; 20%; 25% dan tanpa pengurangan kadar air serta penambahan serbuk limbah kaca tetap sebesar 3,75% dari berat semen. Kuat tekan rencana yang digunakan adalah sebesar 50 MPa. Setiap variasi terdiri dari 3 sampel dan sebagai pembandingnya dibuat 3 sampel beton kontrol. Pengujian yang dilakukan pada seluruh sampel adalah pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Hasil penelitian ini didapatkan hasil optimum penambahan AM 78 sebesar 1,2% dari berat semen dan pengurangan kadar airnya sebesar 20% dari kebutuhan air beton normal dengan kuat tekannya adalah 66,525 Mpa atau meningkat sebesar 32,582% dari beton kontrol.

Kata Kunci: Beton Mutu Tinggi, Pengurangan Air, Serbuk Limbah Kaca, AM 78

ABSTRACT

The growth in the field of construction materials building continues to increase. Innovation needs to be done to support the progress of development and efforts to increase strength, especially on the concrete quality high as building structures. Innovation of the materials of concrete needs to be done to improve the strength of the concrete that is higher than the planned. One way to improve the strength of the concrete is to increase density on the concrete with a way to minimize pores or the formed in concrete. Therefore, it needed to organise the provision of material added additive and admixture to produce concrete with high. The added additive are glass waste powder used as a filler or filler that serves to fill the void in the cavity, while the added admixture is AM 78 used as a diluent the concrete mix due fas little value. The addition of powder waste glass as filler can be a solution as the added material that does not require an expensive cost.

This research uses a variation of the addition AM 78 was 0.6%; 0.8%; 1%; 1.2% and 1.4% by weight of cement and variation reduction of water content was 5%; 10%; 15%; 20%; 25% and with no reduction of water content and the addition of glass waste powder remains at 3.75% by weight of cement. Compressive strength plan used is 50 MPa. Any variation consists of 3 samples and a comparison was made 3 samples of control concrete. Tests were carried out on the entire sample is testing strength compressive of concrete at the age of 28 days.

The results of this research showed the optimum addition of AM 78 of 1.2% by weight of cement and water content reduction of 20% of the water needs of normal concrete with compressive strength is 66.525 MPa, an increase of 32.582% of control concrete.

Keywords: *High Strenght Concrete, Water Reduction, Glass Waste Powder, AM 78*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pertumbuhan dalam bidang konstruksi bahan bangunan di Indonesia terus mengalami peningkatan. Meningkatnya perkembangan pembangunan yang

semakin maju mendorong untuk berinovasi mengembangkan berbagai alternatif pada bahan bangunan. Strukur bangunan beton bertulang merupakan salah satu struktur yang diandalkan kekuatannya saat ini dan banyak digunakan pada pembangunan fasilitas infrastruktur, seperti gedung bertingkat tinggi, jalan beton dan jembatan dengan bentang panjang. Inovasi perlu dilakukan untuk mendukung perkembangan pembangunan dan usaha-usaha untuk menambah kekuatan pada beton sebagai bahan bangunan.

Beton mutu tinggi merupakan beton dengan kekuatan yang tinggi (*high strenght concrete*) yang mempertimbangkan daya tahan beton (*durability*) serta kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*). Beton mutu tinggi dapat dipengaruhi atau dihasilkan dari beberapa hal, seperti fas (faktor air semen), kualitas agregat, bahan tambah dan pengerjaaan (pencampuran, pemadatan, perawatan). Beton mutu tinggi menurut PD T-04-2004-C tentang tata cara pembuatan dan pelaksaaan beton berkekuatan tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40-80 Mpa. Benda uji yang digunakan yaitu berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 28 hari. Untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan, campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian di lapangan lebih tinggi daripada kuat tekan yang disyaratkan.

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah mineral (*additive*) dan bahan tambah kimia (*admixture*) dengan tetap memegang aspek penggunaan maupun aspek ekonomis. Salah satu bahan tambah mineral yang digunakan adalah serbuk kaca dari limbah kaca yang telah dihancurkan dan bahan tambah kimia yang digunakan adalah AM 78. Penggunaan serbuk limbah kaca pada beton akan meningkatkan kualitas beton, karena kaca mengandung silika yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan bahan pengisi pada campuran beton mutu tinggi. Sebagai bahan tambah beton, serbuk limbah kaca dinilai dapat meningkatkan kualitas beton dalam hal kekuatan, kekedapan air, dan kepadatan. Serbuk limbah kaca yang akan digunakan adalah butir-butir halus dengan lolos ayakan 0,15 mm dan penambahan serbuk limbah kaca yang digunakan adalah 3,75% dari berat semen. Penambahan serbuk limbah kaca

berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga kosong (*filler*) pada beton, sehingga serbuk limbah kaca yang digunakan mampu meningkatkan kekuatan beton. Selain menggunakan bahan tambah serbuk limbah kaca, bahan tambah yang digunakan adalah *admixture* AM 78. Bahan tambah AM 78 mempumyai pengaruh yang besar dalam meningkatkan *workability* pada saat pencampuran beton. Menurut brosur dari PT. Adiwasesa Mandiri, penggunaan dosis *admixture* AM 78 dalam campuran beton berkisar diantara 0,3% – 1,2% dari berat semen. Selain itu, penggunaan AM 78 berfungsi sebagai *water reducer* yang mampu mengurangi pemakaian air sampai dengan 20%. Pengurangan pemakaian air sebesar 20% mengakibatkan nilai faktor air semen pada campuran beton menjadi lebih rendah sehingga akan berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah disampaikan di awal, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana pengaruh pengurangan kadar air serta penambahan *admixture* AM 78 dan serbuk limbah kaca pada campuran beton?
2. Berapa persentase optimum variasi pengurangan kadar air dan variasi penambahan *admixture* AM 78 pada campuran beton?
3. Berapa besar peningkatan kekuatan beton pada umur 28 hari setelah penambahan *admixture* AM 78 dan pengurangan kadar air, serta penambahan serbuk limbah kaca terhadap kuat tekan beton mutu tinggi?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Mendapatkan pengaruh pengurangan kadar air serta penambahan *admixture* AM 78 dan serbuk limbah kaca pada campuran beton.
2. Mendapatkan persentase optimum variasi pengurangan kadar air dan variasi penambahan *admixture* AM 78 pada campuran beton.

3. Mendapatkan besar peningkatan kekuatan beton pada umur 28 hari setelah penambahan *admixture* AM 78 dan pengurangan kadar air, serta penambahan serbuk limbah kaca terhadap kuat tekan beton mutu tinggi.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat teoritis
   a. mengembangkan ilmu pengetahuan tentang teknologi beton khususnya di bidang struktur dan konstruksi,
   b. memanfaatkan serbuk limbah kaca sebagai bahan pengisi (*filler*) untuk meningkatkan kekuatan beton, sedangkan AM 78 untuk meningkatkan kemudahan dalam pengerjaan campuran beton mutu tinggi.
2. Manfaat praktis
   menambah alternatif pilihan dalam memilih bahan tambah *admixture* AM 78 yang harganya relatif murah dibandingkan jenis *admixture* lainnya dan serbuk limbah kaca sebagai *filler* dengan memanfaatkan limbah kaca karena memiliki nilai ekonomis tinggi.

1.5 BATASAN PENELITIAN

Penelitian ini akan diberi batasan-batasan masalah agar penelitian yang akan dilakukan lebih terarah dan tidak meluas. Adapun batasan-batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Penelitian dilakukan pada beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*), dengan kuat tekan beton rencana (f'c) = 50 MPa.
2. Serbuk kaca yang digunakan adalah limbah kaca bening yang sudah dihaluskan dan lolos saringan 0,15 mm.
3. Kadar serbuk kaca yang digunakan adalah 3,75% dari berat semen yang digunakan sesuai rekomendasi dari penelitian sebelumnya.
4. *Admixture* yang digunakan adalah Adiwasesa Mandiri (AM) 78.

5. Kadar variasi penambahan *admixture* AM 78 yang digunakan adalah 0,6%; 0,8%; 1%; 1,2% dan 1,4% dari berat semen yang digunakan dan pada setiap variasi penambahan *admixture* divariasikan dengan pengurangan kadar air sebesar 5%; 10%; 15%; 20%; dan 25% dan tanpa pengurangan kadar air dari kebutuhan air beton kontrol.
6. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan.
7. Total benda uji yang digunakan adalah sebanyak 93 sampel. Benda uji dengan penambahan serbuk limbah kaca dan variasi *admixture* AM 78 serta pengurangan kadar air adalah sebanyak 90 sampel dan benda uji untuk beton kontrol adalah sebanyak 3 sampel.
8. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
9. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan.
10. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 28 hari.
11. Semen yang digunakan adalah semen *portland composite cement* merk Holcim.
12. Agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran butir maksimum berdiameter 20 mm berasal dari batu pecah Clereng.
13. Agregat halus berupa pasir dengan ukuran butir maksimum berdiameter 4,75 mm yang berasal pasir merapi Yogyakarta.
14. Air yang digunakan dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
15. Perawatan benda uji beton dilakukan dengan cara merendam dalam bak air selama 26 hari.
16. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Universitas Islam Indonesia.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Beton merupakan salah satu komponen bahan konstruksi bangunan. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan agregat kasar, agregat halus, semen, dan air dengan atau tanpa bahan tambah. Beton mutu tinggi menurut PD T-04-2004-C adalah beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi antara 40-80 Mpa. Kuat tekan beton mutu tinggi dapat dipengaruhi oleh bahan tambah dari pembuatan beton tersebut.

Kaca adalah salah satu material yang mempunyai banyak manfaat dalam kehidupan manusia. Akan tetapi kaca juga dapat mengakibatkan masalah apabila sisa kaca yang sudah tidak digunakan tidak mendapatkan penanganan secara benar. Sisa kaca yang sudah tidak digunakan disebut dengan limbah kaca. Limbah kaca yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah kaca dari sisa-sisa industri mebel yang berupa potongan kaca.

Serbuk yang dihasilkan dari limbah kaca kaya akan kandungan silika yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori atau *filler*, sehingga akan didapatkan beton yang lebih padat dan dapat meningkatkan kekuatan beton. Komposisi dari senyawa penyusun kaca dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Komposisi Zat Kimia dari Semen dan Kaca

Komposisi	**Semen**	**Kaca**
SiO_2	20,2	72,5
Al_2O_3	4,7	0,4
Fe_2O_3	3	0,2
CaO	61,9	9,7
MgO	2,6	3,3
Na_2O	0,19	13,7
K_2O	0,82	0,1
SO_3	3,9	-
Loss of ignition	1,9	0,36
Fineness % passing	97,4 (45µm)	80 (45µm)

Sumber: Bajad dkk, 2011

AM 78 merupakan zat *admixture* yang befungsi untuk memperencer dan mempermudah penuangan adukan beton ke dalam cetakan. AM 78 dapat mengurangi pemakaian air dari 15% sampai 20% tanpa mempersulit pengerjaan pengecoran. Selain itu, AM 78 dapat meningkatkan kuat tekan beton dan juga dapat mempercepat pengerasan beton (Brosur AM 78, 2016).

BAB I 2.2 PENELITIAN TERDAHULU

Sebagai refrensi untuk penelitian yang akan dilakukan, maka penelitian terdahulu dapat dijadikan pedoman dalam penelitian ini. Adapun penelitian yang pernah dilakukan adalah seperti dibawah ini.

Santoso (2003) telah melakukan penelitian "pengaruh bahan tambah *fly ash* dan *viscocrete-5* pada kuat tekan beton". Penelitian tersebut menggunakan bahan tambah *fly ash* agar porositas beton berkurang dan *viscocrete*-5 sebagai *superplasticizer* agar mudah dalam pengerjaannya. Mutu beton rencana adalah sebesar 25 MPa. Adapun faktor air semen (fas) yang dipakai ini yaitu sebesar 0,35. Variasi penambahan *fly ash* yang digunakan adalah sebesar 7%, 8%, 9%, 10%, dan 11% dan *viscocrete*-5 sebesar 0.8% dan 1% dari berat semen dengan pengurangan air 20%. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan beton, dengan benda uji silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan kuat tekan maksimum beton pada penambahan *fly ash* sebesar 11% dan *viscocrete*-5 1% dengan pengurangan air 20%, yaitu sebesar 48,005 MPa atau meningkat sebesar 89,138% dari beton normal. Penambahan *viscocrete*-5 memperbaiki *workability* beton dan penambahan *fly ash* dapat mengisi pori dan dapat meningkatkan kekuatan pada beton. Pengaruh pengurangan air sebesar 20% menjadikan fas menjadi rendah, dengan fas yang rendah dapat memperkecil penyusutan dan meningkatkan kuat tekan pada beton.

Pujianto (2011) telah melakukan penelitian "beton mutu tinggi dengan *admixture superplastiziser* dan *additive silicafume".* Penelitian dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton optimal dengan bahan tambah *additive silicafume* dan *admixture superplastisizer*. Bahan tambah *admixture superplatisizer* yang digunakan adalah Sikament NN *type* F. Mutu beton rencana adalah sebesar 42 MPa. Faktor air semen yang dipakai didalam penelitian tersebut yaitu sebesar 0,3. Penelitian yang dilakukan yaitu pengurangan kadar air sesuai dengan persentase kadar *superplastisizer* yaitu sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5% dari berat semen, selanjutnya akan didapatkan kadar optimum *superplastisizer* dan pengurangan air. Setelah kadar optimum tersebut didapatkan, kemudian dilakukan

penelitian lagi dengan ditambahkan variasi kadar *silicafume* sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat semen. Hasil dari penelitian tersebut akan didapatkan kadar optimum *silicafume* saat beton berumur 28 hari. Penelitian ini didapatkan kuat tekan beton optimum tanpa *silicafume* adalah sebesar 51,35 MPa dengan kadar *superplastisizer* dan pengurangan kadar airnya sebesar 2% sedangkan kuat tekan beton optimumnya dengan *silicafume* adalah sebesar 65,06 MPa dengan kadar *silicafume* 10%, dengan kadar *superplastisizer* dan pengurangan airnya 2%. Bahan tambah *superplastisizer* memberikan kemudahan dalam pengerjaan dan pengurangan jumlah air menjadikan fas menurun sehingga menambah kuat tekan pada beton.

Fajri (2015) telah meneliti "pemanfaatan limbah kaca sebagai *filler* untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton mutu tinggi". Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh kaca terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton silinder dengan mutu tinggi. Kuat tekan rencanakan adalah sebesar 50 MPa. Variasi kaca yang digunakan adalah 2%; 2,25%; 2,5%; 2,75%; 3%; 3,25%; 3,5%; 3,75%; dan 4% dari berat semen. Bahan tambah *admixture superplatisizer* yang digunakan adalah Viscocrete-10 sebesar 0,6%. Setiap variasi terdiri dari 6 sampel, yaitu 3 untuk pengujian tekan dan 3 untuk pengujian tarik. Penelitian tersebut juga membuat 6 sampel sebagai pembanding, yaitu 3 untuk pengujian tekan dan 3 untuk pengujian belah. Benda uji yang digunakan berupa silinder dan diuji pada umur 28 hari. Penelitian tersebut didapat proporsi kaca optimal pada variasi kadar 3,75% dari berat semen dengan kuat tekannya adalah sebesar 70,92 MPa atau meningkat sebesar 41,41% dari kuat tekan beton normal atau tanpa penambahan kaca. Adapun peningkatan kuat tarik belah beton pada proporsi kaca optimal dengan variasi kadar 3,75% dari berat semen dengan kuat tarik belahnya adalah sebesar 7,36 MPa atau meningkat sebesar 54,95% dari kuat tarik beton normal.

Perbandingan antara penelitian terdahulu dan penelititan yang saat ini dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.3 Perbandingan Antara Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Saat ini Dilakukan
Peneliti	Santoso (2003)	Pujianto (2011)	Fajri (2015)	Faizal (2016)
Judul Penelitian	Pengaruh Bahan Tambah *Fly Ash* dan Viscocrete-5 pada Kuat Tekan Beton	Beton mutu tinggi dengan admixture superplastiziser dan addictive silicafume	Pemanfaatan Limbah Kaca sebagai Filler untuk Meningkatkan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu Tinggi	Pengaruh Penambahan Admixture AM 78 dan Pemanfaatan Serbuk Limbah Kaca terhadap Beton Mutu tinggi
Tujuan	Mengetahui kadar *optimum* penambahan *fly ash* dan *viscocrete*-5 serta pengaruh pengurangan kadar airnya terhadap kuat tekan beton	Mendapatkan kadar *optimum superplasticizer* serta pengurangan kadar airnya dan kadar optimum *silicafume* terhadap kuat tekan beton	Mengetahui pengaruh dan proporsi kaca optimal serta penambahan *viscocrte*-10 terhadap kuat tekan dan tarik beton mutu tinggi	Mengetahui kadar *optimum* penambahan AM 78 dan pengurangan airnya dan pengaruh penambahan serbuk limbah kaca terhadap beton mutu tinggi
Parameter yang Diuji	Kuat tekan	Kuat tekan	Kuat tekan dan kuat tarik	Kuat tekan
Metode Penelitian	Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur benda uji 28 hari . Bahan tambah yang digunakan adalah *fly ash* dan viscocrete-5 sebagai *superplastisizer*. Mutu beton rencana adalah sebesar 25 MPa. Penelitian ini menggunakan variasi persentase penambahan fly ash sebesar 7%, 8%, 9%, 10%, dan 11% dan Viscocrete-5 sebesar 0.8% dan 1% dari berat semen dengan pengurangan air 20%.	Penelitian dilakukan menggunakan bahan tambah *additive silicafume* dan sikament NN *type* F. Mutu beton rencana adalah sebesar 42 MPa. Penelitian yang dilakukan adalah variasi pengurangan kadar air serta kadar *superplastisizer* yaitu sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5%. Setelah didapat kadar optimumnya, kemudian dilakukan penelitian lagi dengan ditambahkan variasi kadar *silicafume* sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.	Penelitian dilakukan menggunakan limbah kaca sebagai *fillier* dan *viscocrete*-10 sebagai *superplastisizer*. Kuat tekan yang rencanakan adalah sebesar 50 MPa. Variasi kaca yang digunakan adalah 2%; 2,25%; 2,5%; 2,75%; 3%; 3,25%; 3,5%; 3,75%; dan 4% dari berat semen. Bahan tambah admixture *superplatisizer* yang digunakan adalah *Viscocrete*-10 sebesar 0,6%. Mix design yang digunakan adalah metode SNI 03-2834-1993.	Penelitian dilakukan menggunakan bahan tambah AM 78 dan serbuk limbah kaca sebagai *filler*. Mutu beton rencana adalah sebesar 50 MPa. Penelitian yang dilakukan adalah variasi penambahan AM 78 dan pengurangan kadar air sedangkan penambahan serbuk limbah kaca sebesar 3,75% dari berat semen. Mix design yang digunakan adalah metode SNI 03-2834-2000
Hasil Penelitian	Hasil penelitian ini didapat kuat tekan optimal beton yang didapat adalah sebesar 48,005 MPa atau meningkat sebesar 89,138% dari beton normal yaitu pada variasi penambahan *fly ash* sebesar 11% dan penambahan *viscocrete*-5 1% dengan pengurangan air 20%.	Penelitian ini didapatkan kuat tekan beton optimum tanpa *silicafume* adalah sebesar 51,35 MPa dengan kadar *superplastisizer* dan pengurangan kadar airnya sebesar 2% sedangkan kuat tekan beton optimum dengan *silicafume* adalah sebesar 65,06 MPa dengan kadar *silicafume* 10%, serta kadar *superplastisizer* dan pengurangan airnya 2%.	Penelitian ini didapat proporsi kaca optimal pada variasi kadar 3,75% dengan kuat tekan sebesar 70,92 MPa atau meningkat sebesar 41,41% dari kuat tekan beton normal. Adapun peningkatan kuat tarik belah betonnya pada proporsi kaca optimal dengan variasi kadar 3,75% dengan kuat tarik sebesar 7,36 MPa atau meningkat sebesar 54,95% dari kuat tarik beton normal	-

2.3 KEASLIAN PENELITIAN

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan dapat dijadikan pedoman atau refrensi untuk penelitian yang akan dilakukan. Penelitian yang pernah dilakukan menghasilkan kadar optimum penambahan serbuk limbah kaca adalah sebesar 3,75% dari berat semen. Oleh karena itu, penelitian ini akan melanjutkan dari penelitian sebelumnya yaitu dengan menggunakan limbah kaca sebesar 3,75% dari berat semen dan bahan tambah *admixture A*M 78 dengan variasi sebesar 0,6%; 0,8%; 1%; 1,2% dan 1,4% dari berat semen serta variasi pengurangan air sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan tanpa pengurangan kadar air. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui persentase optimum penggunaan AM 78 dan persentase optimum pengurangan kadar air terhadap kuat tekan beton.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 UMUM

Beton merupakan suatu campuran yang terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah. Material pembentuk beton tersebut dicampur dengan komposisi tertentu yang kemudian membentuk masa padat. Beton memiliki sifat yang masing-masing ditentukan oleh proporsi bahan-bahan penyusun, cara pengadukan, penuangan, pemadatan, dan perawatan selama proses pengerasannya.

Beton mutu tinggi menurut Pedoman atau Pd T-04-2004-C tentang tata cara pembuatan dan pelaksaaan beton berkekuatan tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40-80 Mpa. Komposisi bahan-bahan penyusun beton perlu diperhatikan dan diteliti, agar komposisi bahan penyusunnya sesuai dengan kebutuhan. Beton mutu tinggi membutuhkan perbandingan air dan bahan ikat (fas) yang kecil. Oleh karena fas kecil, *workability* menjadi rendah, maka untuk mempermudah pengerjaannya ditambahkan *admixture* yang dapat mengencerkan adukan beton tersebut.

3.2 BAHAN PENYUSUN BETON

Beton mutu tinggi menurut Standart Nasional Indonesia atau SNI 03-6468-2000 yaitu beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih dari 41,4 MPa. Pada dasarnya, komponen utama penyusun beton mutu tinggi sama dengan beton normal, yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambah.

3.2.1 Semen

Semen adalah bahan yang memiliki sifat adhesi maupun kohesi yaitu bisa menjadi bahan perekat setelah berhubungan dengan air. Semen jika dicampur dengan air akan menjadi pasta semen, apabila pasta semen dicampur dengan agregat halus akan menjadi mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar maka mortar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras. (Mulyono, 2003)

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lain. Menurut Mulyono (2003), bahan-bahan utama pembentuk semen dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Bahan-Bahan Utama Penyusun Semen Portland

Bahan Penyusun	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO_2)	20 – 25
Oksida Besi (Fe_2O_3)	7 – 12
Alumina (Al_2O_3)	7 – 12

Sumber: Mulyono (2003)

Semen portland mempunyai bahan-bahan utama penyusun tidak jauh berbeda dengan semen portland komposit. Menurut SNI 15-7064-2004 definisi dari semen portland komposit adalah hasil pencampuran antara bubuk semen

portland dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan-bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen portland. Ketika unsur-unsur penyusun semen portland komposit tersebut ditambahkan dengan air kemudian dapat bereaksi membentuk senyawa-senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Semen yang bereaksi dengan air bersifat *irreversible* yaitu hanya dapat terjadi satu kali dan tidak dapat kembali lagi ke wujud semula.

Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland berdasarkan penggunaannya dibedakan menjadi 5 tipe yaitu sebagai berikut.

1. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis- jenis yang lainnya.
2. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, atau beton semen hidrolis yang dipecah. Kerikil merupakan hasil desintegrasi alami dari batu- batuan sedangkan batu pecah merupakan hasil dari batu yang dipecah menjadi pecahan- pecahan berukuran lebih dari 5 mm. Agregat kasar menurut SNI 03-2847-2002 adalah agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm. Menurut SK SNI S-04-1989-F, agregat kasar yang akan digunakan untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut ini.

1. Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir- butir yang keras dan tidak berpori yang mempuyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan).
2. Tidak berpori, karena agregat kasar yang berpori mudah menghasilkan beton yang tidak kedap air.
3. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan, seperti zat-zat yang bersifat reaktif terhadap alkali.
4. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dan apabila melebihi dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
5. Agregat yang mengandung butir- butir pipih dapat dipakai apabila jumlah butir- butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat tersebut. Karena bentuk butiran yang pipih kurang baik untuk mendukung beban, memiliki rongga dan gesekan yang besar sehingga memerlukan pasta semen dalam jumlah yang banyak.
6. Gradasi agregat kasar harus memenuhi syarat seperti Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Gradasi Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan	
	Daerah I	Daerah II
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 – 35	25 – 55
4,8	0 – 5	0 – 10

Sumber: Tjokrodimulyo (1992)

3.2.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam hasil disintegrasi dari batuan yang bisa diperoleh dari sungai maupun dari tanah galian, atau pasir yang dihasilkan dari proses pemecahan batu. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butiran lebih kecil dari 4,76 mm. Menurut SK SNI S-04-1989-F, agregat halus yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut ini.

1. Pasir terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras agar dapat menghasilkan beton yang keras.
2. Bentuk tajam dibutuhkan agar agregat dapat saling mengunci dengan baik dalam adukan beton. Namun bentuk tajam dari agregat dapat menimbulkan gesekan yang besar yang akan mengurangi mobilitas atau sifat mudah gerak dari adukan beton.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka agregat halus perlu dicuci. Karena lumpur pada agregat halus dapat menghalangi terjadinya ikatan dengan pasta semen.
4. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik, karena bahan tersebut dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa semen portland.
5. Gradasi agregat halus harus memenuhi syarat seperti Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber: Tjokrodimulyo (1992)

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar
Daerah II : Pasir agak kasar
Daerah III : Pasir agak halus
Daerah IV : Pasir halus

3.2.4 Air

Air merupakan salah satu faktor penting dalam campuran beton karena air dapat bereaksi dengan semen yang kemudian membentuk senyawa-senyawa kimia. Air berguna juga untuk bahan pelumas antara agregat agar campuran beton

mudah dikerjakan, dipadatkan, dan perawatan beton agar beton dapat mengeras dengan sempurna.

Air dapat mempengaruhi kuat desak beton, karena penambahan air yang berlebihan pada campuran beton untuk kemudahan dalam pengerjaan dapat menyebabkan penurunan kekuatan beton. Selain itu kelebihan air akan menyebabkan terjadinya *bleeding*, yaitu air bersama semen akan bergerak keatas permukaan beton segar yang baru saja dituang pada cetakan. Adapun syarat-syarat menurut SK SNI S-04-1989-F yang harus dipenuhi untuk penggunaan air sebagai bahan campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya).
4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

3.3 BAHAN TAMBAH

Bahan tambah merupakan material yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk memperbaiki atau mengubah sifat- sifat dari beton ketika beton masih dalam keadaan segar atau setelah beton tersebut mengeras. Pemberian bahan tambah dapat memberikan pengaruh yang besar pada campuran beton, sehingga dalam pelaksanaannya perlu dilakukan perhatian khusus agar pemberian bahan tambah sesuai dengan perubahan sifat beton yang diinginkan. Bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*).

Zat admixture ditambahkan pada saat sebelum pelaksanaan pengecoran atau saat pengadukan campuran beton, sehingga fungsi *admixture* lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja adukan beton. Selain itu, zat *additive* juga ditambahkan pada saat pengadukan campuran beton, sedangkan fungsi dari zat *additive* lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kuat tekan beton.

3.3.1 Bahan Tambah Kimia (*Admixture*)

Menurut Pedoman Beton SKBI.1.4.53.1989, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi 7 tipe bahan tambah yaitu sebagai berikut.

1. Tipe A "*Water-Reducing Admixtures"*

   Water–Reducing Admixture adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. *Water–Reducing Admixture* digunakan antara lain dengan tidak mengurangi kadar semen dan nilai slump untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau rasio faktor air semen (fas) yang rendah.

2. Tipe B "*Retarding Admixture*"

   Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya adalah untuk menunda waktu pengikatan beton, misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pengecoran.

3. Tipe C "*Accelerating Admixture*"

   Accelerating Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan awal beton. *Acceleration Admixture* yang paling terkenal adalah kalsium klorida. Dosis maksimum yang digunakan adalah 2% dari berat semen yang digunakan.

4. Tipe D *"Water Reducing and Retarding Admixtures"*

   Water Reducing and Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal. Bahan ini juga berfungsi untuk mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air.

5. Tipe E *"Water Reducing and Accelerating Admixtures"*

Water Reducing and Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

6. Tipe F *"Water Reducing, High Range Admixtures"*
   Water Reducing, High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, pengurangan airnya sebanyak 12% atau lebih.
7. Tipe G "*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures"*
   Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, pengurangan airnya sebanyak 12% atau lebih, serta bahan ini juga berfungsi untuk menghambat pengikatan beton

3.3.2 Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Bahan tambah mineral adalah bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton untuk memperbaiki kinerja tekan beton. Beberapa keuntungan dengan menggunakan bahan tambah mineral menurut Mulyono (2003) adalah sebagai berikut.

1. Memperbaiki kinerja *workability*.
2. Mengurangi panas hidrasi.
3. Mengurangi biaya pekerjaan beton.
4. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
5. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan rekasi alkali-silika.
6. Mempertinggi usia beton.
7. Mempertinggi kuat tekan beton.
8. Mempertinggi keawetan beton.
9. Mengurangi penyusutan pada beton.
10. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

3.3.3 Adiwasesa Mandiri (AM) 78

Bahan tambah kimia biasanya digunakan untuk memperbaiki kinerja adukan beton mutu tinggi yang umumnya bersifat memperbaiki kelecakan. Kelecakan adalah kemudahan pengerjaan yang meliputi pengadukan, pengecoran, pemadatan, dan penyelesaian permukaan (*finishing)* tanpa terjadi segregasi. AM 78 adalah bahan tambah kimia yang dapat meningkatkan *workability* pada proses adukan beton dan dapat mempercepat pengikatan beton. Berdasarkan Pedoman Beton SKBI.1.4.53.1989, AM 78 termasuk pada tipe E yaitu *Water Reducing and Accelerating Admixture* yang berfungsi untuk mengencerkan adukan dan dapat mengurangi jumlah air dalam campuran beton serta dapat memepercepat proses pengikatan awal pada beton.

Menurut brosur Adiwasesa Mandiri (2016), AM 78 merupakan inovasi baru dari produk PT tersebut yang dapat digunakan untuk memperbaiki kinerja adukan beton. AM 78 dapat mengurangi pemakaian air hingga 20% tanpa mempersulit pengerjaan pengecoran dan dapat menjadikan beton lebih cepat mengeras atau memepercepat proses pengikatan awal pada beton. Penambahan AM 78 pada campuran beton harus sesuai seperti yang disarankan oleh pabrik pembuat bahan tersebut, karena jika dosis yang diberikan terlalu banyak selain tidak ekonomis juga dapat menyebabkan *bleeding* dan tertundanya proses pengikatan beton sehingga beton justru akan kehilangan kekuatan akhir.

3.3.4 Serbuk Limbah Kaca

Limbah kaca adalah sisa-sisa potongan kaca yang sudah tidak digunakan seperti sisa-sisa kaca jendela, kaca lemari, dan kaca meja dan banyak terdapat pada industri mebel kaca. Menurut Fajri (2015) limbah kaca biasanya telah dipisahkan berdasarkan penggunaan akhirnya atau dipisahkan berdasarkan warnanya, secara garis besar kaca dibagi menjadi tiga warna:

1. bening/tidak berwarna, biasanya digunakan sebagai perabot bangunan rumah.
2. hijau, biasanya digunakan sebagai botol minuman bersoda.
3. coklat, biasanya digunakan sebagai botol minuman suplemen.

Banyak hal yang berpotensi menguntungkan dari penggunaan kaca sebagai campuran beton, antara lain:

1. memiliki tingkat durabilitas yang tinggi, mengingat kaca adalah material yang tidak menyerap air.
2. kaca memiliki ketahanan yang tinggi terhadap abrasi serta karakteristik ini adalah karakteristik yang langka dan di dalamnya terdapat kandungan zat mineral atau *additive* yang salah satunya dapat digunakan untuk menambah kuat tekan pada beton.

Limbah kaca yang digunakan yaitu bening/tidak berwarna yang diambil dari sisa-sisa potongan kaca jendela yang sudah tidak digunakan dan sudah terpisah. Potongan-potongan kaca tersebut kemudian dihancurkan dengan menggunakan *mesin los angeles*, setelah itu dilakukan pengayakan dengan mesin dengan ukuran ayakan 0,15 mm. Serbuk limbah kaca yang digunakan adalah butir-butir halus yang lolos ayakan 0,15 mm, serta penambahan serbuk limbah kaca yang digunakan yaitu tetap (tanpa variasi) sebesar 3,75% dari berat semen.

Berdasarkan dari penjelasan sub- sub bab sebelumnya, penelitian ini bermaksud untuk menggunakan AM 78 dan serbuk limbah kaca. Adapun penambahan AM 78 berfungsi untuk meningkatakan *workability* adukan beton akibat fas yang rendah, karena pengurangan kadar air dalam campuran beton tersebut. Sedangkan, penambahan serbuk limbah kaca digunakan sebagai bahan pengisi (*filler)* yang dapat mengisi rongga-rongga kosong pada beton.

3.4 PERENCANAAN CAMPURAN BETON (*MIX DESIGN*)

Perencanaan proporsi campuran beton digunakan untuk mengetahui komposisi dan proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perancangan beton Perencanaan campuran beton dilakukan agar menghasilkan mutu beton sesuai dengan rencana. Pada penelitian ini perencanaan campuran beton *(mix design)* menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Adapun tahapan-tahapan dalam perencanaan campuran beton tersebut adalah sebagai berikut ini.

3.4.1 Kuat Tekan Beton Rencana (f'c)

Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (f'c) harus sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur dan kondisi setempat. Pada penelitian ini kuat tekan rencana yang digunakan adalah sebesar 50 MPa sebagai beton mutu tinggi.

3.4.2 Nilai Standar Deviasi

Standar deviasi ditentukan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan campuran beton dan volume adukan beton, semakin baik mutunya semakin kecil nilai standar deviasinya. Nilai standar deviasi dapat diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan yang dapat ditentukan dari Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Tingkat Mutu Pengendalian Pekerjaan

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

3.4.3 Nilai Tambah

Nilai tambah (margin) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3. (SNI 03-2834-2000)

$$M = 1{,}64 \cdot Sr \qquad (3.1)$$

Keterangan:

M = nilai tambah (margin),

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

Sr = nilai standar deviasi rencana.

3.4.4 Kuat Tekan Rata – Rata (f'cr) yang Ditargetkan

Untuk menghitung kuat tekan beton rata-rata dapat digunakan Persamaan 3.2. (SNI 03-2834-2000)

$f'cr = f'c + M$ (3.2)

Keterangan:

f'cr = Kuat tekan beton rata-rata (MPa),

f'c = Kuat tekan beton yang direncanakan (MPa),

M = Nilai tambah/margin (MPa).

3.4.5 Tipe Semen

Tipe semen harus ditetapkan agar dapat menentukan nilai faktor air semen. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis semen tipe 1, yang penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis- jenis yang lainnya.

3.4.6 Jenis Agregat (Pasir dan Kerikil)

Berdasarkan SNI 03-2834-2000, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Sedangkan agregat kasar (kerikil) dibedakan menjadi dua, yaitu kerikil alami dan kerikil batu pecah.

3.4.7 Nilai Faktor Air Semen (fas)

Faktor air semen (fas, *w/c*) adalah perbandingan antara berat air dengan berat semen yang digunakan dalam campuran beton. Tidak hanya pada beton mutu rendah, pada beton mutu tinggi, *w/c* bisa diartikan sebagai *water to cementitious ratio* yang berarti rasio atau perbandingan berat air terhadap berat semen dan aditif *cementitious* yang umumnya ditambahkan dalam campuran beton mutu tinggi.

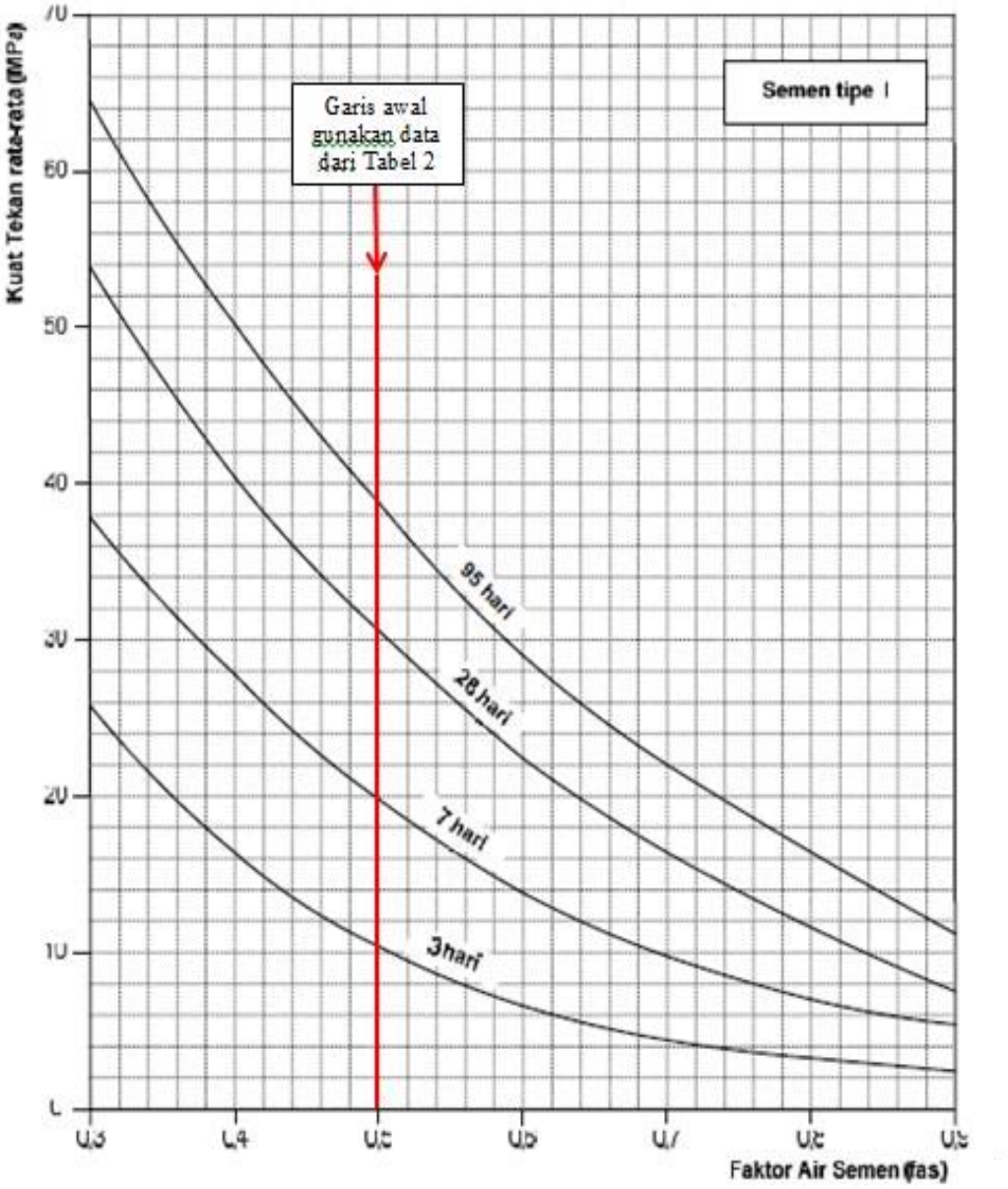
Untuk mendapatkan nilai faktor air semen dapat diperoleh menggunakan grafik “hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen berdasarkan umur benda uji dan jenis semen” yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Tabel 3.5 menunjukan hubungan jenis semen, jenis agregat kasar, dan bentuk benda uji terhadap umur beton, sehingga dapat ditentukan kuat tekan maksimum yang dapat dihasilkan.

Tabel 3.5 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Setelah kuat tekan beton ditentukan dari tabel di atas, maka dapat dicari nilai faktor air semen menggunakan grafik pada Gambar 3.1. Adapun cara penggunaan tabel dan grafik tersebut adalah lukislah titik awal pada Gambar 3.1 dengan fas 0,5 sebagai absis dan kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 3.5 sebagai ordinat. Kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 3.5 berdasarkan jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur beton. Setelah itu, dari titik awal dibuat grafik baru yang bentuknya sama dengan dua grafik yang sudah ada didekatnya. Selanjutnya tarik garis mendatar dari sumbu tegak kiri pada kuat tekan rata-rata yang dikehendaki sampai memotong grafik baru tersebut, kemudian tarik garis kebawah untuk mendapatkan nilai fas yang dicari.



Gambar 3.1 Hubungan Antara Kuat Tekan Rata-Rata dan Faktor Air Semen (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Setelah diketahui nilai fas dari grafik diatas, maka dilanjutkan dengan menentukan faktor air semen (fas) maksimum yang dapat ditentukan dari Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Persyaratan Fas dan Jumlah Semen Minimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	**Jumlah Semen Minimum per m^3 beton (Kg)**	**Nilai fas Maksimum**
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan danterik matahari langsung	325	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 3.7
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 3.8

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Tabel 3.7 dapat digunakan untuk perencanaan beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat, sedangkan pada Tabel 3.8 dapat digunakan untuk perencanaan beton yang terletak di dalam air.

Tabel 3.7 Fas Maksimum Untuk Beton yang Berhubungan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

Kadar gang guan sulfat	Konsentrasi Sulfat		Sulfat (SO_3) dalam air tanah	Tipe Semen	Kandungan Semen minimum (kg/m^3)			fas
	Dalam Tanah				Ukuran Agregat maksimum (mm)			
	Total SO_3 (%)	SO_3 dalam campuran air : tanah = 2,1 (g/L)			40	20	10	
1	<0,2	<1,0	< 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozzolan (15 – 40%)	280	300	350	0,5
2	0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozzolan (15 – 40%)	290	330	350	0,5
				Tipe I Pozzolan (15 – 40%) atau Semen Portland Pozzolan	270	310	360	0,55
				Tipe II atau tipe V	250	290	340	0,55

Lanjutan Tabel 3.7 Fas Maksimum Untuk Beton yang Berhubungan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

3	0,5 – 1,0	1,9 – 3,1	1,2 – 2,5	Tipe I Pozzolan (15 – 40%) atau Semen Portland Pozzolan	340	380	430	0,45
				Tipe II atau tipe V	290	330	380	0,50
4	1,0 – 2,0	3,1 – 5,6	2,5 – 5,0	Tipe II atau tipe V	330	370	420	0,45
5	> 2,0	> 5,6	> 5,0	Tipe II atau tipe V dan lapisan pelindung	330	370	420	0,45

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Tabel 3.8 Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

3.4.8 Nilai *Slump*

Nilai *slump* dapat ditentukan berdasarkan pemakaian beton yang dapat dilihat pada Tabel 3.9 sebagai berikut.

Tabel 3.9 Penetapan Nilai *Slump* (mm)

Pemakaian Beton	Nilai *Slump* (mm)	
	maksimum	minimum
Dinding, pelat pondasi, dan pondasi telapak	125	50
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah	90	25
Pelat, balok, kolom, dan dinding	150	75
Pengerasan jalan	75	50
Pembetonan masal	75	25

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

3.4.9 Ukuran Butir Agregat Maksimum (Kerikil)

Ukuran agregat merupakan salah satu yang dapat mempengaruhi kekuatan beton. Untuk perbandingan bahan-bahan campuran tertentu, kekuatan tekan beton berkurang bila ukuran maksimum bertambah besar, dan juga akan menambah kesulitan dalam pengerjaannya. Pemilihan ukuran dan bentuk agregat dapat mempengaruhi kemudahan pengerjaan *(workability)* serta kuat tekan pada beton. Untuk struktur beton bertulang, SK SNI T-15-1991-03 memberi batasan untuk butir agregat maksimum yang digunakan sebesar 40 mm. Menurut SK SNI S-04-1989-F, agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih berdasarkan syarat-syarat sebagai berikut.

1. Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
2. Sepertiga dari tebal plat.
3. Tiga perempat dari jarak bersih minimum antar batang tulangan, bundel tulangan, atau kabel prategang.

3.4.10 Kadar Air Bebas

Kadar air bebas adalah kebutuhan air per meter kubik beton. Nilai kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 3.10 dan setelah itu dihitung menggunakan Persamaan 3.3. (SNI 03-2834-2000)

Tabel 3.10 Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

$$W = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \qquad (3.3)$$

Keterangan:

W = jumlah air yang dibutuhkan (liter/m^3),

W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus,

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

3.4.11 Kebutuhan Semen

Semen adalah perekat hidraulis bahan bangunan, perekatan terjadi bila bercampur dengan air. Semen merupakan bahan perekat dalam campuran beton, oleh karena itu kebutuhan semen perlu dihitung agar menghasilkan kekuatan beton yang diinginkan. Kebutuhan semen dapat ditentukan dengan dua cara berikut ini.

1. Menghitung kebutuhan semen

   Jumlah kebutuhan semen dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4 sebagai berikut. (SNI 03-2834-2000)

   $$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \quad (3.4)$$

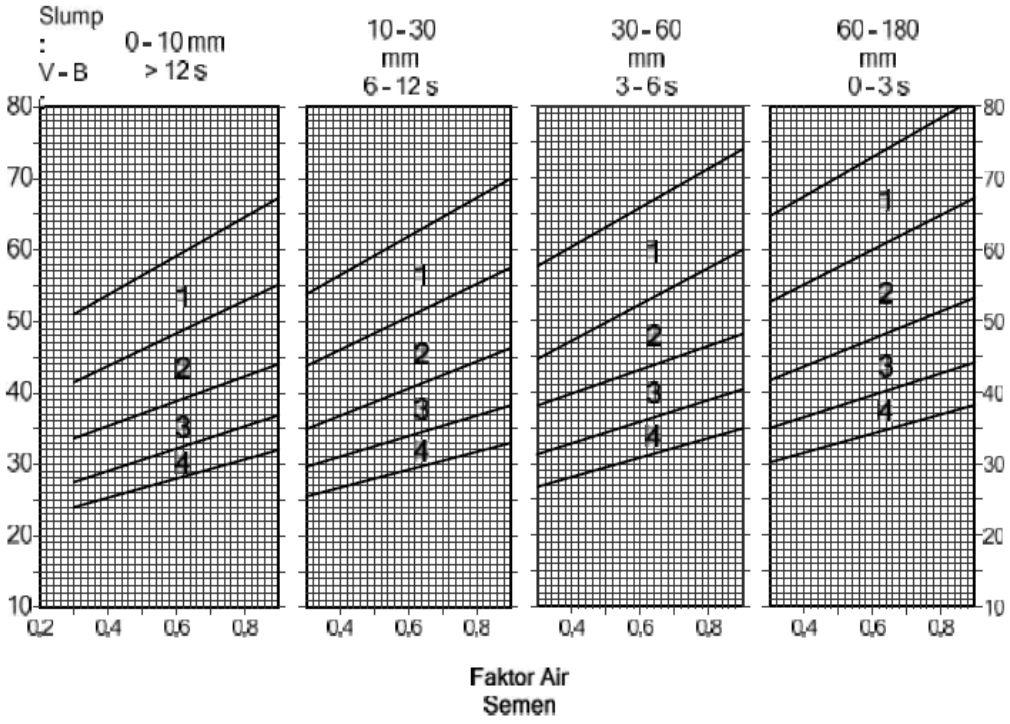
2. Menentukan kebutuhan semen minimum

   Kebutuhan semen minimum dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.6, Tabel 3.7 atau Tabel 3.8. Jika kebutuhan semen yang diperoleh dari cara pertama ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum (cara kedua), maka kebutuhan semen yang digunakan adalah nilai terbesar dari kedua cara tersebut.

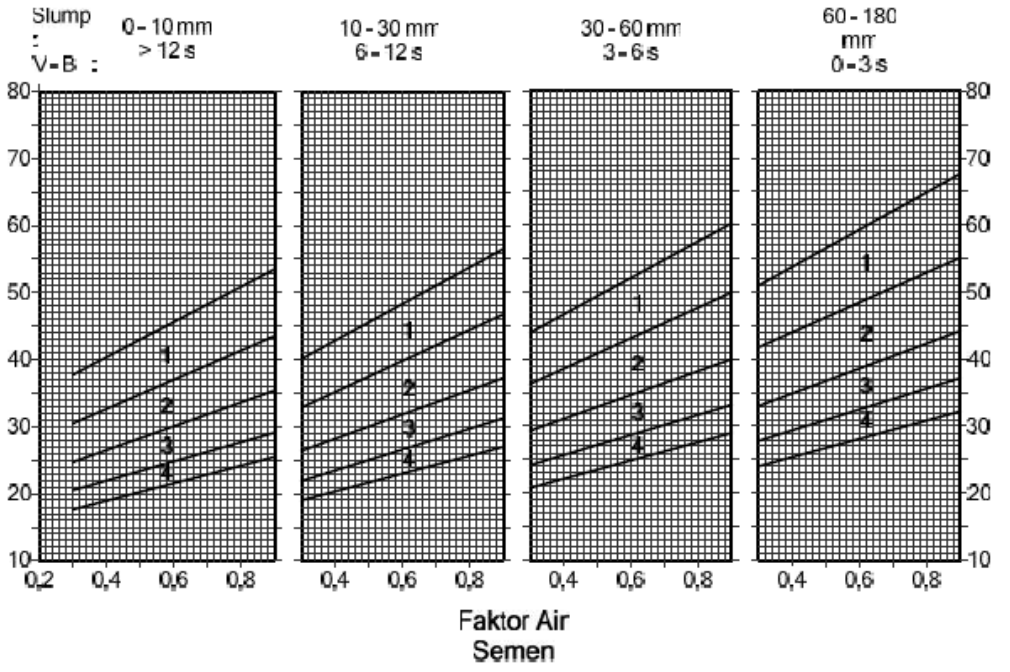
3.4.12 Persentase Jumlah Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran halus yang memiliki ukuran butir terbesar 5 mm. Salah satu fungsi agregat halus yaitu sebagai bahan pengisi campuran beton. Untuk mendapatkan campuran beton yang baik, perlu ditentukan jumlah agregat halus agar membentuk campuran yang baik seperti yang diinginkan.

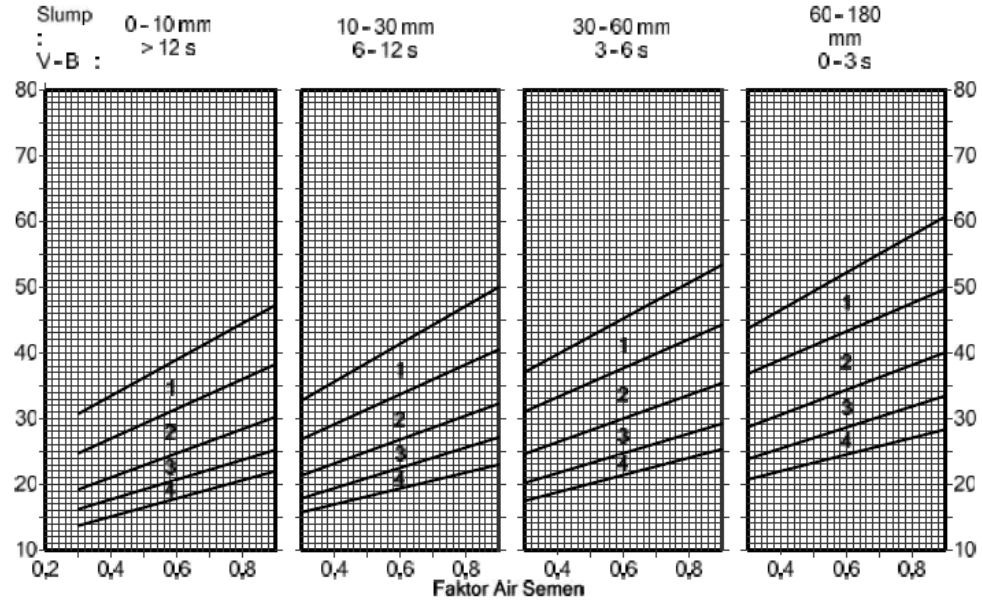
Persentase jumlah agregat halus ditentukan oleh besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Untuk menentukan persentase jumlah agregat halus dapat dilihat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, dan Gambar 3.4.



Gambar 3.2 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm
(Sumber: SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.3 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm
(Sumber: SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.4 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

3.4.13 Berat Jenis Relatif Gabungan

Berat jenis relatif gabungan agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.5. (SNI 03-2834-2000)

$$Bj_{gabungan} = \%AH \times BJ_{AH} + \%AK \times BJ_{AK} \quad (3.5)$$

Keterangan:

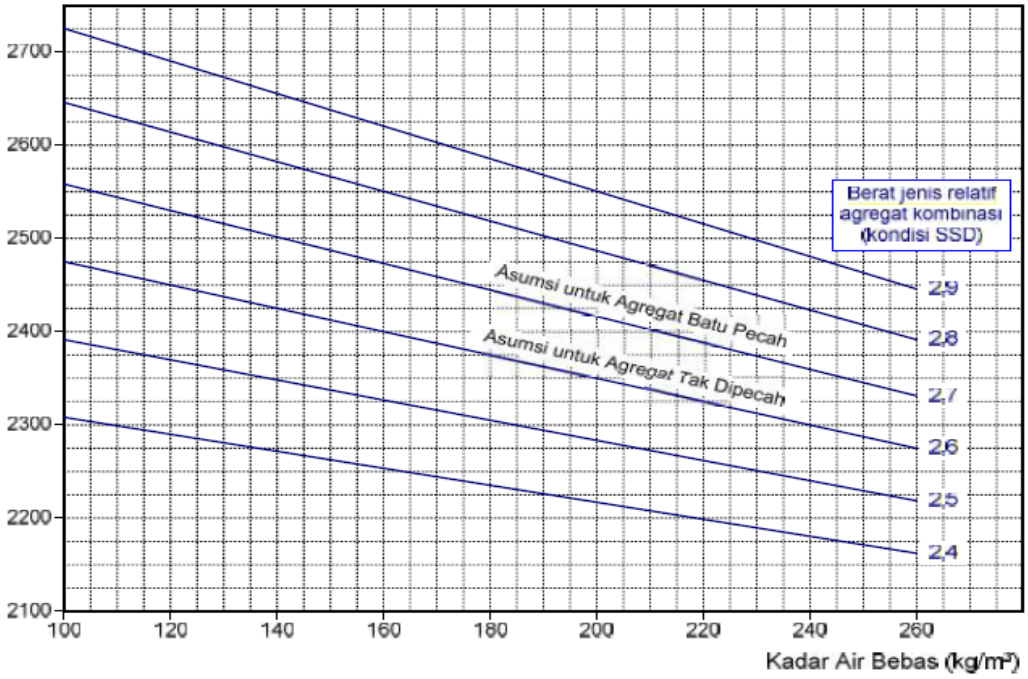
$BJ_{gabungan}$ = berat jenis agregat gabungan,

BJ_{AH} = berat jenis agregat halus,

BJ_{AK} = berat jenis agregat kasar.

3.4.14 Berat Jenis Beton Basah

Beton basah adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu, yang telah diaduk dan selesai dipadatkan. Untuk menentukan berat jenis beton basah dapat digunakan grafik pada Gambar 3.5 dengan memasukkan berat jenis gabungan agregat dan kadar air bebas yang sudah ditentukan sebelumnya.



Gambar 3.5 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

3.4.15 Proporsi Campuran Beton

Campuran beton terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air. Proporsi campuran beton perlu dihitung atau ditentukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pencampuran.

Proporsi campuran yang dihitung adalah proporsi kebutuhan material penyusun beton. Proporsi agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6 dan 3.7. (SNI 03-2834-2000)

$$W_{AH} = (W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}) \times \%AH \quad (3.6)$$

$$W_{AK} = (W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}) \times \%AK \quad (3.7)$$

Keterangan:

W_{AH} = berat agregat halus,

W_{AK} = berat agregat kasar,

W_{semen} = berat semen,

%AH = persentase berat agregat halus,

%AK = persentase berat agregat kasar,

$W_{isi\ beton\ basah}$ = berat isi beton basah.

3.5 KUAT TEKAN BETON

Kuat tekan beton menurut SNI 03-1974-1990 adalah besarnya beban maksimum per satuan luas dengan benda uji berbentuk tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan f'c adalah kuat tekan yang dihasilkan dari mesin tekan dengan benda uji beton berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh proporsi atau perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Perbandingan antara air dan semen merupakan salah satu faktor untuk menenentukan kekuatan beton yang direncanakan. Semakin rendah perbandingan air semen maka semakin tinggi kekuatan tekannya.

Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kemudian benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji hancur kemudian dibagi dengan luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam satuan MPa atau kg/cm^2 yang dicapai benda uji umur 28 hari. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar *ASTM C 39* (*Standart Test Method for Compressive Strenght of Cylindrical Concrete Specimens)* atau sesuai yang disyaratkan SNI 03-1974-1990 menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan secara bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Alat uji atau mesin yang digunakan untuk menguji benda uji silinder yaitu alat *Compression Testing Machine.*

Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan beton dapat dilihat pada Persamaan 3.8. (SNI 03-2834-2000)

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{3.8}$$

Keterangan:

f'c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (kN)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Tjokrodimulyo (1995) menyebutkan bahwa kekuatan tekan beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

1. pengaruh mutu semen portland,
2. pengaruh dari perbandingan adukan beton,
3. pengaruh air untuk membuat adukan,
4. pengaruh umur beton,
5. pengaruh waktu pencampuran,
6. pengaruh perawatan, dan
7. pengaruh bahan campuran tambahan.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 UMUM

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Metode eksperimental merupakan suatu metode penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil atau data dari variabel-variabel yang diteliti. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton mutu tinggi yang menggunakan bahan tambah serbuk limbah kaca dengan penambahan tetap untuk setiap variasi sebesar 3,75% dari berat semen. Selain itu, bahan tambah lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah AM 78 dengan variasi penambahan 0,6%; 0,8%; 1%; 1,2% dan 1,4% dari berat semen dan variasi pengurangan kadar airnya 5%; 10%; 15%; 20%; 25% dan tanpa pengurangan kadar air dari jumlah kebutuhan air.

Benda uji pada penelitian ini berbentuk silinder masing-masing 3 sampel dari setiap variasi, pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan beton. Setelah didapatkan data hasil pengujian kuat tekan beton, kemudian data tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan rumus. Setelah itu, data dari hasil perhitungan tersebut dapat diambil kesimpulan.

4.2 BAHAN YANG DIGUNAKAN

Bahan yang digunakan dalam pencampuran beton mutu tinggi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Semen *Portland* merk Holcim jenis PCC.
2. Agregat halus (pasir) diambil dari Gunung Merapi, Yogyakarta.
3. Agregat kasar (kerikil) diambil dari Kali Clereng, Kulonprogo.
4. Air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
5. *Additive* yang digunakan adalah serbuk limbah kaca.
6. *Admixture* yang digunakan adalah Adiwasesa Mandiri (AM) 78.

4.3 ALAT YANG DIGUNAKAN

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Ayakan

Ayakan atau saringan digunakan untuk memperoleh ukuran butiran agregat tertahan. Dalam penelitian ini ayakan digunakan untuk mencari modulus halus butir pasir dan kerikil. Selain itu, ayakan digunakan untuk memperoleh serbuk kaca dengan ukuran butiran $\leq$ 0,15 mm. Ayakan dilengkapi dengan mesin penggetar yang berfungsi untuk menggetarkan ayakan. Ayakan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Ayakan

2. Timbangan

   Timbangan digunakan untuk menimbang atau mengukur berat suatu benda. Dalam penelitian ini timbangan digunakan untuk menimbang berat bahan penyusun beton yang akan digunakan agar sesuai dengan kebutuhan. Timbangan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Timbangan

3. Piknometer

   Piknometer dalam penelitian ini digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Piknometer yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Piknometer

4. Oven

   Oven adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengeringkan suatu benda dengan suhu tertentu. Dalam penelitian ini oven digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan agregat kasar, serta untuk pengujian kandungan lumpur agregat halus. Oven yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Oven

5. Sekop

   Sekop dalam penelitian ini digunakan untuk mengambil atau mengangkut kerikil dan pasir yang kemudian diletakan ke dalam ember. Sekop yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Sekop

6. Cetok

   Cetok adalah alat berupa sendok adukan yang terbuat dari lempengan logam dan kayu sebagai pegangannya. Dalam penelitian ini cetok digunakan untuk mengambil pasir dan semen yang akan ditimbang bersama ember. Cetok yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Cetok

7. Ember

   Ember dalam penelitian ini digunakan sebagai tempat untuk meletakan bahan penyusun beton yang akan ditimbang. Setelah ditimbang, kemudian bahan tersebut dibawa ke tempat pengadukan beton. Ember yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Ember

8. Molen (*concrete mixer*)

   Molen adalah alat pengaduk yang digunakan untuk mencampurkan bahan penyusun beton hingga merata seperti yang dinginkan dalam waktu tertentu. Molen yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Molen

9. Kerucut *abrams*

   Kerucut *abrams* adalah alat yang berbentuk kerucut dengan bagian atas dan bawah terbuka. Bagian atas berdiameter 10 cm, bagian bawah berdiameter 20 cm dan tinggi 30 cm. Alat ini digunakan untuk *slump test* pada campuran beton segar, sebelum dilakukan pencetakan. Kerucut *abrams* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Kerucut *abrams*

10. Palu karet

    Palu karet adalah palu yang terbuat dari karet yang padat dan kayu sebagai pegangannya. Palu karet berfungsi untuk membantu pemadatan beton saat pencetakan, yaitu dengan cara memukul bagian luar cetakan secara merata Palu karet yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Palu Karet

11. Cetakan silinder

Cetakan silinder adalah cetakan yang terbuat dari besi yang berbentuk silinder dengan diameter dalam 15 cm dan tinggi 30 cm. Cetakan digunakan untuk mencetak sampel beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Cetakan silinder yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Cetakan silinder

12. Tongkat penumbuk beton

Tongkat Penumbuk yang dimaksud adalah sebatang besi dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm yang memiliki ujung bulat. Tongkat penumbuk digunakan untuk memadatkan beton segar yang berada di dalam cetakan sebanyak 25 kali setiap pengisian sepertiga bagian cetakan agar beton tersebut merata dan padat. Tongkat penumbuk beton yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Tongkat penumbuk beton

13. Jangka sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang suatu benda dengan ukuran tertentu. Dalam penelitian ini jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter dan tinggi sampel. Jangka sorong memiliki ketelitian 0,01 mm. Jangka sorong yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Jangka Sorong

14. Mesin tekan

Mesin tekan dalam penelitian ini digunakan untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton. Mesin ini memberi beban dengan

gaya tekan secara konstan sampai sampel beton tersebut hancur. Mesin tekan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Mesin tekan beton

4.4 PEMERIKSAAN MATERIAL

Pemeriksaan material perlu dilakukan untuk mengetahui material yang digunakan memenuhi persyaratan yang digunakan atau tidak. Apabila ada material yang tidak memenuhi persyaratan, maka dilakukan penggantian material.

4.4.1 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian modulus halus butir agregat kasar, pengujian berat isi gembur agregat kasar dan pengujian berat isi padat agregat kasar. Penjelasan dari tiap-tiap pengujian agregat kasar adalah sebagai berikut.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air

   Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar bertujuan untuk mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), berat jenis semu, dan penyerapan air. Tahap-tahap pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar adalah sebagai berikut.

a. Sebelum agregat kasar diuji, agregat kasar dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
b. Setelah dicuci, agregat direndam dalam air selama ±24 jam
c. Setelah 24 jam, agregat dikeluarkan dari rendaman air.
d. Kemudian agregat diangkat lalu dilap dengan kain penyerap atau agregat kasar diangin-anginkan dalam ruangan.
e. Keadaan jenuh kering permukaan (SSD) tercapai bila selaput air pada permukaan agregat hilang atau sudah dalam kondisi kering.
f. Setelah agregat mencapai kondisi SSD, agregat tersebut ditimbang sebanyak 5000 gram kemudian dimasukkan ke dalam keranjang kawat lalu dicelupkan ke dalam air dan ditimbang serta dicatat.
g. Setelah ditimbang dan dicatat, agregat dikeluarkan dari keranjang lalu dimasukkan ke dalam pan kemudian dikeringkan ke dalam oven selama ±24 jam.
h. Setelah 24 jam, agregat dikeluarkan kemudian ditimbang lalu dicatat beratnya.
i. Dari hasil penimbangan yang sudah dicatat kemudian digunakan untuk menghitung berat jenis semu, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis curah, dan penyerapan air dengan persamaan berikut.

Berat Jenis Curah = $\frac{Bk}{Bj-Ba}$ (4.1)

Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan= $\frac{Bj}{Bj-Ba}$ (4.2)

Berat Jenis Semu = $\frac{Bk}{Bk-Ba}$ (4.3)

Penyerapan air = $\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 10$ (4.4)

Keterangan:

Bk = berat benda uji kering oven (gram),

Bj = berat benda uji jenuh kering permukaan (gram),

Ba = berat benda uji jenuh kering permukaan dalam air (gram).

2. Pengujian modulus halus butir agregat kasar.

Pengujian modulus halus butir agregat kasar bertujuan untuk mengetahui klasifikasi agregat kasar berdasarkan ukuran butirannya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan saringan berukuran 40 mm; 20 mm; 10 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan. Tahap-tahap pengujian modulus halus butir agregat kasar adalah sebagai berikut.

a. Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat kasar dalam kondisi kering mutlak sebanyak 5000 gram.
b. Saringan disusun dari lubang yang paling besar dari atas ke bawah. Dengan urutan saringan 40 mm; 20 mm; 10 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan.
c. Setelah saringan disusun, kemudian agregat kasar dimasukkan ke dalam saringan langsung diayak/disaring dengan bantuan mesin penggetar selama 10 – 15 menit.
d. Setelah agregat kasar diayak, agregat yang tertahan di setiap saringan dikeluarkan dari saringan kemudian dimasukkan ke dalam pan sesuai dengan ukurannya.
e. Selanjutnya agregat pada masing-masing pan ditimbang dan dicatat beratnya.
f. Dari hasil penimbangan yang sudah dicatat kemudian digunakan untuk menentukan gradasi dan menghitung modulus halus butir (MHB) agregat yang digunakan. MHB dapat dihitung dengan Persamaan 4.5.

$$MHB = \frac{\sum Berat\ tertinggal\ kumulatif}{100} \quad (4.5)$$

3. Pengujian berat isi gembur agregat kasar

Pengujian berat isi gembur agregat kasar bertujuan untuk menentukan berat isi gembur agregat kasar berdasarkan berat volume. Tahap-tahap pengujian berat isi gembur agregat kasar adalah sebagai berikut.

a. Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat kasar dalam kondisi SSD.

b. Pengujian ini menggunakan cetakan berbentuk silinder. Cetakan silinder diukur diameter dan tinggi di bagian dalam cetakan serta ditimbang lalu dicatat dimensi dan beratnya.
c. Pengujian berat isi gembur, agregat kasar dimasukkan ke dalam cetakan silinder sampai penuh tanpa pemadatan lalu permukaan atasnya diratakan.
d. Setelah terisi penuh oleh agregat kasar, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya.

4. Pengujian berat isi padat agregat kasar

   Pengujian berat isi padat agregat kasar bertujuan untuk menentukan berat isi padat agregat kasar berdasarkan berat volume. Tahap-tahap pengujian berat isi padat agregat kasar adalah sebagai berikut.

   a. Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat kasar dalam kondisi SSD.
   b. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan cetakan berbentuk silinder. Cetakan silinder diukur terlebih dahulu diameter dan tinggi di bagian dalam cetakan serta ditimbang lalu dicatat dimensi dan beratnya.
   c. Pengujian berat isi padat, agregat kasar dimasukkan dalam cetakan silinder per 1/3 dari tinggi silinder dan setiap bagian dipadatkan sebanyak 25 kali dengan tongkat besi secara merata, lalu permukaan atasnya diratakan.
   d. Setelah cetakan terisi penuh volumenya oleh agregat, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya.

4.4.2 Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus, pengujian modulus butir halus, pengujian kandungan lumpur, pengujian berat isi gembur agregat halus dan pengujian berat isi padat agregat halus. Penjelasan dari tiap-tiap pengujian agregat halus adalah sebagai berikut.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

   Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus bertujuan untuk mendapatkan berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD),

berat jenis semu, serta angka penyerapan air pada agregat halus. Pengujian dilakukan penulis sebanyak 2 (dua) kali dengan sampel dalam kondisi SSD. Tahap-tahap pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus adalah sebagai berikut.

a. Agregat halus yang ingin diuji harus direndam dalam air selama ±24 jam.
b. Setelah 24 jam, agregat dikeluarkan dari rendaman air.
c. Kemudian tebarkan agregat secara merata di atas talam dan keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikan benda uji sampai keadaan keadaan kering permukaan jenuh.
d. Periksa keadaan jenuh kering permukaan (SSD) dengan mengisikan agregat ke dalam kerucut *abrams*, per 1/3 dari kerucut *abrams* dan setiap bagian ditusuk sebanyak 8 kali dengan tongkat besi secara merata, lalu diratakan permukaanya.
e. Keadaan jenuh kering permukaan (SSD) tercapai bila kerucut *abrams* diangkat, agregat tersebut runtuh ± setengah sebagian (masih dalam keadaan tercetak). Apabila kerucut *abrams* diangkat kemudian agregat masih berdiri tegak (tidak ada keruntuhan), maka agregat tersebut belum mencapai kondisi SSD. Agregat bisa ditebarkan lagi secara merata di atas talam dan selanjutnya bisa dilakukan dengan tahapan yang sama seperti tahapan yang sudah dijelaskan sebelumnya, sampai agregat mencapai kondisi SSD.
f. Apabila agregat halus telah mencapai kondisi SSD, kemudian agregat tersebut tersebut ditimbang sebanyak 500 gram.
g. Setelah agregat halus ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam piknometer yang kosong.
h. Piknometer yang sudah berisi agregat halus kemudian diisi dengan air bersih sampai mencapai 90% isi piknometer.
i. Piknometer yang sudah diisi agregat halus dan air diputar ke kiri dan ke kanan sampai tidak terlihat gelembung-gelembung udara dalam agregat.
j. Setelah gelembung-gelembung keluar dari agregat, lalu ditambahkan air ke dalam piknometer sampai batas volume piknometer kemudian ditimbang dan dicatat hasilnya.

k. Agregat halus dikeluarkan dari piknometer kemudian agregat diletakkan ke dalam pan lalu dimasukkan ke dalam oven selama ±24 jam.
l. Piknometer yang telah kosong diisi dengan air sampai batas kapasitas volumenya, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya.
m. Setelah 24 jam, agregat dikeluarkan dari oven lalu ditimbang dan dicatat beratnya.
n. Dari hasil penimbangan yang sudah dicatat kemudian digunakan untuk menghitung berat jenis semu, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis curah, dan penyerapan air dengan persamaan berikut.

Berat Jenis Curah = $\frac{Bk}{B+500-Bt}$ (4.6)

Berat Jenis jenuh kering permukaan = $\frac{500}{B+500-Bt}$ (4.7)

Berat Jenis Semu = $\frac{Bk}{B+Bk-Bt}$ (4.8)

Penyerapan air = $\frac{500-Bk}{Bk} \times 100\%$ (4.9)

Keterangan:

Bk = berat benda uji kering oven (gram),

B = berat piknometer berisi air (gram),

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram),

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram).

2. Pengujian modulus halus butir agregat halus

Pengujian modulus halus butir agregat halus bertujuan untuk mengetahui klasifikasi agregat halus berdasarkan ukuran butirannya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan saringan berukuran 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan. Tahap-tahap pengujian modulus halus butir agregat halus adalah sebagai berikut.

a. Agregat halus yang digunakan adalah agregat halus kering mutlak sebanyak 2000 gram.
b. Saringan disusun dari lubang yang paling besar dari atas ke bawah. Dengan urutan saringan 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm dan pan.

c. Setelah saringan disusun, kemudian agregat halus dimasukkan ke dalam saringan langsung diayak/disaring dengan bantuan mesin pengguncang selama 10 – 15 menit.
d. Setelah agregat halus diayak, agregat yang tertahan di setiap saringan dikeluarkan dari saringan kemudian dimasukkan ke dalam pan sesuai dengan ukurannya.
e. Lalu agregat pada masing-masing pan ditimbang dan dicatat beratnya.
f. Dari hasil penimbangan yang sudah dicatat kemudian digunakan untuk menentukan gradasi dan menghitung modulus kehalusan butir (MHB) agregat yang digunakan. MHB dapat dihitung dengan Persamaan 4.10.

$$MHB = \frac{\sum Berat\ tertinggal\ kumulatif}{100} \quad (4.10)$$

3. Pengujian kandungan lumpur dalam agregat halus

Pengujian kadar lumpur dalam agregat halus bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat di dalam pasir yang akan digunakan dalam pembuatan beton. Jika suatu pasir mengandung lumpur terlalu banyak, maka pasir tersebut harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan dalam pembuatan beton. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan lumpur yang terdapat pada pasir, karena kandungan lumpur yang banyak pada pasir dapat mempengaruhi kualitas kekuatan beton tersebut. Tahap-tahap pengujian kandungan lumpur dalam agregat halus adalah sebagai berikut.

a. Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat halus dengan kondisi kering oven yang sudah ditimbang dan dicatat beratnya.
b. Agregat halus kering oven, kemudian disaring menggunakan saringan no. 200 dan dialirkan air di atasnya hingga air yang lolos dari saringan terlihat jernih.
c. Setelah air yang lolos terlihat jernih, agregat dikeluarkan dari saringan dan diletakkan ke dalam pan lalu dimasukkan ke dalam oven selama ±24 jam.
d. Setelah 24 jam, agregat dikeluarkan dari oven lalu ditimbang dan dicatat beratnya.

e. Dari hasil penimbangan yang sudah dicatat kemudian digunakan untuk menghitung persentase kadar lumpur dalam agregat dengan menggunakan persamaan 4.11.

$$Kadar\ lumpur = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4.11)$$

Keterangan:

W_1 = berat agregat kering oven (gram),

W_2 = berat agregat kering oven setelah dicuci (gram).

4. Pengujian berat isi padat agregat halus

Pengujian berat isi padat agregat halus bertujuan untuk menentukan berat isi padat agregat halus berdasarkan berat volume. Tahap-tahap pengujian berat isi padat agregat halus adalah sebagai berikut.

a. Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat halus dalam kondisi SSD.
b. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan cetakan berbentuk silinder. Cetakan silinder diukur terlebih dahulu diameter dan tinggi di bagian dalam cetakan serta ditimbang lalu dicatat dimensi dan beratnya.
c. Pengujian berat isi padat, agregat halus dimasukkan dalam cetakan silinder per 1/3 dari tinggi silinder dan setiap bagian dipadatkan sebanyak 25 kali dengan tongkat besi secara merata, lalu permukaan atasnya diratakan.
d. Setelah cetakan terisi penuh volumenya oleh agregat, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya.

5. Pengujian berat isi gembur agregat halus

Pengujian berat isi gembur agregat halus bertujuan untuk menentukan berat isi gembur agregat halus berdasarkan berat volume. Tahap-tahap pengujian berat isi gembur agregat halus adalah sebagai berikut.

a. Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat halus dalam kondisi SSD.
b. Pengujian ini menggunakan cetakan berbentuk silinder. Cetakan silinder diukur diameter dan tinggi di bagian dalam cetakan serta ditimbang lalu dicatat dimensi dan beratnya.

c. Pengujian berat isi gembur, agregat halus dimasukkan ke dalam cetakan silinder sampai penuh tanpa pemadatan lalu permukaan atasnya diratakan.
d. Setelah terisi penuh volume tersebut oleh agregat halus, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya.

4.5 PERENCANAAN CAMPURAN BETON (*MIX DESIGN*)

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

1. Kuat tekan beton rencana (f'c) pada umur 28 hari

   Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 50 MPa.
2. Nilai deviasi standar (S)

   Nilai deviasi standar yang digunakan berdasarkan dari Tabel 3.4 adalah sebesar 7 Mpa yaitu tingkat pengendalian mutu pekerjaan jelek karena belum mempunyai pengalaman sebelumnya.
3. Nilai tambah

   Nilai tambah dapat dihitung menggunakan persamaan 3.1. Dari persamaan 3.1, maka didapat

   M = 1,64 x 7 = 11,48 MPa ≈ 12 MPa
4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f'cr) menggunakan persamaan 3.2, maka

   f'cr = f'c + M

   = 50 + 12

   = 62 MPa
5. Jenis semen telah ditetapkan, semen portland komposit.
6. Jenis agregat halus yang digunakan yaitu alami, menggunakan pasir merapi.
7. Jenis agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah clereng berukuran maksimal 20 mm.
8. Nilai faktor air semen

   Faktor air semen ditentukan menggunakan Tabel 3.5 dan Gambar 3.1. Tabel tersebut menunjukkan hubungan jenis semen, jenis agregat kasar, dan bentuk

benda uji terhadap umur beton, sehingga dapat ditentukan kuat tekan maksimum yang dapat dihasilkan. Setelah kuat tekan beton ditentukan dari tabel tersebut, maka dapat dicari nilai faktor air semen menggunakan grafik pada Gambar 3.1.

9. Nilai faktor air semen maksmimum

   Nilai faktor air semen maksimum didapatkan dari Tabel 3.6 dengan jenis pembetonan yaitu beton di dalam ruang bangunan dengan keadaan keliling non korosif yaitu nilai faktor air maksimum 0,6 dan jumlah semen minimum 275 kg/m^3.

10. Nilai *slump*

    Tinggi *slump* perencanaan ditetapkan sebesar 30-60 mm.

11. Ukuran besar butir agregat maksmimum

    Ukuran besar butir agregat maksimum yang digunakan yaitu 20 mm.

12. Kadar air bebas

    Kadar air bebas ditentukan dari Tabel 3.10 dengan ukuran agregat maksimumnya adalah sebesar 20 mm, selanjutnya didapatkan perkiraan jumlah air untuk agregat kasar dan agregat halus, setelah itu kadar air bebas dicari menggunakan persamaan 3.3.

13. Kebutuhan semen

    Jumlah kebutuhan semen dapat dihitung menggunakan persamaan 3.4.

14. Kebutuhan semen yang digunakan

    Setelah menghitung kebutuhan semen dengan persamaan 3.4, maka perlu dicari kebutuhan semen minimum dengan melihat Tabel 3.7, Tabel 3.8. Jika kebutuhan semen yang diperoleh dari cara pertama ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum (cara kedua), maka kebutuhan semen yang digunakan adalah nilai terbesar dari kedua cara tersebut.

15. Persentase agregat halus dan kasar

    Persentase jumlah agregat ditentukan oleh besarnya ukuran maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Persentase jumlah agregat halus dapat dilihat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3 atau Gambar 3.4.

16. Berat jenis SSD agregat gabungan.

    Berat jenis relatif gabungan agregat halus dan agregat kasar dapat ditentukan setelah didapatkan hasil uji agregat halus dan agregat kasar di laboratorium. Setelah didapat angka pada berat jenis agregat halus dan agregat kasar, kemudian berat jenis agregat gabungan dapat dihitung menggunakan persamaan 3.5.

17. Berat isi beton

    Berat isi beton basah ditentukan dengan grafik pada Gambar 4.16 yaitu dengan memasukkan angka berat jenis gabungan agregat dan kadar air bebas yang sebelumnya sudah ditentukan.

18. Proporsi campuran beton

    Proporsi campuran yang dihitung adalah proporsi campuran kebutuhan material penyusun beton. Proporsi agregat halus dapat dicari menggunakan persamaan 3.6 dan untuk menghitung proporsi agregat kasar dapat digunakan persamaan 3.7.

Setelah melakukan tahapan di atas, maka akan diketahui proporsi campuran kebutuhan beton yang akan digunakan.

4.6 PEMBUATAN BENDA UJI

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebegai berikut.

1. Menyiapkan bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji beton terlebih dahulu.
2. Setelah bahan dan alat-alat telah disiapkan, kemudian dilakukan pemeriksaan material yang akan digunakan agar mutu beton yang direncanakan mencapai kekuatan maksimal yang sesuai dengan mutu rencana. Pemeriksaan yang dilakukan adalah pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air, pengujian modulus halus butir, pengujian kandungan lumpur dalam agregat halus, dan pengujian berat volume agregat.
3. Setelah pemeriksaan terhadap material dilakukan, kemudian melakukan perencanaan campuran beton (*mix design*).

4. Menimbang bahan yang dibutuhkan sesuai dengan proporsi campuran yang telah direncanakan.
5. Kemudian menyiapkan mesin pengaduk beton (molen).
6. Agregat kasar dan agregat halus dituang ke dalam molen agar tercampur terlebih dahulu.
7. Setelah agregat tercampur, kemudian semen dimasukkan ke dalam molen.
8. Kemudian air yang telah tercampur dengan variasi *admixture* AM 78 dituangkan ke dalam molen sedikit demi sedikit dalam adukan beton segar. Penuangan air dilakukan sesuai dengan kebutuhan yang telah dihitung atau sesuai variasi pengurangan kadar air yang telah ditentukan. Penuangan air dilakukan dengan menuang 60 – 70% dari jumlah air tersebut terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar adukan beton dapat merata terlebih dahulu setelah itu sisanya dituangkan sebagai pengencer agar dapat menjaga kualitas adukan beton.
9. Penambahan material bahan tambah dapat dilakukan sesuai dengan proporsi yang telah direncanakan sebelumnya. Untuk beton mutu tinggi, serbuk limbah kaca dapat dimasukkan setelah seluruh semen dimasukkan dan sebelum ditambahkan seluruh air yang sudah tercampur dengan *admixture* AM 78. Setelah bahan penyusun beton tersebut tercampur secara merata kemudian dilakukan uji *slump*.
10. Pada uji *slump*, adukan beton yang telah dituang di atas talam kemudian dimasukkan ke dalam kerucut Abrams secara bertahap setiap 1/3 bagian. Setelah adukan beton mencapai setiap 1/3 bagian, kemudian ditusuk dengan tongkat besi sebanyak 25 kali terlebih dahulu secara merata. Setelah semua bagian mendapatkan jumlah tusukan yang sama, kemudian permukaan teratas adukan beton diratakan dan adukan beton tersebut didiamkan selama kurang lebih 30 detik. Selanjutnya kerucut Abrams diangkat secara vertikal dengan hati-hati agar campuran beton tidak runtuh. Kemudian kerucut Abrams diletakkan di samping adukan beton yang telah dicetak dan dapat dilakukan pengukuran tinggi *slump* dengan menggunakan penggaris.

11. Apabila nilai *slump* telah diketahui, adukan beton langsung dimasukkan ke dalam cetakan yang telah disiapkan dengan cara memasukkan adukan beton setiap 1/3 bagian tinggi cetakan, kemudian ditusuk sebanyak 25 kali secara merata sampai penuh. Selain dengan ditumbuk, pemadatan juga dilakukan dengan palu karet yang dipukulkan pada bagian luar dinding cetakan.
12. Kemudian permukaan beton diratakan dengan cetok agar permukaan menjadi rata.
13. Setelah itu tunggu selama 1 jam awal, lalu dilakukan pengambilan air yang keluar dari beton (*bleeding*) menggunakan pipet. Jumlah air *bleeding* dicatat.
14. Setelah 24 jam, cetakan dibuka dengan hati-hati dan sampel beton diberi kode agar tidak tertukar dengan sampel lain.
15. Benda uji dirawat dengan cara direndam dalam air selama 26 hari.
16. Setelah benda uji mencapai umur 27 hari, kemudian diangkat dari air rendaman dan dibersihkan benda uji dari kotoran yang menempel dengan kain lap. Setelah itu keringkan benda uji selama 24 jam sebelum pengujian kuat tekan.

4.7 PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Pengujian kuat beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton pada setiap benda uji. Tahap-tahap pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut.

1. Peralatan dan benda uji yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian kuat tekan.
2. Kemudian benda uji ditimbang dan diukur dimensinya.
3. Setelah itu, permukaan atas benda uji dilakukan pelapisan (*capping)* dengan mortar belerang.
4. Selanjutnya benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris. Lalu mesin dijalankan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm^2 per detik.
5. Dilakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan dicatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian kuat tekan.

Perletakkan benda uji pada pengujian kuat desak dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut ini.



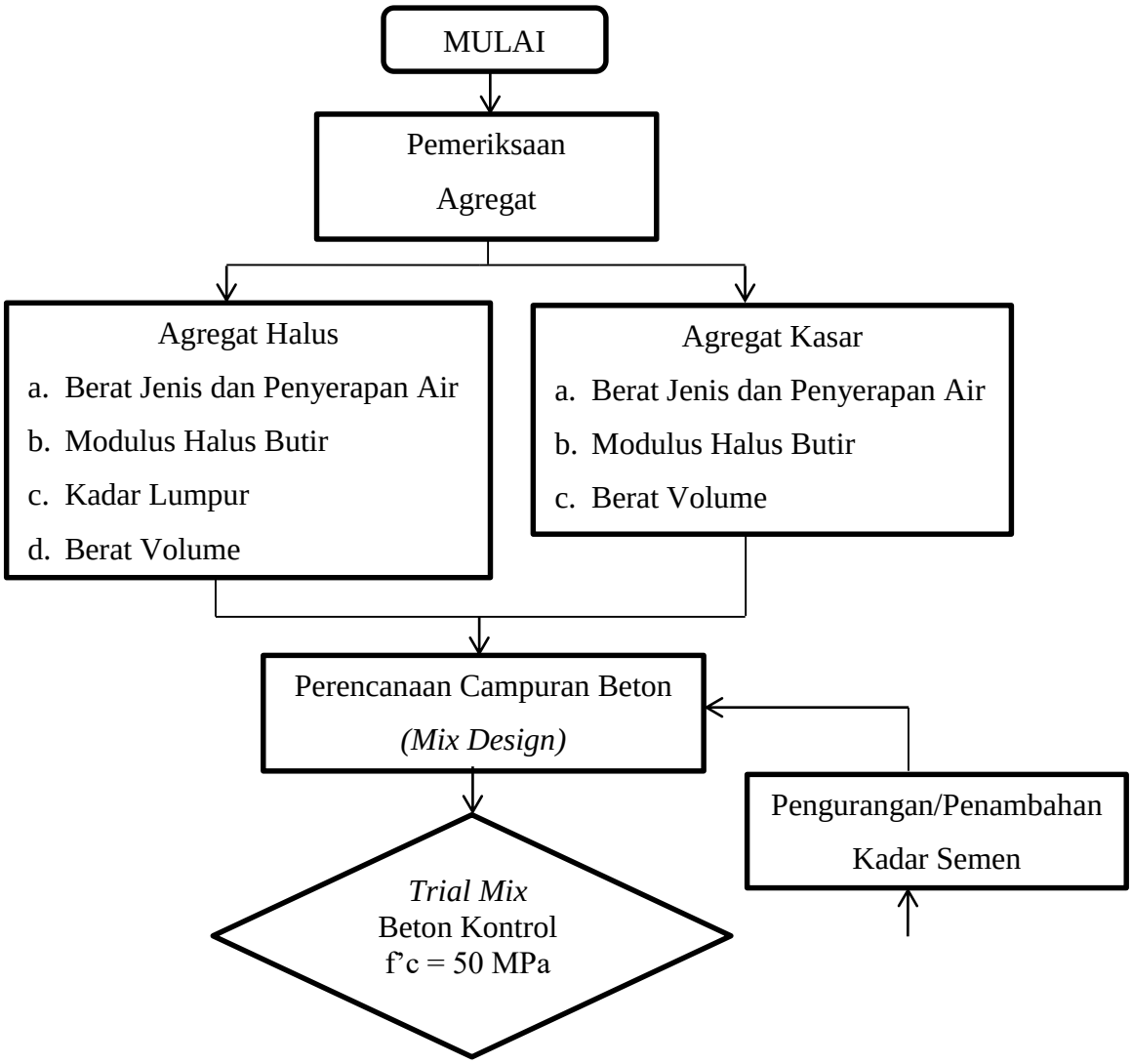
Gambar 4.15 Perletakkan Benda Uji pada Pengujian Kuat Desak Beton

4.8 PENGOLAHAN DATA

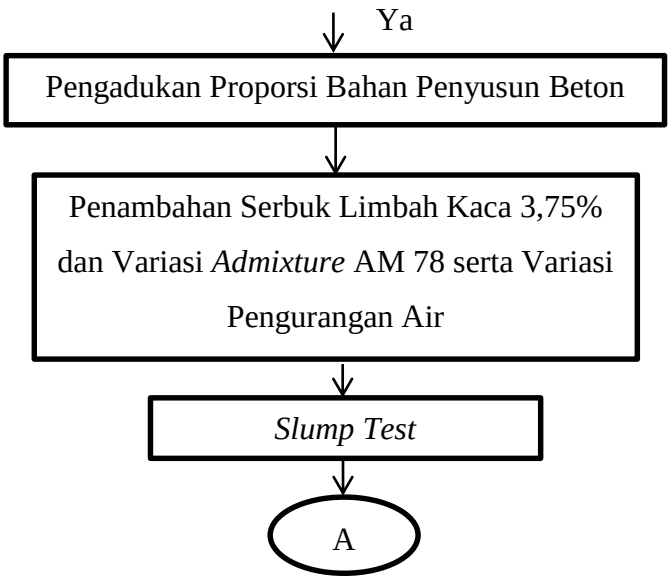
Setelah melakukan pengujian benda uji, kemudian didapatkan hasil pengujian yang masih berupa data kasar. Data-data kasar yang didapatkan kemudian diolah lebih lanjut untuk mengetahui hubungan antar satu pengujian dengan pengujian yang lainnya, sehingga akan menghasilkan pengaruh penambahan serbuk limbah kaca dan variasi AM 78 serta variasi pengurangan air terhadap kuat tekan beton. Pengolahan data yang dilakukan menggunakan bantuan program komputer yaitu *Software Microsoft Excel*.

4.9 BAGAN ALIR PENELITIAN

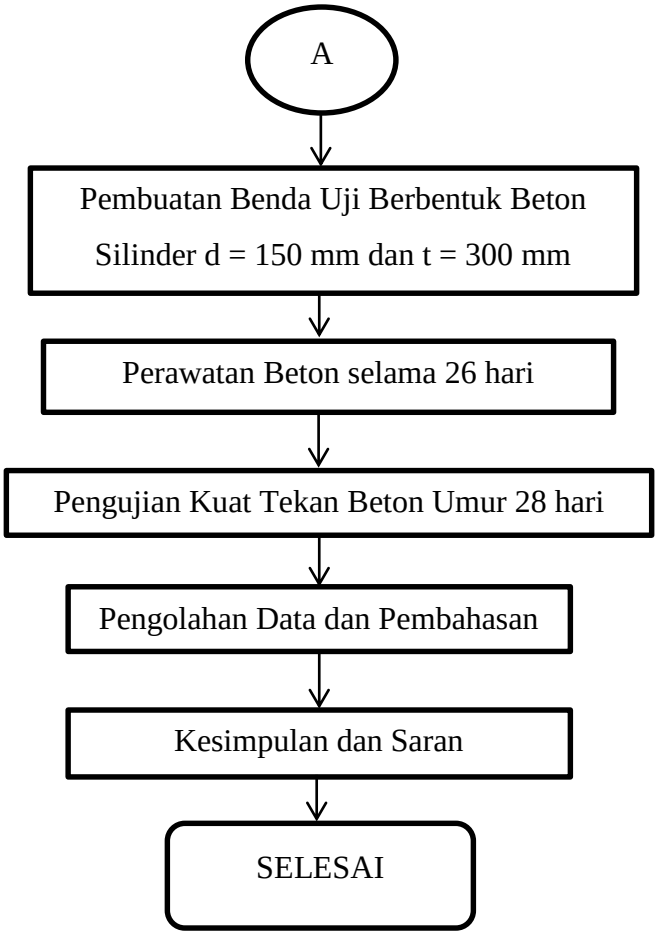
Penelitian yang bersifat ilmiah harus dilakukan secara sistematis atau urutan kerja yang jelas dan teratur, sehingga didapatkan hasil yang baik, maksimal, dan dapat dipertanggungjawabkan. Adapun *flowchart* tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut ini.


MULAI
Pemeriksaan
Agregat
Agregat Halus
a. Berat Jenis dan Penyerapan Air
b. Modulus Halus Butir
c. Kadar Lumpur
d. Berat Volume
Agregat Kasar
a. Berat Jenis dan Penyerapan Air
b. Modulus Halus Butir
c. Berat Volume
Perencanaan Campuran Beton
(Mix Design)
Pengurangan/Penambahan
Kadar Semen
Trial Mix
Beton Kontrol
f'c = 50 MPa

Tidak



Gambar 4.16 Flowchart Tahapan Penelitian



Lanjutan Gambar 4.16 *Flowchart* Tahapan Penelitian

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 UMUM

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian material penyusun beton dan pengujian kuat tekan beton. Pengujian meterial penyusun beton yang dilakukan yaitu pengujian agregat kasar dan agregat halus. Pengujian meterial dilakukan untuk mengetahui karakteristik atau sifat-sifat fisik material yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton, sedangkan pengujian kekuatan beton dilakukan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton.

5.2 PENGUJIAN AGREGAT KASAR

Pengujian agregat kasar yang dilakukan adalah untuk mengetahui sifat agregat yang akan digunakan sebagai material penyusun beton. Agregat kasar merupakan salah satu material penyusun beton dengan persentase paling besar dibandingkan material penyusun beton yang lainnya. Sifat agregat kasar mempunyai pengaruh besar terhadap kekuatan beton. Pengujian agregat kasar yang dilakukan adalah pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian modulus halus butir agregat kasar, pengujian berat isi gembur agregat kasar dan pengujian berat isi padat agregat kasar. Hasil dari setiap pengujian agregat kasar dapat dilihat pada sub sub bab berikut ini.

5.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dilakukan untuk mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat kasar. Data pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	4812	4798	4805
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3057	3068	3062,5
Berat jenis curah, (Bk/Bj- Ba)	2,477	2,483	2,480
Berat jenis jenuh kering muka, (Bj/Bj- Ba)	2,573	2,588	2,580
Berat jenis semu, (Bk/Bk- Ba)	2,742	2,773	2,757
Penyerapan air, (Bj - Bk)/Bk x 100%	3,907	4,210	4,058

Hasil pengujian berat jenis agregat kasar menunjukan nilai berat jenis jenuh kering mukanya adalah sebesar 2,58. Angka berat jenis agregat kasar yang didapatkan pada pengujian ini berada di antara 2,5 – 2,7, jadi agregat kasar yang digunakan memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton. Nilai berat jenis agregat kasar digunakan untuk menghitung berat jenis SSD agregat gabungan dalam perencanaan campuran beton (*mix design).*

5.2.2 Modulus Halus Butir

Pengujian modulus halus butir dilakukan untuk mengklasifikasikan agregat kasar berdasarkan kekasaran butirannya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan saringan berukuran 38 mm; 19 mm; 9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan. Hasil pengujian modulus halus butir agregat kasar data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Lampiran 1.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	17	0,34	0,34	99,66
10	2649	52,98	53,32	46,68
4,8	2334	46.68	100	3
2,4	0	0	100	0
1,2	0	0	100	0
0,6	0	0	100	0

Lanjutan Tabel 5.2 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
0,3	0	0	100	0
0,15	0	0	100	0
Pan	0	0	0	0
Jumlah	5000	100	653,66	-

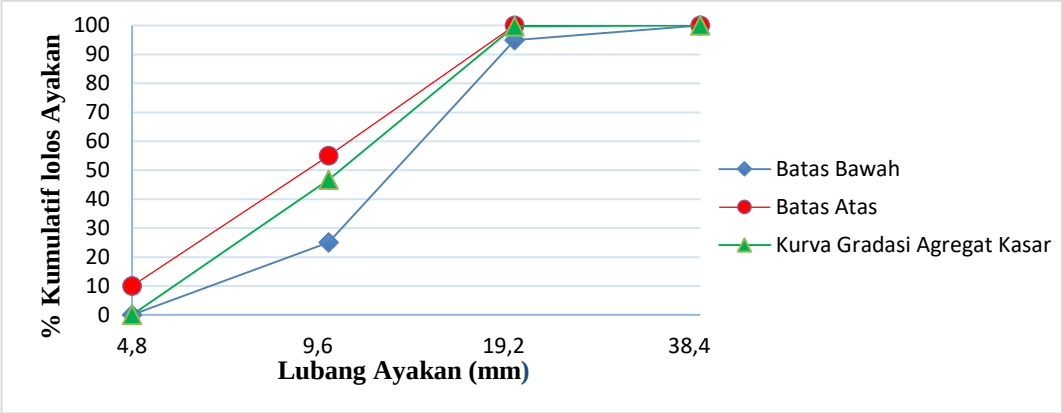
Berdasarkan data dari Tabel 5.2, maka dapat dihitung nilai modulus halus butir agregat kasar dengan persamaan 4.5 adalah sebagai berikut.

$$\textit{Modulus Halus Butir} = \frac{653{,}66}{100} = 6{,}536$$

Nilai modulus halus butir yang didapatkan adalah sebesar 6,536. Hal ini dapat diketahui bahwa agregat kasar memiliki butir yang agak besar dan nilai Modulus halus butir yang didapatkan telah memenuhi syarat pada umumnya antara 5 – 8. Pada pengujian modulus halus butir ini tidak sesuai SNI 03-1968-1990 tentang Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus karena tidak menggunakan saringan No. 200 dengan lubang ayakan sebesar 0,075 mm. Oleh sebab itu, nilai modulus halus butir yang didapatkan akan berbeda dari yang sebelumnya karena berubahnya berat tertinggal kumulatif pada hasil pengujian tersebut.

Hasil pengujian modulus halus butir dapat digunakan untuk menentukan daerah gradasi pada agregat kasar. Gradasi agregat kasar yang dihasilkan dari pengujian modulus halus butir berada pada gradasi daerah II, yaitu gradasi dengan

jenis besar butir maksimum 20 mm. Grafik dari hasil pengujian modulus halus butir agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Gradasi Agregat Kasar

5.2.3 Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi agregat kasar dibagi menjadi dua macam, yaitu pengujian berat isi gembur dan berat isi padat. Pengujian berat isi gembur dilakukan untuk mengetahui angka berat isi gembur agregat kasar sedangkan pengujian berat isi padat dilakukan untuk mengetahui berat isi padat agregat kasar. Hasil pengujian berat isi gembur dan padat agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4, serta data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1), Gram	10687
Berat tabung + Agregat kering tungku (W2), Gram	17121
Berat agregat, (W3) Gram	6434
Volume tabung (V)	5301,438
Berat isi gembur = W3 / V, Gram/cm^3	1,214

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1), Gram	10687
Berat tabung + Agregat kering tungku (W2), Gram	18127
Berat agregat, (W3) Gram	7440
Volume tabung (V)	5301,438
Berat Isi Padat = W3 / V, Gram/cm^3	1,403

Hasil pengujian berat isi gembur agregat kasar dari Tabel 5.3 didapatkan angka sebesar 1,214 gram/cm^3, sedangkan berat isi padat agregat kasar dari Tabel 5.4 didapatkan angka sebesar 1,403 gram/cm^3.

Berdasarkan hasil pengujian berat isi gembur dan padat agregat kasar diatas yaitu agregat kasar yang digunakan cukup baik untuk bahan penyusun beton. Hal tersebut dapat dilihat bahwa selisih antara berat isi gembur dengan berat isi padat tidak cukup jauh, yaitu sebesar 0,189 gr/cm^3, sehingga agregat kasar yang digunakan memiliki gradasi yang baik. Pengujian berat volume bertujuan untuk mempermudah perhitungan campuran beton dengan cara menimbang agregat dengan ukuran volume.

5.3 PENGUJIAN AGREGAT HALUS

Pengujian agregat halus bertujuan untuk mengetahui sifat fisik agregat halus yang akan digunakan sebagai material penyusun beton. Sifat atau karakteristik agregat halus juga mempunyai pengaruh besar terhadap kekuatan beton. Pengujian yang dilakukan pada agregat halus meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian modulus halus butir, pengujian kandungan lumpur, pengujian berat isi gembur agregat halus dan pengujian berat isi padat agregat kasar. Hasil dari setiap pengujian agregat halus dapat dilihat pada sub sub bab berikut ini.

5.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus bertujuan untuk memperoleh angka berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air pada agregat halus. Hasil analisis pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian		
	sampel 1	sampel 2	rata-rata
berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	452,2	457,8	455

berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
berap piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1041,6	1040,5	1041,05
berat piknometer berisi air, gram (B)	734,2	733,5	733,35

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian		
	sampel 1	sampel 2	rata-rata
berat jenis curah (Bk/(B +500- Bt))	2,348	2,382	2,366
berat jenis kering muka (500/(B +500- Bt))	2,596	2.604	2,600
berat jenis semu, Bk/(B +Bk- Bt)	3,123	3,056	3,090
Penyerapan air, (500 - Bk)/Bk x 100%)	10,571	9, 218	9, 894

Hasil pengujian berat jenis agregat halus pada tabel di atas dapat dilihat nilai berat jenis jenuh kering mukanya adalah sebesar 2,6. Angka berat jenis agregat halus yang didapatkan pada pengujian ini yaitu diantara 2,5 – 2,7. Jadi, agregat halus yang digunakan telah memenuhi syarat sebagai bahan penyusun beton. Nilai berat jenis agregat halus digunakan untuk menghitung berat jenis SSD agregat gabungan dalam perencanaan campuran beton (*mix design).*

5.3.2 Modulus Halus Butir

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk mengklasifikasikan agregat halus berdasarkan kehalusan butirannya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan saringan berukuran 4,8 mm; 2,4 mm; 1,20 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan. Hasil pengujian modulus halus butirnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	**Berat Tertinggal (gram)**	**Berat Tertinggal (%)**	**Berat Tertinggal Kumulatif (%)**	**Persen Lolos Kumulatif (%)**
40	0	0	0	0
20	0	0	0	0
10	0	0	0	100
4,8	7,7	0,385	0,385	99.615
2,4	176,3	8,815	9,200	90.800
1,2	395,6	19,780	2,980	71.020
0,6	510,8	25,540	54,520	45.480

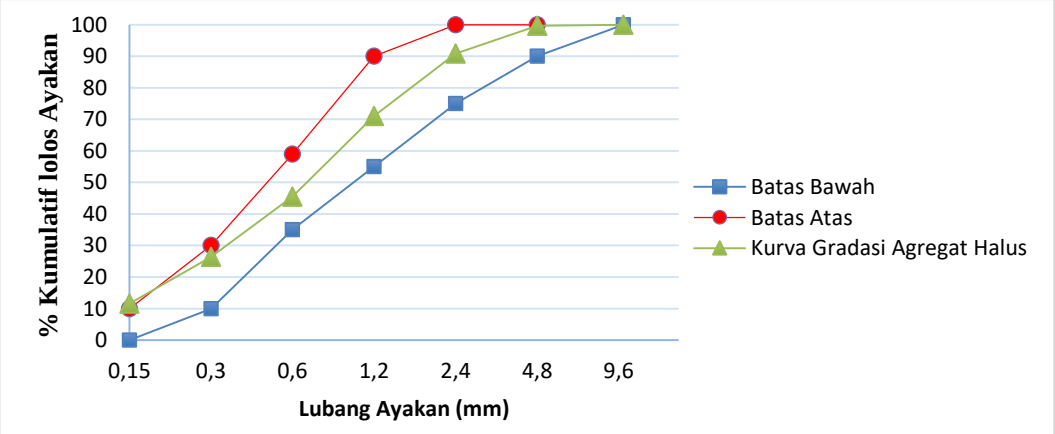
0,3	382,4	19,120	73,640	26.360
0,15	295,4	14,770	88,410	11.590
Pan	231,8	11,590	0	0
Jumlah	2000	100	255.135	-

Berdasarkan data dari Tabel 5.6, maka dapat dihitung nilai modulus halus butir dengan persamaan 4.10 sebagai berikut:

$$\textit{Modulus Halus Butir} = \frac{255{,}135}{100} = 2{,}551$$

Dari perhitungan di atas didapatkan angka modulus halus butirnya adalah sebesar 2,551. Angka tersebut memenuhi persyaratan SNI 03-1750-1990 yang mengatakan bahwa agregat halus yang cukup baik harus memiliki modulus kehalusan butir antara 1,5 – 3,8. Pada pengujian modulus halus butir seharusnya menggunakan metode SNI 03-1968-1990 tentang Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus karena pada pengujian ini tidak menggunakan saringan No. 200 dengan lubang ayakan sebesar 0,075mm. Oleh sebab itu, modulus halus butir yang didapatkan akan berbeda dari yang sebelumnya, karena berubahnya berat tertinggal kumulatif pada hasil pengujian tersebut.

Hasil pengujian modulus halus butir digunakan untuk menentukan daerah gradasi agregat. Gradasi agregat halus yang dihasilkan dari pengujian modulus halus butir, berada pada gradasi daerah II yaitu gradasi dengan jenis pasir agak kasar. Hasil dari pengujian modulus halus butir agregat halus digambarkan sebuah grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus

5.3.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kandungan lumpur dilakukan untuk mengetahui nilai kandungan lumpur dalam pasir yang akan digunakan. Data pengujian kandungan lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian	
	sampel 1	Sampel 2
Berat Pasir kering mutlak (W1), Gram	500	500
Berat Pasir setelah dicuci dan dioven lagi, (W2) Gram	478,6	477,7
berat lumpur (W3)	21,4	22,3
Kadar lumpur %	4,28	4,46
Kadar lumpur rata - rata %	4,37	

Pengujian kandungan lumpur agregat halus menghasilkan nilai kadar lumpur rata-ratanya sebesar 4,37%. Agregat halus yang bisa digunakan untuk bahan bangunan menurut SNI 03-4428-1997 adalah agregat halus yang memiliki kandungan lumpur tidak lebih dari 5%.

5.3.4 Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi agregat halus dibagi menjadi dua macam, yaitu pengujian berat isi gembur dan berat isi padat. Pengujian berat isi gembur bertujuan untuk mengetahui angka berat isi gembur agregat halus, sedangkan berat isi padat bertujuan untuk mengetahui berat isi padat agregat halus. Hasil pengujian berat isi gembur dan padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9, serta data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung + Agregat kering tungku (W2), Gram	19171

Berat agregat, (W3) Gram	7844
Volume tabung (V)	5301,438
Berat isi gembur = W3 / V , Gram/cm3	1,480

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung + Agregat kering tungku (W2), Gram	20282
Berat agregat, (W3) Gram	8955
Volume tabung (V)	5301,438
Berat isi padat = W3 / V , Gram/cm3	1,689

Pengujian berat isi agregat halus dari Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 menunjukan angka berat isi gembur agregat kasar adalah sebesar 1,480 gram/cm^3, dan berat isi padat agregat halus adalah sebesar 1,689 gram/cm^3.

Hasil pengujian berat isi gembur dan padat agregat kasar dari Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 menunjukan bahwa gradasi agregat halus yang digunakan cukup baik untuk bahan penyusun beton. Hal itu dikarenakan selisih antara berat isi gembur dengan berat isi padat tidak cukup jauh, yaitu sebesar 0,209 gr/cm^3. Pengujian berat volume digunakan untuk mempermudah perhitungan campuran beton dengan cara menimbang agregat dengan ukuran volume.

5.4 PERENCANAAN CAMPURAN BETON

Perencanaan campuran beton (*mix design*) bertujuan untuk mengetahui proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton yang direncanakan. Pada penelitian ini, perencanaan campuran beton *(mix design)* menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Data yang digunakan untuk perencanaan campuran adalah data agregat yang telah diuji dengan nilai yang sudah dijelaskan pada sub sub bab sebelumnya. Mutu beton rencana yang digunakan adalah sebesar 50 MPa. Perencanaan campuran beton yang telah dilakukan sesuai dengan tahapan yang telah dijelaskan pada bab 3 dalam sub bab 3.4 dan data selengkapnya dari perencanaan campuran beton yang telah dilakukan dapat dilihat pada Lampiran 2.

Perencanaan campuran beton tersebut menghasilkan kebutuhan campuran material penyusun beton. Adapun hasil kebutuhan material penyusun beton untuk

satu meter kubik dari perencanaan dari perencanaan beton yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Kebutuhan Material Penyusun Beton per m^3

Campuran	Semen (kg/m^3)	Agregat Kasar (kg/m^3)	Agregat Halus (kg/m^3)	Air (kg/m^3)
Beton Kontrol	612,9	1041,915	513,182	190

Kebutuhan bahan penyusun beton yang direncanakan ditambahkan sebesar 15%, yaitu untuk menjamin kecukupan pada volume campuran. Volume campuran beton yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Volume Campuran Beton

Benda Uji	Diameter (m)	Tinggi (m)	Volume (m^3)	Volume + Penambahan 15% (m^3)
Beton silinder	0,15	0,30	0,0053014	0,0060966

5.5 PERCOBAAN CAMPURAN UJI (*TRIAL MIX)*

Percobaan campuran uji dilakukan untuk mengetahui apakah *mix design* yang telah direncanakan dapat mencapai mutu beton rencana sebesar 50 MPa atau tidak. Pada percobaan ini dilakukan dengan membuat beton uji coba terlebih dahulu sebanyak 3 sampel beton kontrol berdasarkan proporsi campuran yang telah dihitung. Setelah beton uji coba berumur 14 hari, kemudian beton tersebut diuji kuat tekan dengan hasil kuat tekannya dikonversi ke kuat tekan beton pada umur 28 hari. Jika hasil kuat tekan beton dengan proporsi campuran yang telah dihitung tidak mencapai 50 MPa, maka ditambahkan semen secara terkontrol pada proporsi campuran sampai kuat tekan beton yang diuji mencapai 50 MPa. Setelah mutu beton rencana tercapai, kemudian benda uji dibuat secara keseluruhan sesuai dengan proporsi campuran yang sudah ditentukan. Proporsi 3 sampel uji coba sesuai dengan proporsi hasil *mix design* dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5.12 Proporsi Campuran 3 Sampel Uji Coba

Benda Uji	Jumlah	Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Air (kg)	Faktor Air Semen
BK	3	11,210	19,057	9,386	3,475	0,31

Nilai *slump* yang didapatkan dari campuran beton kontrol adalah sebesar 5 mm, selanjutnya campuran beton tersebut dituangkan ke dalam cetakan. Setelah kurang lebih 24 jam cetakan beton tersebut dibuka, kemudian beton tersebut dirawat dengan direndam di dalam air sampai beton berumur 13 hari, lalu diangkat dari dalam air untuk dikeringkan. Setelah beton berumur 14 hari, kemudian beton tersebut diuji kuat tekannya. Adapun hasil kuat tekan beton yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Kontrol Uji Coba

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rerata
1	Kuat Tekan Rencana (MPa)	50	50	50	50
2	Kuat Tekan Umur 14 Hari (MPa)	47,104	47,404	44,478	46,329
3	Kuat Tekan Konversi ke 28 Hari (MPa)	53,528	53,868	50,543	52,646

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, kuat tekan beton kontrol setelah dikonversi ke umur 28 hari telah memenuhi syarat kuat tekan yang direncanakan yaitu kuat tekan yang didapatkan adalah sebesar 52,646 MPa. Oleh karena itu *mix design* yang telah dibuat dapat dijadikan pedoman dan digunakan untuk membuat sampel benda uji secara keseluruhan tanpa penambahan kadar semen. Pemilihan admixture AM 78 dilakukan berdasarkan hasil uji *trial mix* yang pernah digunakan, karena penambahan *admixture* AM 78 dengan serbuk limbah kaca dapat meningkatkan kuat tekan beton yang melebihi dari kuat tekan rencana dibandingkan jenis-jenis *admixture* yang pernah digunakan. Jenis-jenis *admixture* yang pernah digunakan pada uji *trial mix* dengan campuran penambahan serbuk limbah kaca antara lain Sikament NN, Bestmittel, dan Glenium 8085.

Penelitian selanjutnya dilakukan secara keseluruhan dengan setiap variasi dibuat 3 sampel beton untuk diuji kuat tekannya. Proporsi campuran material penyusun beton normal dengan 3 sampel beton dapat dilihat pada Tabel 5.12,

sedangkan campuran material penyusun beton pada setiap variasi dengan 3 sampel beton dapat dilihat pada Tabel 5.14 sampai Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.14 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Tanpa Pengurangan Air

Nomor/ Kode Benda Uji	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Serbuk Kaca (kg)	AM 78 (kg)	Faktor Air Semen
A1-P1	11,210	3,475	19,057	9,386	0,420	0,067	0,31
A2-P1	11,210	3,475	19,057	9,386	0,420	0,090	0,31
A3-P1	11,210	3,475	19,057	9,386	0,420	0,112	0,31
A4-P1	11,210	3,475	19,057	9,386	0,420	0,135	0,31
A5-P1	11,210	3,475	19,057	9,386	0,420	0,157	0,31

Keterangan:

A1-P1 = Beton dengan AM 78 0,6% dan tanpa pengurangan kadar air

A2-P1 = Beton dengan AM 78 0,8% dan tanpa pengurangan kadar air

A3-P1 = Beton dengan AM 78 1% dan tanpa pengurangan kadar air

A4-P1 = Beton dengan AM 78 1,2% dan tanpa pengurangan kadar air

A5-P1 = Beton dengan AM 78 1,4% dan tanpa pengurangan kadar air

Tabel 5.15 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 5%

Nomor/ Kode Benda Uji	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Serbuk Kaca (kg)	AM 78 (kg)	Faktor Air Semen
A1-P2	11,210	3,301	19,057	9,386	0,420	0,067	0,295
A2-P2	11,210	3,301	19,057	9,386	0,420	0,090	0,295
A3-P2	11,210	3,301	19,057	9,386	0,420	0,112	0,295
A4-P2	11,210	3,301	19,057	9,386	0,420	0,135	0,295
A5-P2	11,210	3,301	19,057	9,386	0,420	0,157	0,295

Keterangan:

A1-P2 = Beton dengan AM 78 0,6% dan pengurangan kadar air 5%

A2-P2 = Beton dengan AM 78 0,8% dan pengurangan kadar air 5%

A3-P2 = Beton dengan AM 78 1% dan pengurangan kadar air 5%

A4-P2 = Beton dengan AM 78 1,2% dan pengurangan kadar air 5%

A5-P2 = Beton dengan AM 78 1,4% dan pengurangan kadar air 5%

Tabel 5.16 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 10%

Nomor/ Kode Benda Uji	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Serbuk Kaca (kg)	AM 78 (kg)	Faktor Air Semen
A1-P3	11,210	3,128	19,057	9,386	0,420	0,067	0,279
A2-P3	11,210	3,128	19,057	9,386	0,420	0,090	0,279
A3-P3	11,210	3,128	19,057	9,386	0,420	0,112	0,279
A4-P3	11,210	3,128	19,057	9,386	0,420	0,135	0,279
A5-P3	11,210	3,128	19,057	9,386	0,420	0,157	0,279

Keterangan:

A1-P3 = Beton dengan AM 78 0,6% dan pengurangan kadar air 10%

A2-P3 = Beton dengan AM 78 0,8% dan pengurangan kadar air 10%

A3-P3 = Beton dengan AM 78 1% dan pengurangan kadar air 10%

A4-P3 = Beton dengan AM 78 1,2% dan pengurangan kadar air 10%

A5-P3 = Beton dengan AM 78 1,4% dan pengurangan kadar air 10%

Tabel 5.17 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 15%

Nomor/ Kode Benda Uji	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Serbuk Kaca (kg)	AM 78 (kg)	Faktor Air Semen
A1-P4	11,210	2,954	19,057	9,386	0,420	0,067	0,264
A2-P4	11,210	2,954	19,057	9,386	0,420	0,090	0,264
A3-P4	11,210	2,954	19,057	9,386	0,420	0,112	0,264
A4-P4	11,210	2,954	19,057	9,386	0,420	0,135	0,264
A5-P4	11,210	2,954	19,057	9,386	0,420	0,157	0,264

Keterangan:

A1-P4 = Beton dengan AM 78 0,6% dan pengurangan kadar air 15%

A2-P4 = Beton dengan AM 78 0,8% dan pengurangan kadar air 15%

A3-P4 = Beton dengan AM 78 1% dan pengurangan kadar air 15%

A4-P4 = Beton dengan AM 78 1,2% dan pengurangan kadar air 15%

A5-P4 = Beton dengan AM 78 1,4% dan pengurangan kadar air 15%

Tabel 5.18 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 20%

Nomor/ Kode Benda Uji	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Serbuk Kaca (kg)	AM 78 (kg)	Faktor Air Semen
A1-P5	11,210	2,780	19,057	9,386	0,420	0,067	0,248
A2-P5	11,210	2,780	19,057	9,386	0,420	0,090	0,248
A3-P5	11,210	2,780	19,057	9,386	0,420	0,112	0,248
A4-P5	11,210	2,780	19,057	9,386	0,420	0,135	0,248
A5-P5	11,210	2,780	19,057	9,386	0,420	0,157	0,248

Keterangan:

A1-P5 = Beton dengan AM 78 0,6% dan pengurangan kadar air 20%

A2-P5 = Beton dengan AM 78 0,8% dan pengurangan kadar air 20%

A3-P5 = Beton dengan AM 78 1% dan pengurangan kadar air 20%

A4-P5 = Beton dengan AM 78 1,2% dan pengurangan kadar air 20%

A5-P5 = Beton dengan AM 78 1,4% dan pengurangan kadar air 20%

Tabel 5.19 Proporsi Campuran Material Penyusun Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 25%

Nomor/ Kode Benda Uji	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Serbuk Kaca (kg)	AM 78 (kg)	Faktor Air Semen
A1-P6	11,210	2,606	19,057	9,386	0,420	0,067	0,233
A2-P6	11,210	2,606	19,057	9,386	0,420	0,090	0,233
A3-P6	11,210	2,606	19,057	9,386	0,420	0,112	0,233
A4-P6	11,210	2,606	19,057	9,386	0,420	0,135	0,233
A5-P6	11,210	2,606	19,057	9,386	0,420	0,157	0,233

Keterangan:

A1-P6 = Beton dengan AM 78 0,6% dan pengurangan kadar air 25%

A2-P6 = Beton dengan AM 78 0,8% dan pengurangan kadar air 25%

A3-P6 = Beton dengan AM 78 1% dan pengurangan kadar air 25%

A4-P6 = Beton dengan AM 78 1,2% dan pengurangan kadar air 25%

A5-P6 = Beton dengan AM 78 1,4% dan pengurangan kadar air 25%

5.6 HASIL PENGUJIAN *SLUMP*

Nilai *slump* yang direncanakan pada penelitian ini adalah sebesar 30-60 mm, karena beton dalam penelitian ini dikategorikan sebagai beton mutu tinggi, sehingga air yang digunakan jumlahnya sedikit. Penelitian yang dilakukan pada beton normal didapatkan nilai *slump* yang sangat rendah yaitu sebesar 5 mm, sehingga adukan beton menjadi lebih sulit untuk dikerjakan. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai *slump* yang lebih tinggi dari yang direncanakan, bahan penyusun beton dapat dilakukan dengan penambahan variasi *admixture* AM 78 pada saat pengadukan beton.

Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan variasi *admixture* AM 78 pada setiap variasi pengurangan kadar air karena penambahan *admixture* AM 78 dapat mengurangi pemakaian air dengan jumlah tertentu (*water reducer*). Hasil pengujian nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.3 berikut ini.

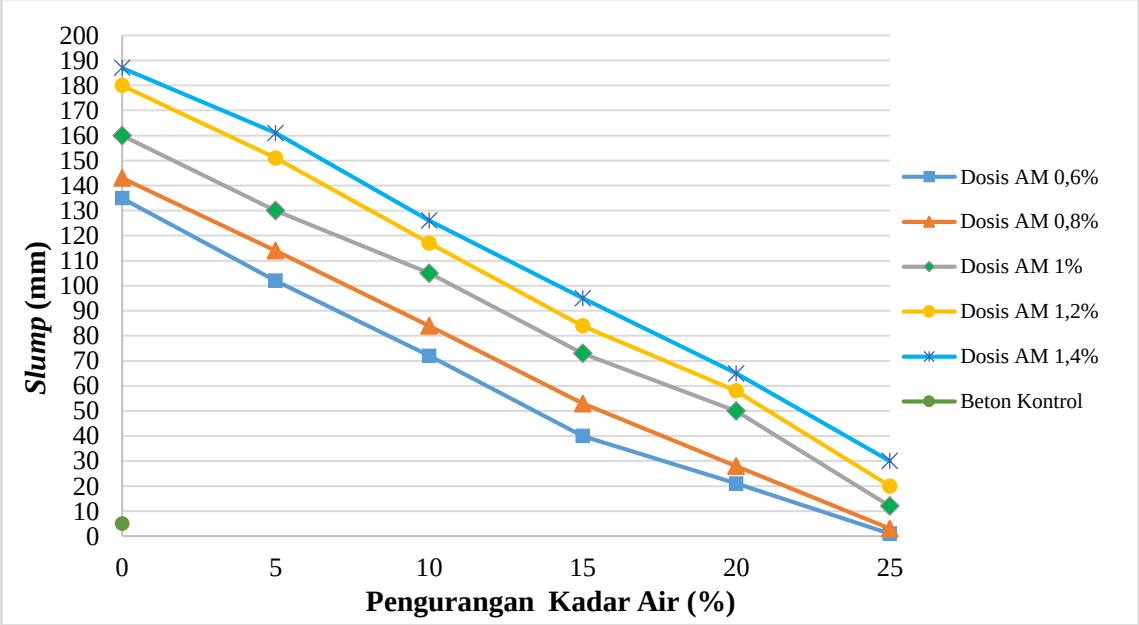
Tabel 5.20 Hasil Nilai *Slump* pada Setiap Variasi

No	Nomor/ Kode Benda Uji	Faktor Air Semen	*Slump* (mm)
1	BK	0,310	5
2	A1-P1	0,310	135
3	A2-P1	0,310	143
4	A3-P1	0,310	160
5	A4-P1	0,310	180
6	A5-P1	0,310	187
7	A1-P2	0,295	102
8	A2-P2	0,295	114
9	A3-P2	0,295	130
10	A4-P2	0,295	151
11	A5-P2	0,295	161
12	A1-P3	0,279	72
13	A2-P3	0,279	84
14	A3-P3	0,279	105
15	A4-P3	0,279	117
16	A5-P3	0,279	126

17	A1-P4	0,264	40
18	A2-P4	0,264	53
19	A3-P4	0,264	72
20	A4-P4	0,264	85
21	A5-P4	0,264	95
22	A1-P5	0,248	20

Lanjutan Tabel 5.20 Hasil Nilai *Slump* pada Setiap Variasi

No	Nomor/ Kode Benda Uji	Faktor Air Semen	*Slump* (mm)
23	A2-P5	0,248	28
24	A3-P5	0,248	50
25	A4-P5	0,248	58
26	A5-P5	0,248	60
27	A1-P6	0,233	1
28	A2-P6	0,233	3
29	A3-P6	0,233	12
30	A4-P6	0,233	20
31	A5-P6	0,233	30



Gambar 5.3 Grafik Nilai *Slump* pada Seluruh Variasi Campuran

Tabel 5.20 dan Gambar 5.3 menunjukkan bahwa campuran beton dengan penambahan *admixture* AM 78 menjadikan nilai *slump* menjadi lebih tinggi daripada nilai *slump* pada campuran beton kontrol, sehingga *workability* pada

adukan beton menjadi lebih baik. Selain itu, campuran beton dengan penambahan *admixture* AM 78 dengan variasi pengurangan kadar air sebesar 25% menjadikan nilai *slump* menjadi lebih rendah, sehingga *workability* menjadi rendah seperti pada campuran adukan beton kontrol.

Hasil pengamatan pada penelitian ini dapat diketahui dengan penambahan *admixture* AM 78 yang terlalu banyak mengakibatkan hidrasi menjadi lambat, sehingga beton tidak kering dalam waktu 24 jam. Hal ini ditunjukan pada campuran beton dengan variasi penambahan *admixture* AM 78 sebesar 1,4% dan tanpa pengurangan kadar air yaitu pada kode benda uji A5-P1.

5.7 HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur benda uji 28 hari. Pengujian ini dilakukan pada seluruh benda uji dengan jumlahnya sebanyak 93 buah. Benda uji pada penelitian ini berbentuk silinder beton masing-masing 3 sampel dari setiap variasi. Sebelum pengujian dilakukan, pada bagian atas benda uji diberi kaping dengan belerang agar permukaan bidang tekan menjadi rata sehingga beban yang diterima dapat terdistribusi secara merata. Perhitungan kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan 3.18. Setelah itu, hasil kuat tekan beton yang didapatkan disajikan pada Tabel 5.21 sampai Tabel 5.27 dan Gambar 5.4 sampai Gambar 5.9, serta data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Kontrol

Benda Uji		Dimensi Benda Uji		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan Beton (f'c) (MPa)	Kuat Tekan Beton Rerata (MPa)
		diameter (mm)	tinggi (mm)			
Kode	No					
BK	1	151	300	13,130	50,961	50,176
	2	150	301	12,916	49,866	
	3	150	300	12,872	49,702	

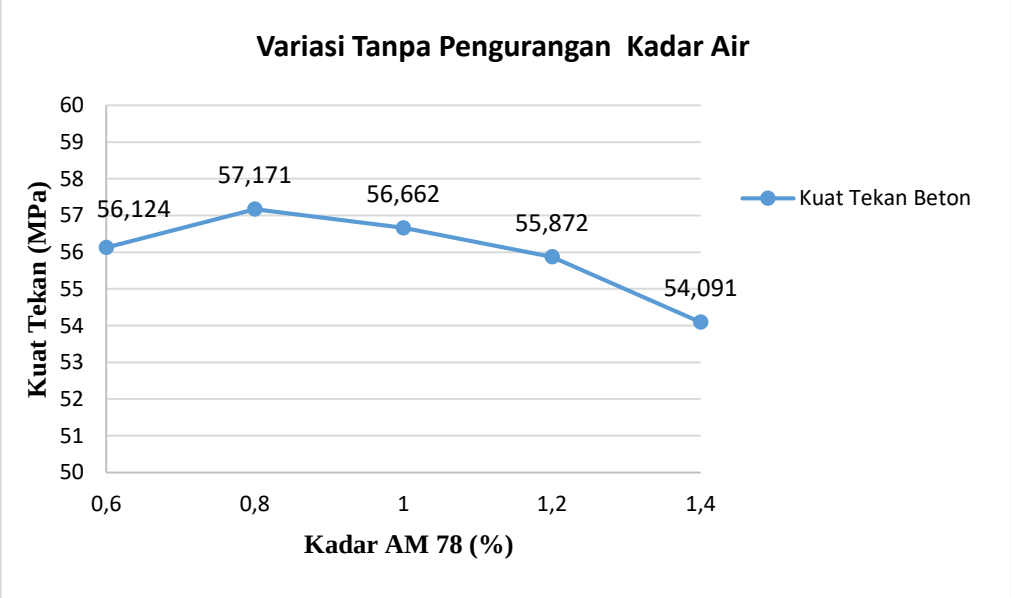
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Tanpa Pengurangan Kadar Air

Benda Uji		Dimensi Benda Uji		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan Beton (f'c) (MPa)	Kuat Tekan Beton Rerata (f'c)
		diameter (mm)	tinggi (mm)			
Kode	No					

						(MPa)
A1-P1	1	152	302	13,239	55,963	56,124
	2	152	302	13,225	57,539	
	3	151	303	13,145	54,870	

Lanjutan Tabel 5.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Tanpa Pengurangan Kadar Air

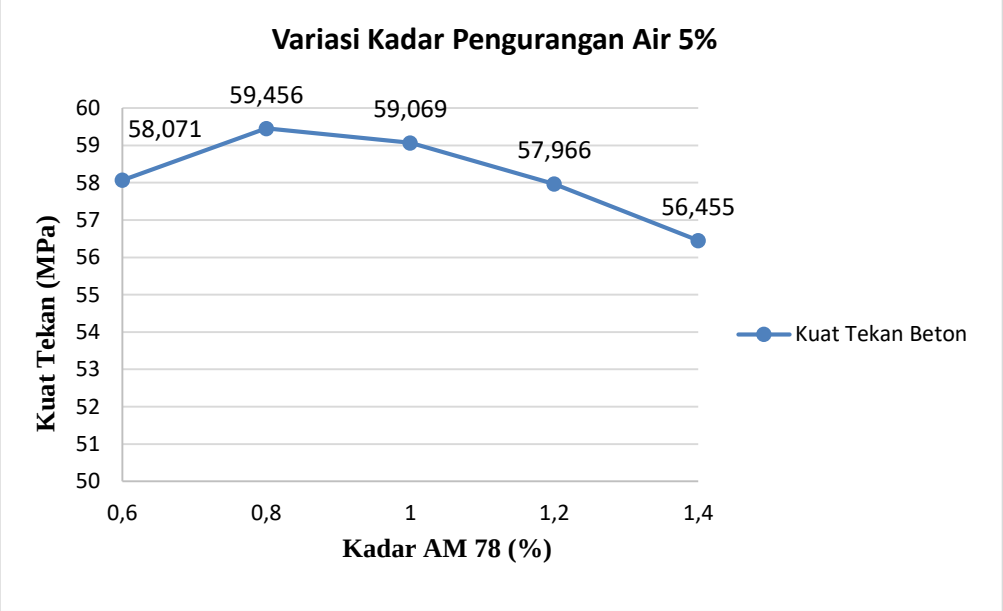
Benda Uji		Dimensi Benda Uji		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan Beton (f'c) (MPa)	Kuat Tekan Beton Rerata (f'c) (MPa)
Kode	No	diameter (mm)	tinggi (mm)			
A2-P1	1	152	303	13,254	56,928	57,171
	2	150	303	12,990	56,996	
	3	153	302	13,290	57,589	
A3-P1	1	151	302	12,980	56,428	56,662
	2	151	300	13,241	56,640	
	3	151	303	13,200	56,919	
A4-P1	1	150	302	13,225	54,687	55,872
	2	151	300	13,254	57,053	
	3	150	302	13,352	55,875	
A5-P1	1	150	302	13,378	54,959	54,091
	2	150	301	13,240	52,786	
	3	151	299	12,950	54,529	



Gambar 5.4 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Tanpa Pengurangan Kadar Air

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 5%

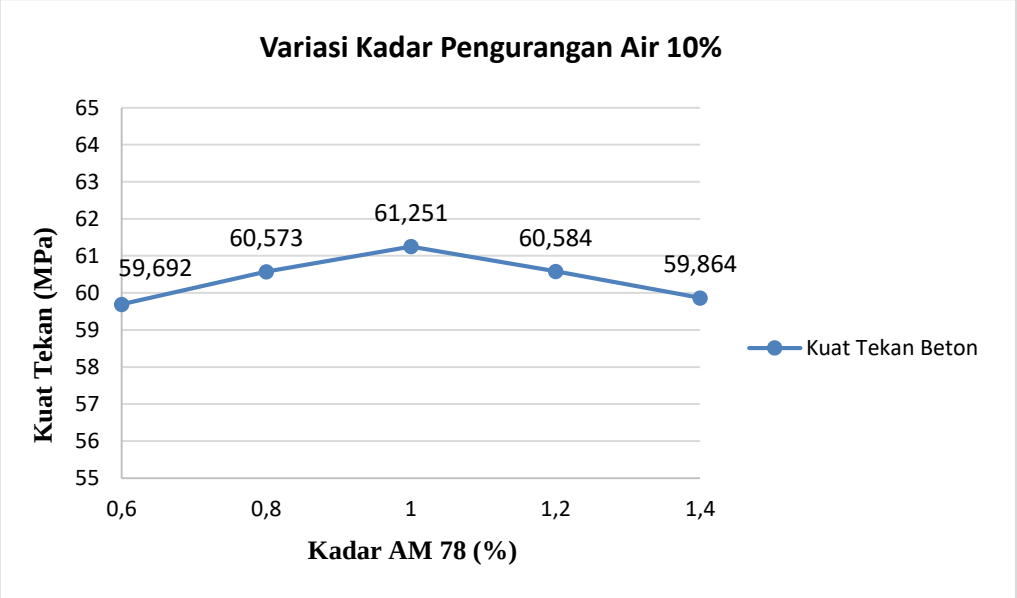
Benda Uji		Dimensi Benda Uji		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan Beton (f'c) (MPa)	Kuat Tekan Beton Rerata (f'c) (MPa)
Kode	No	diameter (mm)	tinggi (mm)			
A1-P2	1	151	302	13,125	58,097	58,071
	2	150	302	13,247	58,761	
	3	151	301	13,260	57,355	
A2-P2	1	151	303	13,314	59,627	59,456
	2	151	301	13,127	59,951	
	3	151	303	13,240	58,790	
A3-P2	1	150	301	13,216	59,124	59,069
	2	151	303	13,198	59,706	
	3	150	303	13,232	58,377	
A4-P2	1	152	304	13,251	56,575	57,966
	2	150	301	12,987	58,790	
	3	151	303	13,217	58,533	
A5-P2	1	150	301	12,988	56,498	56,455
	2	151	300	13,133	56,271	
	3	151	300	13,282	56,595	



Gambar 5.5 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 5%

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 10%

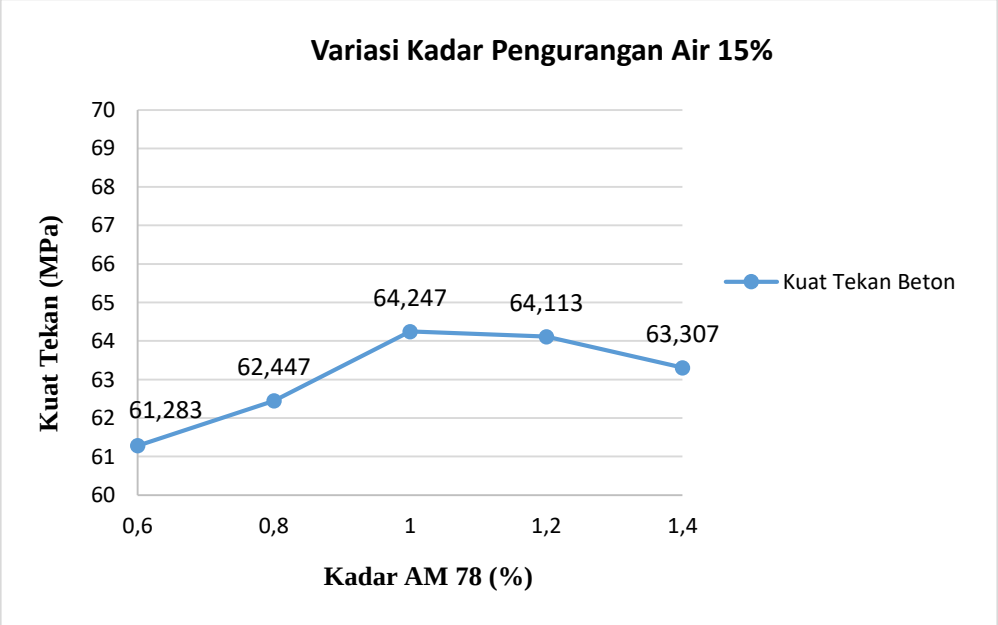
Benda Uji		Dimensi Benda Uji		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan Beton (f'c) (MPa)	Kuat Tekan Beton Rerata (f'c) (MPa)
Kode	No	diameter (mm)	tinggi (mm)			
A1-P3	1	150	304	13,313	59,027	59,692
	2	151	304	13,090	59,404	
	3	150	301	13,135	60,646	
A2-P3	1	150	301	13,181	61,862	60,573
	2	151	303	13,152	59,683	
	3	151	302	13,220	60,175	
A3-P3	1	151	304	13,215	61,900	61,251
	2	150	303	13,142	60,974	
	3	151	304	13,314	60,878	
A4-P3	1	150	300	13,230	59,056	60,584
	2	150	303	13,181	61,563	
	3	151	302	13,290	61,135	
A5-P3	1	151	300	13,024	57,774	59,864
	2	150	300	13,231	60,238	
	3	150	302	13,122	61,580	



Gambar 5.6 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 10%

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 15%

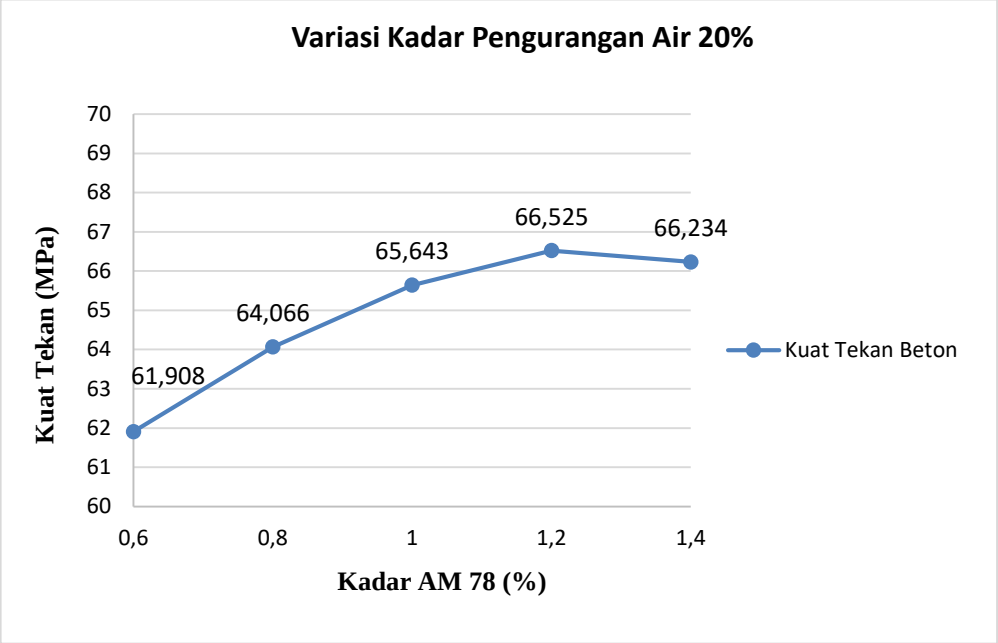
Benda Uji		Dimensi Benda Uji		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan Beton (f'c) (MPa)	Kuat Tekan Beton Rerata (f'c) (MPa)
Kode	No	diameter (mm)	tinggi (mm)			
A1-P4	1	150	302	13,091	60,244	61,283
	2	151	303	12,985	60,169	
	3	150	302	12,970	63,436	
A2-P4	1	152	302	12,872	62,681	62,447
	2	151	302	13,351	63,816	
	3	150	302	13,050	60,844	
A3-P4	1	151	303	13,236	64,625	64,247
	2	150	303	13,138	63,860	
	3	150	301	13,089	64,256	
A4-P4	1	151	303	13,132	63,307	64,113
	2	151	303	12,932	64,279	
	3	151	302	13,201	64,754	
A5-P4	1	151	301	13,116	61,867	63,307
	2	152	300	12,913	62,631	
	3	150	301	13,171	65,422	



Gambar 5.7 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 15%

Tabel 5.26 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 20%

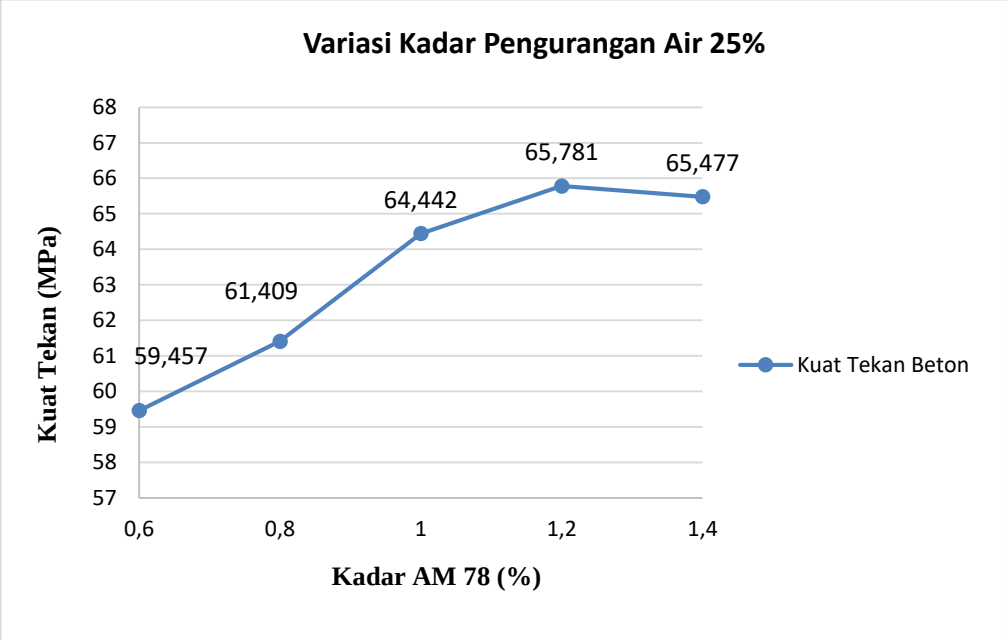
Benda Uji		Dimensi Benda Uji		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan Beton (f'c) (MPa)	Kuat Tekan Beton Rerata (f'c) (MPa)
Kode	No	diameter (mm)	tinggi (mm)			
A1-P5	1	150	302	13,081	63,028	61,908
	2	150	302	12,849	60,985	
	3	151	301	12,916	61,710	
A2-P5	1	150	300	13,056	64,590	64,066
	2	152	302	12,866	63,667	
	3	150	303	12,891	63,939	
A3-P5	1	152	303	12,959	66,048	65,643
	2	151	301	12,865	65,055	
	3	151	300	13,132	65,826	
A4-P5	1	150	300	13,156	67,487	66,525
	2	152	301	13,234	64,334	
	3	151	301	13,028	67,752	
A5-P5	1	152	300	13,001	64,891	66,234
	2	152	302	12,917	65,673	
	3	150	300	12,776	68,138	



Gambar 5.8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 20%

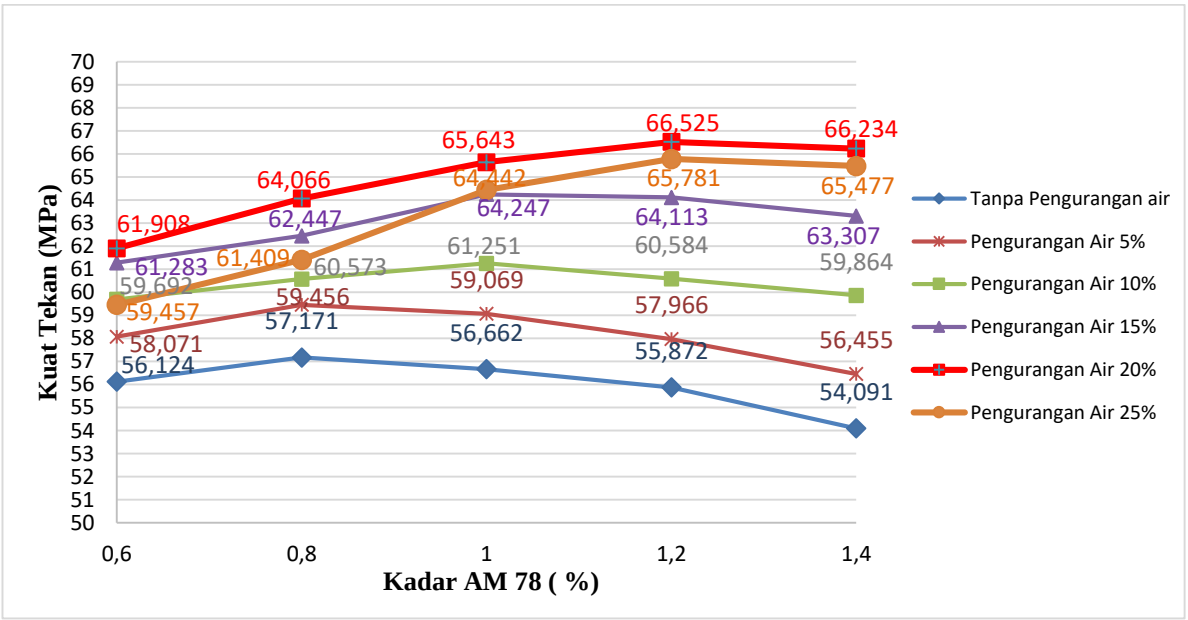
Tabel 5.27 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 25%

Benda Uji		Dimensi Benda Uji		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan Beton (f'c) (MPa)	Kuat Tekan Beton Rerata (f'c) (MPa)
Kode	No	diameter (mm)	tinggi (mm)			
A1-P6	1	150	300	12,955	58,993	59,457
	2	151	301	12,879	58,695	
	3	151	301	13,137	60,683	
A2-P6	1	150	300	13,198	61,223	61,409
	2	151	302	13,188	61,883	
	3	152	301	12,891	61,121	
A3-P6	1	150	302	13,129	66,112	64,442
	2	152	301	13,121	63,034	
	3	151	302	13,008	64,179	
A4-P6	1	151	303	13,215	65,770	65,781
	2	150	302	13,198	65,592	
	3	151	301	13,132	65,982	
A5-P6	1	150	300	13,014	66,910	65,477
	2	151	302	13,217	64,592	
	3	152	300	12,968	64,929	

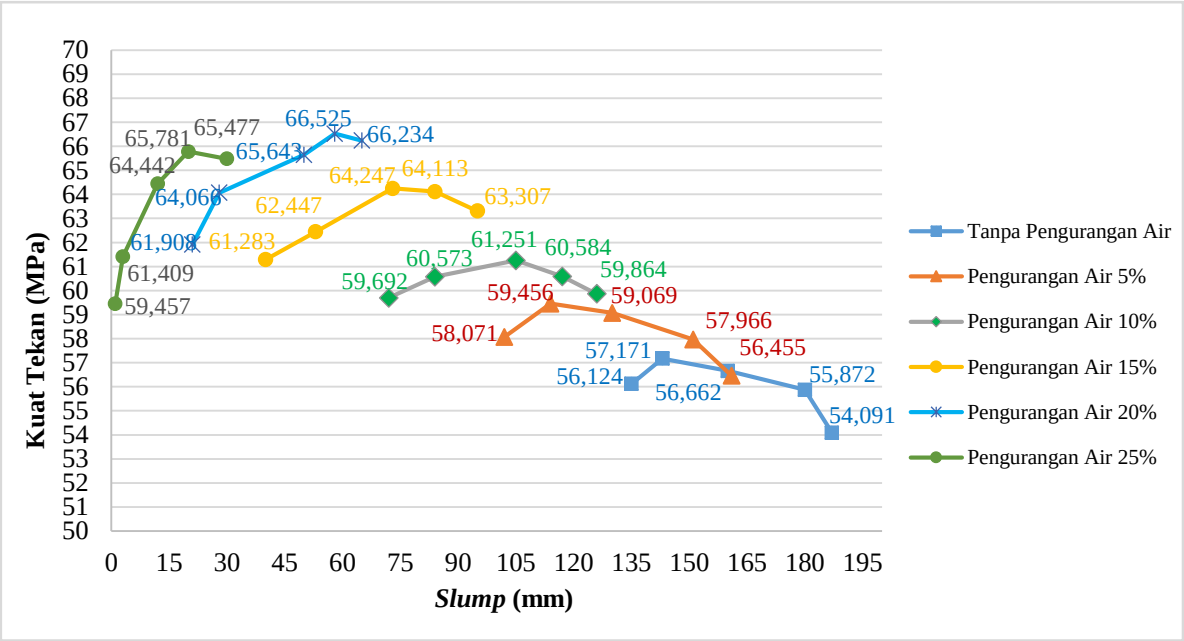


Gambar 5.9 Grafik Hasil Analisis Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Kadar AM 78 dan Pengurangan Kadar Air 25%

Grafik dari hasil pengujian kuat tekan beton dari seluruh variasi campuran dan grafik hubungan hasil kuat tekan beton dengan nilai *slump* dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan 5.11 berikut ini.



Gambar 5.10 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton pada Seluruh Variasi Pengurangan Kadar Air dan Variasi Dosis AM 78



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Hasil Kuat Tekan Beton dengan Nilai *Slump*

Hasil dari presentase peningkatan kuat tekan beton umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut ini.

Tabel 5.28 Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Kode Benda Uji	Kadar Pengurangan Air (%)	Fas	Kadar AM 78 (%)	Kuat Tekan Rerata Beton (MPa)	Persentase Peningkatan Kuat Tekan Rerata Beton (%)
A1-P1	0	0,31	0,6	56,124	11,854
A2-P1			0,8	57,171	13,941
A3-P1			1	56,662	12,927
A4-P1			1,2	55,872	11,352
A5-P1			1,4	54,091	7,803
A1-P2	5	0,295	0,6	58,071	15,735
A2-P2			0,8	59,456	18,495
A3-P2			1	59,069	17,723
A4-P2			1,2	57,966	15,525
A5-P2			1,4	56,455	12,513
A1-P3	10	0,279	0,6	59,692	18,966
A2-P3			0,8	60,573	20,722
A3-P3			1	61,251	22,072
A4-P3			1,2	60,584	20,744

A5-P3			1,4	59,864	19,307
A1-P4	15	0,264	0,6	61,283	22,136
A2-P4			0,8	62,447	24,455
A3-P4			1	64,247	28,043
A4-P4			1,2	64,113	27,777
A5-P4			1,4	63,307	26,169
A1-P5	20	0,248	0,6	61,908	23,381
A2-P5			0,8	64,066	27,682
A3-P5			1	65,643	30,825
A4-P5			1,2	66,525	32,582
A5-P5			1,4	66,234	32,004
A1-P6	25	0,233	0,6	59,457	18,497
A2-P6			0,8	61,409	22,388
A3-P6			1	64,442	28,431
A4-P6			1,2	65,781	31,101
A5-P6			1,4	65,477	30,495

Berdasarkan Tabel 5.28 di atas menunjukkan bahwa penambahan serbuk limbah kaca serta variasi penambahan AM 78 dan pengurangan kadar air dalam campuran beton dapat mempengaruhi peningkatkan pada kuat tekan. Hal tersebut karena penambahan serbuk limbah kaca dapat mengisi rongga-rongga yang kosong pada beton, sehingga beton tersebut menjadi lebih padat.

Penambahan variasi *admixture* AM 78 dari berat semen pada penelitian ini berfungsi untuk memperencer adukan beton akibat nilai fas yang kecil. Selain dilakukannya penambahan *admixture* AM 78, pada penelitian ini juga dilakukan variasi pengurangan kadar air terhadap kebutuhan air beton normal. Variasi penambahan *admixture* AM 78 dan pengurangan kadar air bertujuan untuk memperoleh kadar optimum dari masing-masing variasi, sehingga dapat menghasilkan kuat tekan beton yang optimum. Pada Tabel 5.28 menunjukan hasil optimum penambahan AM 78 sebesar 1,2% dan pengurangan kadar air sebesar 20% atau pada kode benda uji A4-P5 dengan kuat tekannya adalah sebesar 66,525 Mpa dan persentase peningkatan kuat tekan beton yang dihasilkan cukup tinggi yaitu sebesar 32,582% dari beton normal. Selain itu, pada Tabel 5.28 dapat diketahui kuat tekan beton terendah terdapat pada penambahan AM 78 sebesar 1,4 % dan tanpa pengurangan kadar air atau pada kode benda uji A5-P1 dengan kuat

tekannya adalah sebesar 54,091 dan persentase peningkatan kuat tekan betonnya adalah sebesar 7,803% atau tetap lebih tinggi dari sampel beton normal. Hal ini dikarenakan penambahan AM 78 yang berlebihan yaitu sebesar 1,4% dan tanpa pengurangan kadar air, sehingga air yang berlebih menyebabkan adukan beton menjadi sangat encer dan membuat proses pengerasan pada beton menjadi lama. Akibat pengerasan yang lama, beton tidak dapat dikeluarkan dari cetakan dalam waktu 24 jam, sehingga membutuhkan waktu yang lebih untuk mengeluarkan beton dari cetakan.

Berdasarkan Gambar 5.10 hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi penambahan *admixture* AM 78 dengan variasi pengurangan kadar air sebesar 25% mengakibatkan kuat tekan beton menjadi turun. Hal ini terjadi karena beton sulit untuk dikerjakan dan dipadatkan sehingga menjadikan beton tidak padat secara sempurna. Menurut Abrams (1919) menyatakan bahwa jika faktor air semen yang digunakan rendah, air yang sedikit tidak mampu mengikat jumlah semen yang lebih banyak sehingga semen yang digunakan tidak bereaksi secara sempurna. Hal tersebut mengakibatkan *workability* menjadi rendah sehingga mempengaruhi kuat tekan beton. Menurut Tjokrodimulyo (1992), yaitu jika faktor air semen terlalu rendah, maka adukan beton sulit untuk dipadatkan. Oleh karena itu, ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimal.

Pada pelaksanaan pembuatan campuran beton, nilai *slump* sangat mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan (*workability),* dan dapat mempengaruhi kekuatan beton. Oleh karena itu, untuk medapatkan kuat tekan yang lebih tinggi maka perlu juga mempertahankan workabilitasnya agar tidak terjadi permasalahan yang dihadapi pada pelaksanaan pengecoran dilapangan. Pengamatan *workability* beton dilapangan pada umumnya dilakukan dengan *slump test.* Menururt Koehler (2003), yaitu nilai *slump* pada *high strenght concrete* yang baik berada diantara 80 mm sampai 150 mm dengan memiliki nilai faktor air semen yang minimal dan cukup untuk memberikan *workability* tertentu, sehingga tidak dibutuhkan pemadatan yang berlebih. Akan tetapi, nilai *slump* pada campuran kuat tekan beton optimum pada penelitian ini yang didapatkan sebesar 58 mm. Hal ini menunjukan nilai *slump* pada campuran kuat tekan beton optimum

tidak termasuk pada *workability* yang baik, sehingga apabila diimplementasikan di lapangan akan membutuhkan pemadatan yang berlebih. Oleh karena itu, dapat dicari alternatif campuran beton yang lain pada nilai *slump* dengan *workability* yang baik dan kuat tekan beton yang dihasilkan mendekati kuat tekan beton optimum. Nilai *slump* dan kuat tekan beton tersebut dapat dilihat dari Tabel 5.20 dan Tabel 5.28, yaitu pada penambahan AM 78 sebesar 1,2% dari berat semen dan pengurangan kadar air sebesar 15% dari kebutuhan air beton normal dengan nilai *slump* sebesar 85 mm dan kuat tekan betonnya sebesar 64,113 MPa. Hal ini dapat diketahui bahwa nilai *slump* pada campuran beton tersebut termasuk nilai *slump* dengan *workability* yang baik dan kuat tekan betonnya masih termasuk kuat tekan beton mutu tinggi, oleh karena itu campuran beton tersebut dapat dapat digunakan dan diimplementasikan dilapangan.

BAB VI
SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka penelitian ini didapatkan beberapa simpulan adalah sebagai berikut ini.

1. Seluruh variasi pada penelitian ini memenuhi kuat tekan rencana, yaitu sebesar 50 Mpa. Penambahan serbuk limbah kaca sebesar 3,75% dari berat semen digunakan sebagai *filler* pada seluruh variasi sampel, yang bertujuan untuk mengisi rongga-rongga kosong pada beton.
2. Penambahan Adiwasesa Mandiri (AM) 78 ke dalam campuran beton bertujuan untuk memperencer adukan beton akibat nilai fas yang kecil. Nilai *slump* terbesar yang didapatkan adalah 187 mm yaitu pada penambahan AM 78 sebesar 1,4% dan tanpa pengurangan kadar air, sedangkan nilai *slump* terkecil yang didapatkan adalah 1 mm yaitu pada penambahan AM 78 sebesar 0,6% dan pengurangan kadar air sebesar 25%. Pada penelitian ini pengurangan kadar air dapat meningkatkan kuat tekan beton sampai batas maksimum variasi pengurangan kadar air sebesar 20%.
3. Kuat tekan beton optimum terdapat pada penambahan AM 78 sebesar 1,2 % dari berat semen dan pengurangan kadar air sebesar 20% dari jumlah kebutuhan air beton normal, dengan nilai *slump* sebesar 58 mm dan kuat tekan beton yang dihasilkan adalah sebesar 66,525 MPa serta persentase peningkatan kuat tekannya adalah sebesar 32,582 % dari beton normal.

6.2 SARAN

Berdasarkan dari hasil kesimpulan penelitian diatas, maka untuk penelitian selanjutnya didapatkan saran sebagai berikut ini.

1. Penelitian ini perlu dilakukan dengan pengujian modulus elastisitas beton agar didapatkan nilai modulus elastisitas untuk keperluan perencanaan struktur beton.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan campuran kuat tekan beton optimal yang didapatkan dengan pengujian kuat tekan beton pada umur 3, 7, 14, 21 hari, agar dapat diketahui pengaruh penambahan AM 78 terhadap peningkatan kuat tekan pada umur beton.
3. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan variasi penambahan *admixture* jenis lainnya dan variasi pengurangan kadar airnya serta penambahan serbuk limbah kaca sebesar 3,75% agar didapatkan kuat tekan beton optimal dengan *workability* adukan beton yang baik.
4. Perlu dilakukan pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus sesuai dengan SNI 03-1968-1990 karena pada penelitian ini, pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus tidak menggunakan nomor saringan 200 dengan lubang ayakan sebesar 0,075 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Abrams, Duff,1991, *Design of Concrete Mixtures, Lewis Institute, Chicago.*

Bajad, M.N., Modhera, C.D., and Desai, A.K., 2011, *Effect of Glass on Strength of Concrete Subjected to Sulphate Attack, International Jurnal of Civil Engineering Research and Development (IJCERD),* Vol. 1, No. 2, Hal. 1-13 Oktober 2011, Sardhar Vallabhbhai National Institute of Technology, India.

Fajri, Syahidul, 2015, Pemanfaatan Limbah Kaca sebagai *Filler* untuk Meningkatkan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu Tinggi, *Tugas Akhir,* Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Koehler, Eric, 2003, *Summary of Concrete Workability Test Methods,*International Center for Aggregates Research, The University of Texas, Austin.

Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, "*Buku Panduan Praktikum Beton Teknik Sipil*", Universitas Islam Indonesia.

Mulyono, Tri, 2003, *Teknologi Beton*, Penerbit CV. Andi Offset, Yogyakarta.

PD T-04-2004-C, Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.

Pujianto, As'at, 2011, Beton Mutu Tinggi dengan *Admixture Superplastisizer* dan *Additive Silicafume, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika,* Vol. 14, No. 2, Hal. 177-185, November 2011, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Bantul.

Rosie, Arizki, 2005, Pengaruh Jumlah Semen dan FAS terhadap Kuat Tekan Beton dengan Agregat yang Berasal dari Sungai, *Jurnal Sipil Statik,* Vol. 3, No. 1, Hal. 68-76, Januari 2005, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Santoso, Bing, 2003, Pengaruh Bahan Tambah *Fly Ash* dan *Viscocrete*-5 pada Kuat Tekan Beton, *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik,* Vol. 4, No. 3, Hal. 61-67, Agustus 2003, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka, Malang.

SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Loam), Standart Nasional Indonesia.

SK SNI T-15-1991-03, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Standart Nasional Indonesia.

SKBI 1.4.53.1989, Ulasan Pedoman Beton, Standart Konstruksi Bangunan Indonesia.

SNI 03-1750-1990, Mutu dan Cara Uji Agregat Beton, Badan Standart Nasional.

SNI 03-1968-1990, Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus, Badan Standart Nasional.

SNI 03-1970-1990, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, Badan Standart Nasional.

SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Badan Standart Nasional.

SNI 15-2049-2004, Semen Portland, Badan Standart Nasional.

SNI 03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Badan Standart Nasional.

SNI 03-6468-2000, Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang, Badan Standart Nasional.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil,

Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

BAB VI
SIMPULAN DAN SARAN

6.3 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka penelitian ini didapatkan beberapa simpulan adalah sebagai berikut ini.

4. Seluruh variasi pada penelitian ini memenuhi kuat tekan rencana, yaitu sebesar 50 Mpa. Penambahan serbuk limbah kaca sebesar 3,75% dari berat semen

digunakan sebagai *filler* pada seluruh variasi sampel, yang bertujuan untuk mengisi rongga-rongga kosong pada beton.

5. Penambahan Adiwasesa Mandiri (AM) 78 ke dalam campuran beton bertujuan untuk memperencer adukan beton akibat nilai fas yang kecil. Nilai *slump* terbesar yang didapatkan adalah 187 mm yaitu pada penambahan AM 78 sebesar 1,4% dan tanpa pengurangan kadar air, sedangkan nilai *slump* terkecil yang didapatkan adalah 1 mm yaitu pada penambahan AM 78 sebesar 0,6% dan pengurangan kadar air sebesar 25%. Pada penelitian ini pengurangan kadar air dapat meningkatkan kuat tekan beton sampai batas maksimum variasi pengurangan kadar air sebesar 20%.
6. Kuat tekan beton optimum terdapat pada penambahan AM 78 sebesar 1,2 % dari berat semen dan pengurangan kadar air sebesar 20% dari jumlah kebutuhan air beton normal, dengan nilai *slump* sebesar 58 mm dan kuat tekan beton yang dihasilkan adalah sebesar 66,525 MPa serta persentase peningkatan kuat tekannya adalah sebesar 32,582 % dari beton normal.

6.4 SARAN

Berdasarkan dari hasil kesimpulan penelitian diatas, maka untuk penelitian selanjutnya didapatkan saran sebagai berikut ini.

5. Penelitian ini perlu dilakukan dengan pengujian modulus elastisitas beton agar didapatkan nilai modulus elastisitas untuk keperluan perencanaan struktur beton.
6. Perlu dilakukan penelitian lanjutan campuran kuat tekan beton optimal yang didapatkan dengan pengujian kuat tekan beton pada umur 3, 7, 14, 21 hari, agar dapat diketahui pengaruh penambahan AM 78 terhadap peningkatan kuat tekan pada umur beton.
7. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan variasi penambahan *admixture* jenis lainnya dan variasi pengurangan kadar airnya serta penambahan serbuk limbah kaca sebesar 3,75% agar didapatkan kuat tekan beton optimal dengan *workability* adukan beton yang baik.

8. Perlu dilakukan pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus sesuai dengan SNI 03-1968-1990 karena pada penelitian ini, pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus tidak menggunakan nomor saringan 200 dengan lubang ayakan sebesar 0,075 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Abrams, Duff,1991, *Design of Concrete Mixtures, Lewis Institute, Chicago.*

Bajad, M.N., Modhera, C.D., and Desai, A.K., 2011, *Effect of Glass on Strength of Concrete Subjected to Sulphate Attack, International Jurnal of Civil Engineering Research and Development (IJCERD),* Vol. 1, No. 2, Hal. 1-13 Oktober 2011, Sardhar Vallabhbhai National Institute of Technology, India.

Fajri, Syahidul, 2015, Pemanfaatan Limbah Kaca sebagai *Filler* untuk Meningkatkan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu Tinggi, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Koehler, Eric, 2003, *Summary of Concrete Workability Test Methods,*International Center for Aggregates Research, The University of Texas, Austin.

Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, "*Buku Panduan Praktikum Beton Teknik Sipil*", Universitas Islam Indonesia.

Mulyono, Tri, 2003, *Teknologi Beton*, Penerbit CV. Andi Offset, Yogyakarta.

PD T-04-2004-C, Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.

Pujianto, As'at, 2011, Beton Mutu Tinggi dengan *Admixture Superplastisizer* dan *Additive Silicafume, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 14, No. 2, Hal. 177-185, November 2011, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Bantul.

Rosie, Arizki, 2005, Pengaruh Jumlah Semen dan FAS terhadap Kuat Tekan Beton dengan Agregat yang Berasal dari Sungai, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 3, No. 1, Hal. 68-76, Januari 2005, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Santoso, Bing, 2003, Pengaruh Bahan Tambah *Fly Ash* dan *Viscocrete*-5 pada Kuat Tekan Beton, *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik*, Vol. 4, No. 3, Hal. 61-67, Agustus 2003, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka, Malang.

SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Loam), Standart Nasional Indonesia.

SK SNI T-15-1991-03, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Standart Nasional Indonesia.

SKBI 1.4.53.1989, Ulasan Pedoman Beton, Standart Konstruksi Bangunan Indonesia.

SNI 03-1750-1990, Mutu dan Cara Uji Agregat Beton, Badan Standart Nasional.

SNI 03-1968-1990, Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus, Badan Standart Nasional.

SNI 03-1970-1990, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, Badan Standart Nasional.

SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Badan Standart Nasional.

SNI 15-2049-2004, Semen Portland, Badan Standart Nasional.

SNI 03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Badan Standart Nasional.

SNI 03-6468-2000, Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang, Badan Standart Nasional.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil,

Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 02/BKT	
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR (SNI 03-1969-1990)

Pengirim	
Tanggal Terima	
Asal Agregat Kasar	Kerikil Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian		Hasil Pengamatan sampel 1	sampel 2	Rerata
Berat Kerikil kering mutlak, gram	(Bk)	4812	4798	4805
Berat Kerikil kondisi jenuh kering muka, gram	(Bj)	5000	5000	5000
Berat Kerikil dalam air, gram	(Ba)	3057	3068	306215
Berat Jenis Curah ..... Bk / (Bj - Ba)	(1)	21477	21483	21480
Berat Jenis jenuh kering muka, ... Bj / (Bj - Ba)	(2)	21573	21588	215807
Berat Jenis semu ..... Bk / (Bk – Ba)	(3)	21742	21773	217576
Penyerapan Air ..... (Bj – Bk) / Bk x 100%	(4)	3907	41210	410585

Keterangan:

- 5000 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Kesimpulan	

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 04.1/BKT	
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR (SNI 03-1968-1990)

Pengirim	
Tanggal Terima	
Asal Agregat	Kerikil Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	17	0,340	0,340	99,660
10,00	2649	52,980	53,320	46,680
4,80	2334	46,680	100	0
2,40	0	0	100	0
1,20	0	0	100	0
0,60	0	0	100	0
0,30	0	0	100	0
0,15	0	0	100	0
Sisa	0	0	100	0
Jumlah	5000	100	653,66	-

Modulus Halus Butir = $\frac{653,66}{100}$ = 6,536

GRADASI KERIKIL

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum :	
	40 mm	20 mm
40,00	95 - 100	100 ✓
20,00	30 - 70	95 - 100 ✓
10,00	10 - 35	25 - 55
4,80	0 - 5 ✓	0 - 10

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 06.1/BKT	
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	
Tanggal Terima	
Asal Agregat	Kerikil Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian		Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1)	gram	10687
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2)	gram	17121
Berat Agregat (W3)	gram	6434
Volume Tabung (V)	cm^3	5301,438
Berat Volume Gembur = (W3 / V)	$gram/cm^3$	1,214

Diperiksa oleh:

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

Tayfiq Faizal Z

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 06.2/BKT	
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	
Tanggal Terima	
Asal Agregat	Kerikil Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian		Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1)	gram	10687
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2)	gram	18127
Berat Agregat (W3)	gram	7440
Volume Tabung (V)	cm³	5301,438
Berat Volume Gembur = (W3 / V)	gram/cm³	1,403

Diperiksa oleh:

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

(Sumarno)

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

Taufiq Faizal Z

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 01/BKT	
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS
(SNI 03-1970-1990)

Pengirim	
Tanggal Terima	
Asal Pasir	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	452,2	457,8	455
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1041,6	1040,5	1041,05
Berat piknometer berisi air, gram (B)	734,2	732,5	733,5
Berat Jenis Curah, ... (1) Bk / (B + 500 – Bt)	2,348	2,384	2,366
Berat Jenis jenuh kering muka, ... (2) 500 / (B + 500 – Bt)	2,596	2,604	2,6
Berat Jenis semu ..... (3) Bk / (B + Bk – Bt)	3,123	3,056	3,090
Penyerapan Air ..... (4) (500 – Bk) / Bk x 100%	10,571	9,218	9,894

Keterangan:
- 500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Kesimpulan	

Diperiksa oleh:

LABORATORIUM KONSTRUKSI TEKNIK

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

Taufiq Faizal Z

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 03.1/BKT	
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS (SNI 03-1968-1990)

Pengirim	
Tanggal Terima	
Asal Agregat	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00				
20,00	-	-	-	
10,00	0	0	0	100
4,80	717	01385	01385	99,615
2,40	17613	8,815	9,200	90,800
1,20	39516	19,780	28,98	71,020
0,60	51018	25,540	54,520	45,480
0,30	38219	19,120	73,640	26,360
0,15	29519	14,770	88,410	11,590
Sisa	23,18	11,590	-	-
Jumlah	2000	100	255,135	

Modulus Halus Butir = $\frac{255,135}{100}$ = 2,5513

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah VI
10,00	100 ✓	100 ✓	100 ✓	100 ✓
4,80	90 - 100 ✓	90 - 100 ✓	90 - 100 ✓	95 - 100 ✓
2,40	60 - 95 ✓	75 - 100 ✓	85 - 100 ✓	95 - 100 ✓
1,20	30 - 70	55 - 90 ✓	75 - 100	90 - 100
0,60	15 - 34	35 - 59 ✓	60 - 79	80 - 100
0,30	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Keterangan: Daerah I : Pasir Kasar
Daerah II : Pasir Agak Kasar
Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah VI : Pasir Halus

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 07/BKT	
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO. 200 /UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR (SNI 03-4142-1996)

Pengirim	
Tanggal Terima	
Asal Pasir	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat Agregat Kering Oven (W1) gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2) gram	47816	47717	478115
Berat yang Lolos Ayakan No. 200 [(W1 – W2) / W1] x 100%	4,28	4,46	4,37

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm):

a. untuk Pasir maksimum 5% (lima persen)
b. untuk Kerikil maksimum 1% (satu persen)

Yogyakarta,

Diperiksa oleh:

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

Dikerjakan oleh:

Taufiq Faizal Z

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 05.1/BKT	
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	
Tanggal Terima	
Asal Agregat	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian		Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1)	gram	11327
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2)	gram	19171
Berat Agregat (W3)	gram	7844
Volume Tabung (V)	cm^3	5301,438
Berat Volume Gembur = (W3 / V)	$gram/cm^3$	1,480

Yogyakarta,

Diperiksa oleh:

(Suwarno)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

Dikerjakan oleh:

Taufiq Faizal Z

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 05.2/BKT	
Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	
Tanggal Terima	
Asal Agregat	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian		Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1)	gram	11327
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2)	gram	20282
Berat Agregat (W3)	gram	8955
Volume Tabung (V)	cm^3	5301,438
Berat Volume Gembur = (W3 / V)	$gram/cm^3$	1,689

Diperiksa oleh:

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

(Suwarno)

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

Taufiq Faizal Z

PERENCANAAN CAMPURAN BETON (*MIX DESIGN)*

Metode perhitungan yang digunakan dalam perencanaan campuran beton adalah metode SNI 03-2834-2000.

Adapun tahapan yang dilakukan dalam perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut ini.

19. Menetapkan kuat tekan beton (f'c) pada umur 28 hari

Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 50 MPa.

20. Menetapkan nilai deviasi standar (S)

Tabel 3.4 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Deviasi standar dihitung berdasarkan volume pembetonan yang akan dibuat dan mutu pekerjaan. Nilai deviasi standar yang digunakan dalam perencanaan

campuran ini sebesar 7 Mpa yaitu tingkat pengendalian mutu pekerjaan jelek karena belum mempunyai pengalaman sebelumnya.

21. Menghitung nilai tambah

    Nilai tambah dapat dihitung menggunakan persamaan 3.3, adapun hasilnya sebagai berikut ini.

    M = 1,64 x 7 = 11,48 MPa ≈ 12 MPa

22. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f'cr) menggunakan persamaan 3.4, maka

    f'cr = f'c + M

    = 50 + 12

    f'cr = 62 MPa

23. Jenis semen yang telah ditetapkan adalah semen portland komposit yang penggunaannya tidak memakai persyaratan khusus, jadi sama seperti semen tipe 1.
24. Jenis agregat halus yang digunakan yaitu alami, menggunakan pasir merapi.
25. Jenis agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah clereng ukuran maksimal 20 mm.
26. Menentukan nilai faktor air semen dengan cara menggunakan grafik "hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen berdasarkan umur benda uji dan jenis semen" sebagai berikut ini.
    a. Perkiraan kekuatan tekan dari Tabel 3.5 dapat diketahui dari jenis semen, jenis agregat, bentuk benda uji yang digunakan dan umur beton pada kekuatan tekan.

Tabel 3.5 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5 dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

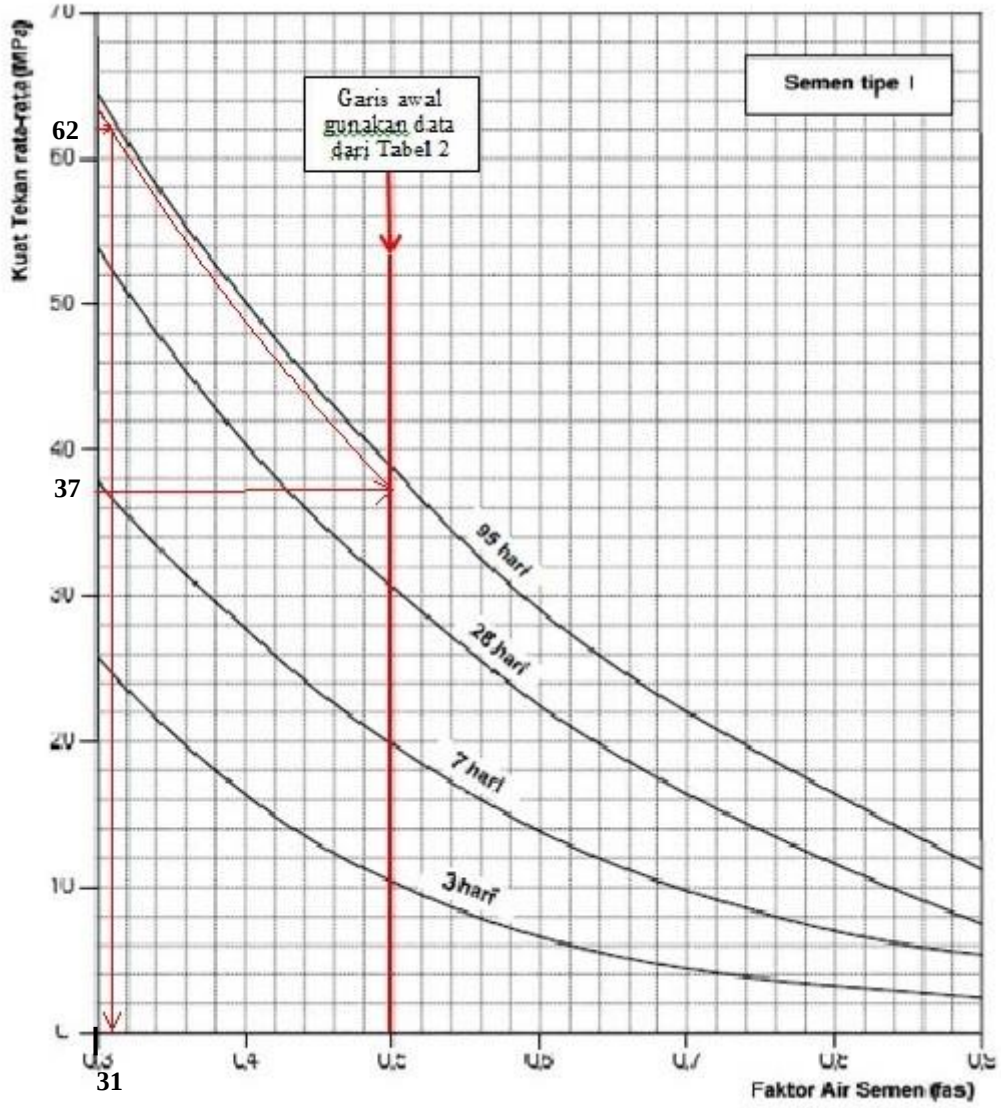
Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder

Tipe III	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan Batu pecah	25 30	31 40	46 53	53 60	Kubus

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Dari tabel diatas didapatkan kekuatan tekannya yaitu sebesar 37 MPa.

b. Setelah itu, lihat pada Gambar 3.6 yaitu tentang hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen dengan benda uji berbentuk silinder.
c. Buat garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva dengan warna merah, selanjutnya buat garis lurus ke kanan dari angka kuat tekan 37 MPa sampai garis tersebut menyentuh garis warna merah.
d. Lalu buat garis lengkung melalui titik perpotongan dari sub. Butir b secara proporsional.
e. Kemudian buat garis lurus ke kanan dari angka fcr sebesar 62 MPa sampai menyentuh garis lengkung (kurva baru) yang sudah dibuat atau ditentukan dari sub butir c, diatas .
f. Selanjutnya buat garis lurus ke bawah melalui titik perpotongan tersebut. Kemudian dari garis tersebut didapatkan nilai fas sebesar 0,31 dan selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Hubungan Antara Kuat Tekan Rata-Rata dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Silinder Dengan Diameter 150 mm × Tinggi 300 mm) (Sumber: SNI 03-2834-2000)

27. Menentukan nilai faktor air semen maksmimum

Setelah ditentukan nilai fas dari gambar diatas, kemudian dilanjutkan dengan menentukan faktor air semen (fas) maksimum yang dapat ditentukan dari Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Persyaratan fas dan Jumlah Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	**Jumlah Semen Minimum per m^3 beton (Kg)**	**Nilai fas Maksimum**
Beton di dalam ruang bangunan		

a. keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan danterik matahari langsung	325	0,6
b.terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 3.10
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 3.11

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Nilai faktor air semen maksimum yang didapat dari Tabel 3.6 adalah sebesar 0,6 yaitu jenis pembetonan di dalam ruang bangunan dengan keadaan keliling non korosif.

28. Menetapkan nilai *slump*

    Tinggi *slump* perencanaan yang ditetapkan adalah sebesar 30-60 mm.

29. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksmimum

    Ukuran besar butir agregat maksimum yang digunakan yaitu sebesar 20 mm.

30. Menetapkan nilai kadar air bebas

    Kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 3.10, dengan menggunakan data ukuran agregat maksimum, jenis batuan, dan *slump* rencana. Setelah didapatkan hasil perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton, kemudian jumlah kebutuhan air dapat dihitung menggunakan persamaan 3.3.

Tabel 3.10 Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

$W = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$

$= \frac{2}{3}$ x 180 + $\frac{1}{3}$ x 210

= 190 kg

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai kadar air bebasnya adalah sebesar 190 kg.

31. Menghitung kebutuhan semen

Jumlah kebutuhan semen dihitung berdasarkan persamaan 3.7.

$W_{semen} = \frac{Wair}{fas}$

$= \frac{190}{0,31}$

W_{semen} = 612, 9 kg

Dari perhitungan diatas didapatkan jumlah kebutuhan semennya adalah sebesar 612,9 kg.

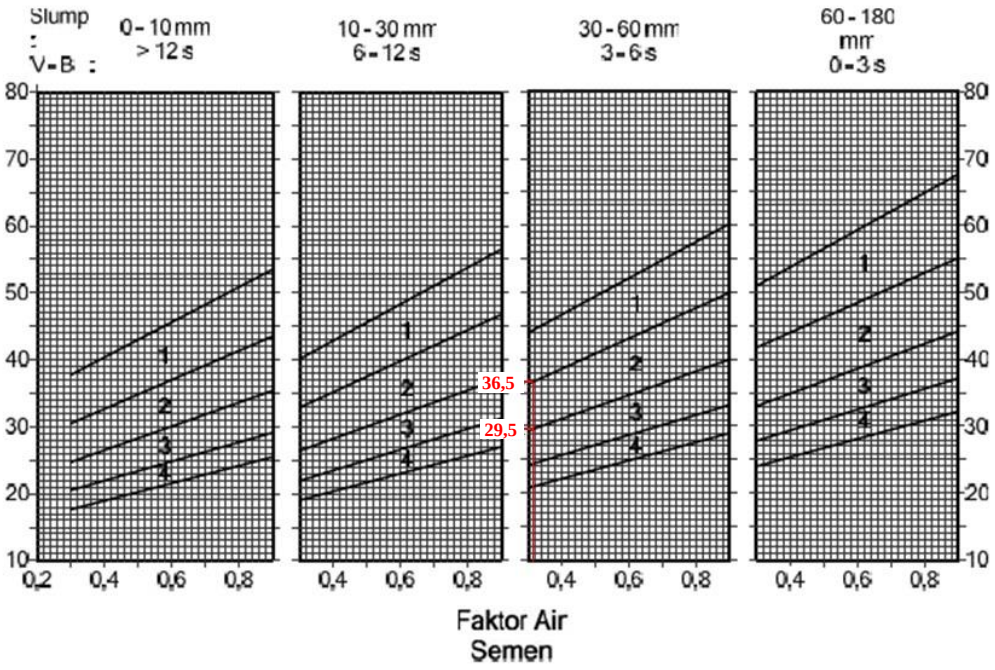
32. Menetapkan kebutuhan semen yang digunakan

Setelah menghitung kebutuhan semen dengan persamaan 3.7, maka perlu dicari kebutuhan semen minimum dengan melihat Tabel 3.6. Dari tabel tersebut didapatkan nilai kebutuhan semen minimumnya adalah sebesar 325 kg. Jika kebutuhan semen yang diperoleh dari perhitungan ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum berdasarkan Tabel 3.6, maka yang digunakan adalah kebutuhan semen dengan nilai yang terbesar dari kedua cara tersebut.

33. Menentukan persentase agregat halus dan kasar

Persentase jumlah agregat ditentukan oleh besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Untuk menentukan persentase jumlah agregat halus dapat dilihat pada Gambar 3.3 karena ukuran butir maksimum yang digunakan yaitu 20 mm dan slump yang digunakan adalah sebesar 30-60 mm. Selain itu, digunakan gradasi daerah nomor 2 yang dihasilkan dari pengujian modulus halus butir agregat halus pada sub bab 5.3.2.

a. Tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen yang sudah didapatkan sebelumnya sebesar 0,31 sampai memotong kurva bagian atas pada daerah gradasi no 2.
b. Kemudian dari titik perpotongan batas lengkung kurva atas dan batas lengkung kurva bawah pada daerah gradasi nomor 2, ditarik garis mendatar ke kiri sampai memotong sumbu tegak.
c. Dari penarikan garis atas dan garis bawah tersebut didapatkan angka yaitu sebesar 36,5 dan 29,5.



Gambar 4.15 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

d. Nilai persentase agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\%AH = \frac{36,5+29,5}{2}$$

$$= 33\%$$

$$\%AK = 100\% - \%AH$$

$$= 100\% - 33\%$$

$$\%AK = 67\%$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai persentase agregat halus (%AH) sebesar 33% dan agregat kasar (%AK) sebesar 67%.

34. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan.

    Berat jenis SSD agregat halus dan agregat kasar dapat diketahui dari pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar yang sudah dijelaskan pada sub bab 5.2.1 dan 5.3.1. Dari pengujian berat jenis tersebut didapatkan angka berat jenis agregat halus (BJ_{AH}) yaitu sebesar 2,6 dan berat jenis agregat kasar (BJ_{AK}) yaitu sebesar 2,58. Setelah didapatkan berat jenis kedua agregat tersebut, kemudian berat jenis agregat gabungan dapat dihitung menggunakan persamaan 3.5.

    $BJ_{gabungan}$ = %AH x BJ_{AH} + %AK x BJ_{AK}

    = 33% x 2,58 + 67% x 2,6

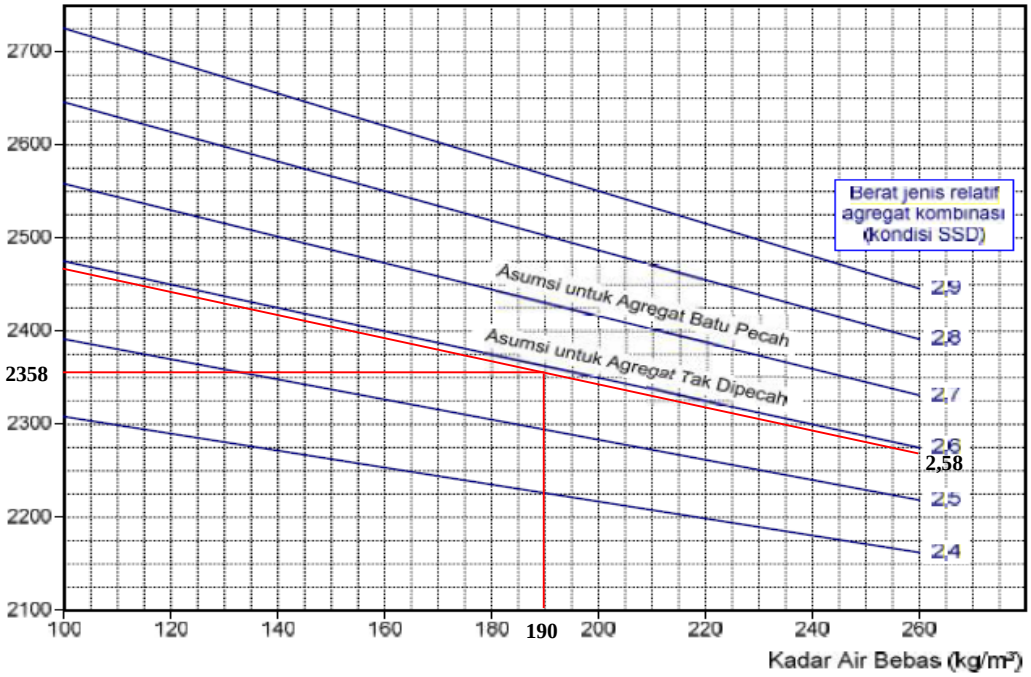
    = 2,587

    Dari perhitungan diatas didapatkan berat jenis agregat gabungannya ($BJ_{gabungan}$) yaitu sebesar 2,587.

35. Menentukan berat isi beton

    Berat isi beton basah ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 3.5 dengan memasukkan berat jenis agregat gabungan dan kadar air bebas.

    a. Buat kurva baru sesuai dengan berat jenis agregat gabungan secara proporsional dengan memperhatikan kurva sebelah atas dan bawahnya yang sudah ada.
    b. Lalu tarik garis tegak lurus ke atas dari nilai kadar air yang digunakan yaitu 190 kg/m^3 sampai memotong kurva baru berat jenis gabungan tersebut.
    c. Kemudian dari titik potong tersebut, ditarik garis mendatar kearah kiri sampai memotong sumbu tegak.
    d. Dari penarikan garis tersebut didapatkan nilai berat isi beton adalah sebesar 2358 kg/m^3.



Gambar 4.16 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

36. Menghitung proporsi campuran beton

Proporsi campuran yang dihitung adalah proporsi campuran kebutuhan material penyusun beton. Proporsi agregat halus dapat dicari menggunakan persamaan 3.7 dan untuk menghitung proporsi agregat kasar dapat digunakan persamaan 3.8.

W_{AH} = ($W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}$) x %AH

= (2,358 - 612,9 - 190) x 33%

= 513,182 kg/m^3

W_{AK} = ($W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}$) x %AK

= (2,358 - 612,9 - 190) x 67%

= 1041,915 kg/m^3

Dari perhitungan diatas didapatkan berat agregat halus (W_{AH}) adalah sebesar 513,182 kg/m^3 dan berat agregat kasar (W_{AK}) adalah sebesar 1041,915 kg/m^3.

37. Proporsi Campuran untuk 1 m^3 beton :

a. Semen Portland = 612,9 kg/m^3

b. Air = 190 kg/m^3

c. Agregat Halus = 513,182 kg/m^3

d. Agregat Kasar = 1041,915 kg/m^3

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Form : 08.1/BKT

Kelas	
Kelompok	
Semester	
T.A	

Formulir Perencanaan Campuran Beton Metoda SNI (SNI 03-2834-2000)

No	Uraian	Nilai	Tabel/Grafik/Hitungan
1	Kuat Tekan Beton yang disyaratkan (Silinder/Kubus)	50 MPa	ditetapkan
2	Deviasi Strandar (s)	7	
3	Nilai Tambah/Margin (M)	12	
4	Kuat Tekan Beton Rata-rata yang ditargetkan	62 MPa	(1)+(3)
5	Jenis Semen		ditetapkan
6	Jenis Agregat Kasar		ditetapkan
	Jenis Agregat Halus		ditetapkan
7	Faktor air semen bebas	0,31	tabel 2 dan grafik 1 dan 2
	Faktor air semen maksimum	0,6	
8	Faktor Air Semen digunakan	0,31	
9	Slump	30-60mm	ditetapkan
10	Ukuran Agregat maksimum	20mm	ditetapkan
11	Kadar Air Bebas	190kg	tabel 3
12	Kadar Semen	612,9 kg	(11):(8)
13	Kadar Semen maksimum		
14	Kadar Semen minimum	275 kg	tabel 4
15	Kadar Semen digunakan	612,9kg	
16	Faktor Air Semen disesuaikan		
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus		Daerah Gradasi
18	Berat Jenis Agregat Kasar	2,58	
	Berat Jenis Agregat Gabungan	2,6	
19	Persen Agregat Halus	33 %	grafik 13 / 14 / 15
20	Berat Jenis relatif Agregat (gabungan) SSD	2,587	
21	Berat Isi Beton	2358 kg	grafik 16
22	Kadar Agregat gabungan	1555,096 kg/m³	21-15-11
23	Kadar Agregat Halus	513,182 kg/m³	19 x 22
24	Kadar Agregat Kasar	1041,915 kg/m³	22-23

		Semen (kg)	Air (kg)	Agregat	
				Halus (kg)	Kasar (kg)
25	Proporsi Campuran teoritis (Agregat kondisi SSD):				
	• setiap m³	612,9kg/m³	190 kg/m³	513,182 kg/m³	1041,915 kg/m³
	• setiap campuran uji : m³				
26	Proporsi Campuran dengan angka penyusutan : 15 %				
	• setiap m³	704,835 kg/m³	218 kg/m³	590,159 kg/m³	698,202 kg/m³
	• setiap campuran uji : m³				

LABORATORIUM

Yogyakarta

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 ekst 3250 & 3259 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 26 Oktober 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	28-Sep-2016	28	151	300	17907,864	12,310		912,6			50,961	BN
2.	28-Sep-2016	28	150	301	17671,459	12,916		881,2			49,866	BN
3.	28-Sep-2016	28	150	300	17671,459	12,892		878,3			49,702	BN
										Rerata	50,176	

Catatan :

Beton Normal

Dikerjakan oleh :

Taufiq Faizal Z .....

....

Yogyakarta, 8/11/2017

(Suwono)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3256 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 27 Oktober 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	29-Sep-2016	28	152	302	18145,839	13,239		1015,5			55,963	A1-P1
2.	29-Sep-2016	28	152	302	18145,839	13,225		1044,1			57,539	A1-P1
3.	29-Sep-2016	28	151	303	17907,864	13,145		982,6			54,870	A1-P1
										Rerata	56,124	
1.	29-Sep-2016	28	152	303	18145,839	13,254		1033			56,928	A2-P1
2.	29-Sep-2016	28	150	303	17671,459	12,990		1007,2			56,996	A2-P1
3.	29-Sep-2016	28	153	302	18385,386	13,290		1058,8			57,589	A2-P1
										Rerata	57,171	
1.	29-Sep-2016	28	151	302	17907,864	12,980		1010,5			56,428	A3-P1
2.	29-Sep-2016	28	151	300	17907,864	13,241		1019,3			56,640	A3-P1
3.	29-Sep-2016	28	151	303	17907,864	13,200		1019,3			56,919	A3-P1
										Rerata	56,662	

Catatan :

Variasi kadar AM78 dan tanpa pengurangan air

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizol Z

Yogyakarta, 9-2-2017

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAK. TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

(Sumarno)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 27 Oktober 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	29-Sep-2016	28	150	302	17671,459	13,225		966,4			54,687	A4 – P1
2.	29-Sep-2016	28	151	300	17907,864	13,254		1021,7			57,053	A4 – P1
3.	29-Sep-2016	28	150	302	17671,459	13,352		987,4			55,875	A4 – P1
										Rerata	55,872	
1.	29-Sep-2016	28	150	302	17671,459	13,378		971,2			54,959	A5 – P1
2.	29-Sep-2016	28	150	301	17671,459	13,240		932,8			52,786	A5 – P1
3.	29-Sep-2016	28	151	299	17907,864	12,950		976,5			54,529	A5 – P1
										Rerata	54,091	

Yogyakarta, 9-12-2017

LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

(Sumadi)

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z .....
....

Catatan :

Variasi kadar AM78 dan
tanpa pengurangan air

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14.4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 28 Oktober 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	30-Sep-2016	28	151	302	17907,864	13,125		104,14			58,099	A1-P2
2.	30-Sep-2016	28	150	302	17671,459	13,247		103,8,9			58,761	A1-P2
3.	30-Sep-2016	28	151	301	17907,864	13,260		102,7,1			57,355	A1-P2
										Rerata	58,071	
1.	30-Sep-2016	28	151	303	17907,864	13,314		106,7,8			59,627	A2-P2
2.	30-Sep-2016	28	151	301	17907,864	13,127		107,3,6			59,951	A2-P2
3.	30-Sep-2016	28	151	303	17907,864	13,240		105,2,8			58,790	A2-P2
										Rerata	59,456	
1.	30-Sep-2016	28	150	301	17671,459	13,216		104,9,8			59,124	A3-P2
2.	30-Sep-2016	28	151	303	17907,864	13,198		106,9,2			59,706	A3-P2
3.	30-Sep-2016	28	150	303	17671,459	13,232		103,1,6			58,377	A3-P2
										Rerata	59,069	

Catatan :

Variasi Kadar AM 7% dan pengurangan air 5%

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z

Yogyakarta, 5-12-2017

(Sumarno)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 31 Oktober 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	3 - Okt - 2016	28	152	304	18145,839	13,251		102616			56,575	A4 - P2
2.	3 - Okt - 2016	28	150	301	17671,459	12,987		1038,9			58,790	A4 - P2
3.	3 - Okt - 2016	28	151	303	17907,864	13,217		1048,2			58,533	A4 - P2
										Rerata	57,966	
1.	3 - Okt - 2016	28	150		17671,459	12,988		998,4			56,498	A5 - P2
2.	3 - Okt - 2016	28	151		17907,864	13,133		1007,7			56,271	A5 - P2
3.	3 - Okt - 2016	28	151		17907,864	13,282		1013,5			56,595	A5 - P2
										Rerata	56,455	

Catatan :

Variasi kadar AM 7B dan pengurangan air 5%

Dikerjakan oleh :

Taufiq Faiza I Z

Yogyakarta, 9-2-2017

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

(Sumarno)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)898444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 31 Oktober 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	3-Okt-2016	28	150	304	17671,459	13,313		1043,1			59,027	A1 - P3
2.	3-Okt-2016	28	151	304	17907,864	13,090		1063,8			59,404	A1 - P3
3.	3-Okt-2016	28	150	301	17671,459	13,135		1071,7			60,646	A1 - P3
										Rerata	59,692	
1.	3-Okt-2016	28	150	301	17671,459	13,181		1093,2			61,862	A2 - P3
2.	3-Okt-2016	28	151	303	17907,864	13,152		1062,8			59,683	A2 - P3
3.	3-Okt-2016	28	151	302	17907,864	13,220		1077,6			60,175	A2 - P3
										Rerata	60,573	
1.	3-Okt-2016	28	151	304	17907,864	13,215		1108,5			61,900	A3 - P3
2.	3-Okt-2016	28	150	303	17671,459	13,142		1077,5			60,974	A3 - P3
3.	3-Okt-2016	28	151	304	17907,864	13,314		1090,2			60,878	A3 - P3
										Rerata	61,251	

Catatan :

Variasi kadar AM 7% dan pengurangan air 10%

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z

Yogyakarta, 9-7-2017
(Sudarno)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14.4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3256 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 1 November 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	4-Okt-2016	28	150	300	17671,459	13,230		1043,6			59,056	A4 - P3
2	4-Okt-2016	28	150	303	17671,459	13,181		1087,9			61,563	A4 - P3
3.	4-Okt-2016	28	151	302	17907,864	13,290		1094,8			61,135	A4 - P3
										Rerata	60584	
1.	4-Okt-2016	28	151	300	17907,864	13,024		1034,6			57,774	A5 - P3
2.	4-Okt-2016	28	150	300	17671,459	13,231		1069,5			60,238	A5 - P3
3.	4-Okt-2016	28	150	302	17671,459	13,122		1088,2			61,580	A5 - P3
										Rerata	59,864	

Yogyakarta, 9-2-2017

Catatan :

Variasi kadar AM 7% dan pengurangan air 10 %

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z

(Sudarno)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3256 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 1 dan 2 November 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	4-Okt-2016	28	150	302	17671,459	13,091		1069,6			60,244	A1 – P4
2.	4-Okt-2016	28	151	303	17907,864	12,985		1077,5			60,169	A1 – P4
3.	4-Okt-2016	28	150	302	17671,459	12,970		1121			63,436	A1 – P4
										Rerata	61,283	
1.	4-Okt-2016	28	152	302	18145,839	12,872		1137,4			62,681	A2 – P4
2.	4-Okt-2016	28	151	302	17907,864	13,351		1142,8			63,816	A2 – P4
3.	4-Okt-2016	28	150	302	17671,459	13,050		1075,2			60,844	A2 – P4
										Rerata	62,477	
1.	5-Okt-2016	28	151	303	17907,864	13,236		1157,3			64,625	A3 – P4
2.	5-Okt-2016	28	150	303	17671,459	13,138		1128,5			63,860	A3 – P4
3.	5-Okt-2016	28	150	301	17671,459	13,089		1135,5			64,256	A3 – P4
										Rerata	64,247	

Catatan :

Variasi kadar AM 78 % dan Pengurangan air 15 %

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z .....
....

Yogyakarta, 9-11-2017
(Sumarno)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 2 November 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	5-Okt-2016	28	151	303	17907,864	13,132		1133,7			63,307	A4-P4
2.	5-Okt-2016	28	151	303	17907,864	12,932		1151,1			64,279	A4-P4
3.	5-Okt-2016	28	151	302	17907,864	13,201		1159,6			64,754	A4-P4
										Rerata	64,113	
1.	5-Okt-2016	28	151	301	17907,864	13,116		1107,9			61,867	A5-P4
2.	5-Okt-2016	28	152	300	18145,839	12,913		1136,5			62,631	A5-P4
3.	5-Okt-2016	28	150	301	17671,459	13,171		1156,1			65,422	A5-P4
										Rerata	63,307	

Catatan :

Variasi kadar AM 7% dan pengurangan air 15%

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z

Yogyakarta, 9-2-2017

(Sumono)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3256 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 2 dan 3 November 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	5-Okt-2016	28	150	302	17671,459	13,081		1113,8			63,028	A1 - P5
2.	5-Okt-2016	28	150	302	17671,459	12,849		1077,7			60,985	A1 - P5
3.	5-Okt-2016	28	151	301	17907,864	12,916		1105,1			61,710	A1 - P5
										Rerata	61,908	
1.	6-Okt-2016	28	150	300	17671,459	13,056		1141,4			64,590	A2 - P5
2.	6-Okt-2016	28	152	302	18145,839	12,866		1155,3			63,667	A2 - P5
3.	6-Okt-2016	28	150	303	17671,459	12,891		1129,9			63,939	A2 - P5
										Rerata	64,066	
1.	6-Okt-2016	28	152	303	18145,839	12,959		1198,5			66,048	A3 - P5
2.	6-Okt-2016	28	151	301	17671,459	12,865		1165			65,055	A3 - P5
3.	6-Okt-2016	28	151	300	17671,459	13,028		1178,8			65,826	A3 - P5
										Rerata	65,643	

Catatan :

Variasi kadar AM 7% dan pengurangan air 20 %

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z .....
....

Yogyakarta, 9-2-2017

(Suwoto)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 3 November 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	6-Okt-2016	28	150	300	17671,459	13,156		1192,6			67,487	AA - P5
2.	6-Okt-2016	28	152	301	18145,839	13,234		1167,4			64,334	AA - P5
3.	6-Okt-2016	28	151	301	17907,864	13,028		1213,3			67,752	AA - P5
										Rerata	66,525	
1.	6-Okt-2016	28	152	300	18145,839	13,001		1177,5			64,891	A5 - P5
2.	6-Okt-2016	28	152	302	18145,839	12,917		1191,7			65,673	A5 - P5
3.	6-Okt-2016	28	150	300	17671,459	12,776		1209,1			68,138	A5 - P5
										Rerata	66,234	

Yogyakarta, 9-2-2017

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z .....
....

(Supervisor)

Catatan :

Variasi kadar AM 78 dan pengurangan air 20%

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 4 November 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	7-Okt-2016	28	150	300	17671,459	13,155		104215			58,993	A1 - P6
2.	7-Okt-2016	28	151	301	17907,864	12,879		1051,1			58,695	A1 - P6
3.	7-Okt-2016	28	151	301	17907,864	13,137		1086,7			60,683	A1 - P6
										Rerata	59,457	
1.	7-Okt-2016	28	150	300	17671,459	13,198		1081,9			61,223	A2-P6
2.	7-Okt-2016	28	151	302	17907,864	13,188		1108,2			61,883	A2-P6
3.	7-Okt-2016	28	152	301	18145,839	12,891		1109,1			61,121	A2-P6
										Rerata	61,409	
1.	7-Okt-2016	28	150	302	17671,459	13,129		116813			66,112	A3-P6
2.	7-Okt-2016	28	152	301	18145,839	13,121		1143,8			63,034	A3-P6
3.	7-Okt-2016	28	151	302	17907,864	13,028		1149,3			64,179	A3-P6
										Rerata	64,442	

Catatan :

Variasi kadar AM 78 dan pengurangan air 25%

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z .....
.....

Yogyakarta, 9-2-2017

(Suwarno)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

HASIL UJI DESAK / TERIK BELAH SILINDER BETON

Nomor : /Ka.Lab/01/LBKT/ /20

Pengirim : .....
Pekerjaan : .....
Alamat : .....

Diterima tanggal : .....
Di Uji tanggal : 4 November 2016
Jumlah Benda Uji : .....

No	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm^2)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (t/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Umur 28 hari (MPa)	Keterangan / Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
1.	7-Okt-2016	28	151	303	17907,864	13,215		1177,8			65,770	A4 -P6
2.	7-Okt-2016	28	150	302	17671,459	13,198		1159,1			65,592	A4-P6
3.	7-Okt-2016	28	151	301	17907,864	13,132		1181,6			65,982	A4-P6
										Rerata	65,781	
1.	7-Okt-2016	28	150	300	17671,459	13,019		1182,4			66,910	A5-P6
2.	7-Okt-2016	28	151	302	17907,864	13,217		1156,7			64,592	A5-P6
3.	7-Okt-2016	28	152	300	18145,839	12,968		1178,2			64,929	A5-P6
										Rerata	65,447	

Catatan :

Varian kadar AM 78 dan pengurangan air 25 %

Dikerjakan oleh :
Taufiq Faizal Z .....
....

LABORATORIUM

Yogyakarta, 9-2-2017

(SUWARNO)