

PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN *SILICA FUME* DAN *SUPERPLASTICIZER* DENGAN PASIR SILIKA SEBAGAI AGREGAT HALUS

Laporan Tugas Akhir
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh:

Rony Lunggu Sibarani
NPM : 130214972 / TS



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
APRIL 2017**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

PENGARUH BATU KARANG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON DENGAN BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER*

Benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, Juli 2017

Yang membuat pernyataan



(William Kurniawan)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**PENGARUH BATU KARANG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT
KASAR TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON DENGAN BAHAN
TAMBAH SUPERPLASTICIZER**

Oleh :

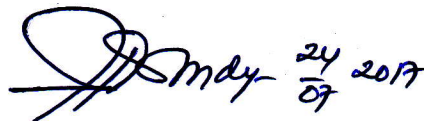
WILLIAM KURNIAWAN

NPM. : 130214975

telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, Juli 2017

Pembimbing



(Siswadi, S.T., M.T.)

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



(J. Jahuar Sudjati, S.T., M.T.)

PENGESAHAN PENGUJI

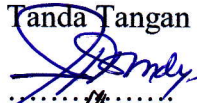


Laporan Tugas Akhir

**PENGARUH BATU KARANG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT
KASAR TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON DENGAN BAHAN
TAMBAH *SUPERPLASTICIZER***



Oleh :
WILLIAM KURNIAWAN
NPM. : 130214975

Telah diuji dan disetujui oleh

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua : Siswadi, S.T., M.T.		24/07/2017
Sekretaris : Ir. Wiryawan Sarjono P., M.T.		21/07/2017
Anggota : Ir. Haryanto Y W., M.T.		24/7-17

**DON'T GIVE UP
WHEN YOU FALL
JUST TRY AGAIN**

Sekali anda mengerjakan sesuatu, jangan takut gagal dan jangan tinggalkan itu. Orang-orang yang bekerja dengan ketulusan hati adalah mereka yang paling bahagia.

Chanakya

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN *SILICA FUME* DAN *SUPERPLASTICIZER* DENGAN PASIR SILIKA SEBAGAI AGREGAT HALUS”**. Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk melengkapi syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan tinggi Program Strata-1 (S-1) di Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin dapat diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arifadi, M. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak J. Januar Sudjati, S.T., M. T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Siswadi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, pengarahan, dan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dinar Gumilang Jati, S.T., M. Eng., selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan dan Koordinator Tugas Akhir Bidang

Struktur yang telah membantu dan membimbing proses administrasi skripsi.

5. Bapak V. Sukaryantara, selaku Staf Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah banyak membantu dan membagi saran selama pengujian.
6. Para dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mendidik dan membagikan ilmu kepada penulis.
7. Papa, Mama, kakak, dan adik yang telah memberikan dukungan dan doa selama penulisan dan pelaksanaan Tugas Akhir ini.
8. Bernadette Charisna Desita Nilamsari, Sri Tomo, Dani, Septio, Alexander, Frandika, Diki, Ricardo dan Wili yang telah membantu serta mendukung dalam pelaksanaan dan pembuatan tugas akhir ini. Asisten lab yang telah membantu dan membimbing dalam pembuatan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Yogyakarta, April 2017

RONY LUNGGU SIBARANI

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iv
HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Keaslian Tugas Akhir.....	4
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
1.7. Lokasi Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1. Beton Mutu Tinggi.....	13
3.2. Material Penyusun Beton Mutu Tinggi.....	14
3.2.1. Semen Portland.....	14
3.2.2. Agregat Halus (Pasir Silika).....	16

3.2.3. Air	17
3.2.4. <i>Silica Fume</i>	18
3.2.5. Sika <i>Viscocrete-1003</i>	18
3.3. Kuat Tekan Beton	20
3.4. Modulus Elastisitas	21
3.5. Kadar Penyerapan Air	21
3.6. Pengujian Porositas	22
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	23
4.1. Umum	23
4.2. Tahap Persiapan	23
4.3. Bahan Penelitian	23
4.4. Peralatan Penelitian	24
4.5. Benda Uji	27
4.6. Kerangka Penelitian	27
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	29
5.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	29
5.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	30
5.3 Kebutuhan Bahan Adukan Beton	30
5.4 Pengujian <i>Slump Flow</i>	31
5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton	32
5.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	33
5.7 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	36
5.8 Pengujian Daya Serap Air	37
5.9 Pengujian Porositas Beton	39
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	41
6.1 Kesimpulan	41
6.2 Saran	43

DAFTAR PUSTAKA 44

LAMPIRAN 47

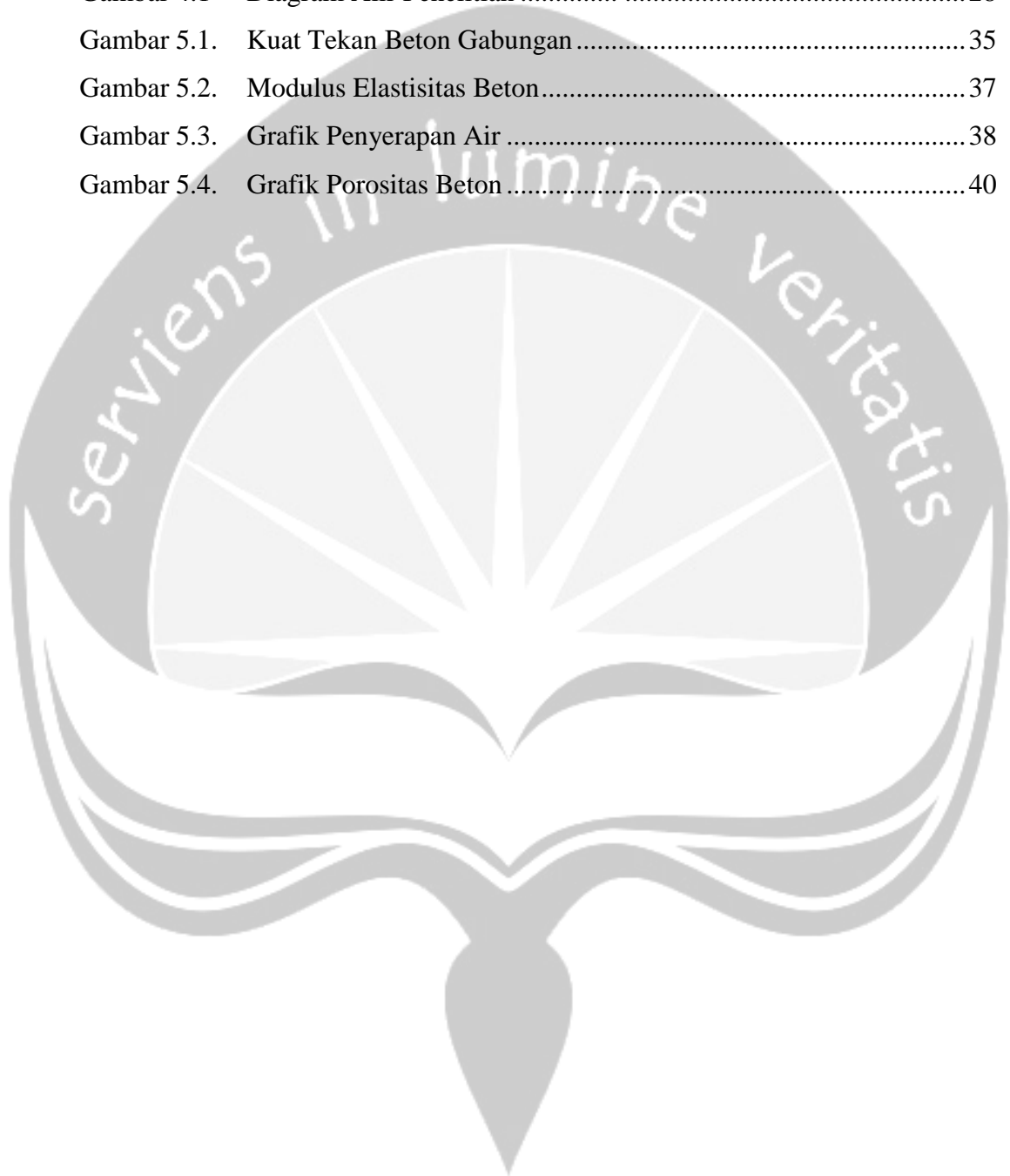


DAFTAR TABEL


Tabel 3.1. Batas-batas Gradasi Untuk Agregat Halus.....	17
Tabel 4.1. Jumlah Benda Uji.....	27
Tabel 5.1. Proporsi Campuran	31
Tabel 5.2. Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i>	31
Tabel 5.3. Berat Jenis Beton dan Pemakaiannya	32
Tabel 5.4. Berat Jenis Beton	33
Tabel 5.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	35
Tabel 5.6. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	36
Tabel 5.7. Hasil Pengujian Penyerapan Air	38
Tabel 5.8. Hasil Pengujian Porositas Beton	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 5.1.	Kuat Tekan Beton Gabungan	35
Gambar 5.2.	Modulus Elastisitas Beton	37
Gambar 5.3.	Grafik Penyerapan Air	38
Gambar 5.4.	Grafik Porositas Beton	40



DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN



f_c'	= Kuat desak (MPa)
P	= Beban tekan
A	= Luas penampang benda uji
w	= Berat beton
f	= Tegangangan
ε	= Regangan
E	= Modulus elastisitas
P_o	= Panjang awal
Δ_p	= Perubahan panjang benda uji
W_b	= Berat beton SSD (Kg)
W_k	= Berat beton kering oven (Kg)
M_k	= Massa benda uji dalam keadaan basah (gram)
M_b	= Massa benda uji dalam keadaan kering (gram)
ρ_{air}	= Massa jenis air (1 gr/cm ³)
V_b	= Volume benda uji (cm ³)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir.....	47
Lampiran 2	Pemeriksaan Gradasi Besar Butiran Pasir	48
Lampiran 3	Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Pasir	49
Lampiran 4	Pemeriksaan Kandungan Zat Organik Dalam Pasir	50
Lampiran 5	Pemeriksaan Berat satuan Volume Agregat Halus	51
Lampiran 6	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	52
Lampiran 7	Pemeriksaan Berat satuan Volume Agregat Kasar	53
Lampiran 8	Pemeriksaan Los Angeles Abrasion Test	54
Lampiran 9	Analisis Saringan Agregat Kasar	55
Lampiran 10	Perencanaan Adukan Beton	56
Lampiran 11	Tanggal Pengujian Beton.....	59
Lampiran 12	Pemeriksaan Berat Jenis Benda Uji.....	60
Lampiran 13	Pemeriksaan Kuat Tekan Beton.....	63
Lampiran 14	Pemeriksaan Modulus Elastisitas	66
Lampiran 15	Pemeriksaan Kadar Penyerapan Air	81
Lampiran 16	Pemeriksaan Kadar Porositas Beton	82
Lampiran 17	Dokumentasi Penelitian	83

INTISARI

PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN SILICA FUME DAN SUPERPLASTICIZER DENGAN PASIR SILIKA SEBAGAI AGREGAT HALUS, Rony Lunggu Sibarani, NPM : 130214972; Tahun 2017, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. Menurut PD T-04-2004-C tentang Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *silica fume* terhadap kuat tekan beton.

Dalam penelitian ini akan dibuat 45 buah silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Juga dibuat silinder dengan ukuran 70 mm dan 140 mm dengan jumlah 10 buah. Jumlah masing-masing 3 dan 2 buah untuk setiap variasi yaitu dengan variasi *silica fume* 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5%. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dengan perbedaan hari yaitu 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Silinder akan diuji kuat tekan, modulus elastisitas, penyerapan air dan porositas.

Hasil penelitian kuat tekan beton dengan variasi *silica fume* 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% berturut-turut adalah 58,08 MPa, 59,55 MPa, 60,41 MPa, 47,03 MPa dan 56,01 MPa. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi 7,5%. Nilai modulus elastisitas beton dengan variasi *silica fume* 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% berturut-turut adalah 29678,27 MPa, 31335,69 MPa, 32609,22 MPa, 20262,5 MPa, dan 32009,51 MPa. Pengujian penyerapan air dengan variasi *silica fume* 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% berturut-turut adalah 7,94%, 8,25%, 9,10%, 10,32% dan 10,05%. Porositas beton dengan variasi *silica fume* 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% berturut-turut adalah 1,71%, 1,83%, 1,94%, 2,12% dan 2,01%.

Kata Kunci : Beton mutu tinggi, *silica fume*, pasir silika, *superplasticizer*, kuat tekan, modulus elastisitas, penyerapan air, porositas.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi pembangunan dibidang struktur mengalami kemajuan yang sangat pesat. Beton merupakan salah satu pilihan dalam pembangunan struktur bangunan. Beton diminati karena memiliki banyak kelebihan, antara lain harganya yang relatif murah, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan.

Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Pada dasarnya beton tersusun dari agregat kasar yang berupa batu kerikil dan agregat halus yang berupa pasir yang kemudian dicampur dengan semen *portland*, air, dan zat aditif lainnya. Sebagai agregat kasar biasanya digunakan batu pecah atau yang sering kita sebut batu kali.

Kebutuhan akan perumahan di semua tempat terus bertambah dari waktu ke waktu, tak terkecuali di daerah yang sulit ditemukan batu kali, seperti di daerah pinggiran pesisir pantai. Di daerah seperti ini diperlukan suatu bahan pengganti batu kali yang keberadaanya relatif lebih mudah didapatkan dan harganya lebih terjangkau, contohnya di daerah pemukiman yang dekat dengan pantai. Tentunya untuk mendatangkan batu kali di daerah seperti ini membutuhkan biaya yang cukup banyak dengan akses yang begitu jauh sulit. Namun demikian kondisi daerah pesisir

pantai banyak terdapat batu karang yang cukup menguntungkan dan mampu dimanfaatkan sebagai pengganti batu kali dalam pembuatan beton.

Batu karang merupakan salah satu batuan yang sangat potensial untuk menggantikan batu kali, namun tentunya dengan pemanfaatan yang bijaksana dan seefisien mungkin. Hal ini yang menjadi ide penelitian ini, dengan pemanfaatan batu karang sebagai agregat kasar dalam beton, yang nantinya akan dilakukan penelitian lebih lanjut.

Dalam penelitian ini juga digunakan bahan tambah *Superplasticizer* jenis *Sika Viscocrete-1003*, yaitu bahan tambah yang dapat mempermudah pengerjaan campuran beton (*workability*) untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Dengan menambahkan bahan tambah ini ke dalam adukan beton diharapkan dapat mempermudah pekerjaan pengadukan beton. Hal ini karena *Superplasticizer (Sika Viscocrete 1003)* adalah bahan campuran untuk beton yang berfungsi ganda yang apabila dicampurkan dengan dosis tertentu dapat mengurangi jumlah pemakaian air dan mempercepat waktu pengerasan, meningkatkan *workability* dan dapat mereduksi kandungan air dalam campuran beton, membuat beton bermutu tinggi dan membuat beton kedap air secara permanen.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah pengaruh batu karang sebagai agregat kasar dengan penambahan bahan tambah kimia *Superplasticizer* dalam pembuatan beton ditinjau dari sifat mekanik beton.

1.3 Batasan Masalah

Supaya penelitian ini terfokus dan tidak melebar terlalu luas dalam pembahsannya, maka perlu adanya batasan permasalahan. Adapun batasan permasalahan dalam penelitian ini:

- a. Metode perhitungan rencana adukan beton menggunakan SNI 03-2834-2000
- b. Kuat desak beton rencana ($f'c$) pada umur 28 hari 25 MPa.
- c. Pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, penyerapan air pada beton menggunakan agregat kasar berupa batu karang sebanyak 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari total berat agregat kasar.
- d. Semen yang digunakan adalah semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*) merk "Gresik"
- e. Agregat kasar yang digunakan berupa batu kali, berasal dari Kali Clereng
- f. Agregat kasar yang digunakan berupa batu karang, berasal dari daerah, Des. Karangasem, Kec. Paliyan, Gunungkidul.
- g. Ukuran butir agregat kasar antara batu kali dan Batu Karang berukuran 20 mm – 30 mm.
- h. Agregat halus yang digunakan berupa pasir, berasal dari Kali Progo
- i. Air yang digunakan berasal dari sumur Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta,
- j. Terdapat penambahan *superplasticizer* 0,6 % dari berat semen
- k. *Superplasticiezer* yang digunakan merk *Sika Viscocrete 1003*

- l. Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik, Univeritas Atma Jaya Yogyakarta
- m. Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sebanyak 3 buah untuk masing-masing dari variasi penambahan batu karang jumlah benda uji adalah 15 buah
- n. Benda uji untuk pengujian kadar penyerapan air berbentuk silinder dengan diameter 70 mm dan tinggi 140 mm sebanyak 2 buah untuk masing-masing kadar persentase batu karang jumlah benda uji adalah 10 buah
- o. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berusia 7, 14, 28 hari dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine (CTM)* merk ELE
- p. Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan pada saat beton berusia 28 hari dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* merk *Shimadzu*
- q. Pengujian kadar penyerapan air beton dilakukan pada saat beton berusia 28 hari.

1.4 Keaslian Tugas Akhir

Berdasarkan pengamatan serta pengumpulan berbagai literatur tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Batu Karang Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Sifat Mekanik Beton Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer*”** belum pernah dilakukan, maka penulis menjamin keaslian penulisan dan penelitian dari tugas akhir ini.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan, modulus elastisitas, dan penyerapan air pada beton dengan menggunakan agregat kasar batu karang dengan bahan tambah kimia *Superplasticizer*, sehingga diharapkan akan didapatkan bahan berupa batu karang yang dapat dipergunakan sebagai bahan alternatif pengganti batu kali.

1.6 Manfaat Penelitian

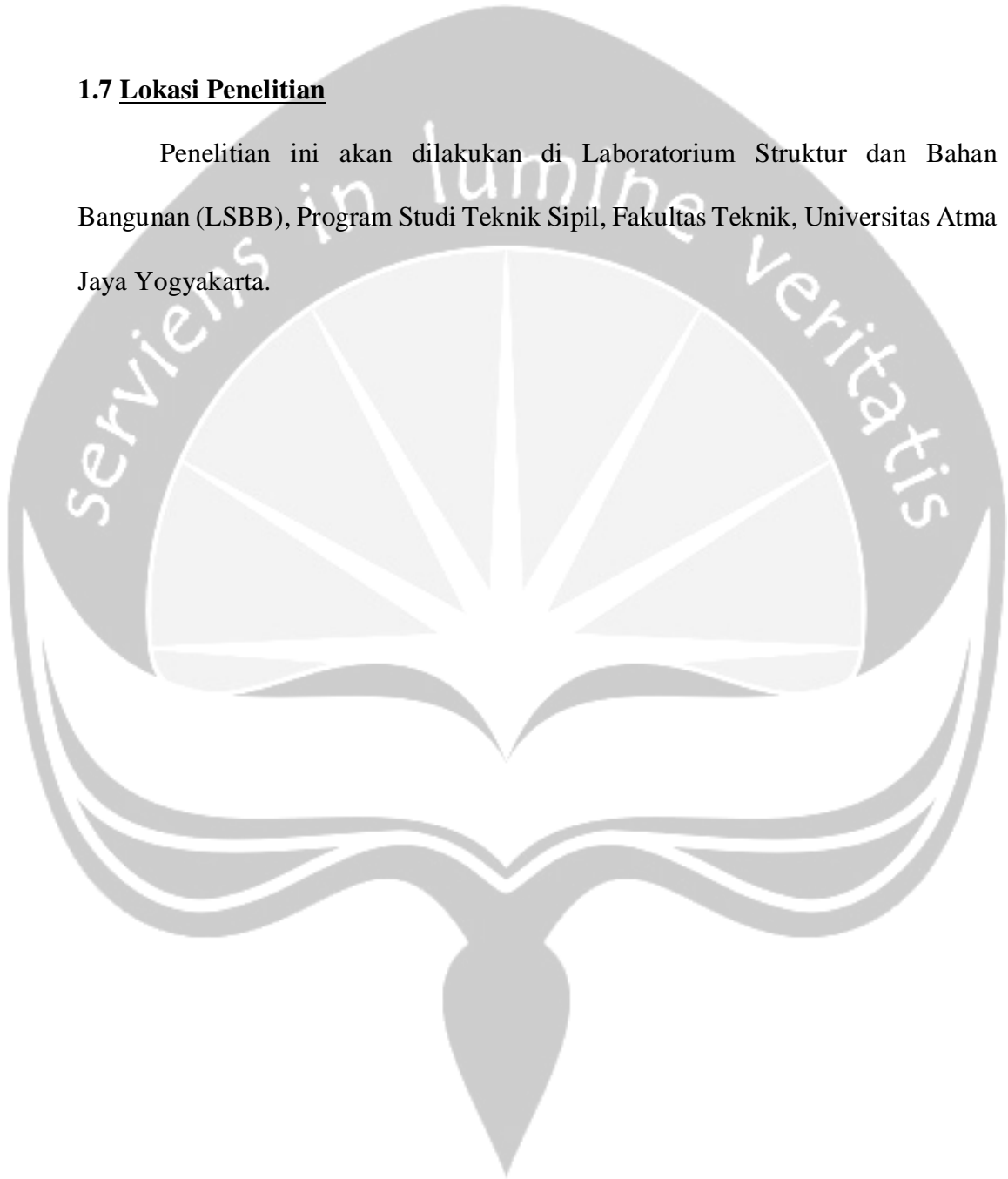
Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat antara lain :

- a. Mendapatkan suatu bahan alternatif pengganti batu kali pada pembuatan beton dengan menggunakan bahan yang mudah didapat di sekitar lokasi proyek, dengan tetap memperhitungkan keamanan dan kemudahan dalam pembuatan beton.
- b. Menciptakan inovasi dalam pembuatan beton dengan bahan batu karang sebagai pengganti batu kali sebagai agregat kasar

- c. Penelitian ini nantinya dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian sejenis berikutnya.

1.7 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan (LSBB), Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Mekar dan Narlis (2015), melakukan penelitian Penggunaan Batu Karang, Tanah Sebagai Pengganti Agregat Dalam Pembuatan Beton K-175 untuk Bangunan Sederhana. Dari hasil penelitian dengan penggunaan agregat kasar berupa batu karang yang dipecah (split karang) digunakan split karang 2/3, diperoleh kuat tekan beton umur 28 hari dengan masing masing-benda uji. Benda uji 1 = 290,073 kg/cm², Benda uji 2 = 203,17 kg/cm², Benda uji 3 = 177,773 kg/cm², dari kuat rencana beton K-175

Huwae (2016), melakukan penelitian Pemanfaatan Batu Karang Pecah Kabupaten Maluku Tenggara Barat Provinsi Maluku Sebagai Agregat Kasar untuk Bahan Beton Normal. Dengan fraksi butiran agregat kasar 5-10 mm, 10-20 mm, dan 20-40, perbandingan campuran beton normal dibuat dengan perbandingan 1:2:3 dan factor air semen 0,40 , 0,50 dan 0,60. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa pada umur 28 hari, kuat tekan beton rerata untuk fas 0,4 menghasilkan kuat tekan 43,93 MPa dan 42,15 MPa, pada fas 0,5 menghasilkan kuat tekan 35,26 MPa dan 36,98 MPa, dan fas 0,6 menghasilkan kuat tekan 25,98 MPa dan 28,66 MPa. Modulus elastisitas 27.603,33 MPa-32.562,67 MPa. Serapan air beton rata-rata pada perendaman 10 menit 0,514%-1,731% dan perendaman 24 menit 2,94%-5,88%.

Aer dkk (2014), melakukan penelitian Pengaruh Variasi Kadar *Superplasticizer* Terhadap Nilai Slump Beton *Geopolymer*. Pada penelitian ini dilakukan pencampuran *superplasticizer* dengan variasi (0%, 0,2%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%). Pada kondisi normal tanpa menambahkan *superplasticizer* kuat tekan rata-rata yang diperoleh sebesar 12,40 MPa. Penambahan *superplasticizer* 1% dan 2% menyebabkan penurunan kuat tekan yaitu sebesar 11,97 MPa dan 12,16 tetapi pada penambahan *superplasticizer* 0,2%, 0,5% dan 1,5% justru mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 12,50 MPa, 14,28 MPa dan 14,00 MPa. Kuat tekan terbesar yang diperoleh yaitu pada saat campuran beton *geopolymer* menggunakan *superplasticizer* 0,5% yaitu sebesar 14,28 MPa. dengan penggunaan *superplasticizer* (0,2% sampai 2%) mencapai slump flow dengan diameter alir ≥ 50 cm sehingga dapat dikategorikan *self compacting geopolymer concrete*. Pada penelitian tersebut dilakukan pengujian beton pada umur 7 hari.

Yonnes dkk (2016), melakukan penelitian Pengaruh Pemakaian *Superplasticizer (Sika Viscocrete 1003)* Dalam Rancangan Beton Mutu Tinggi. Penelitian ini menggunakan aditif *sika viscocrete 1003* yang bertujuan untuk menambah nilai kuat tekan beton dari rancangan beton normal pada umur 28 hari. Untuk presentase aditif *sika viscocrete 1003* ini bervariasi antara 0,2 %, 0,4 %, 0,6% diambil dari berat semen, ditambah dengan komposisi campuran beton normal dibuat dalam benda uji silinder ukuran 10 x 30 dengan variasi umur 7, 14, dan 28 hari. Penelitian dengan menggunakan aditif *sika viscocrete 1003* ini menghasilkan nilai slump yang begitu tinggi semakin besar penambahannya semakin tinggi nilai slump yang didapat. Nilai dari kuat tekan yang didapat dari penambahan

superplasticizer ini pada umur 28 hari semakin besar sejalan dengan semakin besar pula jumlah persentase penambahan yang diberikan. Pada campuran 0,2 % didapat nilai kuat tekan sebesar 44.07 MPa, campuran 0,4 % sebesar 49.84 MPa dan campuran 0.6 % sebesar 51.96 %, dari kuat tekan beton normal dihasilkan sebesar 42.24 MPa.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang sangat populer digunakan dalam dunia jasa konstruksi terutama dalam pembuatan struktur bangunan karena beton mudah dibentuk dan bahan pembuat beton mudah didapatkan.

Berdasarkan SNI – 03 – 2847 – 2012, beton diartikan sebagai campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air serta tanpa atau dengan bahan tambahan (*admixture*).

Menurut Tjokrodimulyo (1992), beton mempunyai beberapa kelebihan antara lain:

1. Harga relatif murah karena menggunakan bahan – bahan dasar dari bahan, kecuali semen portland. Hanya untuk daerah tertentu yang sulit mendapatkan pasir atau kerikil mungkin harga beton agak mahal,
2. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat yang tahan terhadap pengikisan/pembusukan oleh kondisi lingkungan. Bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya dapat sama dengan batuan alami,
3. Beton segar dapat mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran sebarang tergantung keinginan. Cetakan dapat dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi murah,

4. beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran, sehingga biaya perawatannya termasuk rendah.

Namun beton juga mempunyai beberapa kekurangan. Menurut Tjokrodimulyo (1992) kekurangan beton antara lain:

1. beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kas,
2. beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton,
3. beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (expansion Joint) untuk mencegah terjadinya retak – retak akibat perubahan suhu,
4. beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

3.2 Bahan Penyusun Beton

3.2.1 Semen Portland

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

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI, 1982). Semen merupakan bahan perekat yang berfungsi mengikat antara agregat kasar dan agregat halus yang dicampurkan dengan air hingga membentuk suatu massa yang padat dan mengisi rongga-rongga di antara agregat.

Menurut ASTM maupun Standart Nasional Indonesia (SNI) semen dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

1. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Semen portland tipe I merupakan jenis semen yang umum digunakan untuk berbagai jenis pekerjaan konstruksi yang mana tidak terkena efek sulfat pada tanah atau berada di bawah air.

2. Tipe II (*Modified Cement*)

Semen portland tipe II merupakan semen dengan panas hidrasi sedang atau di bawah semen portland tipe I serta tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca dengan suhu yang cukup tinggi serta pada struktur drainase.

3. Tipe III (*Rapid-Hardening Portland Cement*)

Semen portland tipe III memberikan kuat tekan awal yang tinggi. Penggunaan tipe III ini jika cekatan akan segera dibuka untuk penggunaan berikutnya atau kekuatan yang diperlukan untuk konstruksi lebih lanjut. Semen tipe III ini hendaknya tidak digunakan untuk konstruksi beton massal atau dalam skala besar karena tinggi panas yang dihasilkan dari reaksi beton tersebut.

4. Tipe IV (*Low-Heat Portland Cement*)

Semen portland tipe IV digunakan jika pada kondisi panas yang dihasilkan reaksi beton harus diminimalisasi. Namun peningkatan kekuatan lebih lama dibandingkan semen tipe lainnya tetapi tidak mempengaruhi kuat akhir.

5. Tipe V (*Sulphate-Resisting Cement*)

Semen portland tipe V digunakan hanya pada beton yang berhubungan langsung dengan sulfat, biasanya pada tanah atau air tanah yang memiliki kadar sulfat yang cukup tinggi.

3.2.2 Air

Air adalah bahan yang diperlukan pada campuran beton agar bereaksi dengan semen dan menjadi pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang dibutuhkan untuk mereaksikan semen hanya sekitar 30% dari berat semen (Tjokodimuljo, 1992).

Syarat air yang baik untuk dapat direaksikan dalam pembuatan beton menurut PUBLI 1982 adalah :

1. air harus bersih,
2. tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat oleh mata,
3. tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gr/lit,
4. tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton lebih dari 5 gr/lit.

3.2.3 Agregat Halus

Menurut Antono (1995), pasir sebagai agregat halus merupakan bahan batuan berukuran kecil, ukuran butirnya ≤ 5 mm. Pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil desintegrasi alam dari batu-batuan, atau berupa pasir pecahan batu.

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) agregat halus yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. bersifat kekal (tidak mudah pecah dan hancur) untuk ketahanan terhadap perubahan lingkungan (panas, dingin),
2. tidak mengandung lumpur lebih dari 5% (bagian yang lolos ayakan 0,063 mm).

Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka harus dicuci,

3. tidak mengandung bahan-bahan organik karena dapat bereaksi dengan senyawa dari semen Portland, tidak mengandung pasir laut karena mengakibatkan korosi pada tulangan.

Menurut SK SNI T-15-1990-03, kekasaran pasir dibedakan menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar, pasir agak kasar pasir agak halus, dan pasir halus. Penjelasan lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Batas-batas Gradasi Untuk Agregat Halus (Pasir)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat			
	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 : SK SNI T-15-1990-03

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

3.2.4 Agregat Kasar

Menurut Tjokrodimuljo (1992) agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortal atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortal atau beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortal atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortal atau beton.

Dalam praktek agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok:

1. batu (untuk besar butiran lebih dari 40 mm),
2. kerikil (untuk butiran antara 5 – 40 mm),
3. pasir (untuk butiran antara 0,15 – 5 mm).

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Bila butir-butir agregat memiliki ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang akan kecil. Hal ini karena butiran kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit atau dengan kata lain tinggi (Tjokrodimulyo, 1992).

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih besar dari 5 mm. Agregat kasar dapat berupa hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan atau berupa batu pecah, yang diperoleh dari pemecahan batu (Nugraha dan Antoni, 2007).

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat kasar menurut Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S - 04 - 1989 - F) adalah sebagai berikut:

1. butir keras dan tidak berpori,
2. jumlah butir pipih dan panjang dapat dipakai jika kurang dari 20% berat keseluruhan,
3. bersifat kekal,
4. tidak mengandung zat-zat alkali,
5. kandungan lumpur kurang dari 1%,
6. ukuran butir beraneka ragam.

3.3 Batu karang

Batu karang termasuk batuan sedimen atau endapan yang terdapat pada umumnya disekitar kepulauan dan pantai yang mempunyai temperature air laut yang tinggi sepanjang tahun. Batu karang dapat berbentuk massif (batu gunung) hingga batu karang terumbu (*coral reef*). Batu karang umumnya berupa batu kapur sehingga agregat yang berasal dari batuan ini memiliki kandungan kimia berupa CaO yang paling besar sehingga masuk masuk dalam kelompok batuan kapur. Batu karang yang berupa batu kapur yang massif secara geologi disebut batuan kapur kristalin. Sedangkan batu karang terumbu akan bersifat ambyar bila dipecahkan, oleh sebab itu batuan seperti ini disebut batuan kapur koral.

Batu kapur (atau juga sering disebut batu gamping) adalah salah satu bahan bangunan yang banyak terdapat di seluruh wilayah di Indonesia. Secara fisik batu

gamping berwarna putih, putih kecoklatan, sampai putih keabuan. Berat jenisnya kurang lebih 2,387 ton/m³. Proses pembentukan batu kapur terjadi dengan 3 cara (Hidayat, 2012):

1. organik, secara umum pembentukan batu kapur secara organik berasal dari cangkang kerang dan siput, atau berasal dari tulang binatang,
2. mekanik, bahan baku proses mekanik seperti pada proses organik, tetapi pada proses mekanik terjadi perombakan bahan batu tersebut kemudian terbawa arus dan biasanya diendapkan tidak jauh dari tempat semula,
3. kimia, jenis batu kapur secara kimia terjadi dalam iklim dan suasana lingkungan tertentu dalam air laut atau air tawar.

3.4 Sika Viscocrete-1003 (superplasticizer)

Untuk mempermudah proses pengerjaan pengecoran beton (*workability*) bahan tambah yang digunakan adalah bahan *superplasticizer*. Penambahan *superplasticizer* bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam campuran beton akan tetapi diperoleh campuran beton yang padat. Penggunaan kadar air dalam campuran beton yang dikurangi bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan dari beton tersebut.

Sika Viscocrete-1003 adalah *Superplasticizer* generasi ketiga untuk beton dan mortar, hal ini dikembangkan untuk memproduksi beton dengan aliran tinggi dengan sifat retensi aliran biasa dan penurunan yang signifikan dalam *bleeding* dan *segregation*. *Superplasticizer* ini dapat mereduksi air sampai 30% dari campuran awal. Menggunakan *sika viscocrete 1003* selain memfasilitasi

pengurangan air, baik dari segi kohesi dan perilaku pemadatan kuat. (PT.Sika Indonesia).

3.5 Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan rasio perbandingan antara berat air terhadap berat semen. Nilai FAS semakin besar maka jumlah berat air semakin tinggi dan akan menyebabkan rendahnya mutu beton, tetapi akan mempermudah pengerjaan. Begitu pula sebaliknya jika nilai FAS rendah. (Mulyono, 2004)

3.6 Nilai Slump

Nilai *slump* digunakan sebagai tolak ukur kekentalan campuran beton. Kadar air dalam campuran beton adalah faktor utama yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya nilai *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* maka beton mudah dikerjakan di lapangan. Akan tetapi kuat tekan yang diperoleh akan rendah dikarenakan kandungan air dalam campuran beton begitu banyak. Begitu pula dengan sebaliknya.

Untuk mencegah pencampuran adukan beton agar tidak terlalu kental atau terlalu encer maka nilai *slump* dapat dilihat pada table tentang ketentuan nilai *slump* dari pencampuran adukan beton. Ketentuan nilai *slump* dapat dilihat pada table 3.2.

Tabel 3.2 Nilai-nilai *Slump* Untuk Berbagai Pekerjaan Beton

No	Elemen Struktur	Slump maks (cm)	Slump min (cm)
1	Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	9	2,5
3	Plat (lantai), balok, kolom dan dinding	15	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

Sumber: PBI 1971

3.7 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kekuatan beton untuk menerima beban tiap satuan luas. Kuat tekan beton mencerminkan dari mutu beton tersebut, semakin tinggi mutu maka kuat tekan beton akan semakin besar. (Mulyono, 2004)

Berdasarkan SNI 03-1974-1990 Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3 - 1)$$

Keterangan :

- $f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)
 P = Beban tekan (N)
 A = Luas penampang benda uji (mm²)

3.8 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan nilai perbandingan antara tegangan dan regangan.

Nilai modulus elastisitas pada pengujian didapatkan berdasarkan rumus :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3 - 2)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas beton (MPa)

σ = Tegangan (MPa)

ε = Regangan

3.9 Kadar Penyerapan Air

Kadar penyerapan air merupakan persentase penyerapan air dalam beton. Beton dengan agregat atau bahan tambah pembuat ringan berat beton akan membuat kadar penyerapan sebagai kendala utama. Pada pengujian kadar penyerapan air maka dapat dihitung berdasarkan :

$$W = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100\% \quad (3 - 3)$$

Keterangan :

W_w = Berat beton SSD (Kg)

W_s = Berat beton kering oven (Kg)

Berdasarkan SNI 03 – 2914 – 1992 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air, beton dapat dikategorikan beton kedap air apabila beton normal direndam air dan memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Beton direndam selama 24 jam, resapan maksimum 6,5% dari berat kering oven.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental dengan melakukan percobaan dan pengamatan langsung di laboratorium. Tujuan dari penulis melakukan penelitian ini adalah memperoleh kuat tekan, modulus elastisitas, dan penyerapan air pada beton dengan menggunakan agregat kasar batu karang dengan penambahan bahan tambah kimia *Superplasticizer*, sehingga diharapkan akan didapatkan batu karang yang dapat dipergunakan sebagai bahan alternatif pengganti pengganti batu kali.

Dalam penelitian ini penulis membuat benda uji sebanyak 4 buah setiap variasi dari batu karang dengan menggunakan silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Benda uji berdiameter 70 mm dan tinggi 140 mm sejumlah 2 buah setiap variasi batu karang untuk pengujian penyerapan air beton. Pengujian dilakukan pada umur beton 7, 14, 28 hari.

4.2 Tahap Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dalam sebuah penelitian sangat penting untuk mencari permasalahan ataupun materi yang dapat dijadikan sebagai dasar acuan dari penelitian.

2. Persiapan Material

Dalam persiapan material sangat penting dalam menentukan alat dan bahan yang akan digunakan pada sebuah penelitian, dan harus dipersiapkan dengan sebaik mungkin demi kelancaran penelitian.

3. Pengujian Material

Pengujian material sangat penting dalam proses penelitian, agar bahan yang digunakan sesuai dengan kebutuhan prosedur dan rencana yang sudah ditentukan.

4. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

- a. Membuat *mix design* untuk mendapatkan jumlah kebutuhan masing-masing material.
- b. Pembuatan benda uji yaitu silinder.
- c. Perawatan benda uji sesuai dengan umur yang ditentukan (7,14,28 hari).

5. Pengujian Laboratorium

Beton yang telah dibuat dan sudah mengalami proses perawatan (*curing*) hingga pada umur 7,14,28 hari yang sudah ditentukan selanjutnya akan diuji. Pengujian benda uji akan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan (LSBB), Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian benda uji tersebut meliputi:

- a. Pengujian kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton.
 - b. Pengujian penyerapan air pada beton.
6. Analisis Hasil Pengujian
 7. Penarikan Kesimpulan.

4.3 Tahap Persiapan

Sebelum dilakukannya pembuatan benda uji (*mixing*) perlu dilakukan persiapan berupa alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

4.3.1 Bahan

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan adalah:

1. Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan dalam campuran beton adalah Semen Gresik tipe PPC (*Portland Pozzoland Cement*).



Gambar 4.1 Semen Gresik tipe PPC (*Portland Pozzoland Cement*)

2. Agregat Kasar (Kerikil/*split*)

Kerikil/*split* yang akan digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta.



Gambar 4.2 Kerikil Asal Clereng Kulon Progo

3. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

4. Batu Karang

Dalam penelitian ini digunakan batu karang yang berasal dari daerah Karang Asem, Kecamatan Paliyan, Gunung Kidul



Gambar 4.3 Batu Karang

5. *Superplasticizer*

Superplasticizer yang akan digunakan pada penelitian ini diproduksi oleh P.T. SIKA Indonesia dengan merek dagang *Superplasticizer Viscocrete 1003*.



Gambar 4.4 *Superplasticizer Viscocrete 1003*

4.3.2 Alat

Berikut ini merupakan beberapa alat yang digunakan guna menunjang pelaksanaan penelitian, antara lain:

1. Saringan dan Mesin Pengayak

Alat ini digunakan untuk analisis saringan untuk mendapatkan modulus halus butir (MHB) pada agregat kasar dan agregat halus.



Gambar 4.5 Saringan dan Mesin Pengayak

2. *Oven*

Oven listrik digunakan untuk mengeringkan bahan uji sehingga mencapai berat kering oven dan digunakan untuk mendapatkan nilai berat kering oven dari benda uji yang dibuat untuk pengujian daya serap air pada beton alat dengan merek Marui memiliki kapasitas panas mencapai 300°C.



Gambar 4.6 Oven

3. Kerucut Pasir (*Sand Cone*)

Kedua alat ini digunakan untuk mengetahui agregat halus yang berupa pasir sudah mencapai keadaan *Saturated Surface Dry (SSD)* sebelum dilakukan pengujian.



Gambar 4.7 Kerucut Pasir (*Sand Cone*)

4. *Gardner Standard Colour (GSC)*

Alat ini digunakan pada saat pengujian kandungan zat organik pada agregat halus (pasir).



Gambar 4.8 Gardner Standard Colour (GSC)

5. Mesin LAA (*Los Angeles Abrasion*)

Alat ini digunakan dalam pengujian keausan agregat kasar.



Gambar 4.9 Mesin LAA (*Los Angeles Abrasion*)

6. Molen (*Concrete Mixer*)

Digunakan untuk membuat adukan beton dan kemudian dicetak. Molen yang tersedia yaitu molen merek *Baromix Minor* dengan kapasitas 0.04 m³.



Gambar 4.10 Molen (*Concrete Mixer*)

7. Cetakan Silinder Beton

Alat ini digunakan sebagai cetakan beton. Dimensi dari cetakan ini bervariasi sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.



Gambar 4.11 Cetakan Silinder Beton

8. Kerucut *Abrams*

Alat ini digunakan untuk mengetahui nilai slump dari adukan beton.



Gambar 4.12 Kerucut *Abrams*

9. Keranjang Kawat

Alat ini digunakan pada proses pengujian berat jenis agregat kasar (kerikil/*split*).



Gambar 4.13 Keranjang Kawat

10. *Universal Testing Machine* merek *Shimadzu*

Alat ini digunakan untuk pengujian modulus elastisitas beton.



Gambar 4.14 *Universal Testing Machine* merek *Shimadzu*

11. *Compressometer* merek *Exceed*

Alat ini digunakan untuk mengetahui perpendekan yang terjadi pada beton saat dilakukan pengujian modulus elastisitas beton.



Gambar 4.15 *Compressometer* merek *Exceed*

12. *Compression Testing Machine*

Alat ini digunakan untuk menguji kuat tekan beton.



Gambar 4.16 *Compression Testing Machine*

13. Alat-alat Lainnya

Pada alat ini digunakan alat bantu lainnya seperti *bar cutter* untuk memotong besi tulangan, meteran, palu, cetok semen, penggaris dan lain sebagainya.

4.4 Pengujian Bahan

Bahan-bahan yang nantinya akan digunakan pada saat *mixing* harus melalui tahapan pengujian bahan terlebih dahulu. Tujuan dari pengujian bahan ini adalah untuk mengetahui apakah bahan-bahan yang digunakan nantinya pada saat pengecoran telah memenuhi standart dan layak untuk digunakan.

4.4.1 Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *split* yang berasal dari Kali Clereng dengan ukuran butiran maksimum 20 mm dan Batu Karang yang berasal dari Desa Karang Asam, Paliyan, GunungKidul dengan ukuran butir maksimum agregat 30 mm. Adapun pengujian bahan yang akan dilakukan terhadap agregat kasar adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui berat jenis dari agregat kasar yang digunakan yang berpengaruh pada pembuatan *mix design*. Langkah - langkah dalam pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a. Agregat kasar yang tertahan saringan $\frac{1}{2}$ " diambil sebanyak 2000 gram ditimbang.
- b. Agregat yang telah ditimbang tersebut dicuci bersih terlebih dulu, dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam.
- c. Kemudian agregat yang keluar oven direndam dalam air selama 2 jam.
- d. Setelah direndam 24 jam agregat kasar tersebut lalu dikeringkan menggunakan lap yang menyerap air hingga kondisi kering permukaan (SSD) dan ditimbang beratnya (B).
- e. Setelah mendapatkan nilai berat kering permukaan (SSD) agregat tersebut dimasukkan ke dalam keranjang kawat yang telah di tare terlebih dahulu agar hanya didapat berat kerikil utuh tanpa keranjang kawat, kemudian dicelupkan ke dalam air bersama agregat dan ditimbang beratnya (C).
- f. Kemudian agregat tersebut dikeringkan kembali dalam oven selama 24 jam, lalu ditimbang berat kering (A).

g. Kemudian hitung berat jenis dan penyerapan dengan perhitungan rumus berikut:

$$\text{Bulk specify gravity} = \frac{A}{B - C} \quad (4-1)$$

$$\text{Bulk specify gravity SSD} = \frac{B}{B - C} \quad (4-2)$$

$$\text{Apparent specify gravity} = \frac{A}{A - C} \quad (4-3)$$

$$\text{Absorption (penyerapan)} = \frac{B - A}{A} \times 100\% \quad (4-4)$$

Keterangan :

A = Berat kering kerikil (gram)

B = Berat kering permukaan kerikil (SSD), (gram)

C = Berat dalam air (gram)



Gambar 4.17 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur.

Pemeriksaan kadar lumpur ini dilakukan untuk mengetahui kandungan kadar lumpur dalam agregat yang digunakan. Adapun

langkah - langkah yang dilakukan dalam menguji kadar lumpur ini, yaitu :

- a. Mengambil *split* dan dimasukkan ke dalam *oven* selama 24 jam.
- b. Setelah itu *split* dikeluarkan dan didinginkan, ambil sampel *split* sebanyak 100 gram dan dimasukkan ke dalam gelas ukur 250 ml (B).
- c. Kemudian *split* yang ada didalam gelas ukur diberi air setinggi 12 cm diatas permukaan *split*.
- d. Selanjutnya *split* tersebut di cuci dengan cara mengganti air sampai terlihat jernih.
- e. Agregat yang telah bersih dimasukkan ke dalam *oven* dengan menggunakan pan yang telah ditimbang terlebih dulu beratnya (A) dan dibiarkan kurang lebih 24 jam. Setelah 24 jam pasir ditimbang kembali beratnya (C). Kadar lumpur dalam *split* dapat diperoleh dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B - C}{B} \times 100\% \quad (4-5)$$

3. Pengujian Berat Satuan Volume Agregat Kasar.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berapa berat satuan volume dari agregat kasar (*split*). Adapun tahapan pengujian berat satuan volume agregat kasar, sebagai berikut:

➤ Pengujian Berat Satuan Volume Lepas

- a. Siapkan benda uji berupa agregat kasar yang akan ditimbang.

- b. Timbang berat tabung silinder (terbuat dari logam) (A), lalu hitung volumenya (V).
- c. Masukkan agregat yang telah disiapkan ke dalam tabung tersebut.
- d. Ratakan menggunakan sekop, lalu timbang tabung + kerikil (B).

- e. Hitung berat satuan volume agregat lepas menggunakan rumus:

$$\text{Berat Satuan Volume} = \frac{B - A}{V} \quad (4-6)$$

➤ Pengujian Berat Satuan Volume Padat

- a. Siapkan sampel kerikil yang akan digunakan.
- b. Timbang berat tabung (A), lalu hitung volumenya (V).
- c. Masukkan agregat yang telah disiapkan ke dalam tabung tersebut kurang lebih 1/3 bagian, lalu ditusuk sebanyak 25 kali.
- d. Ulang langkah diatas sampai lapisan terakhir.
- e. Timbang berat tabung + kerikil (C).
- f. Hitung berat satuan volume agregat padat menggunakan rumus:

$$\text{Berat Satuan Volume} = \frac{C - A}{V} \quad (4-7)$$

4. Pemeriksaan Keausan Menggunakan Mesin LAA (*Los Angeles Abration*).

Pemeriksaan ini bertujuan mengetahui tingkat keausan agregat yang disebabkan oleh faktor - faktor mekanis. Faktor mekanis yang dipakai dalam pemeriksaan ini disebabkan oleh bola - bola baja yang dimasukkan kedalam mesin *Los Angeles Abration* bersama agregat yang akan diuji.

Langkah - langkah pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Agregat diambil sebanyak 2500 gram yang lolos saringan $\frac{3}{4}$ " dan tertahan $\frac{1}{2}$ ". Agregat diambil sebanyak 2500 gram yang lolos saringan $\frac{1}{2}$ " dan tertahan saringan $\frac{3}{8}$ ".
- b. Membuka penutup mesin *Los Angeles Abration*, masukkan agregat tersebut beserta bola baja sebanyak 11 buah kedalamnya kemudian tutup kembali.
- c. Menghidupkan mesin *Los Angeles Abration*.
- d. Putaran yang dibutuhkan sebanyak 500 putaran, dengan kecepatan mesin 33 putaran/menit.
- e. Kemudian diamankan selama 500 putaran, dengan kecepatan mesin 33 putaran/menit.
- f. Debu yang jatuh ditampung dengan penampung, penutupnya dibuka kemudian bola baja dan agregat yang ada di dalamnya dikeluarkan dan ditampung dalam wadah penampung atau pan.

- g. Agregat yang ada pada wadah atau pan disaring dengan saringan No.12.
- h. Agregat yang tertahan saringan No.12 ditimbang.
- i. Keausan agregatnya dihitung.

4.4.2 Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir yang berasal dari Sungai Progo. Adapun pengujian bahan yang dilakukan terhadap agregat halus antara lain sebagai berikut:

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat halus dan penyerapan agregat halus. Tahapan yang dapat dilakukan dalam pengujian kali ini, yaitu:

- a. Siapkan agregat halus sebanyak 500 gram direndam dalam air selama 24 jam lalu dikeringkan hingga keadaan SSD (B)
- b. Kemudian *oven* pasir selama 24 jam, setelah dimasukkan ke dalam *oven* pasir dikeluarkan dan didinginkan.
- c. Pasir kemudian dimasukkan ke dalam labu *Erlenmeyer* ($V=500$), ditambahkan air sebanyak 90% hingga sampai pada garis batas dan dikocok sampai tidak terdapat gelembung udara di dalamnya lalu didiamkan selama ± 1 jam, catat jumlah air yang masuk.

- d. Setelah 1 jam tambahkan air ke garis batas pada labu *Erlenmeyer*, catat jumlah air yang masuk dan tambahkan dengan jumlah air yang sebelumnya (W),
- e. Kemudian pasir dikeluarkan dan dioven pada suhu 110°C selama 24 jam, lalu ditimbang beratnya (A),
- f. Lalu hitung berat jenis pasir dengan menggunakan rumus :

$$\text{Bulk specify gravity} = \frac{A}{V - W} \quad (4-8)$$

$$\text{Bulk specify gravity SSD} = \frac{B}{V - W} \quad (4-9)$$

$$\text{Apparent specify gravity} = \frac{A}{(V - W) - (B - A)} \quad (4-10)$$

$$\text{Absorption} = \frac{B}{V - W} \quad (4-11)$$

Keterangan :

A = Berat kering pasir (gram)

B = Berat Sample

V = 500

W = Total air yang digunakan (ml)



Gambar 4.18 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

2. Pemeriksaan Kandungan Lumpur dalam Pasir

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan lumpur yang terdapat dalam pasir yang akan digunakan.

Pemeriksaan ini memiliki beberapa tahap, yaitu :

- a. Siapkan pasir secukupnya, lalu *oven* selama 24 jam.
- b. Keluarkan pasir dari *oven* , dinginkan, kemudian timbang sebanyak 100 gram, masukkan ke dalam gelas ukur 250 ml (X).
- c. Ukur 12 cm dari permukaan pasir lalu ditandai.
- d. Kemudian isi air kedalam gelas ukur setinggi batas yang dibuat, kocok sampai air pada pasir jernih.
- e. Timbang berat pan yang akan digunakan (A).
- f. Setelah itu keluarkan pasir, masukkan ke dalam pan dan oven selama 24 jam.
- g. Keluarkan pasir dari oven, timbang berat pasir + pan (B).
- h. Hitung jumlah pasir yang tertinggal dengan cara mengurangkan (B) dengan (A) dapat (C).
- i. Untuk menghitung persentase kandungan lumpur dalam pasir dapat digunakan rumus:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{X - C}{X} \times 100\% \quad (4-12)$$



Gambar 4.19 Pengujian Kandungan Lumpur Dalam Pasir

3. Pemeriksaan Kandungan Zat Organik

Pada pemeriksaan ini agregat halus yang sebelumnya telah dimasukkan ke dalam *oven* selama 24 jam. Agregat halus dimasukkan sebanyak 130 cc ke dalam gelas ukur dan ditambahkan larutan NaOH 3% hingga mencapai 200 cc dan dikocok selama beberapa menit. Kemudian setelah didiamkan kurang lebih 24 jam, warna larutan NaOH 3% dalam gelas ukur dibandingkan dengan warna pada *Gardner Standart Colour*.



Gambar 4.20 Pengujian Kandungan Zat Organik Dalam Pasir

4. Pengujian Berat Satuan Volume Agregat Halus

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berapa berat satuan volume dari agregat halus (pasir). Adapun tahapan pengujian berat satuan volume agregat halus, sebagai berikut:

➤ Pengujian Berat Satuan Volume Lepas

- f. Siapkan benda uji berupa agregat halus yang akan ditimbang.
- g. Timbang berat tabung silinder (terbuat dari logam) (A), lalu hitung volumenya (V).
- h. Masukkan agregat yang telah disiapkan ke dalam tabung tersebut.
- i. Ratakan menggunakan sekop, lalu timbang tabung + pasir (B).
- j. Hitung berat satuan volume agregat lepas menggunakan rumus:

$$\text{Berat Satuan Volume} = \frac{B - A}{V} \quad (4-13)$$

➤ Pengujian Berat Satuan Volume Padat

- g. Siapkan sampel pasir yang akan digunakan.
- h. Timbang berat tabung (A), lalu hitung volumenya (V).
- i. Masukkan agregat yang telah disiapkan ke dalam tabung tersebut kurang lebih 1/3 bagian, lalu ditusuk sebanyak 25 kali.
- j. Ulang langkah diatas sampai lapisan terakhir.

k. Timbang berat tabung + pasir (C).

l. Hitung berat satuan volume agregat padat menggunakan

rumus:

$$\text{Berat Satuan Volume} = \frac{C - A}{V} \quad (4-14)$$

4.5 Kebutuhan Bahan Susun Beton

Setelah melakukan pengujian bahan, kemudian setelah ini dilakukan perhitungan kebutuhan campuran beton, dalam penelitian ini mengacu pada peraturan SNI 03-2834-2000 tentang "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal". Adapun bahan Penyusun per umur beton yang sudah ditentukan, dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Kebutuhan Bahan Penyusun Beton per Umur

No.	Jenis Bahan	Umur 28 Hari	Umur 14 Hari	Umur 7 Hari	Total	satuan
1	Air	20,8817	19,5570	19,5570	59,9957	liter
2	Semen	45,3951	42,5152	42,5152	130,4255	kg
3	Agregat Halus	67,2024	62,9391	62,9391	193,0806	kg
4	Agregat Kasar	50,4018	47,2043	47,2043	144,8105	kg
5	Batu karang	52,5497	49,2160	49,2160	150,9817	kg
6	SP 0,6%	0,2724	0,2551	0,2551	0,7826	liter

Dalam penelitian ini dibuat beton dengan umur 7,14,28 hari. Proses pengecoran benda uji ini dilakukan selama 2 hari. Benda uji yang digunakan dalam setiap variasi pengecoran sebanyak 3 silinder untuk Kuat Tekan, yaitu benda uji dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, untuk penyerapan air 2

silinder per variasi dengan ukuran diameter 70 mm dan tinggi 140 mm. Tabel 4.2 akan menunjukkan kebutuhan beton setiap pengecoran berdasarkan variasi beton yang ditentukan.

Tabel 4.2 Kebutuhan Bahan Susun Beton Tiap 1 m³

No.	Jenis Bahan	Berat (kg)	Berat (kg)
		Per 1 m ³	SF 1,2
1.	Air	205	246
2.	Semen	445,6522	534,7826
3.	Agregat Halus	659,7391	791,6869
4.	Agregat Kasar	989,6087	1187,5304

4.6 Proses Pembuatan Benda Uji

Pembuatan campuran beton dilakukan dengan mencampurkan antara semen, pasir, agregat kasar, *Superplasticizer* sebanyak 0,6% dan air. Proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan acuan perhitungan *mix design* mengacu pada peraturan SNI 03-2834-2000, yang penulis sudah hitung terlebih dahulu. Pada agregat kasar dilakukan substitusi antara batu kali dengan batu karang dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.

Ukuran butir maksimum agregat yang digunakan dalam penelitian kali ini terdiri dari 2 variasi, yaitu ukuran 20 mm untuk batu kali dan 30 mm untuk batu karang. Beton yang dibuat akan diuji pada umur beton 7,14,28 hari, sehingga jumlah benda uji perencanaan dapat terlihat pada Tabel 4.3.

Pelaksanaan pembuatan benda uji pada umumnya sama dengan pembuatan silinder biasanya. Bahan yang telah dipersiapkan sesuai dengan perencanaan *mix design* terlebih dahulu dimasukkan ke dalam molen hingga bahan tercampur

menyeluruh. Setelah itu masukan air yang sudah dicampur dengan *superplasticizer*, setelah semuanya homogen, dilakukan pengujian *slump* dengan menuangkan sebagian campuran beton yang sudah homogen dalam molen ke tempat adukan beton. Selama proses pengujian *slump* berlangsung molen tetap dinyalakan dan diputar, untuk menghindari adukan campuran mengeras terlebih dahulu. Setelah mendapatkan nilai *slump*, dan memenuhi syarat, maka hasil adukan langsung dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dibersihkan dan diolesi dengan oli. Setelah semua campuran teraduk rata, dilakukan proses pencetakan beton. Adukan sedikit demi sedikit dituang ke dalam cetakan beton yang berbentuk silinder dengan keadaan molen tetap berputar. Selama proses pencetakan, beton dipadatkan dalam cetakan silinder dengan ditumbuk sebanyak 25 kali menggunakan alat penumbuk pada setiap tinggi 1/3, 2/3 dan 3/3 pada silinder.



Gambar 4.21 Proses Pengujian *Slump*

Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 45 buah silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas, serta 10 buah silinder dengan diameter 70 mm dan tinggi 140 mm untuk pengujian penyerapan air pada beton. Jumlah sampel dan variasi yang dipakai, dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji

Persentase Batu Karang	Persentase <i>superplasticizer</i>	Pengujian Kuat Desak dan Modulus Elastisitas			Penyerapan Air
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	28 Hari
0 %	0,6%	3	3	3	2
25 %	0,6%	3	3	3	2
50%	0,6%	3	3	3	2
75%	0,6%	3	3	3	2
100%	0,6%	3	3	3	2
Total		15	15	15	10

4.7 Perawatan (Curing)

Proses perawatan (*curing*) ini dilakukan dengan dengan tujuan untuk menghindari kehilangan air pada permukaan beton agar beton selalu lembab. Tahapan ini sangat penting karena menjaga kelembaban permukaan beton akan memaksimalkan proses hidrasi semen dalam beton. Proses ini dilakukan sehari setelah beton yang di buat mengeras dan dilepas dari cetakan, setelah itu baru beton di rawat dengan direndam ke dalam drum yang berisi air. Beton yang direndam akan dikeluarkan pada saat beton berumur 7,14,28 hari. Beton dikeluarkan dari drum air sehari sebelum pengujian untuk dikeringkan selama 24 jam, dan dikaping sejam sebelum pengujian.



Gambar 4.22 Proses *Curing* Silinder Beton

4.8 Pengujian Benda Uji

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian yang dilakukan pada umur 7, 14, 28 hari untuk pengujian kuat tekan beton, modulus elastisitas beton, dan penyerapan air pada umur beton 28 hari. Silinder yang akan diuji kuat tekan dan modulus elastisitasnya terlebih dahulu dikaping menggunakan mortar belerang pada permukaan atas silinder.

4.8.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton yang berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm akan dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine* merek ELE. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

4.8.2 Pengujian Modulus Elastisitas Beton

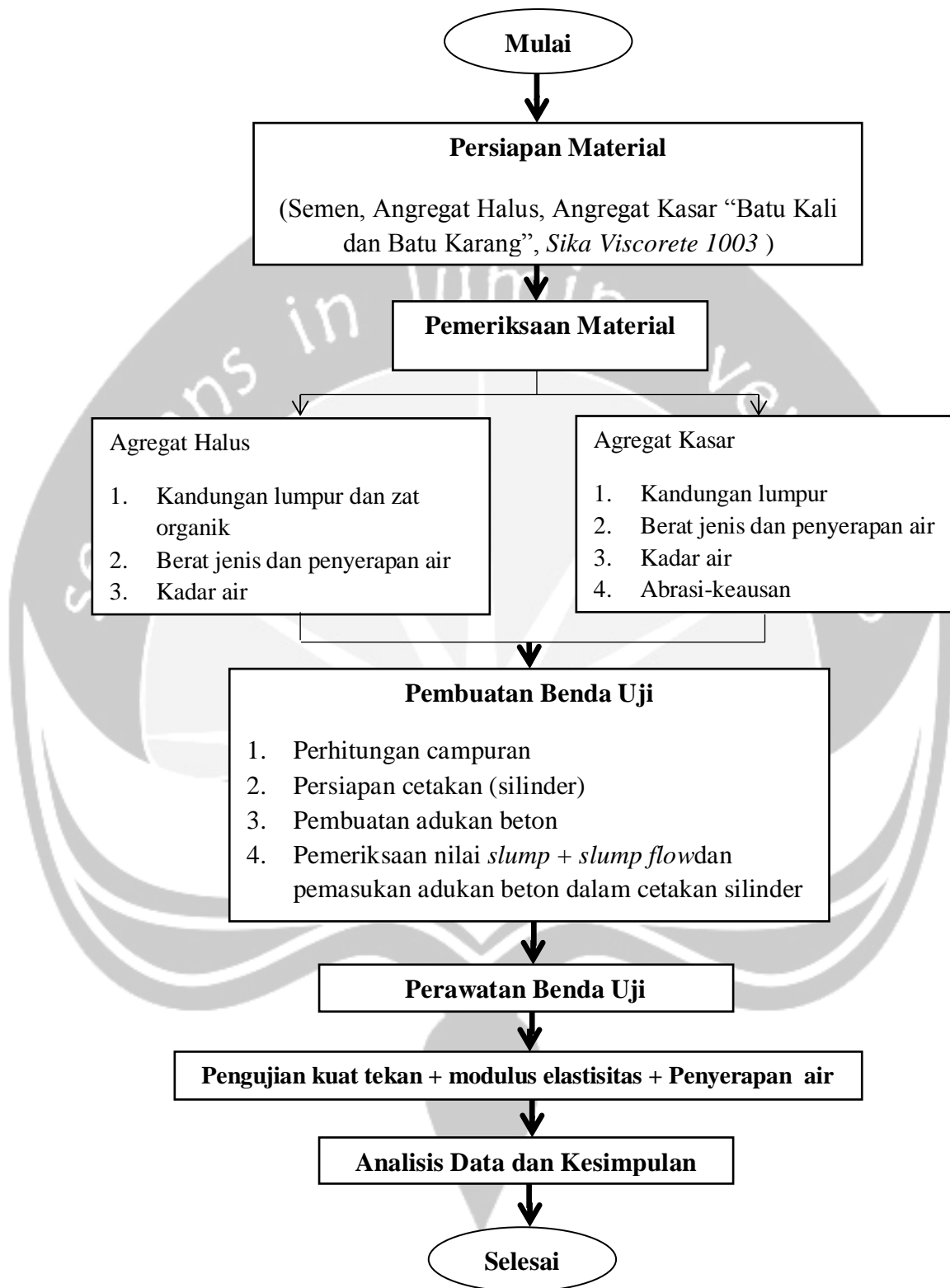
Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* merek *Shimadzu* dan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

4.8.4 Pengujian Penyerapan Air

Pengujian Penyerapan Air beton berdiameter 70 mm dan tinggi 140 mm dilakukan setelah beton berumur 28 hari, kemudian beton sampai SSD ditimbang dan dimasukkan ke dalam Oven merek Marui memiliki kapasitas panas mencapai 300°C selama 24 jam dan dikeluarkan lalu ditimbang. Penelitian ini dilakukan Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

4.9 Alur Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian penulis membuat kerangka penelitian ini agar penelitian yang akan dilakukan dapat berjalan dengan teratur, serta berdasarkan ketentuan yang sudah ada. Tahap penelitian direncanakan agar berjalan secara sistematis, serta tidak ada tahapan atau prosedur yang terlewatkan dalam penelitian ini, kerangka penelitian dapat dilihat pada gambar 4.28



Gambar 4.23 Diagram alir penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Bahan Campuran Beton

Pada pengujian bahan campuran beton terlebih dahulu dilakukan, sebelum melakukan proses pembuatan beton. Hal ini dibuat karena data pada pengujian bahan tersebut akan digunakan dalam proses pembuatan *mix design*. Setelah pengujian bahan campuran beton tersebut telah didapatkan, kemudian data dari hasil pengujian tersebut digunakan dalam pembuatan *mix design* agar kebutuhan masing-masing material penyusun beton dapat diketahui. Bahan-bahan campuran beton yang akan diuji antara lain agregat halus, agregat kasar dan batu karang.

5.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kali Progo. Pengujian bahan agregat halus dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan (LSBB), Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian ini antara lain pengujian berat jenis, *absorption* (penyerapan), berat satuan volume, kadar lumpur, zat organik, gradasi, dan kadar air. Hasil pengujian agregat halus selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil	Standart	Kesimpulan
Zat Organik	<i>Gardner Standard Colour No. 11</i>	Kuning Tua	Kurang Baik Digunakan
Kandungan Lumpur	1,8%	$\leq 5\%$	Memenuhi
MHB	3,539	1,5 – 3,8	Memenuhi
<i>Absorption</i>	0,2024%		
Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,6256 gr/cm ³		
Berat Jenis SSD	2,6309 gr/cm ³		
Berat Jenis <i>Apparent</i>	2,6396 gr/cm ³		
Kadar Air	2,3934%		
Berat Satuan Volume	1601 kg/m ³		

Berdasarkan data pada Tabel 5.1 diatas, bahwa agregat halus yang digunakan memiliki sedikit kandungan zat organik sehingga dapat dikatakan agregat halus tersebut kurang baik dipergunakan untuk campuran beton. Hal ini disebabkan karena kandungan zat organik yang terdapat pada agregat halus tersebut dapat menghambat proses dalam reaksi pengikatan antara semen, air, dan agregat lainnya, sehingga mutu yang dihasilkan beton pada akhirnya kurang baik. Sementara kadar lumpur yang terdapat pada agregat halus didapat sebesar 1,8%. Angka ini menunjukkan bahwa agregat tersebut sudah memenuhi persyaratan untuk kandungan lumpur, karena angka yang disyaratkan itu telah terpenuhi, maka pasir tersebut dapat digunakan.

Nilai modulus halus butir (MHB) dari percobaan tersebut menunjukkan bahwa agregat halus tersebut memenuhi syarat bila ditinjau dari pengujian gradasi agregat halus. Syarat dari modulus halus butir diantara 1,5 – 3,8 dan dari hasil pengujian didapat nilai modulus halus butir sebesar 3,539. Untuk Presentasi kadar

air dan penyerapan dari pengujian tersebut juga telah memenuhi syarat karena angka yang didapat tidak melebihi dari syarat yang ditentukan

Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus juga menunjukkan bahwa agregat halus tersebut telah memenuhi syarat karena nilai berat jenis yang didapat berkisar di antara $2,6 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan yang biasa digunakan berkisar di antara $2,6 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$. Dari semua hasil pengujian bahan agregat halus yang sudah dilakukan, dengan demikian dapat dikatakan bahwa agregat halus tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

5.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berasal langsung dari daerah Clereng, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian akan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan (LSBB), dan Laboratorium Transportasi, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian agregat kasar yang dilakukan terdiri dari pengujian berat jenis, *absorption* (penyerapan), kadar lumpur, kadar air, gradasi agregat kasar, berat satuan volume, dan keausan agregat kasar. Hasil pengujian agregat kasar selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Standart	Kesimpulan
Keausan Agregat	35,06%	$\leq 40\%$ ($f'c \geq 20$ MPa)	Memenuhi
Kandungan Lumpur	0,84%	$\leq 1\%$	Memenuhi
MHB	6,489	6,0 – 7,1	Memenuhi
Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,3089 gr/cm ³		
Berat Jenis SSD	2,4247 gr/cm ³		
Berat Jenis <i>Apparent</i>	2,611 gr/cm ³		
<i>Absorption</i>	5,0120%	3 %	Tidak Memenuhi
Kadar Air	3,51%	5 %	Memenuhi
Berat Satuan Volume	1294,48 kg/m ³		

Pada tabel pengujian agregat kasar pengujian kadar lumpur telah memenuhi syarat yang ditentukan karena angka yang didapat tidak melebihi yang disyaratkan yakni 1%. Pengujian keausan agregat kasar juga telah memenuhi syarat. Keausan yang disyaratkan dalam SNI 2417:2008 untuk beton diatas 20 MPa nilai kehancuran agregat kasar sebesar $\leq 40\%$, sehingga hasil uji keausan agregat kasar tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton. Nilai keausan suatu agregat kasar menunjukkan keras tidaknya agregat kasar tersebut.

Pada pengujian berat jenis agregat kasar didapatkan berat jenis 2,4247 gr/cm³, sementara penyerapan agregat kasar diperoleh 5,0120%. Pada penyerapan agregat kasar tidak memenuhi syarat dikarenakan syarat dari penyerapan agregat kasar tidak lebih dari 3%, sehingga penggunaan air pada proses pembuatan beton perlu diperhatikan serta untuk mengurangi penyerapan dari agregat kasar sebaiknya dilakukan perendaman didalam air selama 24 jam sebelum digunakan, setelah itu agregat kasar dijemur hingga keadaan SSD (kering Permukaan) agar

daya resap dara agregat kasar tidak banayak pada saat proses pembuatan beton. Kadar air dari agregat kasar 3,51% sehingga memenuhi syarat kadar air yang dianjurkan tidak lebih dari 5%.

5.1.3 Hasil Pengujian Batu Karang

Batu karang yang digunakan dalam penelitian ini berasal langsung dari daerah Desa Karangasem, Paliyan, Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian akan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan (LSBB), dan Laboratorium Transportasi, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian agregat kasar meliputi pengujian berat jenis, *absorption* (penyerapan), kadar lumpur, kadar air, berat satuan volume, dan keausan agregat kasar. Hasil pengujian agregat kasar selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Batu Karang

Jenis Pengujian	Hasil	Standart	Kesimpulan
Keausan Agregat	31,5 %	$\leq 40\%$ ($f'c$ ≥ 20 MPa)	Memenuhi
Kandungan Lumpur	2,5 %	$\leq 1\%$	Tidak Memenuhi
Kadar Air	1,9 %	5%	Memenuhi
Berat Satuan Volume	1306,258 kg/m ³		
Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,45 gr/cm ³		
Berat Jenis SSD	2,53 gr/cm ³		
Berat Jenis <i>Apparent</i>	2,68 gr/cm ³		
<i>Absorption</i>	3,5 %	3 %	Tidak memenuhi

Pada tabel tersebut pengujian kadar lumpur tidak memenuhi syarat yang ditentukan karena angka yang didapat melebihi yang disyaratkan yakni 1%.

Sehingga sebaiknya sebelum digunakan dicuci terlebih dahulu agar kandungan lumpurnya hilang. Pengujian keausan agregat kasar juga telah memenuhi syarat. Keausan yang disyaratkan dalam SNI 2417:2008 untuk beton diatas 20 MPa nilai kehancuran agregat kasar sebesar $\leq 40\%$, sehingga hasil uji keausan agregat kasar tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton. Nilai keausan suatu agregat kasar menunjukkan keras tidaknya agregat kasar tersebut.

Pada pengujian berat jenis agregat kasar didapatkan berat jenis $2,53 \text{ gr/cm}^3$, sementara penyerapan batu karang diperoleh $3,5\%$. Pada penyerapan agregat kasar tidak memenuhi syarat dikarenakan syarat dari penyerapan batu karang tidak lebih dari 3% , sehingga penggunaan air pada proses pembuatan beton perlu diperhatikan serta untuk mengurangi penyerapan dari agregat kasar sebaiknya dilakukan perendaman didalam air selama 24 jam sebelum digunakan, setelah itu agregat kasar dijemur hingga keadaan SSD (kering Permukaan) agar daya resap dara agregat kasar tidak banayak pada saat proses pembuatan beton. Kadar air dari agregat kasar $3,51\%$ sehingga memenuhi syarat kadar air yang dianjurkan tidak lebih dari 5% .

5.2 Kebutuhan Bahan Adukan Beton

Berdasarkan hasil perhitungan rencana campuran adukan beton, maka diperoleh kebutuhan bahan per m^3 campuran beton seperti dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Proporsi Campuran

No.	Jenis Bahan	Berat (kg)	Berat (kg)
		Per 1 m ³	SF 1,2
1.	Air	205	246
2.	Semen	445,6522	534,7826
3.	Agregat Halus	659,7391	791,6869
4.	Agregat Kasar	989,6087	1187,5304

Tabel 5.5 Proporsi Campuran Beton Berdasarkan Umur Beton

No.	Jenis Bahan	Umur 28 Hari	Umur 14 Hari	Umur 7 Hari	Total	satuan
1	Air	11,5	11,5	11,5	34,5	liter
2	Semen	45,3951	42,5152	42,5152	130,4255	kg
3	Agregat Halus	67,2024	62,9391	62,9391	193,0806	kg
4	Agregat Kasar	50,4018	47,2043	47,2043	144,8105	kg
5	Batu karang	52,5497	49,2160	49,2160	150,9817	kg
6	SP 0,6%	0,2724	0,2551	0,2551	0,7826	liter

Dalam pelaksanaan proses *mixing* penggunaan air yang seharusnya digunakan sesuai dengan perhitungan *mix design* ternyata berbeda dengan keadaan dilapangan, penggunaan air mengalami pengurangan hingga 35%. Hal ini dipengaruhi oleh faktor *superplasticizer* dan kondisi agregat kasar dan halus yang memiliki kandungan air.

5.3 Pengujian Slump

Nilai *slump* digunakan sebagai tolak ukur kekentalan campuran beton. Kadar air dalam campuran beton adalah faktor utama yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya nilai *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* maka beton mudah dikerjakan di

lapangan. Akan tetapi kuat tekan yang diperoleh akan rendah dikarenakan kandungan air dalam campuran beton begitu banyak. Begitu pula dengan sebaliknya. Pada pengujian *Slump* untuk plat, balok, kolom, dinding, syarat untuk nilai *slump* antara 7,5-15,0. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian *Slump*

Variasi Beton	% <i>Superplasticizer</i>	<i>Slump</i> (cm)
0 %	0,6	13,5
25 %	0,6	14
50 %	0,6	14
75 %	0,6	14,5
100 %	0,6	14,5

Dapat disimpulkan dari hasil yang didapat bahwa beton memenuhi syarat *Slump*, maka beton dapat dimasukkan ke dalam cetakan beton.

5.4 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton

Menurut Tjokrodimaljo (1992), jenis-jenis beton dapat dikelompokkan berdasarkan berat jenis beton tersebut. Untuk pengelompokkannya secara jelas dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Berat Jenis Beton dan Pemakaiannya

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (gr/cm ³)	Pemakaian
Beton Sangat Ringan	<1.00	Non Struktur
Beton Ringan	1.00-2.00	Struktur Ringan
Beton Normal	2.30-2.50	Struktur
Beton Berat	>3.00	Perisai Sinar

Untuk mendapat berat jenis beton, dilakukan penimbangan berat beton dan pengukuran dimensi silinder beton. Perhitungan yang digunakan yaitu berat silinder beton dibagi dengan volume silinder beton sehingga diperoleh berat jenis beton. Berikut adalah contoh perhitungan berat jenis beton normal umur 28 Hari :

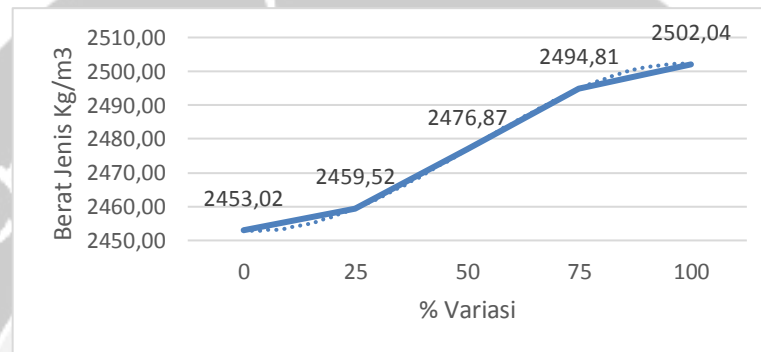
$$\begin{aligned}
 \text{Berat silinder beton} &= 13,1 \text{ kg} \\
 \text{Diameter silinder beton} &= 15,06 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi silinder} &= 29,95 \text{ cm} \\
 \text{Volume (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t = \frac{1}{4} \times \pi \times 15,06^2 \times 29,95 \\
 &= 5335,03 \text{ cm}^3 = 5335,03 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \\
 \text{Berat jenis beton} &= \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} = \frac{13,1}{5335,03 \times 10^{-6}} \\
 &= 2453,02 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan berat jenis beton untuk setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.8 Berat Jenis Beton

Variasi Beton	% Batu Karang	Berat Beton	Berat Jenis	Berat Jenis Rerata
			Kg/m ³	kg/m ³
		13,20	2461,51	
1	0	13,15	2440,85	2453,02
		13,10	2456,72	
		13,05	2462,86	
2	25	13,08	2485,04	2459,52
		13,00	2430,67	
		13,30	2470,29	
3	50	13,35	2499,47	2476,87
		13,28	2460,86	
		13,30	2515,06	

4	75	13,28	2471,49	2494,81
		13,24	2497,87	
		13,34	2487,61	
5	100	13,92	2492,34	2502,04
		13,88	2526,19	



Gambar 5.1. Berat Jenis Beton Umur 28 Hari

Pada tabel diatas dapat disimpulkan bahwa beton masih tergolong dalam beton normal. Pada Variasi 100 % batu karang dapat dikatakan bahwa berat jenis beton paling maksimum.

5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat Tekan beton ini dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Jumlah beton yang diuji tiap variasi umur dari beton yaitu sebanyak 15 benda uji, pada umur 28 hari pengujian kuat tekan 5 sample silinder beton setiap variasi diuji untuk mengetahui kuat tekan beton, dan dijadikan patokan untuk pembebanan pada pengujian modulus elastisitas untuk 10 silinder beton. setelah itu baru dilakukan pengujian kuat tekan hingga hancur.

Pengujian kuat tekan dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian kuat tekan dilakukan

dengan menggunakan CTM merek ELE. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan kuat tekan maksimum beton (P_{maks}).

Berdasarkan beban maksimum yang didapatkan dari pengujian kuat tekan, nantinya nilai mutu beton dapat dihitung. Sebagai contoh benda uji dengan % batu karang yaitu 75 %, perhitungan kuat tekan dapat dihitung sebagai berikut.

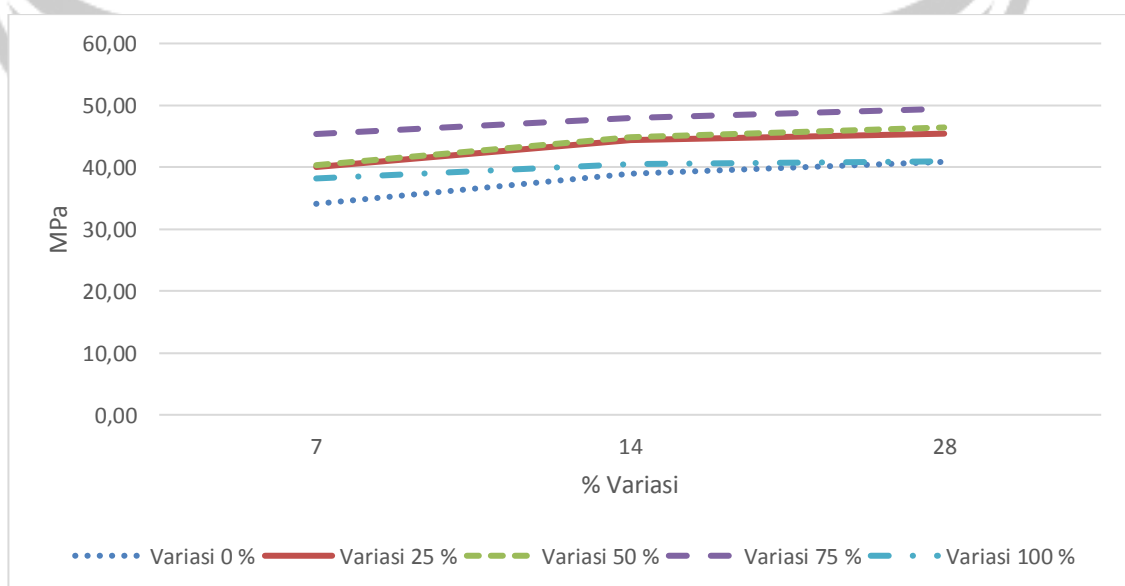
$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (d)} &= 15,08 \text{ cm} \\
 \text{Kuat desak (P)} &= 980 \text{ KN} \\
 \text{Luas (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 150,8^2 \\
 &= 17851,40 \text{ mm}^2 \\
 (f'c) &= \frac{P \times 1000}{A} = \frac{980 \times 1000}{17851,40} \\
 &= 54,90 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Secara lengkap contoh hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7,14, 28 hari yang didapatkan dapat dilihat dalam Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Variasi Beton	% Batu Karang	Beban Maksimum	f'c	f'c Rata-rata
		KN	MPa	MPa
		745	41,96	
1	0	750	42,18	40,87
		685	38,47	
		740	42,01	
2	25	570	32,40	45,43
		865	48,84	
		600	33,66	
3	50	800	45,29	46,42
		850	47,55	
		750	42,46	
4	75	980	54,90	49,44
		900	50,96	
		750	42,18	
5	100	500	26,86	40,95
		730	39,73	

Data kuat tekan beton berdasarkan umur beton yang direncanakan dapat dilihat pula dalam bentuk grafik yang disajikan seperti dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Kuat Tekan Gabungan