

**PENGARUH KOMPOSISI CAMPURAN PASIR DAN KERIKIL
SUNGAI KRUENG ACEH TERHADAP KUAT TEKAN
BETON MUTU TINGGI**

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik

Oleh

VIVI ALVIONITA SUPARIYANTO
NIM: 1703120024



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH
2022

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Komposisi Campuran Pasir dan Kerikil Sungai Krueng Aceh Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi”, disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Vivi Alvionita Supariyanto
NIM : 1703120024
Program Studi : Teknik Sipil

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, telah lulus pada tanggal 22 Februari 2022.

Banda Aceh, 22 Februari 2022

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing



Ir. Munawir, ST, MT., IPM
ASEAN, Eng

NIDN. 0129068303

Ketua Program Studi Teknik

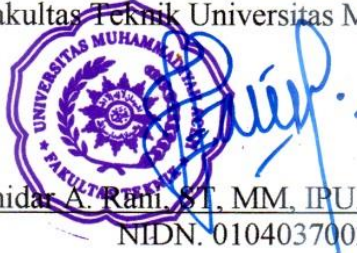


Ir. Tamalikhani, ST, M.Eng. Sc, IPM
ASEAN, Eng

NIDN. 1327108201

Menyetujui/Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh



Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE

NIDN. 0104037002

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Pengaruh Komposisi Campuran Pasir dan Kerikil Sungai Krueng Aceh Terhadap
Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi

Disusun oleh

Nama Mahasiswa : Vivi Alvionita Supariyanto
NIM : 1703120024
Program Studi : Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 22 Febuari 2022

Dosen Pembimbing



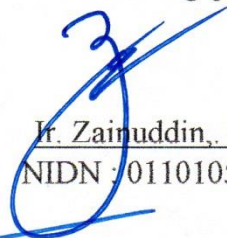
Ir. Munawir, ST, MT, IPM ASEAN Eng
NIDN : 0129068303

Dosen Penguji I



Keumala Citra Sarina Zein, ST, MT., IPM
NIDN : 0126108201

Dosen Penguji II



Ir. Zainuddin, MT
NIDN : 0110105703

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Tamal Khan, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan karunia-NYA sehingga penulis tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktunya.

Tugas akhir ini berjudul **"Pengaruh Komposisi Campuran Pasir dan Kerikil Sungai Krueng Aceh Terhadap Beton Mutu Tinggi"**, ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada **Bapak Ir. Munawir, ST, MT, IPM ASEAN Eng**, selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan petunjuk, saran dan bimbingan kepada penulis, semoga amal baiknya mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Selanjutnya pada kesempatan ini, penulis juga mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hafnidar A.Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh;
2. Bapak Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc,IPM,ASEAN Eng selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh;
3. Kepada tim penguji Ibu Keumala Citra Sarina Zein, ST,MT., IPM dan Bapak Ir. Zainuddin., MT yang telah bersedia menguji, memberikan penilaian dan saran bagi penulis;
4. Tenaga Pengajar pada Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh.
5. Yang terhormat dan tercinta ayahanda Supariyanto dan Ibunda Yesi Susanti, serta seluruh keluarga yang telah memberikan semangat, kasih sayang,

pengorbanan dan do'a restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan Penulisan Tugas Akhir ini.

6. Rekan – rekan mahasiswa khususnya kepada Ziadatul, Fahmi, Nanda, Putri, Bang Vito, Nurul, Nunun dan lain-lain (terima kasih untuk waktu dan bantuannya dalam menyelesaikan penelitian ini) dan semua pihak yang tidak di sebut namanya yang telah berjasa bagi penulis, terima kasih untuk waktu dan bantuannya, semoga kita selalu dalam lindunganNya Amin.....

Dengan segala kerendahan hati, penulis mohon ma'af atas segala ketidak sempurnaan dan keterbatasan dalam penyajian tugas akhir ini, Akhirnya kepada Allah SWT penulis berserah diri, karena tidak ada satu kesempurnaan apapun di dunia ini kecuali milikNya.

Semoga Allah SWT, senantiasa memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada kita semua.

Wassalamua'laikum Wr. Wb.

Bathoh, 22 Februari 2022

Penulis,

Vivi Alvionita Supariyanto

NIM:1703120024

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN FAKULTAS	i
PENGESAHAN PROGRAM STUDI	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN PERHITUNGAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Beton	4
2.2 Beton Mutu Tinggi	5
2.3 Bahan Pembentuk Beton	5
2.3.1 Semen <i>Portland</i>	6
2.3.2 Agregat	6
2.3.3 Air.....	8
2.3.4. Bahan Tambah Kimia (<i>superplasticizer</i>).....	9
2.4 Sifat Fisis Agregat	10
2.4.1. Gradasi Agregat.....	12
2.5 Slump dan Faktor Air Semen (FAS)	13
2.6 Kuat Tekan Beton	14
2.7 Analisa Data	16
2.7.1 Pengertian Analisa Regresi	16
2.8 Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODELOGI PENELITIAN	19
3.1 Rancangan Campuran Beton	19

3.2	Pengadaan dan Pemeriksaan Material	19
3.2.1	Peralatan	19
3.2.2	Material yang digunakan	20
3.3	Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1	Pekerjaan Persiapan	20
3.3.2	Pemeriksaan sifat-sifat Fisis Agregat	20
3.3.3	Perencanaan Proporsi Campuran	21
3.3.4	Pembuatan Benda Uji.....	22
3.3.5	Perawatan Benda Uji	22
3.3.6	Pengujian Kuat Tekan	22
3.3.7	Analisa Data	24
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Sifat-sifat Fisis Agregat	25
4.1.1	Pemeriksaan Sifat Fisis	25
4.1.2	Susunan Butiran Gradasi Agregat	26
4.2	Rancangan Campuran Beton	27
4.3	Nilai <i>Slump</i>	27
4.4	Hasil Pengujian Kuat Tekan	29
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1	Kesimpulan	36
5.2	Saran	37
	DAFTAR KEPUSTAKAAN	38
	LAMPIRAN	

DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR

	Halaman
LAMPIRAN A	
Gambar A.1 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar A.2 Peta Provinsi Aceh	41
Gambar A.3 Peta Kabupaten Aceh Besar	42
Gambar A.4 Lokasi Pengambilan Kerikil dan Pasir	43
Gambar A.5 Lokasi Pengambilan Kerikil	44
Gambar A.6 Material yang digunakan	45
Gambar A.7 Peralatan yang digunakan	46
Gambar A.8 Proses Ayak Agregat Lolos Saringan dan Mencuci Material .	47
Gambar A.9 Pengujian Sifat Fisis	48
Gambar A.10 Proses Pengecoran	49
Gambar A.11 Proses Pembukaan Bekisting dan Penamaan Benda Uji	50
Gambar A.12 Proses Perawatan Benda Uji Umur 3 hari, 7hari, dan 28 hari .	51
Gambar A.13 Proses Penimbangan dan Pengukuran Benda Uji	52
Gambar A.14 Proses Uji Tekan	53
Gambar A.15 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 12 mm Pada Umur 3 Hari.....	54
Gambar A.16 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 12 mm Pada Umur 7 Hari	55
Gambar A.17 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 12 mm Pada Umur 14 Hari.....	56
Gambar A.18 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 12 mm Pada Umur 28 Hari	57
Gambar A.20 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 19 mm Pada Umur 3 Hari.....	58
Gambar A.21 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 19 mm Pada Umur 7 Hari.....	59

Gambar A.22 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 19 mm Pada Umur 14 Hari.....	60
Gambar A.23 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 19 mm Pada Umur 28 Hari.....	61
Gambar A.24 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 25 mm Pada Umur 3 Hari.....	62
Gambar A.25 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 25 mm Pada Umur 7 Hari.....	63
Gambar A.26 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 25 mm Pada Umur 14 Hari.....	64
Gambar A.27 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 25 mm Pada Umur 7 Hari.....	65

DAFTAR LAMPIRAN TABEL

	Halaman
LAMPIRAN B	
Tabel B1.1 Syarat Mutu Gradasi Agregat Halus	66
Tabel B1.2 Syarat Mutu Gradasi Agregat Kasar	69
Tabel B2.2 Hubungan antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen	67
Tabel B3.1 <i>Specific Gravity Coarse</i> Agregat 12 mm	68
Tabel B3.2 <i>Specific Gravity Coarse</i> Agregat 19 mm	69
Tabel B3.3 <i>Specific Gravity Coarse</i> Agregat 25 mm	70
Tabel B3.4 <i>Specific Gravity Coarse Fine Sand</i> 4,72 mm	71
Tabel B4.1 <i>Bulk Density Coarse</i> Agregat 12 mm	72
Tabel B4.2 <i>Bulk Density Coarse</i> Agregat 19 mm	72
Tabel B4.3 <i>Bulk Density Coarse</i> Agregat 25 mm	72
Tabel B4.4 <i>Fine Sand</i> Agregat 4,72 mm	73
Tabel B5.1 <i>Sieve Analysis</i> Agregat 12 mm	74
Tabel B5.2 <i>Sieve Analysis</i> Agregat 19 mm	74
Tabel B5.3 <i>Sieve Analysis</i> Agregat 25 mm	75
Tabel B5.4 <i>Sieve Analysis Fine Sand</i>	75
Tabel B6.1 Kombinasi <i>Sieve Analysis</i> Diameter Maksimum 12 mm	76
Tabel B6.2 Kombinasi <i>Sieve Analysis</i> Diameter Maksimum 19 mm	78
Tabel B6.3 Kombinasi <i>Sieve Analysis</i> Diameter Maksimum 25 mm	79

DAFTAR LAMPIRAN PERHITUNGAN

	Halaman
LAMPIRAN C	
Perhitungan C.1 Perencanaan Campuran Beton 40 MPa dengan Menggunakan ACI 211 4R-08 Menggunakan Agregat Maksimum 12 mm	81
Perhitungan C.2 Perencanaan Campuran Beton 40 MPa dengan Menggunakan ACI 211 4R-08 Menggunakan Agregat Maksimum 19 mm	87
Perhitungan C.3 Perencanaan Campuran Beton 40 MPa dengan Menggunakan ACI 211 4R-08 Menggunakan Agregat Maksimum 25 mm	93
Perhitungan C.4 Perhitungan Kuat Tekan Beton dan Nilai Kuat Tekan Beton Rata-Rata dengan Agregat Maksimum 12 mm ...	99
Perhitungan C.5 Perhitungan Kuat Tekan Beton dan Nilai Kuat Tekan Beton Rata-Rata dengan Agregat Maksimum 19 mm ..	103
Perhitungan C.6 Perhitungan Kuat Tekan Beton dan Nilai Kuat Tekan Beton Rata-Rata dengan Agregat Maksimum 25 mm ..	107

PENGARUH KOMPOSISI CAMPURAN PASIR DAN KERIKIL SUNGAI KRUENG ACEH TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI

Oleh :

VIVI ALVIONITA SUPARIYANTO
NIM : 1703120024

Pembimbing,
Ir. Munawir, ST, MT, IPM ASEAN Eng

ABSTRAK

Penggunaan material lokal, agregat kasar dan halus dari sungai Krueng Aceh Indrapuri Aceh Besar yang mana pada umumnya banyak digunakan oleh masyarakat untuk kabupaten Banda Aceh dan Aceh Besar, maka direncanakan beton mutu tinggi dengan mempertimbangkan ukuran diameter agregat maksimumnya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi campuran gradasi dan nilai modulus halus butir serta kebutuhan air dan semen pada beton mutu tinggi dengan menggunakan material sungai Krueng Aceh dengan agregat maksimum yang direncanakan 12,5 mm, 19,1 mm dan 25,4 mm. Serta mengetahui pengaruh komposisi campuran pasir dan kerikil sungai Krueng Aceh berdasarkan agregat maksimum terhadap kuat tekan beton mutu tinggi. Penelitian ini dilaksanakan di Laboraturum Konstruksi dan Bahan Bangunan Universitas Muhammadiyah Aceh. Perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode *American Concrete Institute* (ACI) 211.4R - 08. Pengujian beton diikat dengan nilai FAS 0,30. Benda Uji yang digunakan pada penelitian ini adalah beton silinder standar berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan jumlah 60 benda uji. Pengujian kuat tekan rata-rata campuran beton diperoleh hasil untuk umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari secara berurutan sebesar 19,26 MPa; 20,65 MPa; 26,27 MPa dan 34,07 MPa, untuk agregat maksimum 12,5 mm; 18,02 MPa; 16,65 MPa; 20,71 MPa dan 27,77 MPa untuk agregat maksimum 19,1 mm, serta 15,14 MPa; 22,00 MPa 21,50 MPa dan 26,84 MPa dengan agregat maksimum 25,4 mm. Berdasarkan persamaan regresi, diperoleh variasi agregat maksimum 12,5 mm nilai $y = 1,603x^2 - 3,0137x + 20,569$; untuk agregat maksimum 19,1 mm diperoleh nilai $y = 12,2073 x^2 - 7,2047x + 22,991$ sedangkan untuk agregat maksimum 25,4 mm diperoleh nilai $y = 2,199 x^3 - 16,875x^2 + 12,277$. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan ukuran agregat maksimum berpengaruh terhadap kuat tekannya, dikarenakan semakin kecil lubang pori yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh butiran yang lebih kecil akan mengisi lubang/rongga yang terdapat diantara agregat yang ukurannya lebih besar.

Kata Kunci : Agregat, Beton Mutu Tinggi, FAS, Kuat tekan

Abstract

The use of local materials, coarse and fine aggregates from the Krueng Aceh Indrapuri Aceh Besar river which is generally widely used by the community for the districts of Banda Aceh and Aceh Besar, high-strength concrete is planned taking into account the maximum diameter of the aggregate. This research was conducted to determine the composition of the gradation mixture and the value of the fine modulus of grains as well as the need for water and cement in high-strength concrete using Krueng Aceh river material with a maximum planned aggregate of 12.5 mm, 19.1 mm and 25.4 mm. As well as knowing the effect of the composition of the Krueng Aceh river sand and gravel mixture based on maximum aggregate on the compressive strength of high-strength concrete. This research was conducted at the Laboratory of Construction and Building Materials, University of Muhammadiyah Aceh. Concrete mix design (mix design) uses the American Concrete Institute (ACI) 211.4R – 08 method. Tested concrete is tied with a FAS value of 0.30. The test object used in this study was a standard cylindrical concrete with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, with a total of 60 specimens. The average compressive strength test of the concrete mixture obtained results for the age of 7 days and 28 days, respectively, of 19.26 Mpa; 20.65 Mpa; 26.27 Mpa; and 34.07 Mpa, for a maximum aggregate of 12.5 mm; 18.02 Mpa; 16.65 Mpa; 20.71 Mpa and 27.77 Mpa for a maximum aggregate of 19.1 mm and 15.14 Mpa; 22.00 Mpa; 21.50 Mpa and 26.84 Mpa with a maximum aggregate of 25.4 mm. based on the regression equation, the maximum aggregate variation is 12.5 mm, the value of $y = 1.603x^2 - 3.0137x + 20,569$; for the maximum aggregate of 19.1 mm, the value of $y = 12,2073x^2 - 7,2047x + 22,991$, while for the maximum aggregate of 25.4mm, the value of $y = 2,199x^3 - 16,875x^2 + 12,277$, was obtained. Based on the test results, it can be concluded that the maximum aggregate size affects the compressive strength, because the smaller the pores that occur. This is because the smaller grains will fill the holes/cavities between the larger aggregates.

Keywords: Aggregate, High Quality Concrete, FAS, Compressive Strength

BAB I

PENDAHULUAN

Banda Aceh merupakan ibu kota Provinsi Aceh yang sedang berkembang baik pembangunan sarana fisik maupun non fisik Selain melaksanakan renovasi bangunan yang sudah ada, juga dilaksanakan pembangunan kembali karena untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang terus berkembang. Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama-tama dilaksanakan dan dikerjakan di lapangan adalah kekuatan beton yang akan digunakan, dalam hal ini untuk memenuhi pekerjaan konstruksi menggunakan beton mutu tinggi dan penggunaan material lokal, agregat kasar dan halus dari Sungai Krueng Aceh Indrapuri Aceh Besar yang mana bisa menjadi alternatif sebagai material yang bisa dijangkau oleh masyarakat sekitar daerah kabupaten Banda Aceh dan Aceh Besar. Kualitas bahan agregat halus dan kasar pada umumnya berbeda sesuai dengan sumber material dari mana material tersebut di ambil, dengan demikian karakteristik yang didapatkan akan berbeda. Oleh karena itu direncanakan beton mutu tinggi yang sesuai dengan agregat sungai Krueng Aceh yang berlokasi di Indrapuri Aceh Besar, dengan mempertimbangkan ukuran diameter agregat maksimumnya.

Guna mendapatkan beton dengan mutu tinggi, salah satu faktor yang berpengaruh adalah gradasi agregat kasar. Apabila gradasi agregat mempunyai ukuran yang lebih kecil dan lebih bervariasi ukurannya, maka pori pada beton menjadi kecil. Hal ini disebabkan oleh butiran yang lebih kecil akan mengisi lubang/rongga yang terdapat diantara agregat yang ukurannya lebih besar.

Penggunaan bahan tambah mempertahankan *workability* (kemudahan pengerjaan). Jadi dengan bahan tambah *superplasticizer* pada campuran beton, kita bisa menggunakan Faktor Air Semen (FAS) yang rendah. Semakin besar nilai Faktor Air Semen (FAS), maka nilai kuat tekan beton akan semakin kecil, dan sebaiknya, jika nilai Faktor Air Semen (FAS) semakin kecil maka nilai kuat tekan betonnya semakin tinggi.

Dalam penelitian ini menggunakan variasi agregat maksimum yaitu 12,5 mm; 19,1 mm dan 25,4 mm. Pengujian beton hanya dibatasi untuk pengujian

kuat tekan dengan diikat pada nilai FAS = 0,30. Metode perencanaan beton (*mix design*) menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) 211.4R - 08. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada usia beton 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi campuran gradasi dan nilai modulus halus butir serta kebutuhan air dan semen pada beton mutu tinggi dengan menggunakan material sungai Krueng Aceh sesuai agregat maksimum yang direncanakan 12,5 mm; 19,1 mm dan 25,4 mm. Serta mengetahui pengaruh komposisi campuran pasir dan kerikil sungai Krueng Aceh berdasarkan agregat maksimum terhadap kuat tekan beton mutu tinggi.

Manfaat penelitian ini yaitu diharapkan dapat diperoleh komposisi yang ideal untuk campuran beton mutu tinggi dengan sumber material dari sungai Krueng Aceh sesuai agregat maksimumnya yang direncanakan 12,5 mm; 19,1 mm dan 25,5 mm pada campuran beton dengan diikat nilai FAS 0,30.

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, sebelum dilakukannya pembuatan beton terlebih dahulu dilakukan perencanaan campuran (*mix design*), di mana bahan- bahan pembentuk beton seperti agregat halus dan agregat kasar terlebih dahulu diperiksa kualitas dan kuantitasnya berdasarkan sifat-sifat fisis agregat mencakup seperti pemeriksaan berat jenis (*specific gravity*), penyerapan (*absorsi*), berat volume (*bulk density*), analisa saringan (*sieve analysis*), modulus kehalusan (*fineness modulus*), gradasi agregat dan kadar airnya.

Campuran beton yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada metode perencanaan campuran (*mix design*) sesuai ACI 211.4R - 08 untuk beton mutu tinggi, semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland* tipe I *Ordinary Portland Cement* (OPC). Untuk bahan tambah yang digunakan SIK A *viscocrete*-1003 yang mampu meningkatkan *workability* beton sehingga beton mudah dikerjakan, setelah beton dicor dan dibuka cetaknya selanjutnya melakukan perawatan beton dengan cara direndam dan

selanjutnya dilakukan uji tekan setelah tercapai umur rencana yaitu 3 hari; 7 hari; 14 hari dan 28 hari.

Adapun hasil pengujian sifat fisis diperoleh nilai *Fine Modulus* (FM) pasir sebesar 2,74. *Fine Modulus* (FM) kerikil secara berturut-turut untuk ukuran agregat maksimumnya 12,5 mm; 19,1 mm, dan 25,4 mm sebesar 6,43; 7,17 dan 7,88. Hasil pemeriksaan agregat menunjukkan agregat yang digunakan dalam penelitian ini sudah memenuhi persyaratan sebagai material beton.

Berdasarkan hasil Pengujian kuat tekan rata-rata campuran beton diperoleh hasil untuk umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari secara berurutan sebesar 19,26 MPa; 20,65 MPa; 26,27 MPa dan 34,07 MPa, untuk agregat maksimum 12,5 mm; 18,02 MPa; 16,65 MPa; 20,71 MPa dan 27,77 MPa untuk agregat maksimum 19,1 mm, serta 15,14 MPa; 22,00 MPa 21,50 MPa dan 26,84 MPa dengan agregat maksimum 25,4 mm. Berdasarkan persamaan regresi, diperoleh hubungan kuat tekan beton (y) terhadap umur kuat tekan beton (x) dengan variasi agregat maksimum 12,5 mm diperoleh nilai $y = 1,603x^2 - 3,0137x + 20,569$ dengan nilai $R = 0,99$; untuk agregat maksimum 19,1 mm diperoleh nilai $y = 12,2073 x^2 - 7,2047x + 22,991$ dengan nilai $R = 0,99$ sedangkan untuk agregat maksimum 25,4 mm diperoleh nilai $y = 2,199 x^3 - 16,875x^2 + 12,277$ dengan nilai $R = 1,00$.

Merujuk kepada hasil pengujian yang dilakukan semakin kecil ukuran agregat maksimumnya maka semakin besar pula nilai kuat tekan betonnya, dikarenakan semakin kecil lubang pori yang terjadi Hal ini disebabkan oleh butiran yang lebih kecil akan mengisi lubang/rongga yang terdapat diantara agregat yang ukurannya lebih besar.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Teori-teori yang mendukung permasalahan dalam penelitian disajikan dalam bab ini. Teori-teori tersebut dikutip dari hasil penelitian terdahulu dan pendapat para ahli serta dari referensi-referensi yang ada.

2.1 Beton

SNI (2013), beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (admixture). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f'_c) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

Perbandingan campuran bahan susun disebutkan secara urut, dimulai dari ukuran butir yang paling kecil (lembut) ke butir yang besar, yaitu :semen, pasir, dan kerikil. Jadi jika campuran beton menggunakan semen 1 : 2 : 3, berarti campuran adukan betonnya menggunakan semen 1 bagian, pasir 2 bagian, dan kerikil 3 bagian. (Asroni,2010).

Saptahari (2012) berpendapat mutu Beton dikelompokkan menjadi 4 jenis yaitu :

1. Mutu tinggi 35-65 Mpa atau K 400-800 kg/cm²
2. Mutu sedang 20 - < 35 Mpa atau K 250 - < K 400 kg/cm²
3. Mutu rendah 15 - < 20 Mpa atau K 175 - < K250 kg/cm²
4. Mutu rendah 10 - < 15 Mpa atau K 125 - < 175 kg/cm²

2.2. Beton Mutu Tinggi

Berpendapat Mulyono (2005), kriteria beton mulai berubah seiring berkembangnya zaman dan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai sesuai dengan perkembangan teknologi beton. Pada tahun 1950-an, beton dikategorikan mempunyai mutu tinggi jika kekuatan tekannya 30 MPa, tahun 1960 – 1970 kriterianya naik menjadi 40 MPa. Saat ini beton dikatakan sebagai beton mutu tinggi jika kekuatannya diatas 55 MPa dan di atas 80 Mpa seagai beton mutu sangat tigggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi.

Beton mutu tinggi merupakan beton dengan perlakuan khusus yang tidak dapat selalu dicapai hanya dengan penggunaan material konvensional tanpa penambahan bahan tambah khusus. Beton mutu tinggi biasanya digunakan untuk bahan bangunan struktur seperti struktur bangunan gedung bertingkat tinggi, struktur jembatan, dan memerlukan beton dengan kuat tekan lebih dari 40 MPa (Luga and Atis, 2016)

Berpendapat As'at Pujianto (2010), beton mutu tinggi dapat diperoleh dengan mencampurkan superplastisizer (high range water reducer) dan aditif mineral yang bersifat cementitious yang berupa abu terbang (*fly ash*), pozzofume (super *fly ash*), dan mikrosilika (*silicafume*) dengan kadar yang tepat. Jika bahan admixture dan aditif dicampur dengan kadar yang tidak tepat hasilnya akan sebaliknya, yaitu dapat menurunkan kuat tekannya.

2.3. Bahan Pembentuk Beton

Beton merupakan bahan dari campuran antara *Portland Cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003).

2.3.1. Semen *Portland*

Semen *portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985 dalam Mulyono (2005), semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen *portland* dibedakan menjadi 5 jenis/tipe, yaitu :

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

2.3.2. Agregat

Sebuah pendapat lain dikemukakan oleh Mulyono (2005), kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Berdasarkan pengalaman, komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini pun menjadi penting. Karena itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan.

Amri (2005) berpendapat bahwa agregat berfungsi sebagai bahan pengisi, tetapi peranannya dalam menentukan kekuatan beton lebih kecil dari pada semen.

Agregat mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku beton yang sudah mengeras dan agregat dengan sifat kekerasan, kepadatan, dan keawetan tinggi mempunyai sifat kekekalan yang baik, sehingga akan menghasilkan beton yang berkualitas tinggi. Sedangkan beton yang dibuat dengan sifat sebaliknya akan menghasilkan beton berkualitas rendah.

Faktor yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi ukuran butir agregat, karena bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam berakibat volume pori lebih besar tetapi bila ukuran butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butir yang lebih kecil akan mengisi pori di antara butiran yang lebih besar. Agregat sebagai bahan penyusun beton diharapkan mempunyai kemampuan yang tinggi, sehingga volume pori dan bahan pengikat yang dibutuhkan lebih sedikit.

Menurut ukuran butirnya, agregat dibagi menjadi 2 yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Agregat halus merupakan butiran-butiran mineral keras dan halus yang bentuknya mendekati bulat, yang ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,075 mm sampai 5 mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5 % (Husnah,2016). Agregat halus berupa pasir alami, sebagai disintegrasi alami atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batu. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu pada departemen pekerjaan umum 1982, maka agregat halus harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus tidak boleh pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca,
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, jika melebihi 5 % pasir harus dicuci,
3. Agregat halus harus terdiri dari butir-butiran ragam besarnya, apabila di ayak harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - a. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2 %,
 - b. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus berkisar antara 10 % berat,

- c. Sisa pasir diatas 0,25 mm, harus berkisar antara 80 % sampai 90 %.

Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat untuk semua mutu beton, Kecuali dengan petunjuk dari lembaga bahan-bahan yang diakui.

Tabel syarat gradasi agregat halus dapat dilihat pada lampiran B halaman 65.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah butiran mineral keras yang sebagian besar butirannya berukuran antara 5 mm–40 mm, dan kasar butirannya maksimum yang diijinkan tergantung pada maksud dan pemakaian. Agregat kasar yang akan dicampurkan sebagai adukan beton harus mempunyai syarat dan mutu yang ditetapkan meliputi:

1. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil bidang–bidang samping dari cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal plat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum tulangan.
2. Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana rudellof tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm lebih dari 16 % berat.
3. Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan los angeles, tidak boleh lebih dari 27 % berat.
4. Kadar lumpur maksimal 1 %.
5. Bagian butir panjang dan pipih maksimum 20 % berat, terutama untuk beton mutu tinggi.

Tabel syarat gradasi agregat kasar dapat dilihat pada lampiran B halaman 65.

2.3.3 Air

Air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan beton karena dapat menentukan mutu dalam campuran. Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras (Tjokrodinuljo, 2007). Air yang diperlukan hanya sekitar 25-30% dari berat semen.

Berdasarkan SNI S-04-1989-F, syarat-syarat penggunaan air pada campuran beton adalah sebagai berikut ini.

- a. Tidak boleh mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya.
- b. Tidak mengandung klorida (CL) lebih dari 0,5 gram/liter.
- c. Air yang dipakai harus bersih.
- d. Air tidak mengandung senyawa sulfat (SO_2) lebih dari 1 gram/liter.
- e. Tidak mengandung garam yang dapat melarutkan dan dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.

2.3.4 Bahan Tambah Kimia (*superplasticizer*)

Berdasarkan surat edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat nomori: 22/SE/M/2015 tentang pedoman penggunaan bahan tambah kimia (*chemical admixture*) dalam beton, bahan tambah pengurang air (*normal water reducer*) adalah bahan tambah yang disebut *plasticizer* dalam teknologi beton. Suatu produk pengurang air yang biasa mampu mengurangi kebutuhan air sebesar 10% sampai 15% atau bahkan 30%. Pengurangan air yang lebih tinggi, dengan memasukkan jumlah besar bahan tambah jenis *plasticizer* akan menghasilkan efek yang tidak diinginkan pada beton seperti *bleeding*, segregasi dan pengikatan yang tidak terkendali. Jenis baru pengurang air (*HRWR / superplasticizer / SP*), yang secara senyawa kimia berbeda dari pengurang air biasa (*NWR / plasticizer*) akan mampu mengurangi kadar air sampai dengan 30%. Bahan tambah yang termasuk dalam kelas ini dikenal sebagai *superplasticizer*. *Superplasticizer (High Range Water Reducer)*, yang sebenarnya merupakan versi yang lebih modern dari *plasticizer (Normal Water Reducer)*.

Pada saat pemberian, dengan rasio air / semen dan kadar air yang tersedia dalam campuran, aksi menyebar dari *superplasticizer* akan meningkatkan kinerja beton, biasanya dengan menaikkan nilai *slump* dari 7,5 cm menjadi 20 cm. Beton yang dihasilkan dapat ditempatkan dengan sedikit atau tanpa pemadatan dan tidak bermasalah dengan *bleeding* yang berlebihan atau segregasi. Beton ini disebut sebagai beton mengalir (*flowing concrete*) dan berguna untuk ditempatkan di bagian yang sangat sulit dijangkau karena tulangan yang rapat, di wilayah yang tidak terjangkau pemadatan, di lantai atau perkerasan kaku, dan juga sangat cepat

ditempatkan di tempat yang diinginkan. Prinsip utama dari aksi *superplasticizer* adalah kemampuannya untuk menghancurkan partikel - partikel semen dengan sangat efisien. Karena *superplasticizer* tidak menguap di udara, *superplasticizer* dapat digunakan pada dosis tinggi tanpa mempengaruhi kekuatan.

Pada dasarnya *superplasticizer* tidak berpengaruh terhadap kekuatan beton secara langsung, akan tetapi penambahan *superplasticizer* memungkinkan suatu campuran beton dengan faktor air semen yang relatif kecil memiliki *workabilitas* yang baik, sehingga campuran dengan faktor air semen yang baik tersebut dapat dipadatkan dan dikerjakan dengan baik. Seperti yang sudah diketahui sebelumnya bahwa semakin kecil kandungan air semen dalam suatu campuran maka akan makin padat dan makin tinggi kuat tekan suatu beton.

2.4. Sifat Fisis Agregat

Sifat fisis agregat adalah bagian yang terlihat dari pada agregat tersebut, adapun sifat fisis dari agregat halus adalah sebagai berikut:

- a. *Specific Gravity*, yaitu perbandingan massa atau berat di udara dari suatu unit volume bahan terhadap massa air dengan volume yang pada temperatur tertentu.
- b. *Apparent Specific Gravity*, yaitu perbandingan massa agregat kering (yang dioven pada suhu 110° C selama 24 jam) terhadap massa air dengan volume yang sama dengan agregat tersebut.
- c. *Bulk Specific Gravity*, yaitu perbandingan massa agregat SSD (*Saturated and Surface Dry*) terhadap massa air dengan volume yang sama dengan agregat tersebut.
- d. *Bulk Density*, yaitu massa aktual yang akan mengisi suatu penampang/wadah dengan volume satuan. Parameter ini berguna untuk mengubah ukuran massa menjadi ukuran volume.
- e. Porositas dan Absorpsi porositas, permeabilitas, dan absorpsi agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen

Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar diberikan sebagai berikut :

$$1. \text{ Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$2. \text{ Berat jenis kering-permukaan jenuh} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$3. \text{ Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$4. \text{ Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Bk = berat benda uji kering oven, dalam gram

Bj = berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram

Ba = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, dalam gram

Perhitungan *sieve analysis* agregat dan prosedur pekerjaan jelaskan sebagai berikut:

1. Agregat halus dikeringkan dalam oven dengan suhu 110° C sampai berat tetap.
2. Timbang agregat
3. Saring benda uji sebanyak itu dengan menggunakan ayakan 4 mm ke atas.
4. Dari benda uji yang tembus ayakan 4 mm, timbang sebanyak 500 gram.
5. Ayak agregat 500 gram tersebut dengan ayakan lebih kecil 4 mm yang berkelipatan dua, sedangkan ayakan paling besar ditempatkan paling atas. Pengayakan ini dilakukan dengan meletakkan susunan ayakan pada mesin pengguncang dan agregat diguncang selama 15 menit.
6. Bersihkan masing-masing ayakan, dimulai dari ayakan teratas dengan kuas cat yang lemas. Perhatian, penyikatan jangan terlalu keras, sekedar menurunkan debu yang mungkin masih melekat pada ayakan.
7. Timbang berat total agregat yang tertahan di masing-masing ayakan terhadap berat total di mana
 - a. Persentase total berat benda uji yang tertahan di atas ayakan 4 mm ke atas dihitung berdasarkan berat 5000 gram.

- b. Prosentase berat benda uji yang tertahan 2 mm ke bawah, dihitung berdasarkan berat 500 gram.

Persentase berat benda uji yang tertahan diatas saringan:

$$a = \frac{A}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

A : Berat benda uji yang tertahan diatas saringan (mm)

B : Berat benda uji total

2.4.1 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil. Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
5. Gradasinya harus memenuhi syarat.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI-S-04-1989) disebutkan mengenai persyaratan pasir atau agregat halus yang baik sebagai bahan bangunan sebagai berikut :

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras
2. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - a. Jika dipakai natrium sulfat bagian hancur maksimal 12%.
 - b. Jika dipakai magnesium sulfat bagian halus maksimal 10%.
 - c. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan apabila pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
 - d. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrans Harder dengan larutan jenuh NaOH 3%.
 - e. Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.
 - f. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
 - g. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui.
 - h. Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir pasangan.

Dengan menganalisa susunan butir dari agregat yang digunakan maka dapat diketahui kurva gradasi agregat tersebut dapat digunakan sebagai salah satu material pembentuk beton. Gambar susunan ini dapat dilihat Lampiran B halaman 66.

2.5. Slump dan Faktor Air Semen (FAS)

Pada setiap pengerjaan beton, ada hal-hal yang penting yang harus diperhatikan salah satu diantaranya adalah kelecakan beton segar. Kelecakan beton biasanya diperiksa dengan uji slump untuk dapat memperoleh nilai slump yang kemudian dipakai sebagai tolak ukur kelecakan beton segar untuk kemudahannya dalam mengerjakan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelecakan beton antara lain (Tjokrodimuljo, 2007) sebagai berikut ini.

1. Jumlah air yang dipakai dalam adukan beton.
2. Jumlah pasta dalam campuran adukan.
3. Gradasi agregat.
4. Besar butir maksimum agregat.

Slump pada beton sangat berhubungan dengan Faktor Air Semen (FAS) yang ada pada beton, semakin tinggi nilai faktor air semen pada sebuah beton maka biasanya akan semakin tinggi pula nilai slump yang didapatkan yang berarti jika nilai slump tinggi maka kuat tekan pun akan semakin kecil.

Pada lampiran B halaman 66 dapat terlihat gambar yang menunjukkan semakin besar nilai fas pada beton maka nilai kuat tekanpun akan semakin kecil dan sebaliknya semakin kecil nilai fas yang diperoleh maka kuat tekan akan semakin tinggi. Sehingga nilai slump dan kandungan fas pada beton akan sangat mempengaruhi nilai kuat tekan pada beton tersebut.

2.6. Kuat Tekan Beton

Sebuah pendapat lain yang dikemukakan oleh Amri (2005), kuat tekan yang dapat dipikul oleh suatu penampang beton dapat ditentukan dengan membagikan beban maksimum yang dipikulnya terhadap luas penampang beton yang memikulnya, Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui kuat tekan yang dihasilkan berdasarkan rancangan campuran yang direncanakan dan umur beton. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Mulyono (2005) berpendapat bahwa, faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton adalah proporsi bahan-bahan penyusunnya, metode perancangan, perawatan dan keadaan pada saat pengecoran dilakukan kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (*linear*) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil.

Asroni (2010) berpendapat bahwa, mutu beton dibedakan atas tiga macam menurut kuat tekannya, yaitu :

1. Mutu beton dengan f_c' kurang dari 10 MPa, digunakan untuk beton non struktur (misalnya : kolom praktis, balok praktis).
2. Mutu beton dengan f_c' antara 10 MPa sampai 20 MPa, digunakan untuk beton struktur (misalnya : balok, kolom, pelat maupun fondasi).
3. Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 MPa ke atas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

Dipohusodo (1994) berpendapat bahwa, nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton sampai hancur. Tata cara pengujian umumnya dipakai standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai pada uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan.

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan beton (kg/cm^2)

P = Beban tekan maksimum/hancur (kg)

A_s = Luas penampang benda uji (cm^2)

Tabel 2.4 Notasi kuat tekan beton dan faktor bentuk benda uji [SNI T-15-1990-03]

Notasi	Bentuk Benda Uji	Dimensi (cm)	Umur yang diperhitungkan (hari)	Nilai Konversi
K	Kubus	15 x 15 x 15	28	1,00
f_c'	Silinder	15 x 30	28	0,83

2.7. Analisa Data

Sebuah pendapat lain dikemukakan oleh Mulyono (2005), menyebutkan bahwa standar deviasi adalah identifikasi penyimpanan yang terjadi dalam kelompok data. Besarnya standar deviasi dihitung dengan persamaan berikut :

$$S = \sqrt{\frac{(xi - X)^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

S = Standar deviasi (Kg/cm²)

X_i = Data benda uji (Kg/cm²)

X = Nilai rata-rata dari benda uji (Kg/cm²)

n = Jumlah benda uji

Cv (*covarium*) adalah koefisien ragam sampel, yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$Cv = \frac{S}{x} \times 100\% \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

Cv= Koefisien ragam sampel (%)

S = Deviasi standar (Mpa)

X = Data rata-rata (Mpa)

2.7.1. Pengertian Analisis Regresi

Riduwan (2007) berpendapat bahwa regresi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang apa yang paling mungkin terjadi dimasa yang akan datang berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki agar kesalahannya dapat diperkecil. Regresi dapat juga diartikan sebagai usaha memprediksi perubahan. Analisis regresi (*regression analysis*) merupakan suatu teknik untuk membangun persamaan dan menggunakan persamaan tersebut untuk membuat perkiraan (*prediction*). Dengan demikian analisis regresi juga dapat

diartikan sebagai analisis perkiraan. Karena dapat merupakan suatu prediksi maka nilai prediksi tidak memberikan jawaban pasti tentang apa yang sedang dianalisis, semakin kecil tingkat penyimpangan antara nilai prediksi dengan nilai rilnya, maka semakin tepat persamaan regresi yang dibentuk.

Sebuah pendapat lain dikemukakan oleh Sugiyono (2010), menyebutkan bahwa model analisis regresi merupakan suatu model yang parameternya linier (biasanya fungsinya berbentuk garis lurus). Dan secara kuantitatif dapat digunakan untuk menganalisis pangaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya. Analisis regresi menyangkut studi tentang hubungan antara suatu variabel Y yang disebut variabel respon atau variabel dependen yaitu variabel yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel lainnya. Dan variabel X merupakan variabel predictor atau variabel independen yaitu variabel bebas (tidak dipengaruhi variabel lainnya).

Koefisien determinasi dinyatakan dengan R^2 untuk pengujian regresi linier berganda yang mencakup lebih dari dua variabel, untuk mengetahui proporsi keragaman total dalam variabel tak bebas (Y) yang dapat dijelaskan atau diterangkan oleh variabel - variabel bebas (X) yang ada didalam model persamaan regresi linier berganda secara bersama – sama. Maka R^2 akan ditentukan dengan persamaan berikut :

$$R^2 = \frac{JK_{Reg}}{\sum y^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

- JK_{Reg} = Jumlah Kuadrat Regresi
- $\sum y^2$ = Jumlah Persamaan Regresi
- R^2 = Koefisien Determinasi

2.8. Penelitian Terdahulu

Reny Rochmawati dan Iis Roin Wdiati (2019) melakukan penelitian tentang menggunakan agregat kasar dan halus dari lokasi yang berbeda mengatakan hasil penelitian menunjuk kan bahwa ditemukan bahwa agregat kasar

dari Kampung Harapan dan agregat halus dari Doyo Kabupaten Sentani, dalam pembuatan beton mutu tinggi menghasilkan kuat tekan yang di konfersi dari f_c ke K' , pada umur 7 hari K-363. Pada umur 14 hari K-418 dan pada umur 28 hari K460, dan menghasilkan kuat tekan yang disyaratkan, penelitian dilakukan pada beton mutu tinggi.

Reza Adeputra Polii dkk (2015) melakukan penelitian kuat tekan beton dengan varasi agregat yang berasal dar beberapa tempat di Sulawesi Utara . Pada penelitian ini menghasilkan beton yang menggunakan kerikil pecah dan pasir klabatlah yang mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi dari semua kombinasi agregat pada umur 28 hari yaitu sebesar 30,74 MPa. Hasil penelitian juga menunjukan terjadi penurunan kuat tekan sebesar 3,33 MPa sampai 6,47 MPa akibat penggunaan kerikil sungai sebagai agregat kasar pada beton.

Teuku Budi Aulia dkk (2018) melakukan penelitian yang berjudul kuat tekan beton mutu tinggi hybrd dengan substitusi semen dan agregat halus serta penambahan nano material bijih besi. Pada penelitian ini menghasilkan flow test menunjukkan bahwa beton mutu tinggi hybrid (BMT-H) kecepatan alirannya lebih lambat dibandingkan beton mutu tinggi normal (BMT-N). Jadi, BMT-N mempunyai workabilitas lebih baik dari BMT-H. Kuat tekan beton mutu tinggi normal adalah pada umur 7 hari sebesar 42,31 MPa, umur 28 hari sebesar 44,40 MPa, dan umur 56 hari sebesar 47,66 MPa. Kuat tekan maksimum pada penelitian ini yaitu pada beton mutu tinggi hybrid dengan variasi BMT-APPP (abu pozzolan + agregat halus pasir pozzolan + agregat kasar cangkang sawit + filler nanomaterial bijih besi) sebesar 44,28 MPa pada umur 7 hari, 59,48 MPa umur 28 hari dan 69,71 MPa umur 56 hari.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, maka harus dilakukan dengan menggunakan metode yang baik. Tahapan penelitian ini akan dimulai dengan studi literatur, dilanjutkan dengan rancangan campuran beton, persiapan material/peralatan, pembuatan dan perawatan benda uji dan analisis data.

3.1 Rancangan Campuran Beton

Metode rancangan campuran beton (*concrete mix design*) antara lain dihitung berdasarkan metode *American Concrete Institute* (ACI) 211.4R - 08 untuk beton mutu tinggi dengan penambahan *superplasticizer* SIKKA *viscocrete*-1003.

3.2 Pengadaan dan Pemeriksaan Material

Pengadaan peralatan dan material bertujuan untuk mendapatkan peralatan dan material yang ingin digunakan, pemeriksaan material bertujuan untuk mendapatkan material yang sesuai dengan kebutuhan. Pengadaan dan pemeriksaan material dalam melaksanakan penelitian ini diuraikan menjadi beberapa bagian diantaranya:

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah cetakan berbentuk silinder yang berukuran diameternya 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pembuatan benda uji. Peralatan lain yang digunakan adalah mesin pembebanan tekan, neraca, saringan, pengaduk beton (*mixer concrete*), *foam generator*, serta literan dan peralatan penunjang lainnya. Peralatan tersebut tersedia di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

3.2.2 Material yang digunakan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus dan agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini berasal dari sungai Krueng Aceh, PT Krueng Meuh Indrapuri kabupaten Aceh Besar.
2. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland* tipe I (OPC)
3. Air yang digunakan untuk campuran beton dan perawatannya berasal dari sumur bor yang telah ditampung dalam bak penampungan pada Laboraturium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh yang telah memenuhi syarat sebagai air pencampuran beton.
4. Bahan tambah kimia (*Superplasticizer*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah produk dari PT. Sika Indonesia *viscocrete*-1003.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dalam melaksanakan penelitian ini diuraikan menjadi beberapa bagian diantaranya:

3.3.1 Pekerjaan Persiapan

Persiapan penelitian yang dilakukan meliputi penyediaan bahan seperti semen, agregat dan *superplasticizer*. Semua material tersebut disimpan di tempat yang aman untuk menghindari kerusakan pada material.

3.3.2 Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat

Dalam proses perencanaan beton, pemeriksaan terhadap material agregat pembentuk beton sangat diperlukan. Dengan data-data yang diperoleh dari pengujian material berupa uji fisis, pada umumnya dapat merencanakan *mix design* sesuai dengan mutu yang direncanakan. Adapun beberapa uji fisis yang dilakukan sebagai berikut :

1. Pemeriksaan berat volume (*Bulk Density*).

2. Analisis saringan agregat (*sieve Analysis*).
3. Pengujian berat jenis (*Specific Gravy*).
4. Penyerapan agregat (*Absorbtion*).

3.3.2 Perencanaan Proporsi Campuran

Tujuan dari perencanaan proporsi campuran yaitu untuk mengetahui jumlah material yang digunakan dalam pembuatan benda uji. Untuk jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji

Variasi Agregat		Umur	Jumlah
Agregat Maksimum	Nama Benda Uji		
12,5 mm	BU ₁₂ U ₃	3	5
	BU ₁₂ U ₇	7	5
	BU ₁₂ U ₁₄	14	5
	BU ₁₂ U ₂₈	28	5
19,1 mm	BU ₁₉ U ₃	3	5
	BU ₁₉ U ₇	7	5
	BU ₁₉ U ₁₄	14	5
	BU ₁₉ U ₂₈	28	5
25,4 mm	BU ₂₅ U ₃	3	5
	BU ₂₅ U ₇	7	5
	BU ₂₅ U ₁₄	14	5
	BU ₂₅ U ₂₈	28	5
Total			60

Pada tabel benda uji di atas dapat kita lihat untuk penamaan benda uji dimana BU mengartikan Benda Uji dan agregat maksimum yang dipakai dan U dimana mengartikan uji tekan usia pada beton.

3.3.4 Pembuatan Benda Uji

Pelaksanaan pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh. Tahap-tahap pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Setelah material dipersiapkan maka dilakukan penimbangan berat terhadap material tersebut sesuai dengan proporsi campuran yang telah ditentukan.
2. Persiapkan alat untuk pengadukan. Alat yang digunakan adalah molen yang mana molen dan penampungan mortar tersebut sebelum digunakan dibersihkan terlebih dahulu dan dibasahi agar mortar beton tidak melekat pada wadah sehingga mortar tidak tertinggal.
3. Diawali dengan memasukkan air, semen, agregat yang ke dalam molen untuk dilakukan pengadukan sampai tercampur rata.
4. Kemudian campuran beton ditimbang berat volume dalam 1 liter SG dari campuran beton sesuai yang telah direncanakan.
5. Siapkan cetakan benda uji yang digunakan, lalu diolesi oli agar memudahkan pada saat mengeluarkan benda uji dari cetakan.
6. Kemudian tuangkan campuran beton ke dalam cetakan.

3.3.5 Perawatan Benda Uji

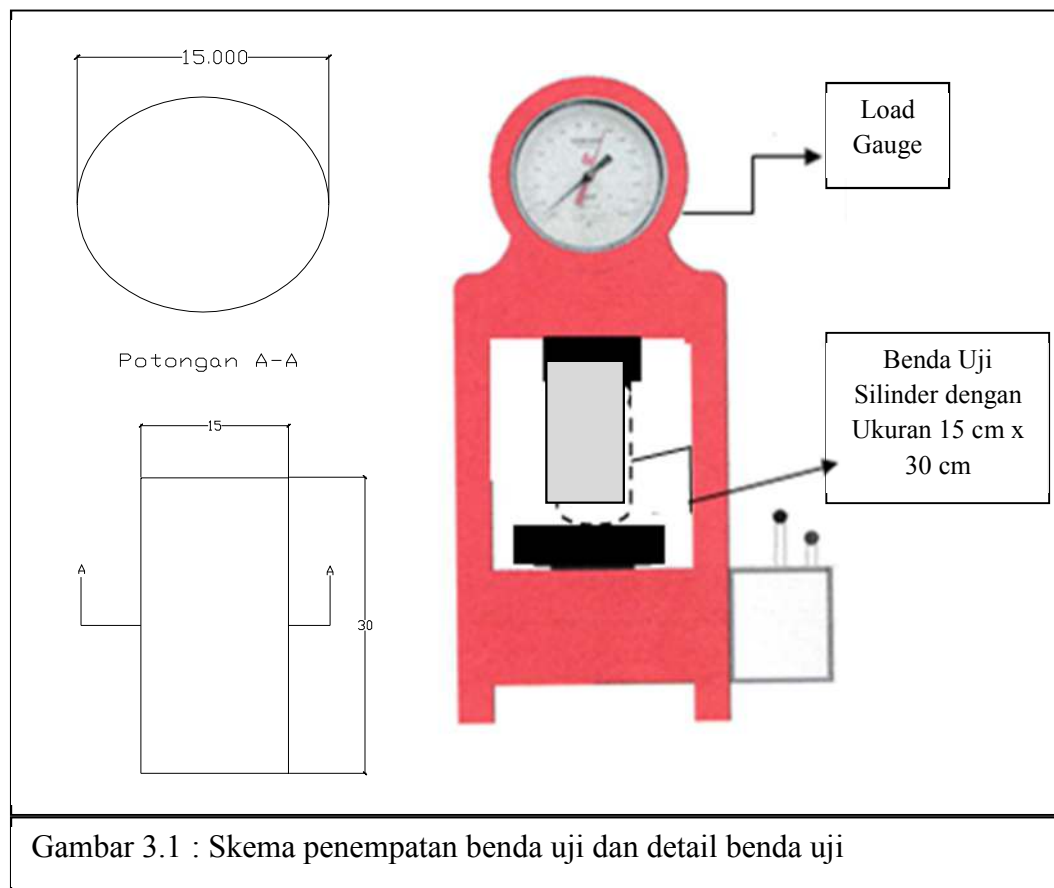
Perawatan benda uji dilakukan setelah beton dibuka dari cetakan kurang lebih 24 jam setelah pengecoran. Benda uji diberi kode dan tanggal dengan menggunakan *spidol* permanen. Perawatan terhadap benda uji dilakukan dengan memasukkan 60 benda uji ke dalam sebuah wadah yang berisi air yang berada di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh sampai beton mencapai umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari.

3.3.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda uji berbentuk silinder yang berukuran diameter 15 cm × tinggi 30 pengujian dilakukan pada saat umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari. Sebelum

dilakukan pengujian, benda uji yang telah dikeringkan satu hari ditimbang terlebih dahulu dan dilakukan pengukuran dimensi (diameter dan tinggi), pembebanan pada beton dilakukan hingga beton tersebut hancur kemudian difoto atau dicatat nilai kuat tekan. Untuk hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada lampiran C halaman 102 – 112 .

Pembebanan diberikan sesuai dengan batas pembebanan yang direncanakan, jika kekuatan dan deformasinya memenuhi, maka struktur dapat diterima. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh. Dengan Acuan Peraturan ASTM C 39/39M-05. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji pembebanan merek Ton *Industrie* (21 *Comp.Strenght Tester* 2547/14/1970) buatan *Manhein* Jerman. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.1.



Prosedur pengujian dapat dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Masukkan benda uji kedalam alat *compression testing machine*.
2. Putar kunci hidrolik.
3. Tekan tuas hidrolik keatas dan kebawah untuk memompa alat kuat tekan sehingga terjadi tekanan pada benda uji
4. Tekan tuas hidrolik dan berhenti setiap pertambahan 10 pada jarum dial. regangan dengan membaca jarum tegangan disetiap pertambahan tersebut
5. Setelah benda uji terlihat retak dan jarum penunjuk gaya berhenti atau tidak mampu bergerak, baca hasil akhir jarum dial tegangan sebagai nilai gaya maksimum yang dapat diterima benda uji dan ΔL maksimum (perpendekan hingga terjadi keruntuhan) pada dial regangan.

3.3.7 Analisisa Data

Data yang dihasilkan diperoleh dari hasil pengujian yang kemudian dilakukan pengolahan data. Data hasil pengujian dihitung rata-rata untuk setiap perbandingan nilai kuat tekan beton dengan berdasarkan agregat maksimum terhadap beton mutu tinggi. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan aplikasi *Microsoft Excel 2010*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian, pengolahan data dan pembahasannya berdasarkan rumus-rumus dan teori pada Bab II dan metodologi penelitian yang di jelaskan pada bab III. Hasil penelitian dan pembahasan terhadap hasil yang yang diperoleh sesuai tinjauan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah pembaca memahaminya dalam bab ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

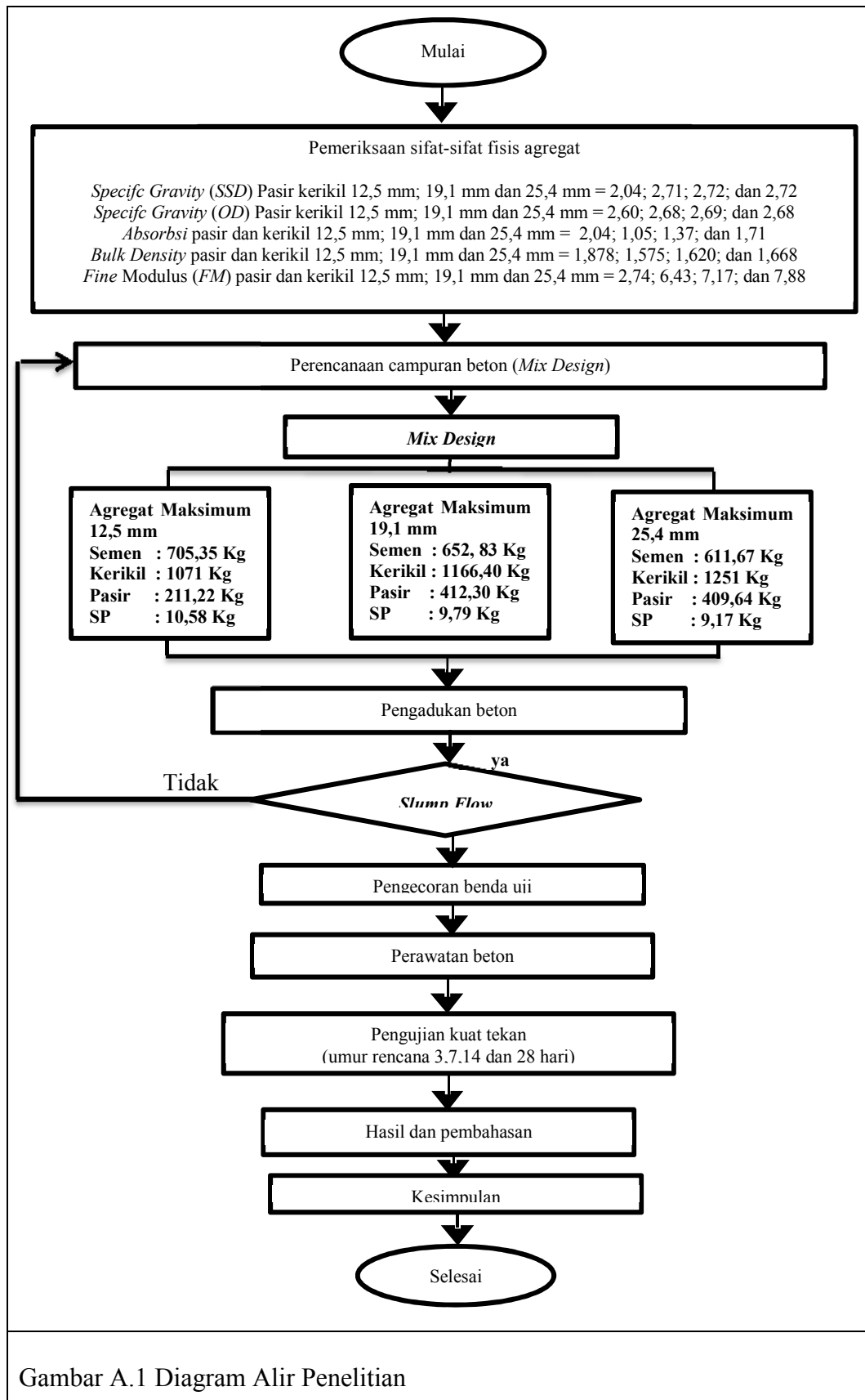
Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai hasil akhir dari penelitian ini dan saran yang dapat menjadi pedoman untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Amri, Sjafei., 2005, *Teknologi Beton A-Z*, Jakarta : Yayasan John Hi-Tech Idetama..
- Asroni., Ali., 2010, *Balok Pelat Beton Bertulang*, Cetakan Pertama, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- As'at Pujiyanto. 2011, *Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Superplstisizer dan Fly Ash*, Yogyakarta
- Depertemen Pekerjaan Umum. No:22/SE/M/2015. *pedoman penggunaan bahan tambah kimia (chemical admixture)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Depertemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, PUBI-1982, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dipohusodo., Istimawan., 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Husnah, 2016. *Analisa Perencanaan Beton Mutu Tinggi (High Strength Concrete) dengan Semen Holcim*, Universtas Abdurrah, Pekanbaru.
- Luga, E., Atis, C.D. 2016. *Strength Properties of Slag/Fly Ash Blends Activated with Sodium Metasilicate and Sodium Hydroxide + Silica Fume*. Periodica Polytechnica Civil Engineering 60(2) 2016 : 223-228.
- Mulyono, 2005. *Teknologi Beton*. Andi offist: Yogyakarta.
- Nora Usrina, Teuku Budi Aulia, dan Muttaqin, 2018, *Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Hybrid dengan Subsitusi Semen dan Agregat Halus Serta Penambahan NanoMaterial Bijih Besi*, Banda Aceh
- Reny Rochmawati dan Iis Roin Widiati, 2019. *Pembuatan Beton Mutu Tinggi K-450 Menggunakan Agregat Kasar dari Kampung Harapan dan Agregat Halus dari Doyo Kabupaten Sentani*. Universitas Yapis Papua, Jayapura.
- Reza Adeputra., Reky S. Windah., dan Marthin D.J Sumajouw, 2015. *Kuat Tekan Beton dengan Variasi Agregat Berasal dari Beberapa Tempat di Sulawesi Utara*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- SNI. 1989. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam)*. (SK SNI S-04-1989-F) Jakarta. Badan Standardisasi Indonesia.
- SNI. 1990. *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton*. (SNI T-15-1990-03) Jakarta. Badan Standardisasi Indonesia.
- SNI. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton*. (SNI 03-2847-2002) Jakarta. Badan Standardisasi Indonesia.

- SNI. 2004. *semen Portland*. (SNI 15-2049-2004) Jakarta. Badan Standardisasi Indonesia.
- SNI. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. (SNI 2847:2013) Jakarta. Badan Standardisasi Indonesia.
- Sugiri dan Saptahari, 2012. *Pengenalan Rekayasa dan Bahan Konstruksi*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Sunarto, DRS M.Si & Riduwan, DRS,M.B.A. 2007. *Pengantar Statistika untuk Penelitian;pendidikan; Sosial; Komunikasi; Ekonomi dan Bisnis*. Alfabeta. Bandung.
- Sutikno,2003. *Panduan Praktek Beton*. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Tjokrodinuljo, K., 2007, *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

LAMPIRAN A



Gambar A.1 Diagram Alir Penelitian

LAMPIRAN A



Gambar : A2 Peta Provinsi Aceh

Sumber : Cipta Karya (2021)

LAMPIRAN A



Gambar : A3 Peta Kabupaten Aceh Besar

Sumber : Dinas Sosial Kabupaten Aceh besar (2021)

LAMPIRAN A



Gambar : A4 Lokasi Pengambilan Kerikil dan Pasir

Sumber : Google Earth (2022)

LAMPIRAN A



Gambar: A.5 Lokasi Pengambilan Kerikil

LAMPIRAN A



Kerkil



Pasir



Semen



Viscocrete 1003



Air

Gambar: A.6 Material yang digunakan

LAMPIRAN A



Countainer



Timbangan



Oven



Ayakan



Benda Uji Silinder 15 cm x 30 cm



Molen



Mesin Uji Kuat Tekan

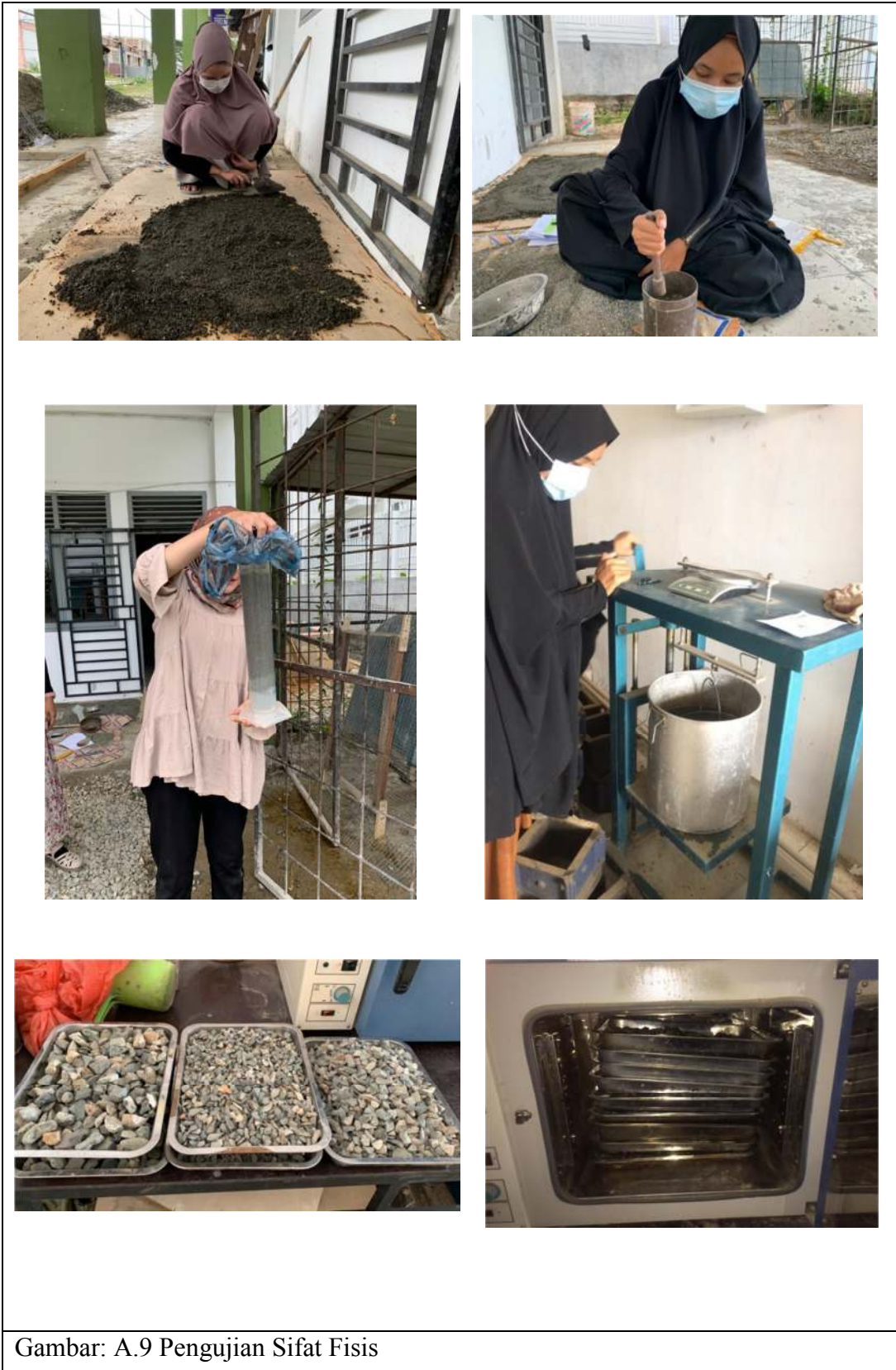
Gambar: A.7 Peralatan yang digunakan

LAMPIRAN A



Gambar: A.8 Proses Ayak Agregat Lolos Saringan dan Mencuci Material

LAMPIRAN A



LAMPIRAN A



Pengadukan Material



Pengujian slump arah vertikal



Pengujian slump arah Horizontal



**Memasukkan Campuran beton
kedalambda uji silinder**



Capping

Gambar :A.10 Proses Pengecoran

LAMPIRAN A



Gambar: A.11 Proses Pembukaan Bekisting dan Penamaan Benda Uji

LAMPIRAN A



Gambar: A.12 Proses Perawatan Benda Uji Umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari

LAMPIRAN A



Gambar: A.13 Proses Penimbangan dan Pengukuran Benda Uji

LAMPIRAN A



Gambar: A.14 Proses Uji Tekan

LAMPIRAN A



BU₁₂U₃ (1)



BU₁₂U₃ (2)



BU₁₂U₃ (3)



BU₁₂U₃ (4)



BU₁₂U₃ (5)

Gambar: A.15 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 12,5 mm Pada Umur 3 Hari

LAMPIRAN A



BU₁₂U₇ (1)



BU₁₂U₇ (2)



BU₁₂U₇ (3)



BU₁₂U₇ (4)



BU₁₂U₇ (5)

Gambar: A.16 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 12,5 mm Pada Umur 7 Hari

LAMPIRAN A



BU₁₂U₁₄ (1)



BU₁₂U₁₄ (2)



BU₁₂U₁₄ (3)



BU₁₂U₁₄ (4)



BU₁₂U₁₄ (5)

Gambar: A.17 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 12 mm Pada Umur 14 Hari

LAMPIRAN A



BU₁₂U₂₈ (1)



BU₁₂U₂₈ (2)



BU₁₂U₂₈ (3)



BU₁₂U₂₈ (4)



BU₁₂U₂₈ (5)

Gambar: A.18 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 12 mm Pada Umur 28 Hari

LAMPIRAN A



BU₁₉U₃ (1)



BU₁₉U₃ (2)



BU₁₉U₃ (3)



BU₁₉U₃ (4)



BU₁₉U₃ (5)

Gambar: A.20 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 19 mm Pada Umur 3 Hari

LAMPIRAN A



BU₁₉U₇ (1)



BU₁₉U₇ (2)



BU₁₉U₇ (3)



BU₁₉U₇ (4)



BU₁₉U₇ (5)

Gambar: A.21 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 19 mm Pada Umur 7 Hari

LAMPIRAN A



BU₁₉U₁₄ (1)



BU₁₉U₁₄ (2)



BU₁₉U₁₄ (3)



BU₁₉U₁₄ (4)



BU₁₉U₁₄ (5)

Gambar: A.22 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 19 mm Pada Umur 14 Hari

LAMPIRAN A



BU₁₉U₂₈ (1)



BU₁₉U₂₈ (2)



BU₁₉U₂₈ (3)



BU₁₉U₂₈ (4)



BU₁₉U₂₈ (5)

Gambar: A.23 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 19 mm Pada Umur 28 Hari

LAMPIRAN A



BU₂₅U₃ (1)



BU₂₅U₃ (2)



BU₂₅U₃ (3)



BU₂₅U₃ (4)



BU₂₅U₃ (5)

Gambar: A.24 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 25 mm Pada Umur 3 Hari

LAMPIRAN A



BU₂₅U₇ (1)



BU₂₅U₇ (2)



BU₂₅U₇ (3)



BU₂₅U₇ (4)



BU₂₅U₇ (5)

Gambar: A.25 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 25 mm Pada Umur 7 Hari

LAMPIRAN A



BU₂₅U₁₄ (1)



BU₂₅U₁₄ (2)



BU₂₅U₁₄ (3)



BU₂₅U₁₄ (4)



BU₂₅U₁₄ (5)

Gambar: A.26 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 25 mm Pada Umur 14 Hari

LAMPIRAN A



BU₂₅U₂₈ (1)



BU₂₅U₂₈ (2)



BU₂₅U₂₈ (3)



BU₂₅U₂₈ (4)



BU₂₅U₂₈ (5)

Gambar: A.27 Visual Hasil Uji Tekan Agregat Maksimum 25 mm Pada Umur 28 Hari

LAMPIRAN A