

PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON

TUGAS AKHIR

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

Oleh

MUHAMMAD IRSAL JAVIER SANUSI

NIM: 2003120072



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

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Kuat Tekan Beton”, disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Muhammad Irsal Javier Sanusi
NIM : 2003120072
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 29 Agustus 2022.

Banda Aceh, 29 Agustus 2022

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing



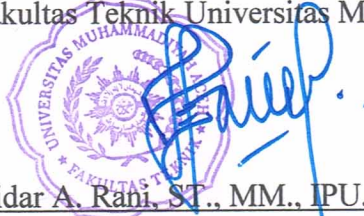
Ir. Wahyuni, MT., IPM
NIDN. 0106116802

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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 Penambahan Zeolit Terhadap Kuat Tekan Beton

Disusun oleh

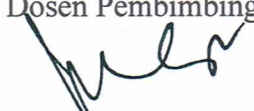
Nama Mahasiswa : Muhammad Irsal Javier Sanusi
NIM : 2003120072
Program Studi : Teknik Sipil

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, 29 Agustus 2022

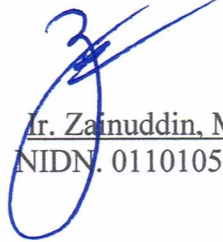
Dosen Pembimbing


Ir. Wahyuni, MT., IPM
NIDN. 0106116802

Dosen Penguji I


Ir. Meillyta, ST., M.Eng. Adv., IPM
NIDN. 0121058003

Dosen Penguji II


Ir. Zainuddin, MT
NIDN. 0110105703

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Tamalkhani, ST., M.Eng.Sc., IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Oleh :

Muhammad Irsal Javier Sanusi
NIM : 1703120054

Pembimbing,
Ir. Wahyuni, MT., IPM

ABSTRAK

Material beton masih mendominasi industri konstruksi Indonesia. Hal ini mengakibatkan peningkatan kebutuhan material pembentuk beton, seperti pasir sungai dan air bersih. Melihat potensi dan jumlah pasir laut air laut yang melimpah, maka perlu diteliti untuk menggantikan pasir sungai dan air bersih sebagai pembentuk beton. Namun, pasir laut air laut memiliki kandungan garam yang dapat merusak beton. Berdasarkan hal tersebut, perlu upaya untuk membuat beton tahan terhadap air laut yaitu dengan menggunakan bahan tambah tertentu, yaitu zeolit. Zeolit merupakan salah satu material *pozzolan* yang mengandung *silika* (SiO_2) dan *alumina* (Al_2O_3). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penggunaan serbuk zeolit 5% dan 10% sebagai bahan tambah terhadap beton campuran pasir sungai air sungai dan pasir laut air laut serta untuk menentukan persentase optimum penambahan zeolit. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder berukuran 15x30 cm berjumlah 36 buah yang terdiri dari campuran semen, *split*, pasir sungai, air sungai dan campuran semen, *split*, pasir laut, air laut. Setiap variasi menggunakan serbuk zeolit dengan persentase 0%, 5% dan 10%. Mutu beton yang direncanakan ialah $F'c=20$ MPa. Tahapan penelitian meliputi persiapan, pemeriksaan sifat fisis agregat, *mix design* menggunakan SNI-7656-2012, pengecoran, perawatan dan pengujian. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan beton campuran pasir sungai air sungai dengan penambahan zeolit 5% pada umur 7 dan 28 hari terjadi penurunan kuat tekan terhadap beton normal berkisar antara 3%-5% dan untuk penambahan zeolit 10% juga terjadi penurunan berkisar antara 21%-22%. Sedangkan beton campuran pasir laut air laut dengan penambahan zeolit 5% pada umur 7 dan 28 hari terjadi peningkatan kuat tekan berkisar antara 3%-6% dan untuk penambahan zeolit 10% terjadi penurunan berkisar antara 7%-19%. Penurunan disebabkan jumlah *silika* yang berlebih mengakibatkan zat kapur pada semen tidak dapat bereaksi. Sedangkan peningkatan disebabkan zat kapur mampu bereaksi secara maksimum dengan *silika* dan menyebar secara merata.

Kata Kunci : Zeolit, Pasir Sungai Air Sungai, Pasir Laut Air Laut, Kuat Tekan

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Shalawat dan salam penulis juga sampaikan kepada Nabi Besar Muhammad SAW beserta sahabatnya.

Tugas akhir ini berjudul “**Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Kuat Tekan Beton**”, 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 **Ibu Ir. Wahyuni, MT., IPM** 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.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, hal ini dikarenakan masih terbatasnya pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis sangat menghargai dan mengharapkan adanya saran-saran dan masukan demi kesempurnaan untuk penulisan yang akan datang.

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 Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh Ir. Tamalkhani, ST., M.Eng.Sc., IPM, ASEAN Eng.
3. Dosen Penguji I Ibu Ir. Meillyta, ST., M.Eng.Adv., IPM dan Dosen Penguji II Bapak Ir. Zainuddin, MT yang telah memberikan banyak masukan untuk perbaikan tulisan ini.
4. Tenaga pengajar pada Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh.

5. Ayahanda dan Ibunda tercinta serta seluruh anggota keluarga yang telah memberi do'a restu serta dorongan untuk keberhasilan penulis.
6. Sahabat dan rekan-rekan mahasiswa yang telah mendukung dan membantu penulis hingga selesainya penulisan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa hal-hal yang telah penulis tuliskan dalam laporan ini tentu masih jauh dari kesempurnaan. Dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun dan bermanfaat untuk kesempurnaan penulis.

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

Bathoh, 29 Agustus 2022
Penulis,

Muhammad Irsal Javier Sanusi
NIM : 2003120072

DAFTAR ISI

PENGESAHAN FAKULTAS	i
PENGESAHAN PROGRAM STUDI	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Beton	4
2.2 Semen <i>Portland</i>	4
2.3 Agregat	5
2.4 Air Sungai pada Campuran Beton	8
2.5 Pasir Laut pada Campuran Beton.....	8
2.6 Air Laut pada Campuran Beton	9
2.7 Bahan Tambah	10
2.8 Zeolit.....	10
2.9 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	12
2.10 <i>Workability</i> Beton	13
2.11 Kuat Tekan Beton	14
2.12 Seleksi Data	15
2.13 Penelitian Terdahulu	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19

3.1	Persiapan Material dan Peralatan	19
3.2	Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat	20
3.2.1	Berat Volume Agregat (<i>Bulk Density</i>).....	20
3.2.2	Berat Jenis dan Absorpsi (<i>Specivic Gravity</i>)	22
3.2.3	Analisis Saringan (<i>Sieve Analysis</i>).....	23
3.3	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	24
3.4	Pembuatan Adukan, Pengujian <i>Slump</i> , Pengecoran dan Perawatan	24
3.5	Pengujian Kuat Tekan Beton	27
3.6	Analisis Data	28
3.7	Seleksi Data.....	28
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1.	Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat	29
4.1.1	Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat	29
4.1.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi	30
4.1.3	Hasil Pemeriksaan Modulus Kekakuan.....	31
4.2.	Hasil Perencanaan Campuran Beton.....	32
4.3.	Pengujian <i>Slump Test</i>	33
4.4.	Perawatan Benda Uji.....	34
4.5.	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	34
4.6.	Seleksi Data.....	40
4.7.	Pembahasan.....	41
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran.....	45
	DAFTAR KEPUSTAKAAN	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Batuan Zeolit dan Serbuk Zeolit	12
Gambar 4.1	Setelah Perawatan Benda Uji Silinder Beton	34
Gambar 4.2	Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Dengan Campuran Pasir Sungai dan Air Sungai.....	35
Gambar 4.3	Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Dengan Campuran Pasir Laut dan Air Laut	37
Gambar 4.4	Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 7 Hari Untuk Beton Campuran Pasir Sungai Air Sungai dan Campuran Pasir Laut Air Laut.....	39
Gambar 4.5	Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 28 Hari Untuk Beton Campuran Pasir Sungai Air Sungai dan Campuran Pasir Laut Air Laut.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Susunan Unsur Kimia Semen <i>Portland</i>	5
Tabel 2.2	Komposisi Kimia Zeolit Alam Aceh.....	11
Tabel 2.3	Nilai <i>Slump</i> Beton Segar	14
Tabel 2.4	Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya.....	14
Tabel 3.1	Variasi dan Jumlah Benda Uji	26
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat.....	29
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat	30
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Absorpsi Agregat.....	30
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan <i>Fineness Modulus</i>	31
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan <i>Mix Design</i> dengan Campuran Semen, <i>Split</i> , Pasir Sungai dan Air Sungai untuk 1 m ³	32
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan <i>Mix Design</i> dengan Campuran Semen, <i>Split</i> , Pasir Laut dan Air Laut untuk 1 m ³	32
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran <i>Slump</i>	33
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Dengan Campuran Pasir Sungai dan Air Sungai	35
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Dengan Campuran Pasir Laut dan Air Laut	36
Tabel 4.10	Perbandingan Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Campuran Pasir Sungai Air Sungai dengan Campuran Pasir Laut Air Laut.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Gambar	A.1.1	Bagan Alir Penelitian.....	49
Gambar	A.2.1	Peta Provinsi Aceh.....	50
Gambar	A.2.2	Peta Kota Banda Aceh	51
Gambar	A.2.3	Peta Kabupaten Aceh Besar.....	51
Gambar	A.2.4	Peta Lokasi Pengambilan Zeolit	52

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN B

Tabel	B.1.1	Perhitungan Berat Volume Agregat.....	53
Tabel	B.1.2	Perhitungan Berat Jenis dan Absorpsi	55
Tabel	B.1.3	Perhitungan Modulus Kehalusan	58
Tabel	B.1.4	Perhitungan Kombinasi Agregat Pasir Sungai dan Batu Pecah Untuk Mendapatkan Grafik Gradasi Agregat	60
Tabel	B.1.5	Perhitungan Penentuan Zona Gradasi Agregat Dengan Campuran Pasir Sungai dan Batu Pecah.....	60
Grafik	B.1.6	Gradasi Agregat Campuran Pasir Sungai dan Batu Pecah ...	61
Tabel	B.1.7	Perhitungan Kombinasi Agregat Pasir Laut dan Batu Pecah Untuk Mendapatkan Grafik Gradasi Agregat	62
Tabel	B.1.8	Perhitungan Penentuan Zona Gradasi Agregat Dengan Campuran Pasir Laut dan Batu Pecah.....	62
Grafik	B.1.9	Gradasi Agregat Campuran Pasir Laut dan Batu Pecah ...	63
Tabel	B.2.1	Perhitungan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	64
Tabel	B.2.2	Perhitungan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	65
Tabel	B.3.1	Perhitungan Standar Deviasi Nilai Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	66
Tabel	B.3.2	Perhitungan Standar Deviasi Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	67

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN C

Perhitungan C.1.1	Perhitungan <i>Mix Design</i> Dengan Campuran Semen, <i>Split</i> , Pasir Sungai dan Air Sungai	68
Perhitungan C.1.2	Proporsi Campuran Semen, <i>Split</i> , Pasir Sungai dan Air Sungai Untuk 18 Buah Benda Uji	72
Perhitungan C.1.3	Perhitungan <i>Mix Design</i> Dengan Campuran Semen, <i>Split</i> , Pasir Laut dan Air Laut.....	74
Perhitungan C.1.4	Proporsi Campuran Semen, <i>Split</i> , Pasir Laut dan Air Laut Untuk 18 Buah Benda Uji	78

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN D

Dokumentasi C.1.1	Material	80
Dokumentasi C.2.1	Peralatan.....	82
Dokumentasi C.3.1	Proses Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat.....	84
Dokumentasi C.4.1	Proses Pencucian dan Pengeringan Agregat.....	86
Dokumentasi C.5.1	Proses Persiapan pengecoran.....	87
Dokumentasi C.6.1	Proses Pembuatan Adukan dan Pengujian <i>Slump Test</i>	88
Dokumentasi C.7.1	Proses pengecoran Benda Uji Silinder	89
Dokumentasi C.8.1	Proses Pembukaan Cetakan Silinder.....	90
Dokumentasi C.9.1	Proses Perawatan Beton.....	91
Dokumentasi C.10.1	Setelah Perawatan Beton / Sebelum Uji Kuat Tekan	92
Dokumentasi C.11.1	Proses Pengujian Kuat Tekan Beton.....	94

BAB I

PENDAHULUAN

Sektor bangunan dan konstruksi adalah salah satu sektor terkuat yang mendukung pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Material beton masih mendominasi industri konstruksi di Indonesia. Banyaknya jumlah penggunaan beton dalam konstruksi mengakibatkan peningkatan kebutuhan material pembentuk beton, salah satunya pasir sungai dan air bersih. Hal ini memicu terjadinya penambangan pasir sungai secara besar-besaran dan kekurangan air bersih. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mencari sumber alternatif material lain sebagai pengganti pasir sungai dan air bersih sebagai bahan pembentuk beton. Di beberapa daerah seperti pesisir pantai jarang ditemukan agregat mineral (kerikil dan pasir sungai) sebagai bahan pengisi untuk pembuatan beton. Tetapi di daerah pesisir pantai banyak terdapat agregat mineral lain yaitu pasir laut. Pasir laut merupakan material agregat halus yang mempunyai ketersediaan dalam jumlah yang besar, namun secara kualitas perlu diteliti lebih lanjut untuk digunakan sebagai bahan pembentuk beton. Hal ini disebabkan sifat pasir laut yang mengikat kandungan air dari udara yang mengakibatkan kelembaban pada beton dan kandungan garam yang dapat merusak beton. Bahan penyusun beton lainnya adalah air, fenomena sekarang ini jumlah air bersih akan terus berkurang. Melihat potensi air laut yang begitu melimpah, maka keberadaan air laut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembentuk beton, namun air laut juga perlu diteliti untuk digunakan sebagai bahan pembentuk beton, karena air laut sendiri memiliki kandungan garam, *ion sulfat* (MgSO_4) dan *klorida* (Cl) yang dapat mengurangi kekuatan dan dapat merusak beton. Berdasarkan hal tersebut, harus ada upaya yang dilakukan untuk membuat beton lebih kedap dan tahan terhadap air laut yaitu dengan menggunakan bahan tambah tertentu, yaitu bahan tambah kimia (*admixture*) atau bahan tambah mineral (*additive*). Inovasi dan pengembangan di bidang teknologi beton dapat dilakukan dengan memperbaiki sifat-sifat beton yaitu menggunakan bahan tambahan tertentu. Salah satu bahan tambah mineral yang sudah pernah diteliti adalah *silica fume*. Hasil dari penelitian

tersebut menyatakan bahwa dengan penambahan *silica fume* dengan kadar tertentu dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Namun, terdapat bahan tambah mineral (*additive*) lain yang juga tinggi akan kandungan *silika*, tetapi masih belum banyak diteliti sebagai bahan tambah dalam campuran beton, yaitu zeolit. Zeolit alam adalah salah satu mineral di Indonesia yang masih belum banyak dimanfaatkan untuk campuran beton. Di daerah Aceh, zeolit dapat ditemukan di Kawasan Pegunungan Indrapuri, Aceh Besar. Zeolit merupakan salah satu material alam yang bersifat *pozzolan* yang mengandung *silika* dan *alumina*. Zeolit yang digunakan sebagai bahan tambah dihaluskan terlebih dahulu hingga menjadi serbuk, hal ini bertujuan untuk mengisi rongga-rongga kosong pada beton. Penggunaan zeolit diharapkan dapat menjadikan beton lebih kedap dan tahan terhadap air laut, karena *kalsium hidroksida* (Ca(OH)_2) yang dilepas pada proses hidrasi semen akan terikat oleh senyawa *alumina-silika* aktif yang terkandung dalam zeolit. Hasil pemeriksaan kandungan senyawa zeolit alam Aceh yang dilakukan oleh Raziah et al (2017) menyatakan bahwa kandungan *silika* dan *alumina* mendominasi komposisi kimia dari zeolit alam Aceh. Unsur utama zeolit adalah *silika* (SiO_2) sebanyak 53,56%, *alumina* (Al_2O_3) sebanyak 20,83% dan *kapur* (CaO) sebanyak 5,70% yang juga merupakan unsur pembentuk semen. Kandungan *silika* (SiO_2) yang terdapat pada zeolit itulah yang melatar belakangi penelitian ini. Semen memiliki komposisi utama yaitu *kapur* (CaO) sebanyak 60-65%, *silika* (SiO_2) sebanyak 17-25% dan *alumina* (Al_2O_3) sebanyak 3-8%. Berdasarkan kemiripan unsur tersebut, maka penambahan serbuk zeolit pada campuran beton diharapkan tepat dan dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton.

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana pengaruh dan persentase optimum penggunaan serbuk zeolit sebagai bahan tambahan terhadap beton campuran pasir sungai air sungai dan campuran pasir laut air. Tujuan penelitian ini untuk menganalisa pengaruh penggunaan serbuk zeolit 5% dan 10% sebagai bahan tambahan terhadap beton campuran pasir sungai air sungai dan beton campuran pasir laut air laut serta untuk menentukan persentase optimum penambahan serbuk zeolit yang dapat menghasilkan nilai kuat tekan beton maksimum. Sedangkan manfaat yang diharapkan dari penelitian

ini adalah dapat memberikan informasi pengaruh penggunaan zeolit alam terhadap kuat tekan beton dan dapat memberikan informasi terkait pemanfaatan material alam yang bersifat *pozzolan* sebagai bahan tambahan ke dalam campuran beton.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan (LKBB) Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang berjumlah 36 buah. Benda uji terdiri campuran material semen, batu pecah (*split*), pasir sungai, air sungai dan campuran material semen, batu pecah (*split*), pasir laut, air laut. Setiap variasi akan menggunakan serbuk zeolit sebagai bahan tambah dengan variasi 0%, 5% dan 10%. Mutu beton yang direncanakan ialah $F'_c=20$ MPa. Tahapan Penelitian meliputi persiapan material dan peralatan, pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat, perencanaan campuran (*mix design*) menggunakan metode SNI-7656-2012, pembuatan adukan, pengujian *slump test*, pengecoran, perawatan dan pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari dengan menggunakan mesin uji tekan (*Compressive Strength Tester*) dengan kapasitas maksimum pembebanan 100 ton.

Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan beton pasir sungai air sungai dengan penambahan zeolit 5% menunjukkan *trend* negatif (-) yaitu penurunan kuat tekan terhadap beton normal (tanpa penambahan zeolit) yang berkisar antara 3%-5% pada umur 7 hari dan 28 hari. Begitu pula pada penambahan zeolit 10% juga menunjukkan *trend* negatif (-) yaitu penurunan kuat tekan yang berkisar antara 21%-22% pada umur 7 hari dan 28 hari. Sedangkan hasil pengujian kuat tekan beton pasir laut air laut dengan penambahan zeolit 5% menunjukkan *trend* positif (+) yaitu peningkatan kuat tekan yang berkisar antara 3%-6% pada umur 7 hari dan 28 hari. Namun, pada penambahan zeolit 10% menunjukkan *trend* negatif (-) yaitu penurunan kuat tekan yang berkisar antara 7%-19% pada umur 7 hari dan 28 hari. Penggunaan serbuk zeolit sebagai bahan tambah terhadap beton pasir sungai air sungai tidak menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal. Namun, penggunaan serbuk zeolit sebagai bahan tambah sebesar 5% terhadap beton pasir laut air laut mampu menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Bab ini menyajikan teori-teori dan konsep dasar yang berkaitan dengan penelitian. Dalam Bab tinjauan pustaka ini akan dikemukakan beberapa teori dan rumusan yang akan digunakan untuk memecahkan dan menjawab permasalahan sesuai dengan pokok permasalahan yang terkait dengan penelitian ini.

2.1 Beton

Beton merupakan campuran material-material pembentuk beton, yaitu agregat halus, agregat kasar, semen dan air dengan perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton sebagai salah satu bagian konstruksi yang penting, dimana pemakaian dan kegunaannya yang begitu luas dan umum. Beton merupakan bahan yang sangat bervariasi, kualitasnya dapat diperoleh dengan berbagai komposisi campuran dan tata cara pembuatannya. Kualitas beton juga sangat ditentukan dari tata cara perawatannya (Saputra & Hepiyanto, 2017).

2.2 Semen *Portland*

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Badan Standardisasi Nasional, 2015).

Adapun jenis dan kegunaan semen dibagi menjadi 5 jenis, di antaranya :

- a. Tipe I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain;
- b. Tipe II, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang;

- c. Tipe III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi;
- d. Tipe IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah; dan
- e. Tipe V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Bahan utama atau unsur kimia pembentuk semen *portland* terdiri dari kapur (CaO), silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), oksida besi (Fe₂O₃), magnesium (MgO), sulfur (SO₃) dan Soda (Na₂O + K₂O). Untuk lebih lengkapnya unsur-unsur pembentuk semen *portland* dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Susunan Unsur Kimia Semen *Portland*

Oksida	Persentase (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Magnesium (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO ₃)	1-2
Soda/potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5-1

Sumber : (Febrianto, 2011)

2.3 Agregat

Agregat merupakan bahan penyusun beton yang dominan, yaitu berkisar antara 60%-80%, maka sifat-sifat agregat ini mempunyai pengaruh cukup besar terhadap perilaku beton, akan tetapi berpengaruh juga pada ketahanan (*durability*). Mutu agregat harus benar-benar diperhatikan agar didapat mutu beton yang baik. Agregat harus mempunyai gradasi yang baik dan memenuhi syarat agar seluruh massa beton dapat berfungsi secara utuh, homogen dan padat, dimana agregat yang berukuran kecil dapat mengisi rongga-rongga yang ada diantara agregat yang berukuran besar (Subagio, 2019).

Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu :

a. Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari batu-batuan alam (*natural sand*) atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batuan (*artificial sand*) (Febrianto, 2011). Agregat halus mempunyai ukuran butiran yang berkisar antara 0,075 mm (Saringan No.200) sampai dengan 4,75 mm (Saringan No.4).

Tjokrodimulyo (1992) berpendapat dikutip dari (Dumyati & Manalu, 2015) pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

1. Pasir galian : Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu;
2. Pasir sungai : Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat. Pada sungai tertentu yang dekat dengan hutan kadang-kadang banyaknya mengandung humus; dan
3. Pasir laut atau pasir pantai : Pasir ini diambil dari tepian pantai, bentuk butirannya halus dan bulat akibat gesekan dengan sesamanya. Pasir ini merupakan pasir yang kurang baik karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. akan tetapi pasir pantai dapat digunakan pada campuran beton dengan perlakuan khusus, yaitu dengan cara di cuci sehingga kandungan garamnya berkurang atau hilang.

Karakteristik kualitas agregat halus yang digunakan sebagai komponen struktural beton memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik kualitas struktur beton yang dihasilkan, sebab agregat halus mengisi sebagian besar volume beton. Pasir laut atau pasir pantai sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintergrasi alami dari batu-batuan atau batuan pecah. Sifat-sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton dan daya tahan terhadap cuaca serta efek-efek merusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan pasta semen (Setyanto, 2010).

Agregat kasar memiliki butir-butir kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.

Karakteristik agregat akan menentukan sifat beton yang akan dihasilkan. Sifat-sifat fisis dari agregat pembentuk beton perlu diperiksa dengan tujuan mengetahui apakah agregat yang digunakan memenuhi syarat untuk membentuk beton yang baik. Pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat adalah sebagai berikut :

1. Berat volume agregat (*bulk density*) : yaitu perbandingan berat agregat hasil pemadatan standar pada keadaan kering oven terhadap volume *container*. Tanah yang lebih padat memiliki *bulk density* yang lebih besar dari tanah yang sama tetapi kurang padat. Pada umumnya tanah dilapisi atas memiliki volume *bulk density* lebih rendah dari pada tanah dibawahnya;
2. Berat jenis agregat (*specific gravity*) : yaitu perbandingan berat dari sejumlah volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap berat air untuk volume yang sama;
3. Penyerapan (*absorbtion*) : yaitu persentase perbandingan antara berat air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan dengan berat agregat dalam keadaan kering oven; dan
4. Analisis saringan (*sieve analysis*) : yaitu suatu pemeriksaan yang dilakukan dengan alat berupa ayakan dengan ukuran lubang-lubang yang

sudah ditentukan. Susunan butiran diperoleh dari hasil penyaringan benda uji dengan menggunakan beberapa fraksi saringan.

2.4 Air Sungai pada Campuran Beton

Air sungai baik digunakan karena tidak mengandung unsur garam sehingga dapat digunakan untuk industri, kebutuhan air minum, pertanian dan irigasi. Air sungai juga mampu meningkatkan kinerja pada saat pencampuran dan perawatan sehingga sangat baik digunakan untuk memproduksi beton. Fungsi air dalam beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 % dari berat semen. Tetapi pada kenyataan dilapangan apabila nilai FAS kurang dari 0,35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya nilai FAS lebih dari 0,40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan, maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton itu sendiri akan menurun (Sutrisno & Widodo, 2017).

2.5 Pasir Laut pada Campuran Beton

Pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini tidak baik karena kandungan garam-garamnya. Garam ini menyerap air dari udara dan ini menyebabkan pasir selalu basah dan menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karakteristik kualitas agregat halus yang digunakan sebagai komponen struktural beton memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik kualitas struktur beton yang dihasilkan, sebab agregat halus mengisi sebagian besar volume beton. Pasir laut sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar. Pasir laut ini pada dasarnya tidak berbeda secara fisik dengan pasir biasa pada umumnya. Penggunaan pasir laut sebagai bahan

bangunan dapat diterima jika bahan ini dikerjakan sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh lembaga terpercaya. Kelemahan utama dari pasir laut ini adalah tidak dapat digunakan pada beton bertulang, karena dapat menyebabkan korosi pada baja tulangan. Secara umum pasir laut dapat dibedakan atas dua kondisi yaitu pasir laut yang tidak dipengaruhi pasang surut dan pasir laut yang terendam atau dipengaruhi oleh kondisi air laut (air pasang surut). Pasir laut yang tidak dipengaruhi oleh air pasang surut adalah pasir laut yang terdampar $\pm$ 50 meter dari air pasang dan tidak akan tergenang kembali. Pasir laut yang tidak dipengaruhi air pasang ini mempunyai kandungan kadar garam yang lebih sedikit dari pada yang dipengaruhi air pasang. Bahan kimia dan limbah yang ada pada pasir laut yang tidak dipengaruhi pasang surut lebih banyak dibandingkan yang dipengaruhi pasang surut (Iduwin, 2017).

2.6 Air Laut pada Campuran Beton

Pengaruh kimia air laut terhadap beton terutama disebabkan oleh serangan *magnesium sulfat* (MgSO_4), yang diperburuk dengan adanya kandungan *klorida* (Cl) didalamnya, reaksinya akan menghambat perkembangan beton. Biasanya digolongkan sebagai bagian dari serangan sulfat oleh air laut yang mengakibatkan beton tampak menjadi keputih-putihan, selain itu beton akan mengembang yang sebelumnya didahului oleh terjadinya retak. Akhirnya pada bagian beton yang terserang oleh sulfat akan menjadi lunak dan membentuk lapisan seperti lumpur. Saat pertama kali mengalami serangan sulfat, kekuatan tekan akan naik, lalu secara berangsur-angsur mengalami kehilangan kekuatan. Serangan ini dipandang sebagai akibat dari *potassium* (KS) dan *magnesium sulfat* (MgS) pada air laut yang dapat menyebabkan timbulnya serangan sulfat pada beton (Wedhanto, 2017).

Air laut dapat memberikan efek yang merugikan untuk komponen struktural konstruksi bangunan. Hal ini disebabkan kandungan sulfat dan ion klorida pada air laut yang bereaksi dengan unsur kimia pada baja tulangan sehingga mengakibatkan terjadinya korosi pada tulangan. Padahal tulangan adalah

komponen yang penting untuk menahan beban-beban struktur. Dengan terjadinya korosi, kekuatan tulangan akan menurun dan bahkan hilang, sehingga mengakibatkan kegagalan struktur. Inovasi dibidang teknologi material beton, salah satunya adalah memperbaiki sifat-sifat beton diantaranya dapat dilakukan dengan penambahan bahan tertentu yaitu *admixture* atau *additive* ke dalam campuran beton (Suliyanto & Riyanto, 2017).

2.7 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan kedalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Pemberian bahan tambah pada adukan beton bertujuan untuk memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan (Ramadhan, 2016).

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*) (Siregar, 2014). Dalam penelitian ini akan digunakan bahan tambah mineral (*additive*) yaitu zeolit.

2.8 Zeolit

Zeolit merupakan suatu senyawa *alumina-silika* terhidrasi yang mengandung *kation* atau alkali tanah. Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam dari bebatuan vulkanik dan banyak dijumpai dalam lubang-lubang batuan dan dalam batuan sedimen. Zeolit alam biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti *kalsit*, *gypsum*, *feldspar* dan *kuarsa* yang ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas. Zeolit alam banyak tersebar di pegunungan Indonesia dan setiap tempat memiliki jenis dan komposisi kimia yang berbeda-beda (Poerwadi et al., 2014).

Zeolit adalah mineral hasil tambang. Zeolit berbentuk batuan dan secara kasat mata batuan ini terlihat seperti batu kapur. Saat bongkahan batu ini dipecah akan terlihat warna yang beragam seperti abu-abu kehijauan dan ada yang berwarna putih kekuningan. Di daerah Aceh, zeolit dapat ditemukan di Kawasan Pegunungan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar. Hasil pemeriksaan kandungan senyawa atau komposisi kimia yang dilakukan oleh Raziah et al (2017) menyatakan bahwa kandungan *silika* dan *alumina* mendominasi komposisi kimia dari zeolit alam aceh. Unsur utama pembentuk zeolit adalah *silika* (SiO_2) sebanyak 53,56%, *alumina* (Al_2O_3) sebanyak 20,83% dan *kapur* (CaO) sebanyak 5,70% yang juga merupakan unsur pembentuk semen. Semen memiliki komposisi utama yaitu *kapur* (CaO) sebanyak 60-65%, *silika* (SiO_2) sebanyak 17-25% dan *alumina* (Al_2O_3) sebanyak 3-8%. Berdasarkan kemiripan unsur tersebut, maka penambahan zeolit pada campuran beton diharapkan tepat dan dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Zeolit salah satu material alam yang bersifat *pozzolan* yang mengandung *silika* dan *alumina*. Zeolit yang bersifat *pozzolan* ini dapat mengisi rongga-rongga kosong pada beton dengan mengurangi porositas dan meningkatkan permeabilitas sehingga beton menjadi lebih kedap air, karena *kalsium hidroksida* (Ca(OH)_2) yang dilepas pada proses hidrasi semen akan terikat oleh senyawa *alumina-silika* aktif dari zeolit tersebut. Komposisi kimia zeolit alam aceh dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Zeolit Alam Aceh

Kandungan Senyawa	Persentase (%)
Silika (SiO_2)	53,56
Alumina (Al_2O_3)	20,83
Besi (Fe_2O_3)	11,46
Kapur (CaO)	5,70
Magnesium (MgO)	3,58

Sumber : (Raziah et al., 2017)

Secara umum zeolit memiliki kegunaan dalam berbagai bidang, antara lain:

- a. Bidang Pertanian : Digunakan sebagai bahan pendamping pupuk untuk menghemat biaya pupuk, dapat mengatasi kesuburan tanah yang menurun;
- b. Bidang Peternakan : Digunakan untuk campuran pakan ternak, digunakan juga untuk menghilangkan bau kotoran dari binatang ternak;
- c. Bidang Perikanan : Digunakan sebagai penyerap atau pengontrol ammonia yang dikeluarkan ikan atau udang melalui kotoran; dan
- d. Bidang Industri : Digunakan sebagai penjernih minyak.

Untuk dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton, batu zeolit terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran yang menempel lalu dihancurkan dengan mesin *stone crusher* dan selanjutnya ditumbuk sampai halus. Kemudian diayak dengan *mesh* 100 hingga menjadi serbuk. Penambahan zeolit yang dihaluskan menjadi serbuk juga bertujuan untuk mengisi rongga-rongga kosong pada beton. Gambar batuan zeolit dan serbuk zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 : Batuan Zeolit dan Serbuk Zeolit

2.9 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Mix design merupakan sebuah proses pemilihan komposisi campuran yang sesuai untuk pembuatan beton dan menentukan jumlah relatif dengan tujuan menghasilkan beton dengan cara yang paling ekonomis tanpa mengurangi kriteria minimum yang diizinkan, antara lain adalah kekuatan rencana, durabilitas, dan konsistensinya. Pembuatan *mix design* beton dimulai dengan perbandingan volume sederhana dari semen, pasir dan kerikil. Dalam perkembangannya faktor-faktor tersebut sangat berpengaruh pada mutu *mix design* beton. Perkembangan selanjutnya selanjutnya faktor-faktor yang mempengaruhi mutu dari *mix design* mulai diperhatikan dalam konsep *mix design*. Prosedur perencanaan mutu beton ada 3 (tiga) tahap. Tahap pertama adalah mengumpulkan persyaratan penggunaan struktur beton tersebut, kondisi lingkungannya, ukuran penampang agregat dan sebagainya. Dari persyaratan tersebut ditentukan tahap kedua yaitu dasar perencanaan campuran misalnya kuat rencana, slump, ukuran butir terbesar. Dari tahap kedua inilah sebagai dasar tahap ketiga yaitu perhitungan komposisi penyusun beton (Setyawan et al., 2014).

Metode perencanaan campuran beton akan menggunakan metode SNI-7656-2012 untuk beton normal. Penentuan komposisi air, semen dan perkiraan berat campuran tiap 1 m³ campuran beton didasarkan pada kekuatan beton, diameter agregat maksimum, tipe semen yang dipakai dan tinggi slump rencana. Air berfungsi sebagai bahan standar yang mengakibatkan proses kimia sehingga semen bereaksi dan kemudian mengeras (Badan Standardisasi Nasional, 2012).

2.10 *Workability* Beton

Cara sederhana untuk mengetahui kelecakan (*workability*) beton segar sebelum diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran adalah melalui uji *slump*. Dengan pemeriksaan *slump*, maka kita dapat memperoleh nilai *slump* yang dipakai sebagai tolak ukur atau standar kelecakan beton segar.

SNI-1972-2008 menjelaskan bahwa *slump* beton adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji *slump* diangkat (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin encer beton segar maka semakin mudah beton tersebut dikerjakan. Adukan beton segar adalah campuran bahan-bahan beton yaitu air, semen *portland*, agregat halus, dan agregat kasar dengan perbandingan masing-masing bahan tersebut sebanyak yang telah ditentukan sebelumnya. Suatu campuran berasal dari beberapa bahan, maka sifat campurannya tergantung pada sifat bahan-bahan pencampurnya dan banyaknya masing-masing bahan pencampur tersebut (Dumyati & Manalu, 2015).

Adapun ketentuan nilai *slump* beton dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai *Slump* Beton Segar

Pemakaian	Maks. (cm)	Min. (cm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, <i>kaison</i> dan struktur di bawah tanah	9	2.5
Plat, balok, kolom dan dinding	15	7.5
Pengerasan jalan	7.5	5
Pembetonan massal (beton massa)	7.5	2.5

Sumber : (Dumyati & Manalu, 2015)

2.11 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dipengaruhi antara lain oleh kekuatan, tekstur permukaan, kebersihan, bentuk partikel dan ukuran maksimum agregat pembentuk beton. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan-tegangan tekan tertinggi (f'_c) yang dicapai benda uji pada umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan yang dinyatakan dengan satuan N/mm^2 atau MPa. Nilai kuat tekan yang diperoleh dari setiap benda uji akan sering berbeda jauh karena beton merupakan material heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, komposisi material, perbandingan air

semen, umur beton, jenis dan jumlah semen, sifat agregat, serta kondisi pada saat pengujian (Polii et al., 2015).

Kuat tekan adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan mesin uji tekan. Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana	s/d 10 MPa
Beton normal	15 - 30 MPa
Beton pra tegang	30 - 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 - 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

Sumber : (Dumyati & Manalu, 2015)

Untuk menghitung kuat tekan beton, dapat digunakan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

F'_c = Kuat tekan beton (N/mm²)

P = Beban maksimum didapat dari mesin uji tekan (N)

A = Luas penampang benda uji yang diberi tekanan (mm²)

2.12 Seleksi Data

Standar deviasi atau simpangan baku merupakan suatu nilai statistika yang merepresentasikan simpangan sebuah data terkategori baik atau kurang baik. Semakin besar standar deviasi maka semakin kurang baik untuk sebuah data. Semakin kecil standar deviasi maka semakin baik sebuah data (Aden et al., 2019).

Salah satu cara untuk mengetahui nilai kuat tekan beton adalah dengan melakukan pengujian kuat tekan hingga benda uji tersebut pecah atau hancur.

Benda uji sebaiknya harus dibuat beberapa buah untuk mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata. Karena benda uji dibuat beberapa buah, tentu saja hasil uji kuat tekan pasti berbeda-beda (sedikit atau banyak). Faktor perbedaan (penyimpangan atau deviasi) ini harus diperhatikan dalam menghitung besarnya nilai kuat tekan beton.

Simpangan baku untuk data tunggal yang dianggap sampel diperoleh dari penjumlahan dari selisih nilai data kuat tekan masing-masing benda uji dengan nilai kuat tekan rata-rata benda uji yang dikuadratkan dibagi dengan banyaknya benda uji dikurangkan satu kemudian terakhir diakarkan. Secara matematis dirumuskan dengan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

S = Standar deviasi

X_i = Data kuat tekan dari masing-masing benda uji (N/mm²)

$\bar{X}$ = Data kuat tekan rata-rata benda uji (N/mm²)

n = Jumlah benda uji

C_v (*covarian*) adalah koefisien ragam sampel atau koefisien variasi. Secara matematis dirumuskan dengan persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

C_v = Koefisien ragam sampel (%);

S = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Data kuat tekan rata-rata benda uji (N/mm²)

Klasifikasi mutu pelaksanaan untuk penelitian di laboratorium adalah :

- $C_v \leq 5\%$ → sangat baik;
- $5\% < C_v \leq 7\%$ → baik;
- $7\% < C_v \leq 10\%$ → sedang; dan

- $C_v > 10\%$ → kurang baik.

2.13 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang berhubungan dengan pengaruh penambahan zeolit terhadap kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

1. (Pratomo et al., 2018) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penggunaan Zeolit Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan *Paving Block* Konvensional”. Hasil penelitian tersebut adalah :
 - Hasil kuat tekan rata-rata *paving block* pada umur 14 hari dengan menggunakan zeolit sebagai bahan pengganti semen pada variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% secara berturut-turut adalah 15,64 MPa, 16,62 MPa, 15,38 MPa, 12,64 MPa, 12,69 MPa, 9,70 MPa dan 9,53 MPa; dan
 - Pergantian sebagian semen dengan zeolit pada komposisi tertentu pada penelitian ini hanya memberikan trend positif pada pergantian 2,5%. Selanjutnya untuk pergantian lebih dari 2,5% memberikan trend negatif berupa penurunan kuat tekan seiring dengan semakin besarnya persentase penambahan zeolit. Penurunan terbesar pada variasi 15% sebesar 39,05%.
2. (Iswanto, 2011) melakukan penelitian dengan judul “Tinjauan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Zeolit Sebagai Bahan Tambah Dibanding Zeolit Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton”. Hasil penelitian tersebut adalah :
 - Beton dengan menggunakan zeolit sebagai bahan tambah mempunyai kuat tekan yang lebih baik dari pada pengganti semen, hal tersebut karena semen yang dimiliki lebih banyak sehingga pasta yang berfungsi mengikat agregat lebih banyak maka dihasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih besar; dan

- Penggunaan zeolit sebagai bahan tambah dan zeolit sebagai pengganti semen dapat mengurangi nilai *slump*, sehingga mempengaruhi *workability* adukan beton. Semakin besar penggunaan kadar zeolit, maka akan semakin rendah nilai *slump* beton tersebut.
3. (Dumyati & Manalu, 2015) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton”. Hasil penelitian tersebut adalah :
- Pasir pantai sampur memenuhi spesifikasi agregat halus yang disyaratkan; dan
 - Nilai kuat tekan beton pasir pantai sampur dengan perlakuan yang dicuci menghasilkan rata-rata sebesar 22,14 MPa, nilai kuat tekan beton pasir pantai sampur dengan perlakuan yang disiram menghasilkan rata-rata sebesar 17,52 MPa dan nilai kuat tekan beton pasir pantai sampur tanpa perlakuan menghasilkan rata-rata 16,36 MPa.
4. (Victor & Septianti, 2019) melakukan penelitian dengan judul “Studi Kelayakan Penggunaan Air Laut Untuk Campuran Beton”. Hasil penelitian tersebut adalah :
- Penurunan rata-rata nilai slump akibat penggunaan air laut pada campuran beton sebesar 6,44% terhadap campuran beton dengan air bersih; dan
 - Kuat tekan beton cenderung meningkat akibat penggunaan air laut pada campuran beton dibandingkan penggunaan air bersih pada campuran beton pada umur 3, 7, dan 28 hari serta cenderung menurun pada umur 90 dan 365 hari.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur, dilanjutkan dengan persiapan material dan peralatan, pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat, perencanaan campuran beton (*mix design*), pembuatan adukan beton, pengujian *slump test*, pengecoran, perawatan, pengujian kuat tekan beton, pengolahan data hingga didapatkan hasil dan pembahasan yang pada akhirnya akan diambil kesimpulan. Prosedur penelitian secara lengkap dapat dilihat pada bagan alir pada Lampiran A.1.1 Hal. 49. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan (LKBB) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Lokasi penelitian dapat dilihat pada peta pada Lampiran A.2.1 Hal. 50 dan Lampiran A.2.2 Hal. 51.

3.1 Persiapan Material dan Peralatan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Semen yang digunakan adalah Semen PCC (*Portland Composite Cement*) yang diproduksi oleh PT. Semen Padang. Semen yang digunakan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Pemeriksaan pada semen dilakukan secara visual terhadap kantong yang tidak robek dan keadaan butiran (tidak terdapat bongkahan-bongkahan yang keras) pada semen;
2. Pasir laut dan air laut yang digunakan berasal dari Pantai Ujung Puncu Kabupaten Aceh Besar. Pasir laut yang digunakan pada penelitian ini dilakukan pencucian terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar garamnya. Pasir laut dicuci berulang kali sampai airnya bersih dan busanya hilang. Selanjutnya pasir laut yang telah dicuci lalu diamparkan dan dijemur;
3. Pasir sungai yang digunakan berasal dari Sungai Pedalaman Indrapuri dan air sungai yang digunakan juga berasal dari Sungai Wilayah Aceh Besar;
4. *Split* yang digunakan berasal dari Industri Pemecah Batu (*Stone Crusher*);

5. Zeolit yang digunakan berasal dari Pegunungan Indrapuri Aceh Besar. Untuk dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton, batu zeolit terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran yang menempel lalu dihancurkan dengan mesin *stone crusher* dan selanjutnya ditumbuk sampai halus. Kemudian diayak dengan *mesh* 100 hingga menjadi serbuk. Persentase penambahan zeolit adalah 5% dan 10% terhadap berat semen. Lokasi pengambilan zeolit dapat dilihat pada Lampiran A.2.4 Hal. 52.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Mesin uji tekan (*Compressive Strength Tester*) merk Ton Industri No.2547/14/1970 produksi *Mannheim Germany* dengan kapasitas maksimum pembebanan 100 ton;
2. Cetakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm;
3. Mesin pengaduk beton (*concrete mixer*);
4. Kerucut *slump*;
5. Kereta sorong;
6. Satu set saringan;
7. Timbangan digital; dan
8. Peralatan penunjang lainnya.

3.2 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat

Pemeriksaan sifat fisis agregat yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

3.2.1 Berat Volume Agregat (*Bulk Density*)

Langkah-langkah untuk mengetahui berat volume agregat (*bulk density*) adalah sebagai berikut :

1. Alat dan bahan
Alat :
 - a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
 - b. *Container* untuk mengeringkan agregat

- c. Tongkat pemadat berdiameter 16 mm, panjang 600 mm yang berujung bulat dan terbuat dari baja anti karat
- d. Mistar perata
- e. Sekop

Bahan :

- a. Agregat halus
- b. Agregat kasar

2. Langkah Kerja

- a. Tuangkan agregat ke dalam *container* kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 110°C selama 24 jam
- b. Keluarkan agregat dari dalam oven dan diamkan selama 15 menit
- c. Timbanglah berat *container* dalam satuan Kg kemudian di catat (W_c)
- d. Tuangkan agregat ke dalam *container* kemudian ratakan dengan mistar perata untuk pemeriksaan berat volume dalam keadaan gembur (W_{ca})
- e. Berat benda uji W_a dihitung dengan cara $W_a = W_{ca} - W_c$
- f. Tuangkan agregat ke dalam *container* dalam tiga lapisan dengan tiap lapisan kira-kira sama banyak untuk pemeriksaan berat volume dalam keadaan padat. Setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat besi berdiameter 1,6 cm dan panjang 60 cm sebanyak 25 kali tumbukan. Setelah dipadatkan, permukaan agregat diratakan sejajar dengan permukaan *container* kemudian ditimbang beratnya. Pemeriksaan ini diulang sebanyak 3 kali dan diambil nilai rata-rata.
- g. Timbanglah berat *container* dengan agregat kemudian di catat (W_{ca})
- h. Berat benda uji W_a dihitung dengan cara $W_a = W_{ca} - W_c$

3. Perhitungan

$$W_a = W_{ca} - W_c \dots\dots\dots (3.1)$$

$$W_v = \frac{W_a}{V_c} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

W_v = berat volume agregat (kg/l)

W_{ca} = berat wadah berisi agregat (kg)

W_c = berat wadah (kg)

V_c = volume wadah (l)

W_a = berat agregat (kg)

3.2.2 Berat Jenis dan Absorpsi (*Specific Gravity and Absorption*)

Langkah-langkah untuk mengetahui berat jenis dan absorpsi (*specific gravity and absorption*) adalah sebagai berikut :

1. Alat dan bahan

Alat :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- b. Sendok atau sekop
- c. Wadah untuk merendam benda uji
- d. Cetakan kerucut
- e. Gelas kaca
- f. Baskom
- g. Oven

Bahan :

- a. Agregat halus
- b. Agregat kasar

2. Langkah kerja

- a. Benda uji direndam selama 24 jam
- b. Tebarkan benda uji di lantai atau di tempat yang teduh dan dianginkan
- c. Masukkan pasir ke dalam cetakan kerucut sebanyak 3 kali tahap dengan masing-masing ketukan sebanyak 25 kali
- d. Timbang gelas kaca dan dicatat (W_c)
- e. Tuangkan benda uji dalam keadaan jenuh ke dalam gelas kaca dan di timbang kemudian dicatat (W_{cs})
- f. Tuangkan air ke dalam gelas kaca untuk menghilangkan udara
- g. Timbang gelas kaca berisi air dan dicatat (W_{csw})
- h. Timbang gelas berisi air dan dicatat (W_{cw})
- i. Tuangkan benda uji pada langkah ke-6 dan timbang beratnya ($W_{c''}$)

- j. Keringkan benda uji dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110°C
- k. Timbang benda uji pada baskom pada keadaan kering oven (Wc')

3. Perhitungan

- a. Berat benda uji dalam keadaan jenuh :

$$W_c = W_{cs} - W_c \dots\dots\dots (3.3)$$

- b. Volume benda uji :

$$W_v = W_s - W_{cs} + W_{cw} \dots\dots\dots (3.4)$$

- c. Berat jenis pada keadaan jenuh permukaan:

$$S_g. SSD = \frac{W_s}{W_v} \dots\dots\dots (3.5)$$

- d. Berat benda uji pada kering oven :

$$W_d = W_{cs}' - W_c \dots\dots\dots (3.6)$$

- e. Berat jenis benda uji dalam keadaan kering oven:

$$S_q. OD = \frac{W_d}{W_v} \dots\dots\dots (3.7)$$

- f. Berat benda dalam air :

$$W_v = W - W_{cw} \dots\dots\dots (3.8)$$

3.2.3 Analisis Saringan (*Seive Analysis*)

Langkah-langkah untuk mengetahui analisis saringan (*sieve analysis*) adalah sebagai berikut :

1. Alat dan bahan

Alat :

- a. Oven
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,1 Kg
- c. Satu set saringan
- d. Talam penampang

Bahan :

- a. Agregat halus setiap benda uji diambil 1 Kg
- b. Agregat kasar setiap benda uji diambil 2 Kg

2. Langkah Kerja

- a. Keringkan agregat dengan oven dengan suhu 110°C selama 24 jam
 - b. Tuangkan agregat ke dalam saringan
 - c. Saringan kemudian digoyang-goyangkan, agregat yang tertinggal di atas saringan ditimbang beratnya, kemudian di catat sesuai pada nomor saringan.
3. Perhitungan
- a. Hitunglah persentase berat benda uji yang tertahan pada setiap saringan dengan perbandingan setiap benda uji yang tertahan dengan jumlah benda uji total dan dikalikan 100%

3.3 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Metode perencanaan campuran beton (*mix design*) dihitung menggunakan metode SNI-7656-2012. Penentuan komposisi air, semen dan perkiraan berat tiap 1 m^3 campuran beton didasarkan pada nilai kuat tekan rencana, tinggi *slump* rencana dan butiran agregat maksimum. Komposisi campuran material dihitung atas dasar berat dan disesuaikan dengan berat jenis masing-masing material. Nilai kuat tekan yang direncanakan adalah $f'_c = 20\text{ MPa}$, *slump test* yang direncanakan adalah 75 – 100 mm dan diameter agregat maksimum 19,1 mm.

3.4 Pembuatan Adukan, Pengujian *Slump*, Pengecoran dan Perawatan

Sebelum pekerjaan pengecoran dimulai, masing-masing material ditimbang banyaknya sesuai dengan perbandingan campuran yang diperoleh dari perencanaan campuran beton (*mix design*). Cetakan benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm diolesi dengan oli bekas terlebih dahulu yang bertujuan untuk memudahkan saat pembukaan cetakan silinder setelah beton mengeras. Alat pencampuran yang digunakan adalah molen berkapasitas 90 liter/adukan dengan tenaga penggerak dinamo listrik. Sebelum dilakukan pengecoran, molen dan wadah penampung beton dibasahi dengan menggunakan

air terlebih dahulu. Langkah-langkah pembuatan benda uji dan pengujian *slump test* adalah sebagai berikut :

- a. Menimbang tiap-tiap material sesuai dengan hasil *mix design*.
- b. Agregat kasar dan agregat halus dicampur ke dalam *concrete mixer*.
- c. Setelah agregat sudah tercampur rata, semen dimasukkan ke dalam *mixer*.
- d. Setelah agregat dan semen tercampur, air dimasukan ke dalam *concrete mixer* air dimasukkan sedikit demi sedikit agar adukan beton tercampur rata. Proses pencampuran tidak boleh melebihi dari 5 menit untuk menjaga beton tidak mengeras pada waktu dimasukkan ke silinder atau kubus benda uji.
- e. Selanjutnya campurkan serbuk zeolit (*additive*) yang sudah ditimbang ke dalam *concrete mixer* sedikit demi sedikit agar merata.
- f. Beton segar dikeluarkan dari *concrete mixer* lalu dituang ke dalam nampan untuk dilakukan pengujian *slump test* dengan menggunakan kerucut terpancung yang terbuat dari logam dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan sebuah plat baja sebagai alas dan sebuah alat pemadat dari besi dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm dan salah satu ujungnya dibulatkan. Pengujian *slump test* dilakukan dengan mengisi beton segar ke dalam kerucut *slump* secara bertahap dalam tiga lapisan (1/3, 2/3, 3/3) dan kira-kira setiap lapisan mempunyai volume yang sama. Selanjutnya setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat besi sebanyak 25 kali tumbukkan. Kekentalan adukan beton diperoleh dengan cara mengukur besar penurunan permukaan kerucut beton segera setelah kerucut *slump* ditarik vertikal ke atas. Besarnya penurunan permukaan beton segar ini disebut dengan *slump*.
- g. Kemudian dapat dilakukan pengecoran dengan cara memasukkan adukan beton atau beton segar ke dalam cetakan silinder berukuran 15 x 30 cm sesuai dengan jumlah dan variasi benda uji yang telah direncanakan di awal.

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang berjumlah 36 buah. Benda uji terdiri campuran material semen, *split*, pasir sungai, air sungai dan campuran material semen, *split*, pasir laut, air laut. Setiap variasi benda uji untuk pengujian umur 7 hari maupun umur 28 hari dibuat sebanyak 3 buah benda uji. Setiap variasi benda untuk campuran pasir sungai air sungai maupun campuran pasir laut air laut akan menggunakan serbuk zeolit sebagai bahan tambah dengan variasi 0%, 5% dan 10%.

Untuk lebih detailnya variasi dan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi dan Jumlah Benda Uji

Umur Pengujian	Kode Benda Uji	Campuran	Variasi Zeolit	Total Benda Uji
7 Hari	<i>PSS-Z0</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai	0%	3 buah
	<i>PSS-Z5</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit	5%	3 buah
	<i>PSS-Z10</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit	10%	3 buah
	<i>PLL-Z0</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut	0%	3 buah
	<i>PLL-Z5</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut + Zeolit	5%	3 buah
	<i>PLL-Z10</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut + Zeolit	10%	3 buah
28 Hari	<i>PSS-Z0</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai	0%	3 buah
	<i>PSS-Z5</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit	5%	3 buah
	<i>PSS-Z10</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit	10%	3 buah
	<i>PLL-Z0</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut	0%	3 buah
	<i>PLL-Z5</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut + Zeolit	5%	3 buah

	<i>PLL-Z10</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut + Zeolit	10%	3 buah
Jumlah Keseluruhan Benda Uji				36 buah

Pengecoran benda uji dilakukan dengan mengisi beton segar ke dalam cetakan silinder secara bertahap dalam tiga lapisan dan kira-kira setiap lapisan mempunyai volume yang sama. Selanjutnya setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat yang terbuat dari besi sebanyak 25 kali tumbukkan dan kemudian disekeliling dinding luar cetakan silinder dipukul dengan menggunakan palu karet agar beton menjadi lebih padat. Setelah dipadatkan. Beton yang telah diratakan permukaannya didiamkan ± 24 jam dan kemudian cetakan dapat dibuka dan beton dibersihkan. Benda uji diberi nama variasi, nama kode dan tanggal pengecoran dengan menggunakan *stipo/tipe-ex*. Setelah pelaksanaan pengecoran, seluruh benda uji akan dilakukan perawatan dengan cara direndam di bak perendaman Laboratorium. Setelah itu benda uji dikeluarkan dari bak perendaman yang telah direndam selama 5 hari dan 26 hari, kemudian didiamkan selama ± 24 jam agar benda uji mengering. Lalu benda uji diukur diameternya menggunakan jangka sorong dan kemudian ditimbang beratnya. Setelah itu benda uji dapat dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dan 28 hari.

3.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan (LKBB) Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah mesin uji kuat tekan (*Compressive Strength Tester*) merk Ton Industri No.2547/14/1970 produksi *Mannheim Germany* dengan kapasitas maksimum pembebanan 100 ton. Pembebanan diberikan sampai benda uji mencapai beban maksimum. Langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a Benda uji di dikeluarkan dari tempat bak perendaman yang telah direndam selama 5 hari dan 26 hari, kemudian didiamkan selama ± 24 jam;

- b Benda uji diukur diameter dan tingginya menggunakan jangka sorong, kemudian ditimbang beratnya;
- c Masukkan benda uji ke dalam mesin penguji;
- d Putar kunci hidrolik untuk mengunci benda uji;
- e Hidupkan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan;
- f Lakukan pembebanan sampai benda uji yang diberikan beban retak dan jarum penunjuk beban tidak naik lagi dan menunjukkan bahwa beton tidak lagi memberikan perlawanan terhadap beban yang diberikan; dan
- g Kemudian catat dan foto angka yang ditunjukkan jarum penunjuk. Nilai kuat tekan dihitung sesuai dengan penjelasan pada sub-bab 2.11 Hal. 15.

3.6 Analisa Data

Data hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dihitung nilai rata-ratanya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kualitas agregat yang digunakan apakah memenuhi ketentuan yang disyaratkan sebagai agregat pembentuk beton. Data hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat tersebut juga digunakan sebagai keperluan dasar untuk perencanaan campuran beton (*mix design*).

Data hasil pengujian kuat tekan dari mesin uji pembebanan menghasilkan nilai kuat tekan dalam satuan ton. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder. Oleh karena itu perlu dilakukan konversi dari satuan ton ke newton, yang dimana $1 \text{ Ton} = 9806.65 \text{ N}$. Cara untuk mendapatkan nilai kuat tekan benda uji silinder (N/mm^2) adalah nilai beban maksimum (satuan = newton) dibagi dengan luas penampang benda uji (satuan = mm^2). Data hasil pengujian kuat tekan beton disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang selanjutnya akan dievaluasi untuk mendapatkan nilai rata-rata untuk setiap variasi benda uji. Dari data-data tersebut dapat dilihat penyebaran data dan tingkat ketelitian pelaksanaan. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Software Microsoft Excel*.

Analisa data dilakukan secara statistik dari pengujian yang dilakukan di laboratorium. Statistik merupakan sekumpulan konsep dan metode untuk mengumpulkan data, menyajikannya dalam bentuk yang mudah dipahami,

menganalisa data dan mengambil kesimpulan berdasarkan hasil analisa data dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium.

3.7 Seleksi Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium kemudian dilakukan penyeleksian data, berupa baik tidaknya penyebaran yang diperoleh. Hal ini bertujuan untuk melihat simpangan baku (standar deviasi) yang terjadi. Standar deviasi adalah identifikasi penyimpangan yang terjadi dalam kelompok data. Semakin kecil standar deviasi, maka semakin baik mutu pelaksanaan penelitian. Standar deviasi dihitung sesuai dengan penjelasan pada sub-bab 2.12 Hal. 15 – 16.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil tentang data penelitian dan pembahasan yang didapat berdasarkan persamaan di tinjauan kepustakaan yang ada pada Bab II dan metode penelitian yang ada pada Bab III. Penyajian hasil yang didapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik supaya mempermudah pembaca untuk memahami.

4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat

Pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dilakukan untuk mengetahui berat volume (*bulk density*), berat jenis (*specific gravity*), absorpsi (*absorbtion*) dan modulus kehalusan (*fineness modulus*). Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui sifat agregat yang akan digunakan sebagai material pembentuk beton, hasil yang didapat dari pemeriksaan ini juga digunakan untuk keperluan dasar perencanaan campuran beton (*mix design*) sesuai dengan mutu yang direncanakan.

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat (*Bulk Density*)

Perhitungan berat volume agregat dapat dilihat pada Lampiran B.1.1 Hal. 53 – 54. Hasil perhitungan berat volume rata-rata yang diperoleh untuk setiap jenis agregat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat

No	Jenis Agregat	Berat Volume (kg/l) (Hasil Lab)	Batas Izin Troxell
1	Pasir Sungai	1,66	> 1,40
2	Pasir Laut	1,64	
3	Batu Pecah (<i>Split</i>)	1,50	

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat volume agregat yang diperlihatkan pada Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa agregat yang digunakan pada penelitian

ini telah memenuhi syarat-syarat sebagai material pembentuk beton seperti yang disarankan oleh Troxell (1968), berat volume agregat yang baik yaitu lebih besar dari 1,40 kg/l.

4.1.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis (*Specific Gravity*) dan Absorpsi

Perhitungan berat jenis dan absorpsi dapat dilihat pada Lampiran B.1.2 Hal. 55 – 57. Hasil perhitungan berat jenis dan absorpsi rata-rata yang diperoleh untuk setiap agregat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

No	Jenis Agregat	Berat Jenis (Hasil Lab)		Batas Izin Troxell
		SSD	OD	
1	Pasir Sungai	2,63	2,58	2,00 - 2,70
2	Pasir Laut	2,60	2,55	2,00 - 2,70
3	Batu Pecah (<i>Split</i>)	2,79	2,77	2,50 - 2,80

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis agregat yang diperlihatkan pada Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa agregat yang digunakan pada penelitian ini sudah memenuhi syarat-syarat sebagai material pembentuk beton seperti yang disarankan oleh Troxell (1968), yaitu untuk berat jenis agregat kasar berkisar antara 2,5-2,8 dan untuk agregat halus berat jenisnya antara 2,0-2,7.

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Absorpsi Agregat

No	Jenis Agregat	Absorpsi (%) (Hasil Lab)	Batas Izin Troxell
1	Pasir Sungai	1,98	0-2%
2	Pasir Laut	2,17	0-2%
3	Batu Pecah (<i>Split</i>)	0,65	0,5-1%

Berdasarkan hasil pemeriksaan absorpsi agregat yang diperlihatkan pada Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa pasir sungai dan batu pecah (*split*) yang

digunakan pada penelitian ini telah memenuhi syarat-syarat sebagai material pembentuk beton seperti yang disarankan oleh Troxell (1968). Namun pada pasir laut nilai yang diperoleh tidak memenuhi syarat-syarat seperti yang disarankan oleh Troxell (1968), karena diperoleh nilai absorpsi sebesar 2,17%. Sedangkan yang disarankan oleh Troxell (1968) untuk agregat halus sebagai material pembentuk beton nilai absorpsi seharusnya berkisar antara 0-2%.

4.1.3 Hasil Pemeriksaan Modulus Kehalusan (*Fineness Modulus*)

Perhitungan modulus kehalusan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.1.3 Hal. 58 – 59. Rekapitulasi modulus kehalusan (*fineness modulus*) untuk keseluruhan agregat dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan *Fineness Modulus*

No	Jenis Agregat	<i>Fineness Modulus</i> (Hasil Lab)	Batas Izin ASTM C-33
1	Pasir Sungai	2,60	2,3-3,1
2	Pasir Laut	1,41	2,3-3,1
3	Batu Pecah (<i>Split</i>)	6,92	5,5-8,0

Berdasarkan hasil dari nilai *fineness modulus* agregat yang diperlihatkan pada Tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa pasir sungai dan batu pecah (*split*) yang digunakan sudah memenuhi syarat-syarat yang disarankan oleh ASTM C-33. Namun pada pasir laut nilai yang diperoleh tidak memenuhi syarat-syarat seperti yang disarankan oleh ASTM C-33, yaitu diperoleh nilai *fineness modulus* sebesar 1,41. Sedangkan yang disyaratkan ASTM C-33 untuk agregat halus berkisar antara 2,3-3,1. Sesuai dengan ketentuan SNI 03-2834-2000 yang memberikan syarat-syarat untuk gradasi agregat dikelompokkan kedalam empat zona, yaitu daerah gradasi I, daerah gradasi II, daerah gradasi III dan daerah gradasi IV. Untuk agregat campuran pasir sungai dan batu pecah (*split*) yang digunakan pada penelitian ini termasuk ke dalam daerah gradasi III, sedangkan campuran pasir laut dan batu pecah (*split*) termasuk ke dalam daerah gradasi IV. Perhitungan penentuan zona gradasi dan grafik gradasi agregat dengan campuran pasir sungai

dan batu pecah (*split*) dapat dilihat pada Lampiran B.1.4 – B.1.6 Hal. 60 – 61 dan campuran pasir laut dan batu pecah (*split*) dapat dilihat pada Lampiran B.1.7 – B.1.9 Hal. 62 – 63.

4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton

Perhitungan *mix design* dengan campuran semen, *split*, pasir sungai dan air sungai dapat dilihat pada Lampiran C.1.1 Hal. 68 – 71 dan *mix design* dengan campuran semen, *split*, pasir laut dan air laut dapat dilihat pada Lampiran C.1.3 Hal. 74 – 77. Metode yang digunakan adalah SNI-7656-2012 dengan nilai kuat tekan rencana $f'_c = 20$ MPa, *slump test* rencana 75 – 100 mm dan diameter agregat maksimum 19,1 mm. Hasil perhitungan *mix design* dengan campuran semen, *split*, pasir sungai dan air sungai untuk 1 m³ dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan campuran semen, *split*, pasir laut dan air laut untuk 1 m³ dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan *Mix Design* dengan Campuran Semen, *Split*, Pasir Sungai dan Air Sungai untuk 1 m³

No	Material	Berat (kg)
1	Semen	353,44
2	Batu Pecah (<i>Split</i>)	960,00
3	Pasir Sungai	826,56
4	Air Sungai	205,00

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan *Mix Design* dengan Campuran Semen, *Split*, Pasir Laut dan Air Laut untuk 1 m³

No	Material	Berat (kg)
1	Semen	353,44
2	Batu Pecah (<i>Split</i>)	990,00
3	Pasir Laut	796,56
4	Air Laut	205,00

Hasil dari perhitungan tersebut kemudian dikalikan dengan volume pengecoran, yaitu 18 buah benda uji silinder untuk beton campuran pasir sungai air sungai dan 18 buah benda uji silinder untuk beton campuran pasir laut air laut yang dapat dilihat pada Lampiran C.1.2 Hal. 72 – 73 dan Lampiran C.1.4 Hal. 78 – 79.

4.3 Pengujian *Slump Test*

Nilai *slump* adalah besarnya penurunan permukaan beton segar. Dari hasil pengujian diperoleh nilai *slump* yang berbeda-beda. Besarnya nilai *slump* adalah besarnya penurunan tinggi mortar setelah kerucut diangkat vertikal ke atas. Adapun hasil pengukuran *slump test* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran *Slump*

Kode Benda Uji	Campuran	Tinggi <i>Slump</i> (cm)	
		Hasil Lab	Rencana
<i>PSS-Z0</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 0%	9,0	7,5 – 10,0
<i>PSS-Z5</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 5%	7,8	7,5 – 10,0
<i>PSS-Z10</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 10%	7,5	7,5 – 10,0
Ketinggian <i>Slump</i> Rata-Rata :		8,1	
<i>PLL-Z0</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 0%	12,5	7,5 – 10,0
<i>PLL-Z5</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 5%	8,5	7,5 – 10,0
<i>PLL-Z10</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 10%	8,5	7,5 – 10,0
Ketinggian <i>Slump</i> Rata-Rata :		9,8	

Berdasarkan hasil pengukuran *slump* untuk beton campuran pasir sungai air sungai dengan penambahan zeolit 0%, 5%, 10% dan beton campuran pasir laut air laut dengan penambahan zeolit 5%, 10% telah sesuai dengan yang

direncanakan yaitu berkisar antara 7.5 – 10.0 cm. Namun, untuk campuran pasir laut air laut dengan zeolit 0% (tanpa penambahan zeolit) tidak sesuai dengan yang direncanakan, karena hasil yang didapat yaitu 12.5 cm. Nilai *slump* rata-rata untuk beton campuran pasir sungai air sungai yaitu 8.1 cm dan beton campuran pasir laut air laut yaitu 9.8 cm. Jadi, beton campuran pasir laut air laut memiliki nilai *slump* yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton campuran pasir sungai air sungai.

4.4 Perawatan Benda Uji

Setelah adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder, beton didiamkan selama ± 24 jam, kemudian cetakan dibuka dan beton dibersihkan. Setelah itu benda uji dimasukan ke dalam bak perendaman untuk dilakukan perawatan beton. Selanjutnya benda uji dikeluarkan dari bak perendaman yang telah direndam selama 5 hari dan 26 hari, kemudian didiamkan selama ± 24 jam. Setelah itu dilakukan pengujian kuat tekan. Beton campuran pasir sungai air sungai dan campuran pasir laut air laut setelah perawatan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 : Setelah Perawatan Benda Uji Silinder Beton

Berdasarkan Gambar 4.1 terlihat benda uji silinder beton dengan campuran pasir sungai air sungai dan pasir laut air laut memiliki perbedaan warna. Pada beton dengan campuran pasir laut air laut dominan berwarna putih. Hal ini

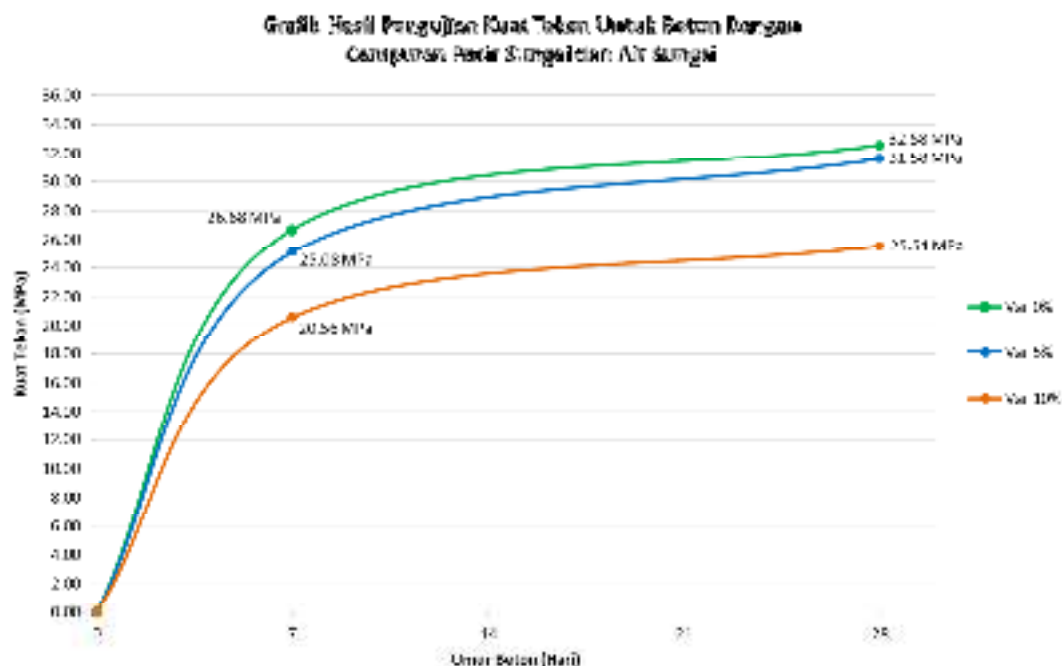
diakibatkan oleh serangan sulfat terhadap beton yang menyebabkan timbulnya bercak putih atau keputih-putihan. Pada beton campuran pasir laut air laut juga terlihat ada bintik-bintik kecoklatan yang merupakan bekas dari cetakan silinder.

4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan sesuai dengan uraian pada sub-bab 3.6 Hal. 27. Perhitungan nilai kuat tekan beton secara detail untuk setiap variasi benda uji dapat dilihat pada Lampiran B.2.1 – B.2.2 Hal. 64 – 65. Hasil pengujian kuat tekan untuk beton dengan campuran pasir sungai air sungai dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Dengan Campuran Pasir Sungai dan Air Sungai

Kode Benda Uji	Campuran	Variasi Zeolit	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)		Selisih Terhadap Beton Normal (%)	
			7 Hari	28 Hari	7 Hari	28 Hari
<i>PSS-Z0</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai	0%	26.68	32.58	-	-
<i>PSS-Z5</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai	5%	25.08	31.58	-5.99%	-3.05%
<i>PSS-Z10</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai	10%	20.56	25.51	-22.92%	-21.69%



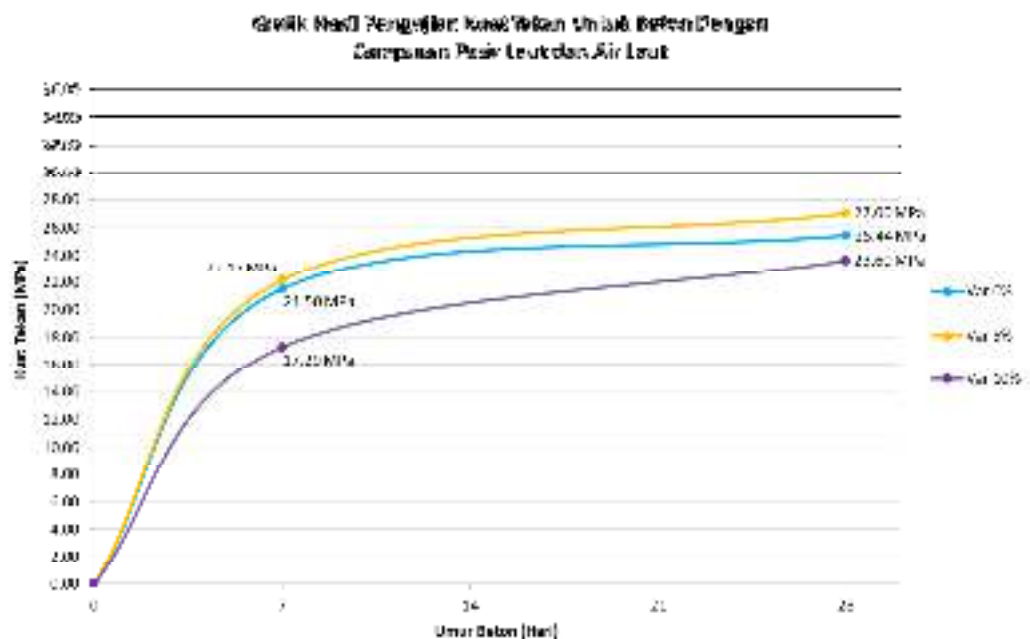
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Dengan Campuran Pasir Sungai dan Air Sungai

Berdasarkan Tabel 4.8 dan grafik pada Gambar 4.2 hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dan 28 hari untuk beton campuran pasir sungai air sungai dengan variasi zeolit 0%, 5% dan 10% terdapat perbedaan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan rata-rata dengan variasi zeolit 0% (tanpa penambahan zeolit) pada umur 7 hari dan 28 hari adalah sebesar 26.68 MPa dan 32.58 MPa, variasi zeolit 5% pada umur 7 hari dan 28 hari adalah sebesar 25.08 MPa dan 31.58 MPa dan variasi zeolit 10% pada umur 7 hari dan 28 hari adalah sebesar 20.56 MPa dan 25.51 MPa. Dari Tabel 4.8 dan grafik pada Gambar 4.2 dapat dilihat beton campuran pasir sungai air sungai dengan penambahan zeolit 5% dan 10% terjadi penurunan nilai kuat tekan terhadap beton normal (tanpa penambahan zeolit). Untuk benda uji dengan persentase penambahan zeolit 5% penurunan yang terjadi tidak signifikan pada umur 7 hari dan 28 hari yaitu sebesar 5.99% dan 3.05%. Namun, untuk benda uji dengan persentase penambahan zeolit 10% penurunan yang terjadi terlalu signifikan pada umur 7 hari dan 28 hari yaitu sebesar 22.92% dan 21.69%.

Sedangkan hasil pengujian kuat tekan untuk beton dengan campuran pasir laut air laut dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Dengan Campuran Pasir Laut dan Air Laut

Kode Benda Uji	Campuran	Variasi Zeolit	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)		Selisih Terhadap Beton Normal (%)	
			7 Hari	28 Hari	7 Hari	28 Hari
<i>PLL-Z0</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut	0%	21.50	25.44	-	-
<i>PLL-Z5</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut	5%	22.17	27.00	+3.07%	+6.14%
<i>PLL-Z10</i>	Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut	10%	17.29	23.60	-19.60%	-7.26%



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Dengan Campuran Pasir Laut dan Air Laut

Berdasarkan Tabel 4.9 dan grafik pada Gambar 4.3 hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dan 28 hari untuk beton campuran pasir laut air laut dengan variasi zeolit 0%, 5% dan 10% juga terdapat perbedaan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan rata-rata dengan variasi zeolit 0% (tanpa penambahan zeolit) pada umur 7 hari dan 28 hari adalah sebesar 21.50 MPa dan 25.44 MPa, variasi zeolit 5% pada umur 7 hari dan 28 hari adalah sebesar 22.17 MPa dan 27.00 MPa dan variasi zeolit 10% pada umur 7 hari dan 28 hari adalah sebesar 17.29 MPa dan 23.60 MPa. Dari Tabel 4.9 dan grafik pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa beton campuran pasir laut air laut dengan penambahan zeolit 10% juga terjadi hal yang sama seperti beton campuran pasir sungai air sungai, yaitu penurunan nilai kuat tekan terhadap beton normal (tanpa penambahan zeolit). Untuk benda uji dengan persentase penambahan zeolit 10% terjadi penurunan yang signifikan pada umur 7 hari dan 28 hari yaitu sebesar 19.60% dan 7.26%. Namun, untuk benda uji dengan persentase penambahan zeolit 5% terjadi peningkatan nilai kuat tekan terhadap beton normal pada umur 7 hari dan 28 hari yaitu sebesar 3.07% dan 6.14%.

Perbandingan hasil pengujian kuat tekan untuk beton campuran pasir sungai air sungai dengan campuran pasir laut air laut dapat dilihat pada Tabel 4.10.

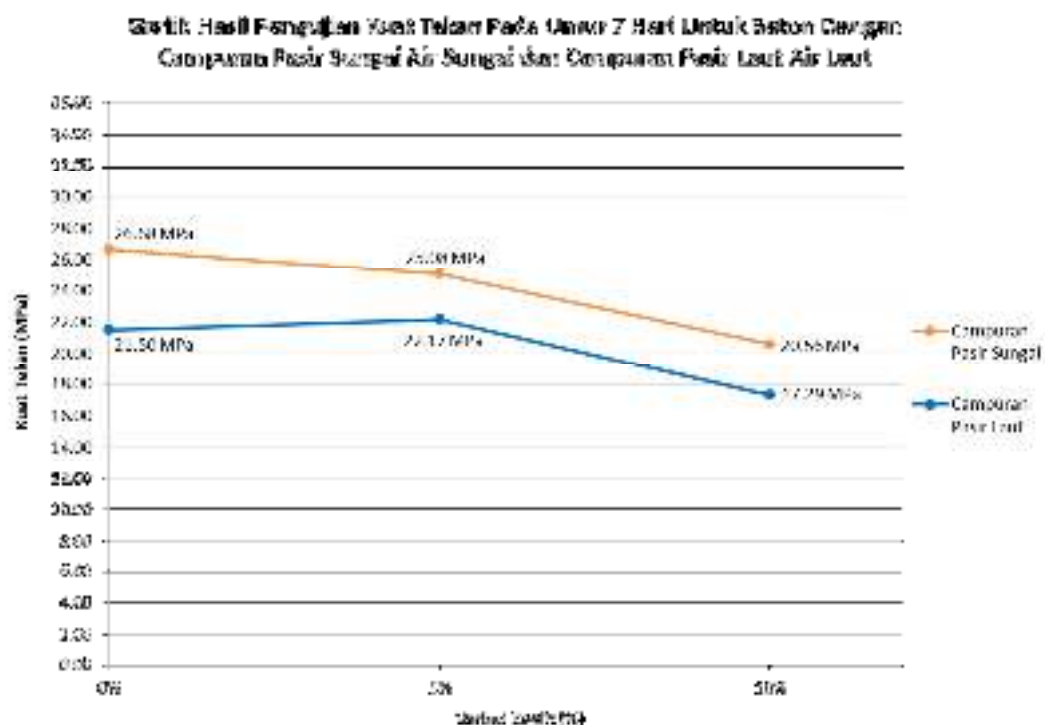
Tabel 4.10 Perbandingan Hasil Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Campuran Pasir Sungai Air Sungai dan Campuran Pasir Laut Air Laut

Umur Pengujian	Variasi Zeolit	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	
		Campuran : Semen + <i>Split</i> + Pasir Sungai + Air Sungai	Campuran : Semen + <i>Split</i> + Pasir Laut + Air Laut
7 Hari	0%	26.68	21.50
	5%	25.08	22.17
	10%	20.56	17.29

28 Hari	0%	32.58	25.44
	5%	31.58	27.00
	10%	25.51	23.60

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton pada umur 7 hari untuk beton campuran pasir sungai air sungai dengan variasi zeolit 0%, 5% dan 10% nilai kuat tekan rata-rata yang didapat secara berturut-turut adalah 26.68 MPa, 25.08 MPa dan 20.56 MPa. Untuk beton campuran pasir laut air laut dengan variasi zeolit 0%, 5% dan 10% nilai kuat tekan rata-rata yang didapat secara berturut-turut adalah 21.50 MPa, 22.17 MPa dan 17.29 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk beton campuran pasir sungai air sungai dengan variasi zeolit 0%, 5% dan 10% nilai kuat tekan rata-rata yang didapat secara berturut-turut adalah 32.58 MPa, 31.58 MPa dan 25.51 MPa. Untuk beton campuran pasir laut air laut dengan variasi zeolit 0%, 5% dan 10% nilai kuat tekan rata-rata secara berturut-turut adalah 25.44 MPa, 27.00 MPa dan 23.60 MPa.

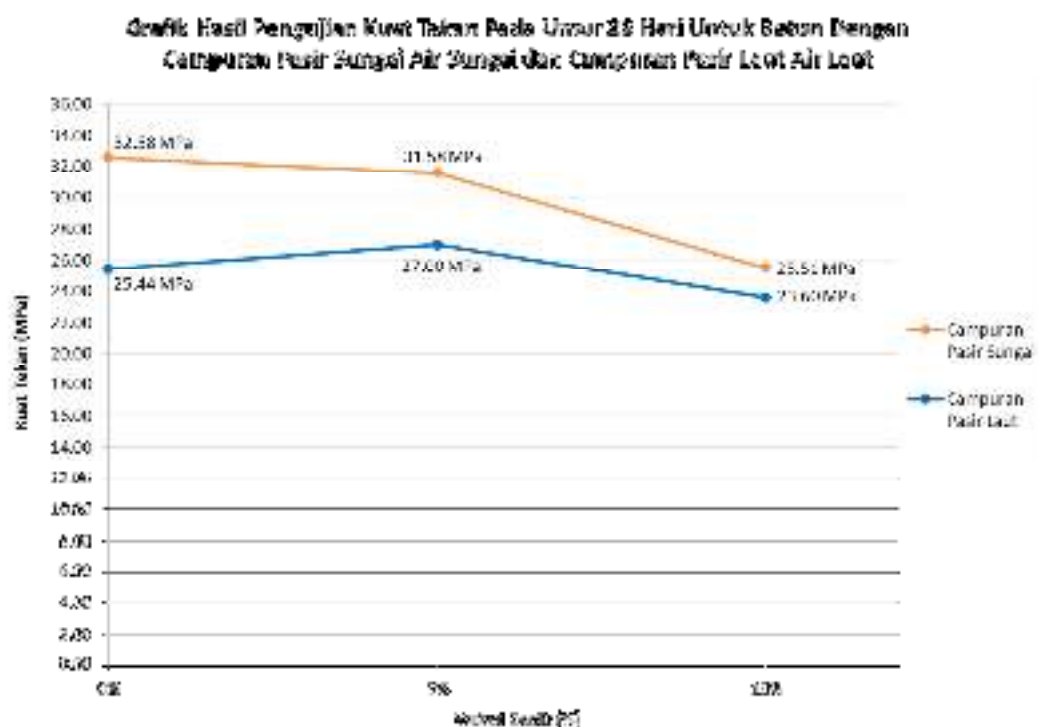
Hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari untuk beton dengan campuran pasir sungai air sungai dan campuran pasir laut air laut disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 7 Hari Untuk Beton Campuran Pasir Sungai Air Sungai dan Campuran Pasir Laut Air Laut

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4 hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari untuk beton campuran pasir sungai air sungai dan campuran pasir laut air laut menyatakan bahwa beton campuran pasir sungai air sungai dengan penambahan zeolit dan seiring bertambahnya kadar zeolit maka menunjukkan *trend* negatif yaitu penurunan kuat tekan. Namun, pada beton campuran pasir laut air laut dengan variasi zeolit 5% menunjukkan *trend* positif yaitu kenaikan kuat tekan dan pada variasi zeolit 10% menunjukkan *trend* negatif yaitu penurunan kuat tekan.

Sedangkan hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari untuk beton dengan campuran pasir sungai air sungai dan campuran pasir laut air laut disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 28 Hari Untuk Beton Campuran Pasir Sungai Air Sungai dan Campuran Pasir Laut Air Laut

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5 hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari untuk beton campuran pasir sungai air sungai dan campuran pasir laut air laut terjadi hal yang sama seperti pada umur 7 hari, yaitu beton campuran pasir sungai air sungai dengan penambahan zeolit dan seiring bertambahnya kadar zeolit, maka menunjukkan *trend* negatif yaitu penurunan kuat tekan. Namun, pada beton campuran pasir laut air laut dengan variasi zeolit 5% menunjukkan *trend* positif yaitu kenaikan kuat tekan dan pada variasi zeolit 10% menunjukkan *trend* negatif yaitu penurunan kuat tekan.

4.6 Seleksi Data

Standar deviasi atau simpangan baku merupakan suatu nilai statistika yang merepresentasikan simpangan sebuah data terkategori baik atau kurang baik. Data dari hasil pengujian kuat tekan beton kemudian dilakukan analisis data dengan

evaluasi secara statistik terhadap data yang diperoleh sebagaimana yang dijelaskan pada sub-bab 2.12 Hal. 15 – 16. Data yang menyimpang dari data yang lain pada suatu kelompok sampel digunakan. Hal ini dilakukan agar kumpulan data yang berada pada satu perlakuan pada setiap kelompok dapat mendekati keseragaman. Nilai standar deviasi kuat tekan untuk umur 7 hari dapat dilihat pada Lampiran B.3.1 Hal. 66 dan nilai standar deviasi kuat tekan untuk umur 28 hari dapat dilihat pada Lampiran B.3.2 Hal. 67. Hasil klasifikasi data menunjukkan tingkatan ketelitian dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium cukup bervariasi.

4.7 Pembahasan

Hasil pengujian sifat-sifat fisis agregat yang diperoleh dari pemeriksaan *bulk density* dan *specific gravity* menunjukkan bahwa semua agregat baik pasir sungai, pasir laut dan batu pecah (*split*) sudah memenuhi syarat-syarat sebagai material pembentuk beton. Namun, untuk pemeriksaan *absorbtion* dan *fineness modulus* hanya agregat pasir sungai dan *split* yang memenuhi syarat, sedangkan untuk pasir laut tidak memenuhi persyaratan. Hal ini dikarenakan agregat pasir laut mempunyai butiran yang terlalu halus dan tidak mempunyai gradasi baik.

Hasil pengujian *slump* menunjukkan campuran pasir sungai air sungai didapatkan ketinggian *slump* yaitu sebesar 8.1 cm. Sedangkan campuran pasir laut air laut lebih tinggi dari campuran pasir sungai air sungai yaitu sebesar 9.8 cm. Hal ini disebabkan karena pasir laut air laut memiliki jumlah partikel halus yang lebih banyak dibandingkan dengan pasir sungai air sungai, sehingga partikel tersebut menghambat laju beton segar. Campuran beton yang menggunakan zeolit sebagai bahan tambahan memiliki nilai *slump* yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal. Hal tersebut karena adanya penambahan zeolit tanpa disertai dengan penambahan air, sehingga menyebabkan campuran beton menjadi lebih rekat dan kekurangan air yang juga akan mempengaruhi *workability* adukan beton.

Nilai kuat tekan beton campuran pasir laut air laut lebih rendah dibandingkan dengan pasir sungai air sungai. Hal ini dikarenakan pada pasir laut terdapat 2 pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat yang tidak memenuhi persyaratan.

Hasil pengujian kuat tekan beton pasir sungai air sungai dengan penambahan zeolit 5% terjadi penurunan kuat tekan terhadap beton normal (tanpa penambahan zeolit) yaitu berkisar antara 3%-5% pada umur beton 7 hari dan 28 hari. Begitu pula pada penambahan zeolit 10%, terjadi penurunan nilai kuat tekan beton yaitu berkisar antara 21%-22% pada umur beton 7 hari dan 28 hari.

Hasil pengujian kuat tekan beton pasir laut air laut dengan penambahan zeolit 5% terjadi peningkatan kuat tekan yaitu berkisar antara 3%-6% pada umur beton 7 hari dan 28 hari. Namun, pada penambahan zeolit 10% terjadi penurunan kuat tekan yaitu berkisar antara 7%-19% pada umur 7 hari dan 28 hari.

Keseluruhan benda uji beton campuran pasir sungai air sungai dan beton campuran pasir laut air laut dengan penambahan serbuk zeolit sebesar 0%, 5% dan 10% nilai kuat tekan yang didapat pada umur 28 hari ialah >20 MPa, jadi hasil yang didapat sudah sesuai dengan mutu yang direncanakan, yaitu $F'_c = 20$ MPa.

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan zeolit sebagai bahan tambah dalam campuran beton dengan persentase 5% hanya mengalami penurunan kuat tekan pada beton pasir sungai air sungai. Namun, pada beton pasir laut air laut mengalami peningkatan kuat tekan. Peningkatan kuat tekan disebabkan karena zat kapur bebas pada proses hidrasi semen mampu bereaksi secara maksimum dengan *silika* (SiO_2) pada zeolit dan menyebar secara merata dengan persentase penambahan zeolit yang tepat dalam campuran beton. Peningkatan kuat tekan pada beton pasir laut air laut juga dikarenakan partikel partikel halus yang dimiliki pasir laut air laut mampu bereaksi dengan kandungan-kandungan senyawa pada zeolit. Hal ini juga membuktikan teori bahwa penggunaan material yang bersifat *pozzolan* seperti zeolit pada beton pasir laut air laut dapat menjadikan beton lebih kedap dan tahan terhadap air laut, karena *kalsium hidroksida* (Ca(OH)_2) yang dilepas pada proses hidrasi semen akan terikat oleh senyawa *alumina-silika* aktif yang terkandung di dalam zeolit tersebut. Sedangkan pada persentase 10% penurunan kuat tekan terjadi baik pada beton pasir sungai air sungai maupun

beton pasir laut air laut. Penurunan kuat tekan disebabkan karena kandungan *silika* (SiO_2) pada campuran beton sudah terlalu banyak. Kelebihan *silika* (SiO_2) akan membuat zat kapur yang dimiliki semen tidak dapat bereaksi lagi dan juga akan membuat campuran beton mengalami kekurangan air, karena *silika* (SiO_2) yang menyerap air yang akan mengakibatkan campuran beton menjadi lebih rekat, sehingga mutu beton menjadi menurun.

Penggunaan serbuk zeolit sebagai bahan tambah terhadap beton pasir sungai air sungai tidak menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal. Namun, penggunaan serbuk zeolit sebagai bahan tambah sebesar 5% terhadap beton pasir laut air laut mampu menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal, terlihat dari peningkatan kuat tekan terhadap beton normal. Jadi, persentase optimum penggunaan serbuk zeolit sebagai bahan tambah terhadap beton pasir laut air laut ialah pada persentase 5%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai hasil akhir dari penelitian ini. Bab ini juga diberikan saran sebagai bahan masukan oleh peneliti untuk pengembangan penelitian ini dan bagi para pembaca yang merujuk pada hasil penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada Bab IV, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *slump* beton campuran pasir sungai air sungai yaitu sebesar 8.1 cm dan nilai *slump* beton campuran pasir laut air laut yaitu sebesar 9.8 cm. Nilai *slump* beton campuran pasir laut air lebih tinggi dari campuran pasir sungai air sungai. Hal ini disebabkan karena pasir laut air laut memiliki jumlah partikel halus yang lebih banyak dibandingkan dengan pasir sungai air sungai, sehingga partikel halus tersebut menghambat laju beton segar;
2. Nilai *slump* campuran beton yang menggunakan zeolit sebagai bahan tambahan lebih rendah dari beton normal. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan zeolit tanpa disertai dengan penambahan air pada campuran beton, sehingga menyebabkan campuran menjadi lebih rekat dan kekurangan air yang juga akan mempengaruhi *workability* adukan beton;
3. Nilai kuat tekan beton pada umur 7 hari untuk beton campuran pasir sungai air sungai dengan variasi zeolit 0%, 5% dan 10% secara berturut-turut adalah 26.68 MPa, 25.08 MPa dan 20.56 MPa. Sedangkan untuk beton campuran pasir laut air laut adalah 21.50 MPa, 22.17 MPa dan 17.29 MPa;
4. Nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk beton campuran pasir sungai air sungai dengan variasi zeolit 0%, 5% dan 10% secara berturut-

turut adalah 32.58 MPa, 31.58 MPa dan 25.51 MPa. Sedangkan untuk beton campuran pasir laut air laut adalah 25.44 MPa, 27.00 MPa dan 23.60 MPa;

5. Nilai kuat tekan beton pasir sungai air sungai pada umur 7 hari dan 28 hari dengan penambahan zeolit 5% dan 10% menunjukkan *trend* negatif (-) yaitu penurunan kuat tekan terhadap beton normal (tanpa penambahan zeolit);
6. Nilai kuat tekan beton pasir laut air laut pada umur 7 hari dan 28 hari dengan penambahan zeolit 5% menunjukkan *trend* positif (+) yaitu peningkatan kuat tekan terhadap beton normal. Namun, dengan penambahan zeolit 10% menunjukkan *trend* negatif (-) yaitu penurunan kuat tekan;
7. Semakin tinggi persentase penambahan zeolit dalam campuran beton, maka semakin rendah nilai kuat tekan yang didapat;
8. Penggunaan zeolit sebagai bahan tambah terhadap beton pasir sungai air sungai tidak menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal (tanpa penambahan zeolit);
9. Persentase optimum penggunaan zeolit sebagai bahan tambah terhadap beton pasir laut air laut ialah pada persentase 5%; dan
10. Pasir laut dan air laut bisa dipertimbangkan untuk digunakan sebagai bahan pembentuk beton (beton tanpa tulangan) apabila memakai bahan tambah yang bersifat *pozzolan* seperti serbuk zeolit dengan persentase 5% atau yang lebih rendah, karena dapat menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal (tanpa penambahan zeolit).

5.2 Saran

Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang lebih baik pada beton pasir laut air laut, maka dapat dilakukan penelitian menggunakan semen yang memiliki ketahanan tinggi terhadap sulfat, yaitu semen *portland* tipe V;
2. Untuk mencegah campuran beton mengalami kekurangan air (karena penambahan zeolit) dan untuk mendapatkan *workability* beton yang tinggi, maka perlu diteliti menggunakan *admixtures*, yaitu *superplasticizer*; dan
3. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan zeolit sebagai bahan tambah dengan persentase yang lebih rendah, yaitu 2.5%, 5.0% dan 7.5%.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Aden, Waryanto, H., Setiawan, T. H., & Ilmadi. (2019). *Statistik Pengendalian Kualitas* (Issue 1). UNPAM Press.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Slump Beton*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Semen Portland*. In SNI 2049:2015.
- Dumyati, A., & Manalu, D. F. (2015). *Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurnal Fropil, 3(1), 1–13.
- Febrianto, I. (2011). *Tinjauan Kuat Lentur Dan Porositas Beton Dengan Zeolit Sebagai Bahan Tambah Dibanding Zeolit Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran*. Universitas Sebelas Maret.
- Iduwin, T. (2017). *Penggunaan Pasir Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Kota Bengkulu*. Jurnal Forum Mekanika, 6(2), 106–113. <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v6i2.120>
- Iswanto. (2011). *Tinjauan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Zeolit Sebagai Bahan Tambah Dibanding Zeolit Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton*. Universitas Sebelas Maret.
- Poerwadi, M. R., Zacoeb, A., & Syamsudin, R. (2014). *Pengaruh Penggunaan Mineral Lokal Zeolit Alam Terhadap Karakteristik Self-Compacting Concrete (SCC)*. Jurnal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 1–10.
- Polii, R. A., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2015). *Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara*. Jurnal Sipil Statik, 3(3), 206–211.
- Pratomo, A. R., Supriani, F., & Gunawan, A. (2018). *Pengaruh Penggunaan Zeolit Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Paving Block Konvensional*. Jurnal Inersia, Jurnal Teknik Sipil, 10(2), 35–

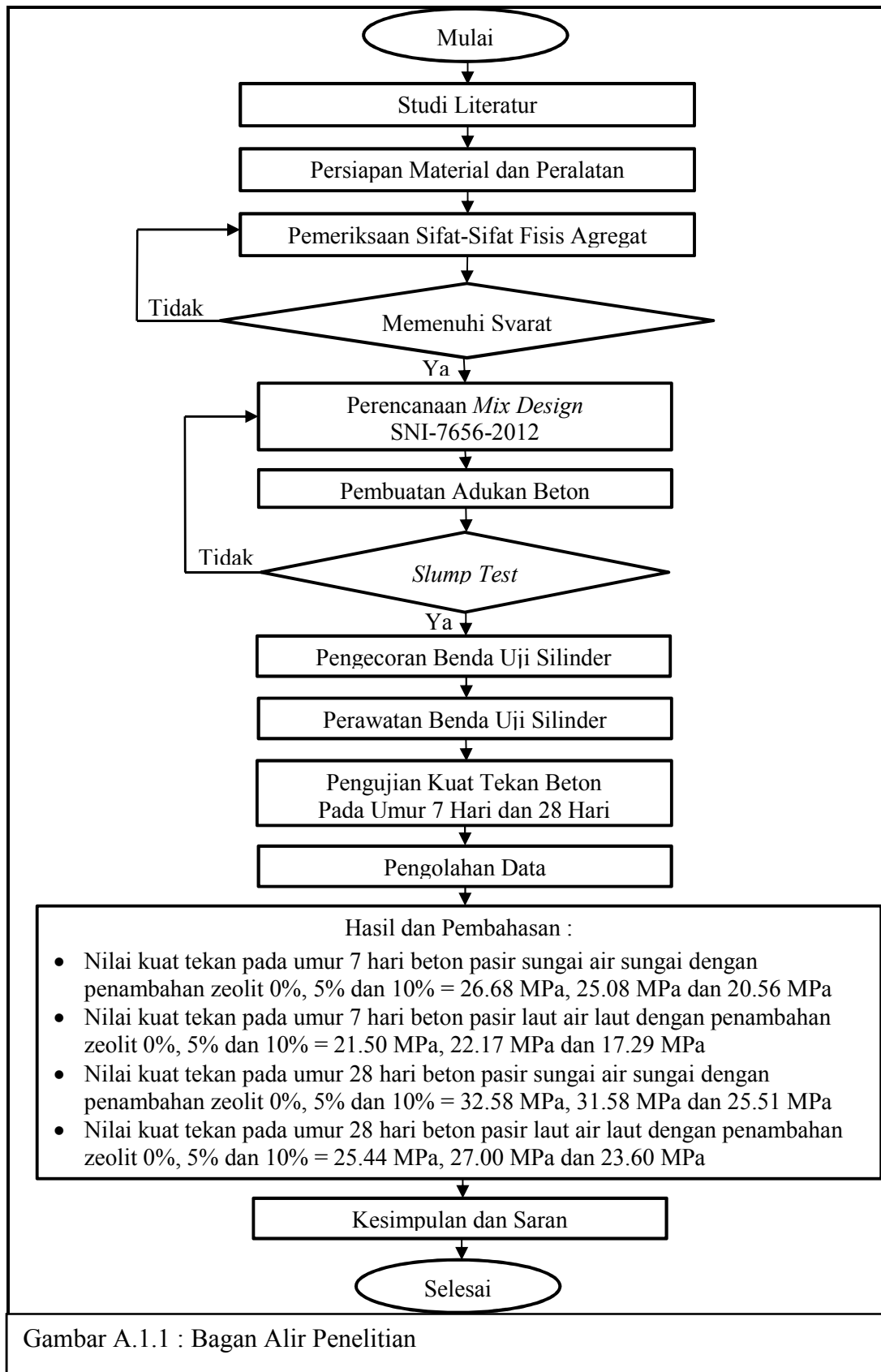
40. <https://doi.org/10.33369/ijts.10.2.35-40>

- Ramadhan, R. R. (2016). *Pengaruh Penambahan Glenium Ace 8590 Dan Fly Ash Terhadap Sifat Mekanik Beton Ringan Dengan Agregat Kasar Batu Apung*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Raziah, C., Putri, Z., Lubis, A. R., & Mulyati, S. (2017). *Penurunan Kadar Logam Dalam Air Kadmium Menggunakan Adsorben Zeolit Alam Aceh*. Jurnal Teknik Kimia USU, 6(1), 1–6.
- Saputra, R. D., & Hepiyanto, R. (2017). *Pengaruh Air PDAM, Laut, Comberan Pada Proses Curing Terhadap Kuat Tekan Beton Fc 14,53 MPa*. Jurnal CIVILLa, 2(2), 6.
- Setyanto, Y. (2010). *Studi Banding Metode Rancang Campur Beton SK. SNI-1990-03 Dan ACI 318*. Universitas Sebelas Maret.
- Setyawan, A., Gunawan, P., & Setiono. (2014). *Rancang Campur Beton Agregat Ringan Dengan Bahasa Pemrograman Borland Delphi*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 732–738.
- Siregar, P. P. (2014). *Kajian Penambahan Metakaolin Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Pada Beton Mutu Tinggi Dengan Silica Fume, Superplasticizer Dan Filler Pasir Kwarsa*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. <http://www.sangkareang.org/>
- Subagio, D. (2019). *Pengaruh Pengurangan FAS Terhadap Kuat Tekan Beton Yang Memakai Bahan Tambah Abu Kulit Kopi*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Suliyanto, & Riyanto, S. (2017). *Pengaruh Penambahan Silica Fume Dalam Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Pada Kondisi Direndam Air Tawar Dan Air Laut*. Jurnal PROKONS Politeknik Negeri Malang, 169–176.
- Sutrisno, A., & Widodo, S. (2017). *Analisis Variasi Kandungan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Struktural Agregat Pumice*. Jurnal Teknik Sipil.
- Tjokrodimulyo, K. (1992). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit. Yogyakarta.
- Victor, & Septianti, B. (2019). *Studi Kelayakan Penggunaan Air Laut Untuk Campuran Beton*. Prosiding SNST Ke-10 Fakultas Teknik Universitas

Wahid Hasyim, 10–24.

Wedhanto, S. (2017). *Pengaruh Air Laut Terhadap Kekuatan Tekan Beton Yang Terbuat Dari Berbagai Merk Semen Yang Ada Di Kota Malang*. Jurnal Bangunan, 22(2), 21–30.

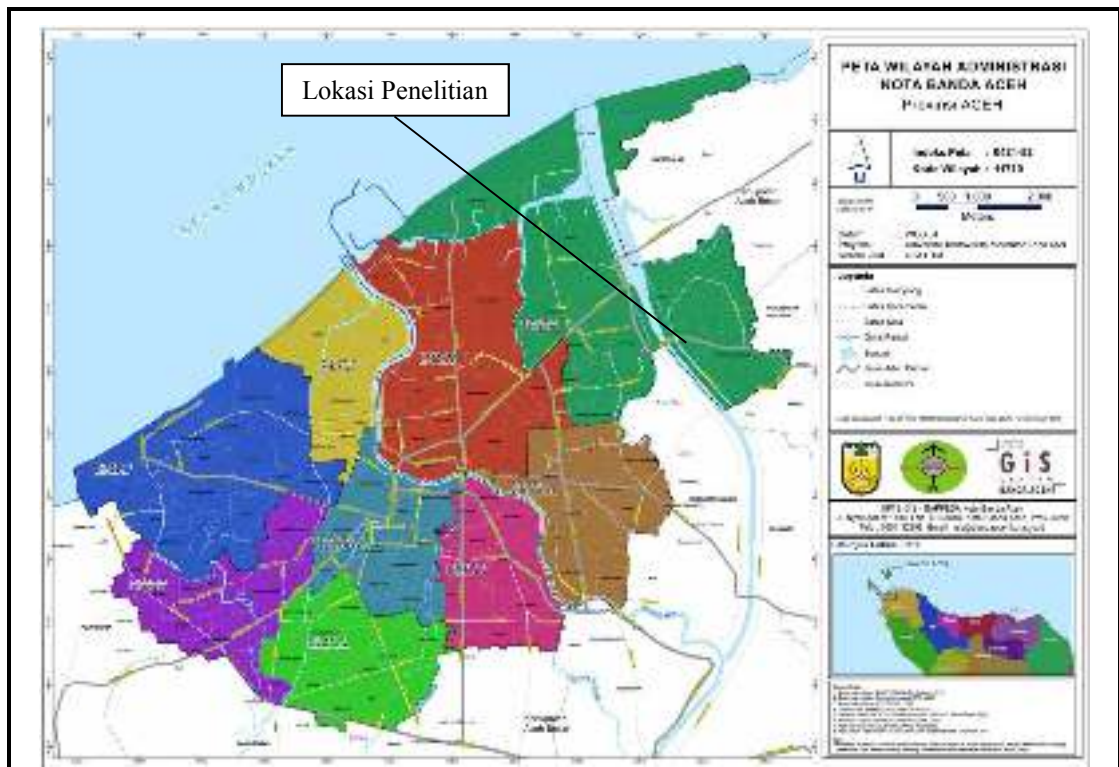
LAMPIRAN A



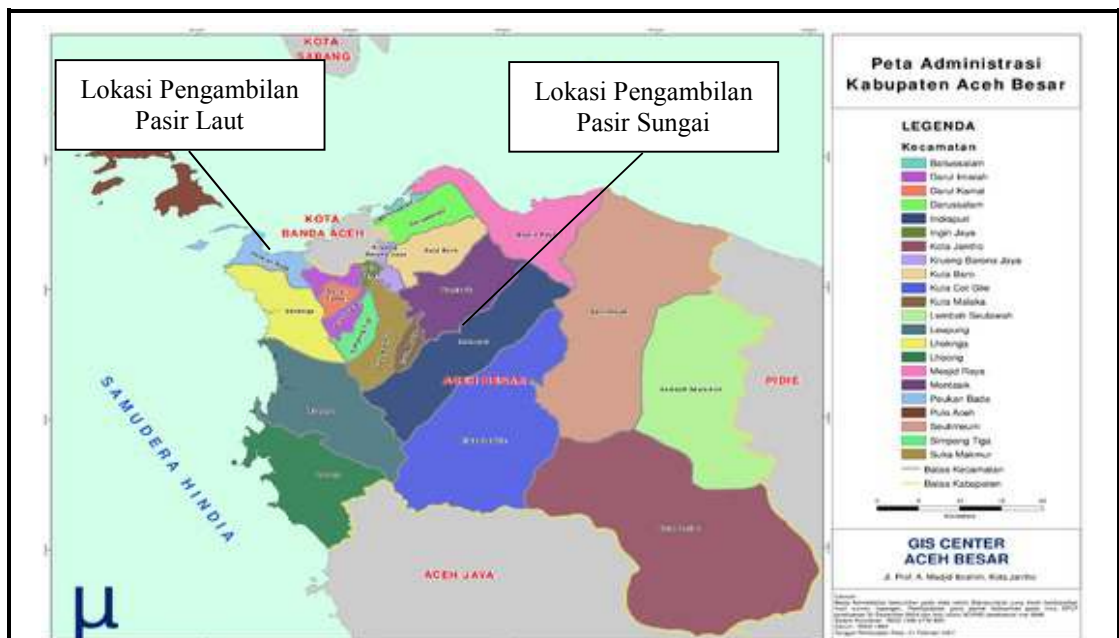
LAMPIRAN A



LAMPIRAN A



Gambar A.2.2 : Peta Kota Banda Aceh
Sumber : BAPPEDA Kota Banda Aceh (2018)



Gambar A.2.3 : Peta Kabupaten Aceh Besar
Sumber : BAPPEDA Kota Banda Aceh (2018)

LAMPIRAN A



LAMPIRAN B

Tabel B.1.1 Perhitungan Berat Volume Agregat

a. Berat Volume Gembur Pasir Sungai 4.76 mm

No. Urut	Sampling No.	Weight			Volume Of Container (l)	Bulk Density (kg/l)
		Container (kg)	Container + Agregat (kg)	Aggregate (kg)		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	A	8.38	10.72	2.34	1.55	1.51
2	B	8.38	10.61	2.23	1.55	1.44
3	C	8.38	10.93	2.55	1.55	1.64
Average						1.53

b. Berat Volume Padat Pasir Sungai 4.76 mm

No. Urut	Sampling No.	Weight			Volume Of Container (l)	Bulk Density (kg/l)
		Container (kg)	Container + Agregat (kg)	Aggregate (kg)		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	A	8.38	10.93	2.55	1.55	1.64
2	B	8.38	10.79	2.41	1.55	1.55
3	C	8.38	11.16	2.78	1.55	1.79
Average						1.66

c. Berat Volume Gembur Pasir Laut 2.38 mm

No. Urut	Sampling No.	Weight			Volume Of Container (l)	Bulk Density (kg/l)
		Container (kg)	Container + Agregat (kg)	Aggregate (kg)		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	A	8.38	10.75	2.37	1.55	1.53
2	B	8.38	10.79	2.41	1.55	1.55
3	C	8.38	10.64	2.26	1.55	1.46
Average						1.51

LAMPIRAN B

d. Berat Volume Padat Pasir Laut 2.38 mm

No. Urut	Sampling No.	Weight			Volume Of Container (l)	Bulk Density (kg/l)
		Container (kg)	Container + Agregat (kg)	Aggregate (kg)		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	A	8.38	10.98	2.60	1.55	1.68
2	B	8.38	11.01	2.63	1.55	1.69
3	C	8.38	10.79	2.41	1.55	1.55
Average						1.64

e. Berat Volume Gembur Batu Pecah 19.1 mm

No. Urut	Sampling No.	Weight			Volume Of Container (l)	Bulk Density (kg/l)
		Container (kg)	Container + Agregat (kg)	Aggregate (kg)		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	A	4.70	11.82	7.12	5.00	1.42
2	B	4.70	11.89	7.19	5.00	1.44
3	C	4.70	11.97	7.27	5.00	1.45
Average						1.44

f. Berat Volume Padat Batu Pecah 19.1 mm

No. Urut	Sampling No.	Weight			Volume Of Container (l)	Bulk Density (kg/l)
		Container (kg)	Container + Agregat (kg)	Aggregate (kg)		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	A	4.70	11.92	7.22	5.00	1.44
2	B	4.70	12.27	7.57	5.00	1.51
3	C	4.70	12.34	7.64	5.00	1.53
Average						1.50

LAMPIRAN B

Tabel B.1.2 Perhitungan Berat Jenis dan Absorpsi

a. Berat Jenis dan Absorpsi Pasir Sungai 4.76 mm

No.	WEIGHT	NOTATION	SAMPLE		
			A (gram)	B (gram)	C (gram)
1	2	3	4	5	6
1	Container	W_c	1046.9	1046.9	1046.9
2	Container + Aggregate	W_{cs}	1459.4	1452.7	1456.9
3	Saturated Surface Dry (SSD)	$W_s = W_{cs} - W_c$	412.5	405.8	410.0
4	Container + Aggregate + Water	$W_{csw'}$	1950.6	1939.4	1948.1
5	Container + Water	$W_{cw''}$	1692.3	1692.3	1692.3
6	Volume of Aggregate	$W_v = W_s - W_{csw'} + W_{cw''}$	154.2	158.7	154.2
7	Specific Gravity, SSD	$S_g, SSD = W_s / W_v$	2.68	2.56	2.66
	Average Sg SSD		2.63		
8	Container	$W_{c'}$	0.0	0.0	0.0
9	Container + Aggregate	W'_{cs}	404.6	398.7	401.1
10	Aggregate ; OD	$W_d = W'_{cs} - W_{c'}$	404.6	398.7	401.1
11	Specific Gravity ; CD	$S_g OD = W_d / W_v$	2.62	2.51	2.60
	Average Sg OD		2.58		
12	Water Absorption (%)	$100 (W_s - W_d) / W_d$	1.95	1.78	2.22
	Average Absorption (%)		1.98		

LAMPIRAN B

b. Berat Jenis dan Absorpsi Pasir Laut 2.38 mm

No.	WEIGHT	NOTATION	SAMPLE		
			A (gram)	B (gram)	C (gram)
1	Container	W_c	1027.6	1027.6	1027.6
2	Container + Aggregate	W_{cs}	1436.1	1456.1	1459.4
3	Saturated Surface Dry (SSD)	$W_s = W_{cs} - W_c$	408.5	428.5	431.8
4	Container + Aggregate + Water	$W_{csw'}$	1911.6	1936.2	1939.3
5	Container + Water	$W_{cw''}$	1668.7	1668.7	1668.7
6	Volume of Aggregate	$W_v = W_s - W_{csw'} + W_{cw''}$	165.6	161.0	161.2
7	Specific Gravity, SSD	$S_g, SSD = W_s / W_v$	2.47	2.66	2.68
	Average Sg SSD		2.60		
8	Container	$W_{c'}$	0.0	0.0	0.0
9	Container + Aggregate	W'_{cs}	399.3	420.1	422.5
10	Aggregate ; OD	$W_d = W'_{cs} - W_{c'}$	399.3	420.1	422.5
11	Specific Gravity ; CD	$S_g OD = W_d / W_v$	2.41	2.61	2.62
	Average Sg OD		2.55		
12	Water Absorption (%)	$100 (W_s - W_d) / W_d$	2.30	2.00	2.20
	Average Absorption (%)		2.17		

LAMPIRAN B

c. Berat Jenis dan Absorpsi Batu Pecah 19.1 mm

No.	WEIGHT	NOTATION	SAMPLE		
			A (gram)	B (gram)	C (gram)
1	2	3	4	5	6
1	Basket	Wc	463.0	463.0	463.0
2	Basket Under Water	Wcw	411.1	411.1	411.1
3	Basket + Aggregate	Wcs	2449.4	2537.5	2555.7
4	Basket + Aggregate Under Water	Wcsw	1679.4	1743.2	1755.3
5	Saturated Surface Dry (SSD)	$W_s = W_{cs} - W_c$	1986.4	2074.5	2092.7
6	Aggregate Under Water	$W_w = W_{csw} - W_{cw}$	1268.3	1332.1	1344.2
7	Volume of Aggregate	$W_v = W_s - W_w$	718.1	742.4	748.5
8	Specific Gravity, SSD	$S_g, SSD = W_s / W_v$	2.77	2.79	2.80
	Average Sg SSD		2.79		
9	Basket	Wc'	0.0	0.0	0.0
10	Basket + Aggregate	Wcd	1972.6	2061.9	2079.2
11	Agregate ; OD	$W_d = W_{cd} - W_{c'}$	1972.6	2061.9	2079.2
12	Specific Gravity ; CD	$S_g OD = W_d / W_v$	2.75	2.78	2.78
	Average Sg OD		2.77		
13	Water Absorption (%)	$100 (W_s - W_d) / W_d$	0.70	0.61	0.65
	Average Absorption (%)		0.65		

LAMPIRAN B

Tabel B.1.3 Perhitungan Modulus Kehalusan

a. Analisis Saringan Pasir Sungai 4.76 mm

Seri Sar.	Tinggal diatas Saringan (gram)			Kumulatif Tinggal diatas Saringan			Rata-Rata Tinggal diatas Sar.	% Rata-Rata Tinggal diatas Sar.	Rata-Rata Kom. Tinggal diatas Sar.	% Rata-Rata Kumulatif Tinggal diatas Sar.	Rata-Rata Lolos Sar.	% Rata-Rata Lolos Sar.
	A	B	C	A	B	C						
37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
19.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
9.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
4.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
2.38	53.3	56.2	52.0	53.3	56.2	52.0	53.8	5.4	53.8	5.4	946.2	94.6
1.19	109.1	107.0	111.7	162.4	163.2	163.7	109.3	10.9	163.1	16.3	836.9	83.7
0.59	336.3	334.6	358.5	498.7	497.8	522.2	343.1	34.3	506.2	50.6	493.8	49.4
0.297	385.9	391.7	372.9	884.6	889.5	895.1	383.5	38.4	889.7	89.0	110.3	11.0
0.149	102.2	97.6	94.4	986.8	987.1	989.5	98.1	9.8	987.8	98.8	12.2	1.2
sisia	13.2	12.9	10.5	1000	1000	1000	12.2	1.2	1000.0	100.0	0.0	0.0
Total	1000	1000	1000				1000.0	100.0		260.1		
Fineness Modulus (FM)										2.60		

b. Analisis Saringan Pasir Laut 2.38 mm

Seri Sar.	Tinggal diatas Saringan (gram)			Kumulatif Tinggal diatas Saringan			Rata-Rata Tinggal diatas Sar.	% Rata-Rata Tinggal diatas Sar.	Rata-Rata Kom. Tinggal diatas Sar.	% Rata-Rata Kumulatif Tinggal diatas Sar.	Rata-Rata Lolos Sar.	% Rata-Rata Lolos Sar.
	A	B	C	A	B	C						
37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
19.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
9.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
4.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
2.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
1.19	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.0	0.4	0.0	999.6	100.0
0.59	1.1	0.9	1.1	1.4	1.3	1.5	1.0	0.1	1.4	0.1	998.6	99.9
0.297	471.6	448.1	525.2	473.0	449.4	526.7	481.6	48.2	483.0	48.3	517.0	51.7
0.149	456.3	471.8	413.1	929.3	921.2	939.8	447.1	44.7	930.1	93.0	69.9	7.0
sisia	70.7	78.8	60.2	1000	1000	1000	69.9	7.0	1000.0	100.0	0.0	0.0
Total	1000	1000	1000				1000.0	100.0		141.5		
Fineness Modulus (FM)										1.41		

LAMPIRAN B

c. Analisis Saringan Batu Pecah 19.1 mm

Seri Sar.	Tinggal diatas Saringan (gram)			Komulatif Tinggal diatas Saringan			Rata-Rata Tinggal diatas Sar.	% Rata-Rata Tinggal diatas Sar.	Rata-Rata Kom. Tinggal diatas Sar.	% Rata-Rata Komulatif Tinggal diatas Sar.	Rata-Rata Lolos Sar.	% Rata-Rata Lolos Sar.
	A	B	C	A	B	C						
37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
19.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	100.0
9.52	1839	1879	1826	1839	1879	1826	1848.5	92.4	1848.5	92.4	1000.0	100.0
4.76	152.9	113.7	169.6	1992	1993	1996	145.4	7.3	1993.9	99.7	1000.0	100.0
2.38	6.8	5.8	3.2	1998	1999	1999	5.3	0.3	1999.2	100.0	1000.0	100.0
1.19	1.1	0.6	0.8	2000	2000	2000	0.8	0.0	2000.0	100.0	999.6	100.0
0.59	0.0	0.0	0.0	2000	2000	2000	0.0	0.0	2000.0	100.0	998.6	99.9
0.29	0.0	0.0	0.0	2000	2000	2000	0.0	0.0	2000.0	100.0	517.0	51.7
0.19	0.0	0.0	0.0	2000	2000	2000	0.0	0.0	2000.0	100.0	69.9	7.0
sis	0.0	0.0	0.0	2000	2000	2000	0.0	0.0	2000.0	100.0	0.0	0.0
Total	2000	2000	2000				2000.0	100.0		692.1		
Fineness Modulus (FM)										6.92		

LAMPIRAN B

Tabel B.1.4 Perhitungan Kombinasi Agregat Pasir Sungai dan Batu Pecah Untuk Mendapatkan Grafik Gradasi Agregat

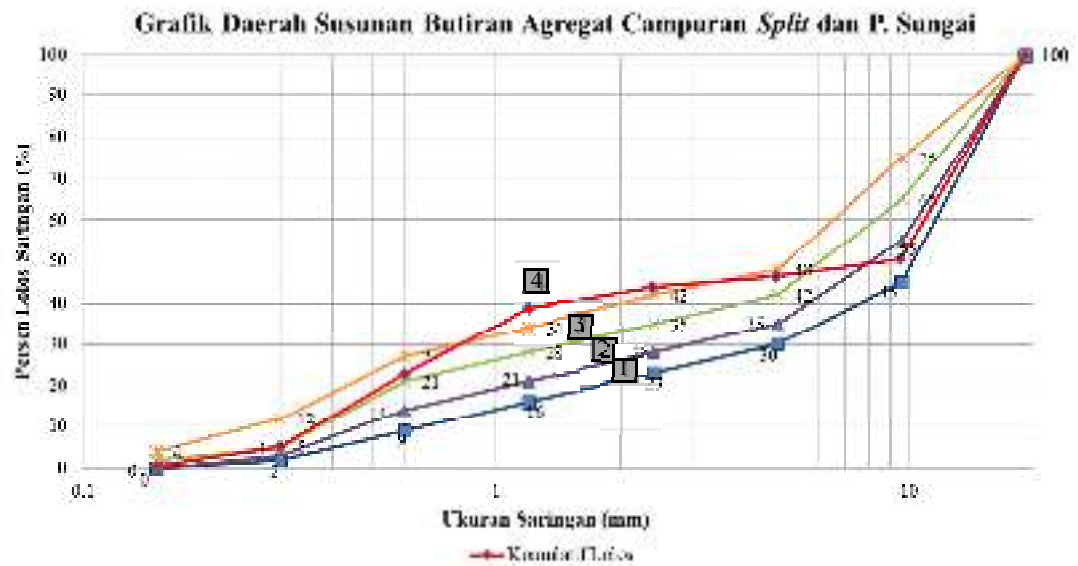
Sieve Size (mm)	Individual Percentage Retained On		Columns (2) x 1 x 54%	Columns (3) x 3 x 46%	Resultan: Percentage retained on (4)+(5)	Commulatives Resultant Percentage	
	Batu Pecah 9,5 mm	Pasir Sungai 4,76 mm				Passing of	Retained on
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
19.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
9.52	92.43	0.00	49.66	0.00	49.66	50.34	49.66
4.76	7.27	0.00	3.91	0.00	3.91	46.43	53.57
2.38	0.26	5.38	0.14	2.49	2.63	43.80	56.20
1.20	0.04	10.93	0.02	5.06	5.08	38.72	61.28
0.60	0.00	34.31	0.00	15.88	15.88	22.84	77.16
0.30	0.00	38.35	0.00	17.74	17.74	5.10	94.90
0.15	0.00	9.81	0.00	4.54	4.54	0.56	99.44
Sisa	0.00	1.22	0.00	0.56	0.56	0.00	100.00
Total	100.00	100.00			100.00		
FM							4.92

Tabel B.1.5 Perhitungan Penentuan Zona Gradasi Agregat Dengan Campuran Pasir Sungai dan Batu Pecah

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos	Persentase Ideal Zona 3	Nilai Deviasi	Total Nilai Deviasi Terhadap Zona 3	Klasifikasi Zona Agregat
19.10	100.00	100.00	0.00	9.79	Zona 3
9.52	50.34	65.00	-14.66		
4.76	46.43	42.00	4.43		
2.38	43.80	35.00	8.80		
1.20	38.72	28.00	10.72		
0.60	22.84	21.00	1.84		
0.30	5.10	5.00	0.10		
0.15	0.56	2.00	-1.44		

LAMPIRAN B

Grafik B.1.6 Gradasi Agregat Campuran Pasir Sungai dan Batu Pecah



LAMPIRAN B

Tabel B.1.7 Perhitungan Kombinasi Agregat Pasir Laut dan Batu Pecah Untuk Mendapatkan Grafik Gradasi Agregat

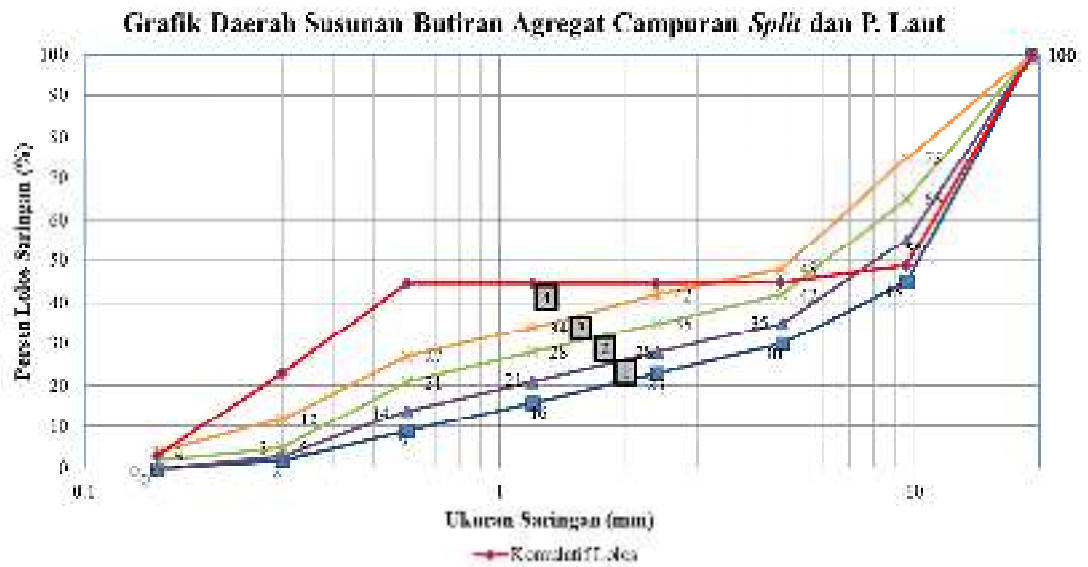
Sieve Size (mm)	Individual Percentage Retained On		Columns (2) x 1 x 55%	Columns (3) x 3 x 45%	Resultan: Percentage retained on (4)+(5)	Commulatives Resultant Percentage	
	Batu Pecah 9,5 mm	Pasir Laut 2,38 mm				Passing of	Retained on
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
19.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
9.52	92.43	0.00	51.22	0.00	51.22	48.78	51.22
4.76	7.27	0.00	4.03	0.00	4.03	44.76	55.24
2.38	0.26	0.00	0.15	0.00	0.15	44.61	55.39
1.20	0.04	0.04	0.02	0.02	0.04	44.57	55.43
0.60	0.00	0.10	0.00	0.05	0.05	44.52	55.48
0.30	0.00	48.16	0.00	21.47	21.47	23.05	76.95
0.15	0.00	44.71	0.00	19.93	19.93	3.12	96.88
Sisa	0.00	6.99	0.00	3.12	3.12	0.00	100.00
Total	100.00	100.00			100.00		
FM							4.47

Tabel B.1.8 Perhitungan Penentuan Zona Gradasi Agregat Dengan Campuran Pasir Laut dan Batu Pecah

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos	Persentase Ideal Zona 4	Nilai Deviasi	Total Nilai Deviasi Terhadap Zona 4	Klasifikasi Zona Agregat
19.10	100.00	100.00	0.00	11.41	Zona 4
9.52	48.78	75.00	-26.22		
4.76	44.76	48.00	-3.24		
2.38	44.61	42.00	2.61		
1.20	44.57	34.00	10.57		
0.60	44.52	27.00	17.52		
0.30	23.05	12.00	11.05		
0.15	3.12	4.00	-0.88		

LAMPIRAN B

Grafik B.1.9 Gradasi Agregat Campuran Pasir Laut dan Batu Pecah



LAMPIRAN B

Tabel B.2.1 Perhitungan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

No.	Variasi	Kode Benda Uji	Campuran : Semen + <i>Split</i> +	Tanggal Pengecoran	Tanggal Pengujian	Umur	Berat (Kg)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
1	A	BU7-PSS-Z0	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 0%	28-06-22	05-07-22	7 Hari	12.68	18058.40	446202.57	24.71	26.68
2	A	BU7-PSS-Z0	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 0%				13.04	18098.12	460912.55	25.47	
3	A	BU7-PSS-Z0	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 0%				13.00	17899.96	534462.42	29.86	
4	B	BU7-PSS-Z5	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 5%				12.90	17876.25	441299.25	24.69	25.08
5	B	BU7-PSS-Z5	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 5%				12.74	17963.25	465815.87	25.93	
6	B	BU7-PSS-Z5	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 5%				12.88	17923.68	441299.25	24.62	
7	C	BU7-PSS-Z10	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 10%				12.72	17797.35	392266.00	22.04	20.56
8	C	BU7-PSS-Z10	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 10%				12.72	17750.09	411879.30	23.20	
9	C	BU7-PSS-Z10	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 10%				12.82	17892.05	294199.50	16.44	
10	D	BU7-PLL-Z0	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 0%	29-06-22	06-07-22	7 Hari	13.00	17923.68	348136.07	19.42	21.50
11	D	BU7-PLL-Z0	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 0%				13.24	18074.28	426589.27	23.60	
12	D	BU7-PLL-Z0	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 0%				13.38	18026.65	387362.67	21.49	
13	E	BU7-PLL-Z5	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 5%				13.24	17979.09	392266.00	21.82	22.17
14	E	BU7-PLL-Z5	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 5%				13.02	17836.78	406975.97	22.82	
15	E	BU7-PLL-Z5	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 5%				12.98	17718.61	387362.67	21.86	
16	F	BU7-PLL-Z10	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 10%				12.92	17813.11	308909.47	17.34	17.29
17	F	BU7-PLL-Z10	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 10%				12.98	17836.78	353039.40	19.79	
18	F	BU7-PLL-Z10	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 10%				12.88	17971.17	264779.55	14.73	

LAMPIRAN B

Tabel B.2.2 Perhitungan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No.	Variasi	Kode Benda Uji	Campuran : Semen + <i>Split</i> +	Tanggal Pengecoran	Tanggal Pengujian	Umur	Berat (Kg)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
19	A	BU28-PSS-Z0	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 0%	28-06-22	26-07-22	28 Hari	13.04	17805.23	652142.22	36.63	32.58
20	A	BU28-PSS-Z0	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 0%				13.10	17844.67	495235.82	27.75	
21	A	BU28-PSS-Z0	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 0%				13.34	18082.23	603108.97	33.35	
22	B	BU28-PSS-Z5	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 5%				13.20	18233.49	475622.52	26.09	31.58
23	B	BU28-PSS-Z5	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 5%				12.90	17789.46	608012.30	34.18	
24	B	BU28-PSS-Z5	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 5%				12.88	17915.77	617818.95	34.48	
25	C	BU28-PSS-Z10	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 10%				13.24	18209.56	490332.50	26.93	25.51
26	C	BU28-PSS-Z10	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 10%				12.84	17773.71	485429.17	27.31	
27	C	BU28-PSS-Z10	Pasir Sungai + Air Sungai + Zeolit 10%				13.08	18257.43	406975.97	22.29	
28	D	BU28-PLL-Z0	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 0%	29-06-22	27-07-22	28 Hari	13.22	17702.89	441299.25	24.93	25.44
29	D	BU28-PLL-Z0	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 0%				13.10	18090.17	534462.42	29.54	
30	D	BU28-PLL-Z0	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 0%				13.04	17947.42	392266.00	21.86	
31	E	BU28-PLL-Z5	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 5%				12.96	17805.23	500139.15	28.09	27.00
32	E	BU28-PLL-Z5	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 5%				13.00	17765.83	465815.87	26.22	
33	E	BU28-PLL-Z5	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 5%				13.02	17994.94	480525.85	26.70	
34	F	BU28-PLL-Z10	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 10%				12.96	17876.25	475622.52	26.61	23.60
35	F	BU28-PLL-Z10	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 10%				13.04	18026.65	343232.75	19.04	
36	F	BU28-PLL-Z10	Pasir Laut + Air Laut + Zeolit 10%				12.84	18137.88	456009.22	25.14	

LAMPIRAN B

Tabel B.3.1 Perhitungan Standar Deviasi Nilai Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Kode Benda Uji	No.	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)	$(X_i - \bar{X})^2$	Standar Deviasi (S)	Koefisien Variasi (Cv)	Klasifikasi
		X_i	$\bar{X}$				
PSS-Z0	1	24.71	26.68	3.88	2.78	10%	Sedang
	2	25.47		1.47			
	3	29.86		10.11			
PSS-Z5	4	24.69	25.08	0.15	0.74	3%	Sangat Baik
	5	25.93		0.73			
	6	24.62		0.21			
PSS-Z10	7	22.04	20.56	2.18	3.61	18%	Kurang Baik
	8	23.20		6.98			
	9	16.44		16.97			
PLL-Z0	10	19.42	21.50	4.33	2.09	10%	Sedang
	11	23.60		4.40			
	12	21.49		0.00			
PLL-Z5	13	21.82	22.17	0.12	0.56	3%	Sangat Baik
	14	22.82		0.42			
	15	21.86		0.09			
PLL-Z10	16	17.34	17.29	0.00	2.53	15%	Kurang Baik
	17	19.79		6.27			
	18	14.73		6.53			

Keterangan :

- $C_v \leq 5\%$ → Sangat Baik
- $5\% < C_v \leq 7\%$ → Baik
- $7\% < C_v \leq 10\%$ → Sedang
- $C_v > 10\%$ → Kurang Baik

LAMPIRAN B

Tabel B.3.2 Perhitungan Standar Deviasi Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Kode Benda Uji	No.	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)	$(X_i - \bar{X})^2$	Standar Deviasi (S)	Koefisien Variasi (Cv)	Klasifikasi
		X_i	$\bar{X}$				
PSS-Z0	19	36.63	32.58	16.39	4.49	14%	Kurang Baik
	20	27.75		23.28			
	21	33.35		0.60			
PSS-Z5	22	26.09	31.58	30.22	4.76	15%	Kurang Baik
	23	34.18		6.74			
	24	34.48		8.42			
PSS-Z10	25	26.93	25.51	2.01	2.79	10%	Sedang
	26	27.31		3.25			
	27	22.29		10.36			
PLL-Z0	28	24.93	25.44	0.27	3.87	15%	Kurang Baik
	29	29.54		16.82			
	30	21.86		12.86			
PLL-Z5	31	28.09	27.00	1.18	0.97	4%	Sangat Baik
	32	26.22		0.62			
	33	26.70		0.09			
PLL-Z10	34	26.61	23.60	9.06	4.01	17%	Kurang Baik
	35	19.04		20.75			
	36	25.14		2.39			

Keterangan :

- $C_v \leq 5\%$ → Sangat Baik
- $5\% < C_v \leq 7\%$ → Baik
- $7\% < C_v \leq 10\%$ → Sedang
- $C_v > 10\%$ → Kurang Baik

LAMPIRAN C

Tabel C.1.1 Perhitungan *Mix Design* Dengan Campuran Semen, *Split*, Pasir Sungai dan Air Sungai

PERHITUNGAN PERENCANAAN CAMPURAN BETON (*MIX DESIGN*)

Metode SNI-7656-2012

Campuran : Semen, *Split*, Pasir Sungai dan Air Sungai

- 1) Kuat tekan yang disyaratkan $f'_c = 20$ MPa
- 2) Kuat tekan rata-rata perlu yang ditargetkan berdasarkan tabel 1

Tabel 2. Kekuatan Tekan Rata-Rata Perlu Jika Data Tidak Tersedia untuk Menentukan Deviasi Standar Benda Uji

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 5,0$

(Sumber: SNI 2847 – 2012)

Diperoleh,

$$f'_{cr} = f'_c + 7,0 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = 20 \text{ MPa} + 7,0 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = 27,0 \text{ MPa}$$

- 3) Nilai *slump*, dan butir maksimum agregat
 - a. Nilai *slump* diambil dari Tabel 3

Tabel 3. Nilai *Slump* Yang Dianjurkan untuk Berbagai Pekerjaan Konstruksi

Tipe konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum [†]	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah.	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

Dari tabel 3 nilai *Slump* yang digunakan adalah 75-100 mm

- b. Butir maksimum agregat berdasarkan hasil uji fisis agregat di laboratorium yang disajikan dalam tabel adalah 19,1 mm

LAMPIRAN C

- 4) Jumlah air yang dibutuhkan tercantum dalam tabel 4 berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump didapat 205 lt/m³.

Tabel 4. Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Masimum

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm [†] *	75 mm ^{††}	150 mm ^{††}
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat paparan sebagai berikut : ringan (%)								
	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5**††	1,0**††
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5**††	3,0**††
berat †† (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5**††	4,0**††

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

- 5) FAS yang dibutuhkan berdasarkan nilai kekuatan tekan estimasi beton 28 hari dengan f'cr 27,0 Mpa dalam tabel 5 adalah 0,58 (Hasil Interpolasi)

Tabel 5. Nilai Faktor Air Semen

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

LAMPIRAN C

- 6) Semen yang dibutuhkan = Jumlah Air / FAS = $205 / 0,58 = 353,44$ Kg
- 7) Volume agregat kasar berdasarkan MHB agregat halus dan ukuran maksimum agregat.
Berdasarkan tabel MHB Pasir Sungai = 2,60 dan ukuran agregat maksimum = 19,1 mm.
Maka didapat nilai 0,64. Sehingga berat agregat kasar = $0,64 \times 1500 = 960,00$ Kg/m³

Tabel 6. Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan† dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

- 8) Perkiraan awal berat beton segar dilihat pada tabel 7 berdasarkan ukuran maksimum agregat 19,1 mm, beton tanpa kandungan udara didapat 2345,00 Kg/m³.
Sehingga berat agregat halus = $2345,00 - (353,44 + 205,00 + 960,00) = 826,56$ kg/m³.

Tabel 7. Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³ *	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

LAMPIRAN C

- 9) Proporsi Campuran Beton Untuk 1 M³ :

Air = 205,00 Liter

Semen = 353,44 Kg

Agregat Kasar = 960,00 Kg

Agregat Halus = 826,56 Kg

- 10) Jumlah benda uji silinder untuk beton dengan campuran **Pasir Sungai** dan **Air Sungai** adalah **18 buah**.

Proporsi Campuran Beton Untuk **18 Buah** Silinder :

Diameter Silinder = 15 cm = 0,15 m

Tinggi Silinder = 30 cm = 0,30 m

Volume Silinder = $\frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30 = 0,005301 \text{ m}^3$

Volume 18 Silinder = $0,005301 \times 18 = 0,0954 \text{ m}^3$

Volume Pengecoran = $0,0954 \text{ m}^3 \times 1,3 = 0,1241 \text{ m}^3$ (Dilebihkan 30%)

- 11) Proporsi Pengecoran :

Air

- **Air Sungai** = $205,00 \text{ Ltr} \times 0,1241 \text{ m}^3 = 25,43 \text{ liter}$

Semen

- **Semen PC** = $353,44 \text{ Kg} \times 0,1241 \text{ m}^3 = 43,85 \text{ kg}$

Agregat Kasar

- **Split** = $960,00 \text{ Kg} \times 0,1241 \text{ m}^3 = 119,09 \text{ kg}$

Agregat Halus

- **Pasir Sungai** = $826,56 \text{ Kg} \times 0,1241 \text{ m}^3 = 102,54 \text{ kg}$

LAMPIRAN C

Tabel C.1.2 Proporsi *Mix Design* Dengan Campuran Semen, *Split*, Pasir Sungai dan Air Sungai Untuk 18 Buah Benda Uji

REKAP MIX DESIGN UNTUK 1 M³

SEMEN	353.44	kg/m ³
SPLIT	960.00	kg/m ³
PASIR SUNGAI	826.56	kg/m ³
AIR SUNGAI	205.00	ltr/m ³
BERAT BETON SEGAR	2345.00	kg/m³
BERAT AGREGAT	1786.56	kg/m³

Jumlah benda uji untuk beton dengan campuran **Pasir Sungai** dan **Air Sungai** adalah **18 buah**.

Proporsi Campuran Beton Untuk **18 Buah** Silinder :

TOTAL BENDA UJI	18	buah
DIAMETER	15.00	cm
TINGGI	30.00	cm
VOLUME SILINDER	0.0053	m ³
VOLUME 18 SILINDER	0.0954	m ³
VOLUME PENGEORAN	0.1241	m ³

REKAP MIX DESIGN (18 SILINDER)

SEMEN	43.85	kg
SPLIT	119.09	kg
PASIR SUNGAI	102.54	kg
AIR SUNGAI	25.43	ltr
BERAT BETON SEGAR	290.91	kg

REKAP MIX DESIGN (PER SILINDER)

SEMEN	2.44	kg
SPLIT	6.62	kg
PASIR SUNGAI	5.70	kg
AIR SUNGAI	1.41	ltr
BERAT BETON SEGAR	16.16	kg

LAMPIRAN C

VARIASI A

REKAP MIX BU7-PSS-Z0 (3 SILINDER UNTUK UMUR 7 HARI)		
REKAP MIX BU28-PSS-Z0 (3 SILINDER UNTUK UMUR 28 HARI)		
SEMEN	14.62	kg
SPLIT	39.70	kg
PASIR SUNGAI	34.18	kg
AIR SUNGAI	8.48	ltr
BERAT BETON SEGAR	96.97	kg

VARIASI B

REKAP MIX BU7-PSS-Z5 (3 SILINDER UNTUK UMUR 7 HARI)		
REKAP MIX BU28-PSS-Z5 (3 SILINDER UNTUK UMUR 28 HARI)		
SEMEN	14.62	kg
SPLIT	39.70	kg
PASIR SUNGAI	34.18	kg
AIR SUNGAI	8.48	ltr
ZEOLIT 5%	0.73	kg
BERAT BETON SEGAR	97.70	kg

VARIASI C

REKAP MIX BU7-PSS-Z10 (3 SILINDER UNTUK UMUR 7 HARI)		
REKAP MIX BU28-PSS-Z10 (3 SILINDER UNTUK UMUR 28 HARI)		
SEMEN	14.62	kg
SPLIT	39.70	kg
PASIR SUNGAI	34.18	kg
AIR SUNGAI	8.48	ltr
ZEOLIT 10%	1.46	kg
BERAT BETON SEGAR	98.43	kg

REKAPITULASI : VARIASI A + VARIASI B + VARIASI C

TOTAL KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK 18 BENDA UJI		
SEMEN	43.85	kg
SPLIT	119.09	kg
PASIR SUNGAI	102.54	kg
AIR SUNGAI	25.43	ltr
ZEOLIT	2.19	kg

LAMPIRAN C

Tabel C.1.3 Perhitungan *Mix Design* Dengan Campuran Semen, *Split*, Pasir Laut dan Air Laut

PERHITUNGAN PERENCANAAN CAMPURAN BETON (*MIX DESIGN*)

Metode SNI-7656-2012

Campuran : Semen, *Split*, Pasir Laut dan Air Laut

- 1) Kuat tekan yang disyaratkan $f'_c = 20$ MPa
- 2) Kuat tekan rata-rata perlu yang ditargetkan berdasarkan tabel 1

Tabel 2. Kekuatan Tekan Rata-Rata Perlu Jika Data Tidak Tersedia untuk Menentukan Deviasi Standar Benda Uji

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 5,0$

(Sumber: SNI 2847 – 2012)

Diperoleh,

$$f'_{cr} = f'_c + 7,0 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = 20 \text{ MPa} + 7,0 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = 27,0 \text{ MPa}$$

- 3) Nilai *slump*, dan butir maksimum agregat
 - a. Nilai *slump* diambil dari Tabel 3

Tabel 3. Nilai *Slump* Yang Dianjurkan untuk Berbagai Pekerjaan Konstruksi

Tipe konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum [†]	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah.	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

Dari tabel 3 nilai *Slump* yang digunakan adalah 75-100 mm

- b. Butir maksimum agregat berdasarkan hasil uji fisis agregat di laboratorium yang disajikan dalam tabel adalah 19,1 mm

LAMPIRAN C

- 4) Jumlah air yang dibutuhkan tercantum dalam tabel 4 berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump didapat 205 lt/m³.

Tabel 4. Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Masimum

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm [†] *	75 mm ^{††}	150 mm ^{††}
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat paparan sebagai berikut : ringan (%)								
	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5**††	1,0**††
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5**††	3,0**††
berat †† (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5**††	4,0**††

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

- 5) FAS yang dibutuhkan berdasarkan nilai kekuatan tekan estimasi beton 28 hari dengan f'cr 27,0 Mpa dalam tabel 5 adalah 0,58 (Hasil Interpolasi)

Tabel 5. Nilai Faktor Air Semen

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

LAMPIRAN C

- 6) Semen yang dibutuhkan = Jumlah Air / FAS = $205 / 0,58 = 353,44$ Kg
- 7) Volume agregat kasar berdasarkan MHB agregat halus dan ukuran maksimum agregat. Berdasarkan tabel MHB Pasir Laut = 1,41 dan ukuran agregat maksimum = 19,1 mm. Karena nilai MHB = 1,41, nilai volume agregat kasar tidak terdapat dalam Tabel 6. Maka diambil nilai volume agregat kasar yang terkecil dari Tabel 6, yaitu = 0,66. Sehingga berat agregat kasar = $0,66 \times 1500 = 990,00$ Kg/m³

Tabel 6. Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan† dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

- 8) Perkiraan awal berat beton segar dilihat pada tabel 7 berdasarkan ukuran maksimum agregat 19,1 mm, beton tanpa kandungan udara didapat 2345,00 Kg/m³. Sehingga berat agregat halus = $2345,00 - (353,44 + 205,00 + 990,00) = 796,56$ kg/m³.

Tabel 7. Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³ *	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

(Sumber: SNI 7656 – 2012)

LAMPIRAN C

- 9) Proporsi Campuran Beton Untuk 1 M³ :

Air = 205,00 Liter

Semen = 353,44 Kg

Agregat Kasar = 990,00 Kg

Agregat Halus = 796,56 Kg

- 10) Jumlah benda uji silinder untuk beton dengan campuran **Pasir Laut** dan **Air Laut** adalah **18 buah**.

Proporsi Campuran Beton Untuk **18 Buah** Silinder :

Diameter Silinder = 15 cm = 0,15 m

Tinggi Silinder = 30 cm = 0,30 m

Volume Silinder = $\frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30 = 0,005301 \text{ m}^3$

Volume 18 Silinder = $0,005301 \times 18 = 0,0954 \text{ m}^3$

Volume Pengecoran = $0,0954 \text{ m}^3 \times 1,3 = 0,1241 \text{ m}^3$ (Dilebihkan 30%)

- 11) Proporsi Pengecoran :

Air

- **Air Laut** = $205,00 \text{ Ltr} \times 0,1241 \text{ m}^3 = 25,43 \text{ liter}$

Semen

- **Semen PC** = $353,44 \text{ Kg} \times 0,1241 \text{ m}^3 = 43,85 \text{ kg}$

Agregat Kasar

- **Split** = $990,00 \text{ Kg} \times 0,1241 \text{ m}^3 = 122,81 \text{ kg}$

Agregat Halus

- **Pasir Laut** = $796,56 \text{ Kg} \times 0,1241 \text{ m}^3 = 98,82 \text{ kg}$

LAMPIRAN C

Tabel C.1.4 Proporsi *Mix Design* Dengan Campuran Semen, *Split*, Pasir Laut dan Air Laut Untuk 18 Buah Benda Uji

REKAP MIX DESIGN UNTUK 1 M³

SEMEN	353.44	kg/m ³
SPLIT	990.00	kg/m ³
PASIR LAUT	796.56	kg/m ³
AIR LAUT	205.00	ltr/m ³
BERAT BETON SEGAR	2345.00	kg/m³
BERAT AGREGAT	1786.56	kg/m³

Jumlah benda uji untuk beton dengan campuran **Pasir Laut** dan **Air Laut** adalah **18 buah**.

Proporsi Campuran Beton Untuk 18 **Buah** Silinder :

TOTAL BENDA UJI	18	buah
DIAMETER	15.00	cm
TINGGI	30.00	cm
VOLUME SILINDER	0.0053	m ³
VOLUME 18 SILINDER	0.0954	m ³
VOLUME PENGEORAN	0.1241	m ³

REKAP MIX DESIGN (18 SILINDER)

SEMEN	43.85	kg
SPLIT	122.81	kg
PASIR LAUT	98.82	kg
AIR LAUT	25.43	ltr
BERAT BETON SEGAR	290.91	kg

REKAP MIX DESIGN (PER SILINDER)

SEMEN	2.44	kg
SPLIT	6.82	kg
PASIR LAUT	5.49	kg
AIR LAUT	1.41	ltr
BERAT BETON SEGAR	16.16	kg

LAMPIRAN C

VARIASI D

REKAP MIX BU7-PLL-Z0 (3 SILINDER UNTUK UMUR 7 HARI)		
REKAP MIX BU28-PLL-Z0 (3 SILINDER UNTUK UMUR 28 HARI)		
SEMEN	14.62	kg
SPLIT	40.49	kg
PASIR LAUT	32.94	kg
AIR LAUT	8.48	ltr
BERAT BETON SEGAR	96.97	kg

VARIASI E

REKAP MIX BU7-PLL-Z5 (3 SILINDER UNTUK UMUR 7 HARI)		
REKAP MIX BU28-PLL-Z5 (3 SILINDER UNTUK UMUR 28 HARI)		
SEMEN	14.62	kg
SPLIT	40.94	kg
PASIR LAUT	32.94	kg
AIR LAUT	8.48	ltr
ZEOLIT 5%	0.73	kg
BERAT BETON SEGAR	97.70	kg

VARIASI F

REKAP MIX BU7-PLL-Z10 (3 SILINDER UNTUK UMUR 7 HARI)		
REKAP MIX BU28-PLL-Z10 (3 SILINDER UNTUK UMUR 28 HARI)		
SEMEN	14.62	kg
SPLIT	40.94	kg
PASIR LAUT	32.94	kg
AIR LAUT	8.48	ltr
ZEOLIT 10%	1.46	kg
BERAT BETON SEGAR	98.43	kg

REKAPITULASI : VARIASI D + VARIASI E + VARIASI F

TOTAL KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK 18 BENDA UJI		
SEMEN	43.85	kg
SPLIT	122.81	kg
PASIR LAUT	98.82	kg
AIR LAUT	25.43	ltr
ZEOLIT	2.19	kg

LAMPIRAN D

	
Semen PCC	Batu Pecah (<i>Split</i>)
	
Pasir Sungai	Pasir Laut
Dokumentasi D.1.1 : Material (1/2)	

LAMPIRAN D

	
Air Sungai	Air Laut
	
Batuan Zeolit	Serbuk Zeolit
Dokumentasi D.1.1 : Lanjutan (2/2)	

LAMPIRAN D

	
Satu Set Saringan	<i>Concrete Mixer</i>
	
Timbangan dengan Ketelitian Gram	Timbangan dengan Ketelitian Kg
Dokumentasi D.2.1 : Peralatan (1/2)	

LAMPIRAN D

	
Mesen Uji Pembebanan	Cetakan Silinder 15 x 30 cm
	
Kereta Sorong	Kerucut <i>Slump</i>
Dokumentasi D.2.1 : Lanjutan (2/2)	

LAMPIRAN D



Pengovenan Agregat



Penimbangan Agregat



Proses Pengujian Analisis Saringan



Proses Pengujian Berat Volume

Dokumentasi D.3.1 : Proses Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat (1/2)

LAMPIRAN D

	
Proses Penganginan Agregat	Proses Penganginan Agregat
	
Proses Pengujian Berat Jenis	Proses Pengujian Berat Jenis
Dokumentasi D.3.1 : Lanjutan (2/2)	

LAMPIRAN D



Proses Pencucian *Split*



Proses Pencucian Pasir Laut



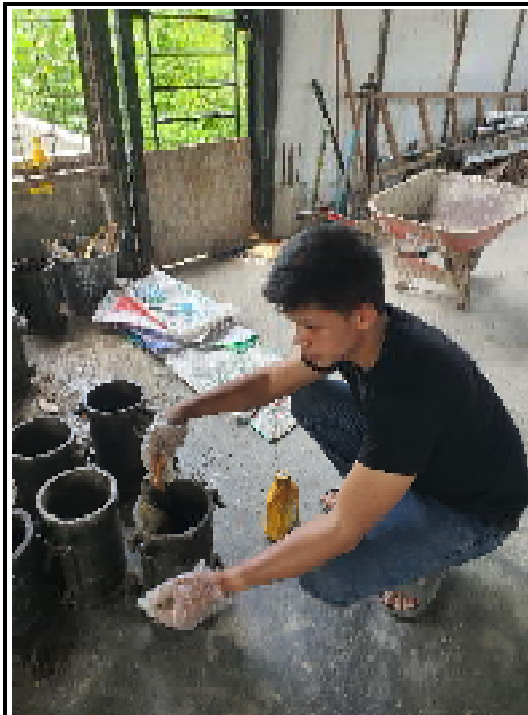
Proses Pengeringan *Split*



Proses Pengeringan Pasir Laut

Dokumentasi D.4.1 : Proses Pencucian dan Pengeringan Agregat

LAMPIRAN D



Pemberian Oli Pada Cetakan Silinder



Timbang Material Untuk Pengecoran



Material Yang Sudah Ditimbang



Material Yang Sudah Ditimbang

Dokumentasi D.5.1 : Proses Persiapan Pengecoran

LAMPIRAN D



Proses Memasukkan Material ke *Mixer*



Proses Memasukkan Zeolit ke *Mixer*



Proses Pengujian *Slump Test*



Pengukuran *Slump*

Dokumentasi D.6.1 : Proses Pembuatan Adukan dan Pengujian *Slump Test*

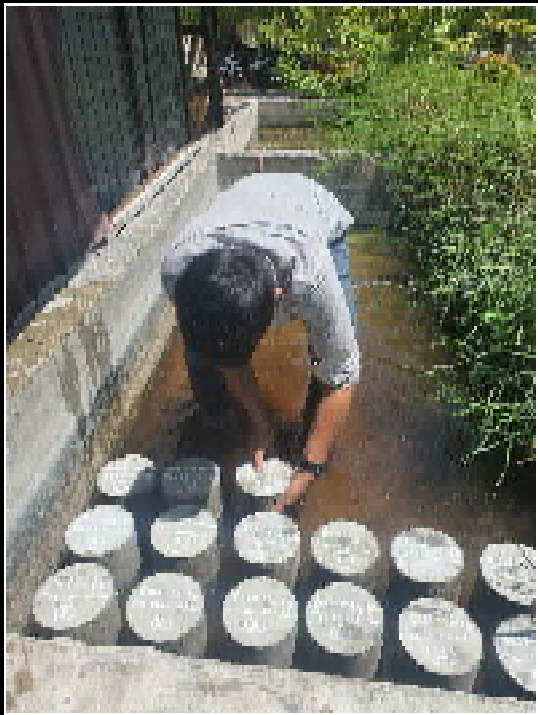
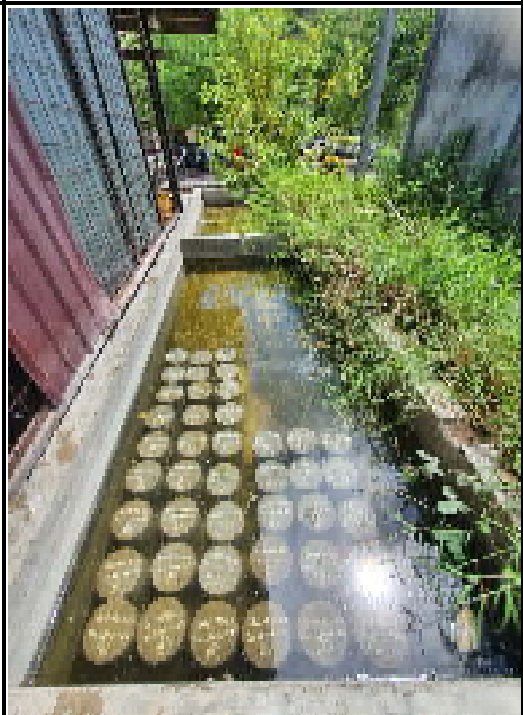
LAMPIRAN D

	
Pengisian Beton Segar ke Silinder	Setelah Dilakukan Pengisian Beton
	
Setelah Dilakukan Pengisian Beton	Setelah <i>Capping</i> Beton Dengan Pasta
Dokumentasi D.7.1 : Proses Pengecoran Benda Uji Silinder	

LAMPIRAN D

	
Proses Pembukaan Cetakan Silinder	Pemberian Nama dan Kode Benda Uji
	
Hasil Pengecoran Benda Uji Campuran Pasir Sungai Air Sungai	
	
Hasil Pengecoran Benda Uji Campuran Pasir Laut Air Laut	
Dokumentasi D.8.1 : Proses Pembukaan Cetakan Silinder	

LAMPIRAN D

	
Proses Perawatan Beton	Proses Perawatan Beton
	
Proses Perawatan Beton	Proses Perawatan Beton
Dokumentasi D.9.1 : Proses Perawatan Beton	

LAMPIRAN D



Beton Camp. P. Sungai Umur 7 Hari



Beton Camp. P. Laut Umur 7 Hari



Beton Camp. P. Sungai Umur 28 Hari



Beton Camp. P. Laut Umur 28 Hari

Dokumentasi D.10.1 : Setelah Perawatan Beton / Sebelum Uji Kuat Tekan (1/2)

LAMPIRAN D



Beton Camp. P. Sungai Umur 7 Hari



Beton Camp. P. Laut Umur 7 Hari



Beton Camp. P. Sungai Umur 28 Hari



Beton Camp. P. Laut Umur 28 Hari

Dokumentasi D.10.1 : Lanjutan (2/2)

LAMPIRAN D



Proses Pengukuran Benda Uji



Proses Penimbangan Benda Uji



Proses Pengujian Kuat Tekan



Setelah Pengujian Kuat Tekan

Dokumentasi D.11.1 : Proses Pengujian Kuat Tekan Beton

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir Tahun Ajaran 2021/2022,

Hari / Tanggal : Senin / 29 Agustus 2022 – Jam 09.00
Tempat : Ruang 7A – Gedung RKU New Zealand
Nama Mahasiswa : Muhammad Irsal Javier Sanusi
NIM : 2003120072
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Proposal : Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Kuat Tekan Beton

Dengan hasil Sidang Tugas Akhir :

1. Sidang cukup satu kali
- ②. Sidang cukup satu kali dengan perbaikan

Mengetahui dan menilai :

1. Dosen Pembimbing
Ir. Wahyuni, MT., IPM TTD :.....
2. Dosen Penguji I
Ir. Meillyta, ST., M.Eng.Adv., IPM TTD :.....
3. Dosen Penguji II
Ir. Zainuddin, MT TTD :.....

Mengetahui,
Ketua Sidang

Ir. Wahyuni, MT, IPM
NIDN : 0106116802

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji I : Ir. Meillyta, ST., M.Eng.Adv., IPM

No.	Pertanyaan	Jawaban
1	Apa itu zeolit dan apa kegunaannya pada penelitian ini ? Berapa persen (%) dipakai pada penelitian terdahulu ?	Zeolit merupakan mineral alam yang terdapat di pegunungan yang berbentuk seperti batuan pada umumnya dan secara kasat mata terlihat seperti batu kapur. Zeolit tinggi akan kandungan <i>silika</i> (SiO_2) dan <i>alumina</i> (Al_2O_3). Kandungan <i>silika</i> yang tinggi sangat baik untuk beton, karna dapat meningkatkan kuat tekan beton. Pada penelitian terdahulu, zeolit digunakan sebagai pengganti sebagian semen dan menghasilkan kuat tekan optimum pada persentase 2,5%.
2	Tujuan penelitian ?	Untuk menganalisa pengaruh penggunaan serbuk zeolit 5% dan 10% sebagai bahan tambahan terhadap beton campuran pasir sungai air sungai dan pasir laut air laut dan untuk menentukan persentase optimum penambahan serbuk zeolit yang dapat menghasilkan nilai kuat tekan maksimum.
3	Apa hasil dari penelitian menggunakan agregat pasir laut ?	- Pemeriksaan sifat fisis agregat pasir laut untuk <i>bulk density</i> dan <i>specific gravity</i> telah memenuhi persyaratan, namun untuk <i>fineness modulus</i> dan <i>absorbtion</i> tidak sesuai dengan persyaratan. - Nilai <i>slump</i> pada beton campuran pasir laut air laut didapat lebih tinggi. - Nilai kuat tekan pada beton campuran pasir laut air laut dengan penambahan zeolit 5% menunjukkan peningkatan kuat tekan terhadap beton normal, namun dengan penambahan zeolit 10% menunjukkan penurunan kuat tekan.

4	Apa penyebab agregat pasir laut didapat nilai kuat tekannya lebih kecil ?	Karena agregat pasir laut mempunyai butiran yang terlalu halus dan tidak mempunyai gradasi yang baik. Terdapat 2 pemeriksaan sifat fisis yang tidak memenuhi persyaratan, yaitu <i>fineness modulus</i> dan <i>absorbtion</i> .
5	Apa penyebab agregat pasir didapat nilai <i>slump</i> yang lebih besar ?	Karena pasir laut memiliki jumlah partikel halus yang lebih banyak dibandingkan pasir sungai, sehingga partikel halus tersebut menghambat laju beton segar.
6	Hal. 31, nilai <i>Fineness Modulus</i> . Jelaskan prosedur untuk mendapatkan nilai FM dan termasuk pada zona apa ?	Nilai <i>fineness modulus</i> didapat dari pemeriksaan analisa saringan. Prosedurnya pertama agregat dikeringkan di oven selama 24 jam. Kemudian dikeluarkan dan di tempatkan di wadah, lalu ditimbang beratnya. Setelah itu agregat dituang ke dalam saringan, kemudian digoyang-goyangkan. Agregat yang tertinggal di atas saringan ditimbang beratnya. Nilai FM didapat dari perhitungan persen kumulatif lolos dibagi 100. Untuk agregat pasir sungai dan batu pecah yang digunakan pada penelitian ini termasuk ke dalam daerah gradasi III, sedangkan pasir laut dan batu pecah termasuk ke dalam daerah gradasi IV.
7	Hal. 61, yang dinamakan zona ? Perbaiki tulisan yang dimaksud zona.	Telah diperbaiki.
8	Analisisnya pakai apa ? Jelaskan cara mendapatkan nilai standar deviasi hingga bisa diketahui klasifikasi penelitian.	Menggunakan standar deviasi (S). Cara mendapatkan nilai (S) adalah, Misal pada benda uji <i>PSS-Z0</i> umur 7 hari : Pertama harus diketahui : $Xi - X^2 = 24,71 - 26,68^2 = 3,88$ Nilai (S) = $(3,88 + 1,47 + 10,11) / 2$ (karena N-1 atau banyaknya benda uji dikurang 1) kemudian diakarkan, lalu didapat nilai standar deviasi sebesar = 2,78 Untuk mendapatkan % <i>covarian</i> (cv) atau klasifikasi, (S) / kuat tekan rata-rata x 100.

No.	Pertanyaan	Jawaban
9	Apa kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian ?	Secara garis besar. Pertama, penggunaan zeolit akan mempengaruhi nilai slump dan didapatkan workability beton yang rendah. Kedua, penggunaan serbuk zeolit kedalam campuran beton pasir sungai air sungai belum menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dibanding beton normal. Ketiga, penggunaan serbuk zeolit sebesar 5% kedalam campuran beton pasir laut air laut menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dibanding beton normal.
10	Apa dampak jika digunakan pasir laut dan air laut dalam jangka waktu yang lama ? Apakah bisa digunakan ? Jika dapat digunakan pada beton apa ?	Jika digunakan pada baja tulangan maka akan terjadinya korosi. Karena pasir laut dan air laut memiliki kandungan garam, klorida dan sulfat yang dapat merusak beton. Material pasir laut dan air laut bisa digunakan sebagai pembentuk beton apabila menggunakan bahan tambahan tertentu yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton agar didapat nilai kuat tekan yang lebih baik. Pasir laut dan air laut dapat digunakan pada beton tanpa tulangan, seperti pekerjaan pasangan dinding. Namun, jika digunakan pada beton yang menggunakan tulangan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencegah baja tulangan mengalami korosi.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Mengetahui,
Dosen Penguji I

Ir. Wahyuni, MT., IPM
NIDN : 0106116802

Ir. Meillyta, ST., M.Eng.Adv., IPM
NIDN : 0121058003

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji II : Ir. Zainuddin, MT

No.	Pertanyaan	Jawaban
1	Pada Abstrak, tidak menyebutkan mutu rencana.	Telah diperbaiki.
2	Pada Pendahuluan, tidak menyebutkan permasalahan dan mutu rencana.	Telah diperbaiki.
3	Pada Metode Penelitian, apa yang dimaksud zeolit ? Mengapa ambil air sungai di Krueng Sarah ? Mengapa pasir laut dicuci terlebih dahulu ?	Zeolit merupakan mineral alam yang terdapat di pegunungan yang berbentuk seperti batuan pada umumnya dan secara kasat mata terlihat seperti batu kapur. Zeolit tinggi akan kandungan <i>silika</i> (SiO_2) dan <i>alumina</i> (Al_2O_3). Karena air sungai di Krueng Sarah bersih, sedangkan di sungai di Indrapuri pada saat saya survey air nya keruh. Pasir laut dicuci bertujuan untuk menghilangkan kandungan garamnya.
4	Hal. 38, apa yang dimaksud variasi 0% ?	Variasi 0% ialah beton tanpa penambahan zeolit (beton normal).
5	Hal. 41, apa kegunaan <i>slump test</i> ? Mengapa beton campuran pasir laut air laut didapat nilai <i>slump</i> lebih tinggi ?	<i>Slump test</i> bertujuan untuk mengetahui kelecekan dan <i>workability</i> adukan beton. Karena pasir laut memiliki jumlah partikel halus yang lebih banyak dibandingkan pasir sungai, sehingga partikel halus tersebut menghambat laju beton segar.
6	Hal. 43, mengapa nilai kuat tekan pada beton campuran pasir sungai dengan penambahan zeolit didapat lebih kecil (penurunan kuat tekan) ?	Penurunan kuat tekan disebabkan karena kandungan <i>silika</i> (SiO_2) pada campuran beton sudah terlalu banyak. Kelebihan <i>silika</i> akan membuat zat kapur yang dimiliki semen tidak dapat bereaksi lagi dan juga akan membuat campuran beton mengalami kekurangan air, karena <i>silika</i> yang menyerap air yang akan membuat campuran menjadi lebih rekat, sehingga mutu beton menjadi menurun.

No.	Pertanyaan	Jawaban
7	Pada Kesimpulan, tidak disebutkan nilai kuat tekan beton campuran pasir sungai dan pasir laut.	Telah diperbaiki.
8	Bagan Alir tidak ada hasil.	Telah diperbaiki.
9	Hal. 50, ganti gambar Peta yang lebih jelas dan tambahkan Peta Aceh Besar.	Telah diperbaiki dan ditambahkan Peta Kota Banda Aceh dan Peta Kabupaten Aceh Besar.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Mengetahui,
Dosen Penguji II

Ir. Wahyuni, MT., IPM
NIDN : 0106116802

Ir. Zainuddin, MT
NIDN : 0110105703



BIODATA PENDAFTARAN WISUDAWAN KE 43
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2021/2022

Fakultas : Teknik

Prodi : Teknik Sipil

1.	No. Urut / PIN	:		(Diisi oleh Panitia)
2.	Nama	:	MUHAMMAD IRSAL JAVIER SANUSI	(Sesuai dengan Ijazah SMA)
3.	NPM dan NIK	:	2003120072	1171082002000001
4.	Tempat/ Tgl. Lahir	:	BANDA ACEH / 20 FEBRUARI 2000	(Sesuai dengan Ijazah SMA)
5.	Agama & Status Perkawinan	:	ISLAM	BELUM KAWIN
6.	Tahun Terdaftar sebagai Mahasiswa Unmuha	:	2020	
7.	Asal SMA/MA/SMK ^{*)}	:	SMK NEGERI 2 BANDA ACEH	(Diisi oleh Mahasiswa dari SMA/ Lanjutan/ Pindahan)
8.	Nomor & Tanggal Ijazah SMA/MA/SMK ^{*)}	:	DN-06 Mk/13 0000196	
9.	Asal Perguruan Tinggi Sebelumnya	:	UNIVERSITAS SYIAH KUALA	(Diisi oleh Mahasiswa Lanjutan/Pindahan/ Pascasarjana)
10.	Nomor & Tanggal Surat Pindah/ Ijazah D2/D3/D4/S1 ^{*)}	:	224012021000429	
11.	Nama Ayah	:	MUHAMMAD SANUSI, S.E	
	Pekerjaan Ayah	:	PEGAWAI SWASTA	
	Nama Ibu	:	JURAIDAH	
	Pekerjaan Ibu	:	PEGAWAI SWASTA	
	Nama Wali	:	IR. NASRULLAH, S.T	
	Pekerjaan Wali	:	PEGAWAI SWASTA	
12.	Alamat Tempat Tinggal Sesuai dengan KTP/KK Mahasiswa	:	JL. TUAN MEURAH, KOMP. SUTOMO, LAMTEUMEN TIMUR, KEC. JAYA BARU, KOTA BANDA ACEH	
13.	No. Hp & Email	:	0852 7736 8288 / irsaljavier@gmail.com	
14.	IPK	:	3,77	
15.	Judul Skripsi	:	PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON	

Catatan:

- *) Coret yang tidak perlu.
- Diisi Dengan Huruf Balok / Capital
- Lampirkan:
 1. Fotocopy ijazah legalisir S1/D4 (untuk wisudawan S2)
 2. Fotocopy ijazah Legalisir SMA & Ijazah D3 (untuk mahasiswa lanjutan)
 3. Fotocopy ijazah SMA & Surat Pindah (untuk mahasiswa Pindahan)
 4. Fotocopy ijazah SMA (wisudawan dari SMA)
 5. Pasphoto 3x4 (2 lbr) hitam putih (Sesuai dengan Pasphoto pada Ijazah), 1 lembar ditempel
 6. Fotocopy KTP & KK
 7. Fotocopy bukti pembayaran



Banda Aceh, 22 September 2022
Ybs,

MUHAMMAD IRSAL JAVIER SANUSI
NPM. 2003120072