

**KAJIAN EKSPERIMENTAL BALOK BETON BERTULANG
YANG DISELIMUTI GFRP**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Fajar**

Oleh

**AZHARI ZAHLIM
1520121015**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
2019**

**KAJIAN EKSPERIMENTAL BALOK BETON
BERTULANG YANG DISELIMUTI GFRP**

Oleh :

AZHARI ZAHLIM

1520121015

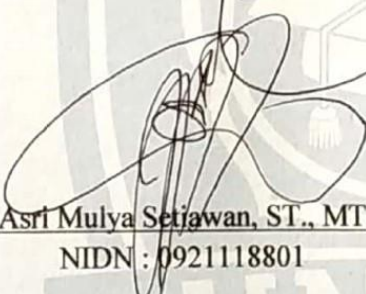
Menyetujui

Tim Pembimbing

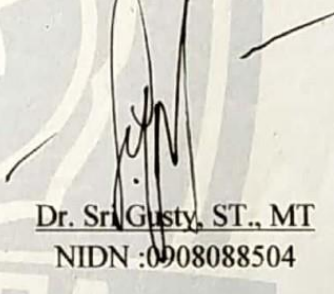
Tanggal, 13 September 2019

Pembimbing I

Pembimbing II


Asri Mulya Setiawan, ST., MT

NIDN : 0921118801


Dr. Sri Gusty, ST., MT

NIDN : 0908088504

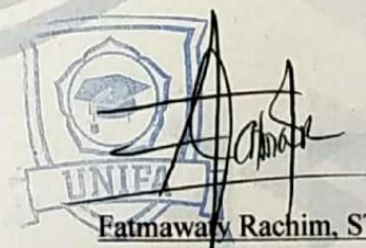

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Fajar



Dr. Erman, ST., MT
NIDN : 0906107701



Fatmawaty Rachim, ST., MT
NIDN : 0919117903

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir :

“Kajian Eksperimental Balok Beton Bertulang yang Disediimuti GFRP” adalah karya orisinal saya dan setiap seluruh sumber acuan yang telah ditulis sesuai dengan Pandun Penulis Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 13 September 2019

Yang menyatakan



6000
ENAM RIBU RUPIAH

Azhari Zahlim

ABSTRAK

Kajian Eksperimental Balok Beton Bertulang yang Diselimuti GFRP, Azhari Zahlim, Asri Mulya Setiawan, Sri Gusty. *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)* yaitu bahan non logam yang tahan korosi meskipun berada dalam lingkungan laut dalam jangka panjang maka dalam penelitian ini digunakan GFRP sebagai penguat external dan proteksi dalam mengatasi terjadinya degradasi kekuatan struktur serta meningkatkan kekuatan struktur yang telah mengalami degradasi kekuatan akibat korosi pada tulangan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh air laut terhadap kuat lentur balok beton SCC yang diperkuat dengan lapisan GFRP. Penelitian ini membandingkan antara kuat tekan beton SCC yang dilapisi GFRP perendaman air laut dan air tawar. Perbandingan hasil pengujian kuat tekan air tawar dan air laut pada perendaman 3 7 28 dan 360 hari sebesar 9,62% 5,43% 1,16% 28,00%. sedangkan perbandingan kuat lentur balok beton bertulang dan balok beton tanpa tulangan yang menggunakan SCC diselimuti GFRP dengan perendaman air laut. Perbandingan hasil pengjiannya sebesar 9,29%. Pengujian kuat tarik tulangan sebelum direndam diperoleh sebesar 410,2 MPa dan setelah direndam dengan menggunakan beton SCC yang diselimuti GFRP yang yang rendam di air laut diperoleh sebesar 371,08 MPa. Pengujian infiltrasi klorida pada beton SCC yang diselimuti GFRP pada cm 1 diperoleh kadar klorida sebesar 0,5 %, pada cm ke 2 diperoleh kadar klorida sebesar 0,4 %, dan pada cm ke 3 diperoleh kadar klorida sebesar 0,07 %.

Kata Kunci : GFRP, SCC, Kuat Tekan, Kuat Lentur, Kuat Tarik Tulangan, Infiltrasi Klorida, Beton Bertulang, Air Laut.

ABSTRACT

Experimental Study Of Reinforced Concrete Beams Covered In GFRP, Azhari Zahlim, Asri Mulya Setiawan, Sri Gusty. Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) is a non-corrosion resistant material in spite of being in the marine environment in the long term then in the research is used GFRP as an external amplifier and protection in overcoming the occurrence of degradation Strength of the structure and increase the strength of the structures that have suffered power degradation due to corrosion in reinforcement. The purpose of this study is to know the influence of seawater against the strong flexure of the SCC concrete beam reinforced with GFRP coating. This research compares between the powerful SCC concrete press coated GFRP immersion seawater and freshwater. Comparison of strong testing results of freshwater and seawater press at Immersion 3 7 28 and 360 days by 9.62% 5.43% 1.16% 28.00%. While the comparison of strong bending of reinforced concrete beams and concrete beams without reinforcement that use the SCC enveloped GFRP with sea water immersion. The comparison of the results is 9.29%. The strong test of reinforcement of the reinforcement before the soaked was obtained at 410.2 MPa and after being soaked by using an SCC-covered GFRP concrete that soak in seawater obtained by 371.08 MPa. Testing of chloride infiltration in the SCC concrete shrouded GFRP in cm 1 obtained chloride content of 0.5%, in cm to 2 obtained chloride content of 0.4%, and in cm to 3 obtained chloride content of 0.07%.

Keywords: GFRP, SCC, Strong press, strong supplies, strong tensile reinforcement, infiltration chloride, reinforced concrete, sea water

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir penelitian ini. Dimana Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.

Penulis menyadari bahwa selesainya Tugas Akhir penelitian ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, doa, dan bantuan dari semua pihak. Sejak dari mulai penyusunan hingga selesainya Tugas Akhir penelitian ini adalah berkat keterlibatan berbagai pihak. Olehnya pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada :

1. Kedua Orang yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentiya kepada penulis. Keluarga besar penulis yang senantiasa menyemangati agar penulis selalu diberi kekuatan dan kesabaran.
2. Asri Mulya Setiawan ST., MT, selaku pembimbing I pada penelitian ini.
3. Dr. Sri Gusty ST., MT, selaku pembimbing II dalam penelitian ini.
4. Fatmawaty Rachim, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar.
5. Dr. Erniati, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.
6. Dr. Ir. Nur Khaerat Nur, ST., MT., IPM, selaku pembimbing akademik penulis selama menempuh perkuliahan di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar.

7. Saudara saudaraku di Program Studi Teknik Sipil angkatan 2015, serta kakanda dan adinda yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini.
8. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati membantu kami dalam penyelesaian laporan ini.

Terkhusus untuk sahabat-sahabat penulis, Abd Jasari Sofyaun, Gusti Putu Dev April Adi, Edgar Buntario Danduru, Risamawarni, Rita Hardianti Aris, Mardiana Seprianto Palummi' dan Zulfahmi Tajuddin terima kasih atas kebersamaannya selama ini dan telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk sahabat kami Almarhum Muhammad Ikhsan terima kasih atas kebaikanmu selama kurang lebih 4 tahun ini, semoga amal ibadahmu diterima disisi Allah SWT, amin.

Tak lupa pula kami haturkan maaf kepada seluruh pihak yang berhubungan dengan pengerjaan Tugas Akhir penelitian ini jika terdapat kekeliruan dan kesalahan yang penulis perbuat, baik tutur kata maupun tingkah laku yang tidak berkenan selama dalam masa pengerjaan Tugas Akhir penelitian ini. Kami berharap semoga Tugas Akhir penelitian ini dapat bermanfaat, walaupun kami sadari bahwa penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Kami mengharapkan koreksi dan saran atas kekurangan dari penulis guna untuk menyempurnakan.

Akhir kata semoga semua bantuan dan amal baik tersebut mendapatkan limpahan berkah dan anugerah dari Allah SWT..... Amin.

Makassar, 13 September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian	4
I.4 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 Beton.....	6
II.2 Bahan Penyusun Beton	7
II.2.1 Semen.....	7
II.2.2 Agregat.....	8
II.2.3 Air	11
II.2.4 Bahan Tambah	12
II.3 <i>Slump Flow</i>	13
II.4 <i>Fiber Reinforced Polyme (FRP)</i>	15
II.4.1 <i>Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP)</i>	15
II.4.2 <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)</i>	15
II.4.2 <i>Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)</i>	16
II.4.2 Epoxy (Perekat).....	18
II.5 Air Laut.....	19
II.6 Kuat Tekan.....	20
II.7 Kuat Lentur	21
II.8 Kuat Tarik Tulangan.....	23

II.9 Infiltrasi Klorida	25
II.10 Perawatan di air laut	25
II.11 Peneliti Terdahulu.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
III. 1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	29
III.2 Alat dan bahan.....	29
III.2.1 Alat	29
III.2.2 Bahan	30
III. 3 Pelaksanaan Penelitian	30
III.3.1 Langkah Kerja	31
III.3.2 Pembuatan Benda Uji	34
III.3.3 Pengujian Benda Uji.....	37
III.4 Metode Pengumpulan Data	40
III.5 Analisa Data	40
III.6 Bagan Alur Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
IV.1 Karakteristik Material Beton.....	43
IV.1.1 Agregat Halus.....	43
IV.1.2 Agregat Kasar.....	44
IV.2 Rancangan Campuran Beton.....	44
IV.3 Pengujian Slump Flow	45
IV.4 Pengujian Kuat tekan	45
IV.5 Pengujian Kuat lentur.....	48
IV.6 Pengujian Kuat Tarik Tulangan	54
IV.7 Pengujian Infiltrasi Klorida.....	56
BAB V PENUTUP.....	58
V.1 Kesimpulan.....	58
V.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1 Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus.....	9
Tabel II.2 Batasan Gradasi Untuk Agregat Kasar.....	10
Tabel II.3 Spesifikasi GFRP type SEH 51 A	17
Tabel II.4 Spesifikasi GFRP Type SEH51 dalam bentuk komposit	18
Tabel III.1 Pengujian Agregat Halus	32
Tabel III.2 Pengujian Agregat Kasar	32
Tabel III.3 Variabel Benda Uji Silinder Curing air tawar (10 cm x 20 cm)	35
Tabel III.4 Variabel Benda Uji Silinder Curing air Laut (10cm x 20cm).....	35
Tabel III.5 Variabel Benda Uji Balok Curing Air Tawar (10cm x 12cm x 60cm).....	35
Tabel III.6 Variabel Benda Uji Balok Curing Air Laut (10cm x 12cm x 60cm).....	36
Tabel IV.1 Hasil Pengujian Agregat Halus.....	43
Tabel IV.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	44
Tabel IV.3 Rancangan Campuran Beton silinder	45
Tabel IV.4 Rancangan Campuran Beton Balok.....	45
Tabel IV.5 Perbandingan Antara Kuat tekan Air tawar dan air laut.....	46
Tabel IV.6 Hasil Pengujian Kapasitas Lentur Balok GFRP dan Balok Normal Air Laut.....	53
Tabel IV.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Tulangan	55
Tabel IV.8 Hasil Pengujian Infiltrasi Klorida Beton	56

DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI

	Halaman
Gambar II.1 Balok Sederhana Dengan 2 Titik pembebanan.....	22
Gambar II.2 Gaya lintang (V)	22
Gambar II.3 Diagram momen lentur	22
Gambar II.4 Pembebanan 1/3 Bentang (1/3 L)	22
Gambar III.1 Spesimen Benda Uji Silinder	36
Gambar III.2 Spesimen Benda Uji Balok	36
Gambar III.3 Alat Pengujian Kuat Tekan	37
Gambar III.4 Alat Pengujian Kuat Lentur.....	38
Gambar III.5 Alat Pengujian Kuat Tarik baja Tulangan.....	40
Gambar III.6 Bagan Alur Penelitian	42
Gambar IV.1 Diagram Perbandingan antara Kuat Tekan Air tawar dan Air Laut	46
Gambar IV.2 Hasil Kuat Tekan Air Tawar	47
Gambar IV.3 Hasil Kuat Tekan Air Laut.....	48
Gambar IV.4 Diagram Kapasitas Lentur Balok Normal Air Tawar dan Air Laut	49
Gambar IV.5 Hasil Pengujian Balok Normal Air Tawar 28 Hari.....	50
Gambar IV.6 Hasil Pengujian Balok Normal Air Tawar 360 Hari.....	50
Gambar IV.7 Hasil Pengujian Balok Normal Air Laut 28 Hari.....	51
Gambar IV.8 Hasil Pengujian Balok Normal Air Laut 360 Hari.....	51
Gambar IV.9 Diagram Kapasitas Lentur Balok GFRP dan Balok Tulangan GFRP Air Laut	52
Gambar IV.10 Hasil Pengujian balok GFRP Air Laut 360 hari	52
Gambar IV.11 Hasil Pengujian Balok Tulangan GFRP Air Laut	53
Gambar IV.12 Hasil Pengujian Kapasitas Lentur Balok GFRP dan Balok normal Air Laut.....	54
Gambar IV.13 Hasil Pengujian Kuat Tarik Tulangan.....	55
Gambar IV.14 Hasil Pengujian Infiltrasi Klorida Beton.....	56

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

SINGKATAN	NAMA	PEMAKAIAN PERTAMA KALI PADA HALAMAN
SCC	Self Compacting Concrete	1
GFRP	Glass Fiber Reinforced Polymer	3
SNI	Standar Nasional Indonesia	6
$x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	Kalsium Silikat	7
$\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	Kalsium Sulfat	7
NaOH	Natrium Hidroksida	9
ASTM	American Standard Testing and Material	9
FRP	Fiber Reinforced Polymer	13
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Polymer	13
AFRP	Carbon Fiber Reinforced Polymer	13
Cl	Klorida	15
Na	Natrium	15
Mg	Magnesium	15
SO ₄	Sulfat	15
f'_c	kuat tekan	17
P	Beban tekan (N)	20
A	Luas penampang benda uji (mm ²)	20
R	Kuat lentur beton (N/mm ²) beban maksimum yang menagkibatkan keruntuhan	17
P	balok uji, dalam Newton	21
L	panjang bentang diantara kedua blok tumpuan, dalam mm	21
B	lebar balok rata-rata pada penampang runtuh, dalam mm	21
D	tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh, dalam mm	22
SN	Silinder Normal	32
BN	Balok normal	33
BFT	Balok Fiber Tulangan	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Pengujian Karakteristik Agregat Halus	63
Lampiran B Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	70
Lampiran C Batas Zona Agregat Halus Dan Agregat Kasar	77
Lampiran D Mix Design Silinder.....	81
Lampiran E Mix Design Balok	83
Lampiran F Perhitungan Pengujian.....	85
Lampiran G Dokumentasi Penelitian	88

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Saat ini dunia konstruksi mengalami perkembangan yang sangat pesat, berkaitan dengan hal tersebut maka beton memiliki peran yang sangat penting sebagai material utama yang umum digunakan. Beton merupakan elemen struktur bangunan yang telah dikenal dan banyak dimanfaatkan. Beton banyak mengalami perkembangan, baik dalam pembuatan campuran maupun dalam pelaksanaan konstruksinya.

Struktur beton bertulang didesign untuk memenuhi keamanan (*safety*) dan layak pakai (*serviceability*), karena struktur beton bertulang sangat kuat terhadap tarik maupun lentur. Beton bertulang terdiri dari campuran beton yang berfungsi untuk menahan gaya tekan yang diakibatkan oleh beban-beban yang diberikan dan besi tulangan untuk menahan gaya tarik yang terjadi.

Jika pengecoran dilakukan tidak baik, maka kualitas beton akan tidak baik pula, maka dari itu diperlukan sebuah teknologi atau metode yang memungkinkan pengecoran dapat dilakukan dengan merata dan terjaga homogenitasnya. salah satu solusinya adalah dengan menggunakan beton yang dapat memadat sendiri (*self compacting concrete-SCC*) tanpa menggunakan alat pemadat atau mesin penggetar (*vibrator*). Beton memadat mandiri (*SCC*) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton ini dicampur dengan

pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *superplastiziser* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton Ladwing, dkk (2001).

Sebagian besar dari permukaan bumi ini merupakan wilayah laut yang didalamnya terkandung berbagai sumber daya alam yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan manusia. Mulai dari sumber makanan seperti ikan dan tumbuhan laut, sumber energi seperti minyak bumi dan pembangkit tenaga listrik, tenaga gelombang sebagai sarana transportasi dan tempat wisata. Semua itu membuat manusia dapat memanfaatkannya. Air laut sendiri memiliki kandungan garam yang tinggi yang dapat menggerogoti kekuatan dan keawetan beton yang terekspos dengan air laut. Hal ini disebabkan karena kandungan klorida yang terdapat pada air laut yang merupakan garam yang bersifat agresif terhadap bahan lain termasuk beton. Kerusakan dapat terjadi pada beton akibat reaksi antara air laut yang agresif dan terpenetrasi kedalam beton dengan senyawa-senyawa didalam beton yang mengakibatkan beton tersebut kehilangan massa, kehilangan kekuatan dan kekakuannya serta mempercepat proses pelapukan. (Mehta, 1991).

Dalam perkembangannya struktur beton juga banyak mengalami masalah-masalah seperti kegagalan struktur. Salah satu masalah yang sering di jumpai adalah pembangunan struktur pada daerah ekstrem seperti pada lingkungan yang terekspos langsung dengan air laut. Di lingkungan tersebut kekuatan struktur bangunan akan menurun disamping oleh beban struktur tersebut dengan adanya beban lingkungan

yang diakibatkan oleh ion klorida yang terkandung di air laut yang masuk kedalam beton (Mufti, 2017).

Jika ion klorida yang terkandung pada air laut terkontaminasi langsung dengan beton, maka beton tersebut akan mengalami korosi pada tulangnya. Jika hal tersebut terjadi maka ada dua hal yang dapat dilakukan yaitu dengan membongkar struktur yang telah rusak dan menggantinya dengan struktur yang baru atau memberikan sebuah perkuatan pada struktur tersebut dengan teknologi konstruksi yang telah berkembang pada saat ini, salah satunya adalah *Glass Fiber Reinforced polymer* (GFRP).

GFRP adalah material perkuatan struktur secara eksternal yang banyak digunakan sekarang ini untuk berbagai jenis konstruksi. Aplikasi GFRP ini dapat digunakan di konstruksi gedung dan jembatan serta dapat juga digunakan di konstruksi yang terekspos langsung dengan air laut seperti pada konstruksi dermaga (Djamaluddin dkk,2011). Keunggulan dari GFRP ini yaitu bahan non logam yang tahan korosi meskipun berada dalam lingkungan laut dalam jangka panjang maka dalam penelitian ini digunakan GFRP sebagai penguat external dan proteksi dalam mengatasi terjadinya degradasi kekuatan struktur serta meningkatkan kekuatan struktur yang telah mengalami degradasi kekuatan akibat korosi pada tulangan. GFRP diletakan pada bagian struktur yang mulai menunjukkan penurunan kinerjanya, yaitu dengan cara menempelkan ataupun melilitkan GFRP pada bagian yang lemah, sehingga GFRP tersebut mampu menyokong struktur untuk tetap bertahan pada posisi yang diharapkan. Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan diatas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang beton SCC dan balok beton bertulang yang

diselimuti GFRP-S yang direndam di air laut. Adapun penelitian ini berjudul “ **Kajian Eksperimental Balok Beton Bertulang yang Diselimuti GFRP**”.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan SCC direndam di air tawar dan di air laut ?
2. Bagaimana perbandingan kuat lentur balok beton bertulang dan balok beton tanpa tulangan yang menggunakan SCC diselimuti GFRP dengan perendaman air laut ?
3. Bagaimana perbandingan kuat tarik besi tulangan sebelum dan sesudah diaplikasikan dalam balok beton ?
4. Bagaimana hubungan infiltrasi klorida terhadap permukaan beton SCC yang diselimuti GRFP yang direndam di air laut ?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan SCC direndam di air tawar dan air laut.
2. Untuk mengetahui perbandingan kuat lentur balok beton bertulang dan balok beton tanpa tulangan yang menggunakan SCC diselimuti GFRP dengan perendaman air laut.
3. Untuk mengetahui perbandingan kuat tarik besi tulangan sebelum dan sesudah diaplikasikan dalam balok beton.

4. Untuk mengetahui hubungan infiltrasi klorida terhadap permukaan beton SCC yang diselimuti GRFP yang direndam di air laut.

I.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan beton SCC.
2. Menggunakan metode perkuatan GFRP.
3. Mutu beton $f'c = 25$ MPa
4. Menggunakan type perekat GFRP fyfo.co SEH 51
5. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu silinder yang dimensinya 10 cm x 20 cm, serta balok 10 cm x 12 cm x 60 cm.
6. Proses *Curing* atau perawatan pada beton yang menggunakan air laut.
7. Benda uji kontrol yang direndam di air tawar (biasa)
8. Pemberian besi (8 mm) tulangan pada balok beton yang diselimuti GFRP.
9. Pengujian kuat tekan benda uji silinder.
10. Pengujian kuat tarik besi tulangan pada balok beton.
11. Pengujian kuat lentur balok beton bertulang
12. Pengujian infiltrasi klorida terhadap permukaan beton yang diselimuti GFRP.
13. Pada pengujian kuat lentur dilakukan pada umur perendaman 28 dn 360 hari.
14. Pada pengujian infiltrasi klorida dan kuat tarik tulangan dilakukan pada umur perendaman 360 hari.
15. Tidak memvariasikan SCC
16. Kedalaman infiltrasi klorida dilakukan pada kedalaman Cm1, Cm2, dan Cm3

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Beton

Menurut SNI-03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen Portland, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang membentuk masa padat. Beton disusun dengan menggunakan agregat halus dan kasar. Agregat halus yang digunakan biasanya pasir alam atau pasir yang dihasilkan oleh pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya batu alam atau batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

Beton terdiri dari ± 15 % semen, ± 8 % air, ± 3 % udara dan selebihnya pasir dan kerikil. Setelah mengeras campuran tersebut mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton. (Wuryati, 2001). Beton memiliki kelemahan yaitu kuat Tarik yang rendah oleh karena itu perlu diberikan tulangan.

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 3.13 mendefinisikan beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya. Beton bertulang terbuat dari gabungan antara beton dan tulangan baja. Oleh karena itu, beton bertulang memiliki sifat yang sama seperti bahan-bahan penyusunnya yaitu sangat kuat terhadap beban tekan dan beban tarik.

II.2 Bahan Penyusun Beton

Untuk membentuk suatu bangunan yang kokoh dan kuat, hal yang perlu diketahui adalah bahan-bahan penyusun beton. Adapun penjelasan mengenai bahan penyusun beton itu sendiri yaitu sebagai berikut :

II.2.1 Semen

Semen merupakan suatu bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan – bahan material seperti agregat kasar, agregat halus dan air, hingga bisa membentuk sebuah bangunan. Sedangkan dalam pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan – bahan padat menjadi satu kesatuan yang kuat dan kokoh. (Bonardo Pangaribuan, Holcim).

Sedangkan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen Portland adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (Clinker) portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Mineral in component).

Hidrolis berarti bisa bereaksi dengan air, senyawanya yang bersifat hidrolis akan bereaksi dengan air secara cepat. Semen portland bersifat hidrolis karena di dalamnya terkandung kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) dan kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) yang bersifat hidrolis dan sangat cepat bereaksi dengan air. Reaksi semen dengan air berlangsung secara *irreversibel*, artinya hanya dapat terjadi satu kali dan tidak bisa kembali lagi ke kondisi semula. Bahan kimia utama penyusun semen adalah kalsium

silikat ($x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4\cdot x\text{H}_2\text{O}$) dan bahan tambahan lain (Mineral in component) yang berperan sebagai *cement filler*.

Ada beberapa tipe-tipe semen diantaranya sebagai berikut :

1. Semen portland tipe I, yaitu semen yang dapat digunakan secara umum tanpa ada persyaratan khusus lainnya.
2. Semen portland tipe II, yaitu semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap senyawa sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Semen portland tipe III, yaitu semen yang pada penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi.
4. Semen portland tipe IV, yaitu semen yang pada penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang lebih rendah.
5. Semen portland tipe V, yaitu semen yang pada penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang tinggi.

II.2.2 Agregat

Agregat adalah komponen beton yang paling berperan dalam suatu campuran beton segar. Agregat merupakan salah satu dari bahan material beton yang terdiri dari kerikil dan pasir baik berupa hasil alam atau lainnya. Agregat merupakan suatu material yang digunakan dalam campuran adukan beton yang membentuk suatu beton. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan, secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya. Dalam campuran beton, agregat merupakan bahan penguat (*strengter*) dan pengisi (*filler*), dan menempati 60% — 75% dari volume total beton. Agregat ada 2 yaitu sebagai berikut :

1. Agregat halus

Agregat Halus merupakan sebuah pasir sebagai bahan pengisi diantara agregat kasar sehingga menjadikan ikatan lebih kuat yang mempunyai Bj 1400 kg/m. Agregat halus yang baik tidak mengandung lumpur lebih besar 5 % dari berat, tidak mengandung bahan organik lebih banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari ABRAMS-HARDER dengan larutan NaOH 3 %.

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi. Berdasarkan ASTM C33 agregat halus umumnya berupa pasir dengan partikel butir lebih kecil dari 5 mm atau lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200. Untuk mengetahui batasan gradasi untuk agregat halus dapat di lihat pada Tabel II.1.

Tabel II.1 Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan / Ayakan			
				Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
Mm	SNI	ASTM	Inch	Gradasi No.1	Gradasi No.2	Gradasi No.3	Gradasi No.4
9,50	9,6	³ / ₈ in	0,375	100-100	100-100	100-100	100-100
4,75	4,8	No.4	0,187	90-100	90-100	95-100	95-100
2,36	2,4	No.8	0,093	60-95	75-100	95-100	80-100
1,18	1,2	No.16	0,046	30-70	55-90	90-100	50-85
0,60	0,6	No.30	0,023	15-34	35-59	80-100	25-60
0,30	0,3	No.50	0,011	5-20	8-30	15-50	5-30
0,15	0,15	No.100	0,005	0-10	0-10	0-15	0-10

Sumber : SNI 03-2834-2000

2. Agregat Kasar

Agregat kasar atau biasa juga disebut dengan kerikil sebagai bahan alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm – 150 mm. Agregat kasar terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori, agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % dalam keadaan kering bila kadar lumpurnya melebihi 1 % maka agregat tersebut harus dicuci.

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar merupakan kerikil sebagai batuan alami atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 37,5 mm (No. 1½ inci).

Tabel II.2 Batasan Gradasi Untuk Agregat Kasar

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan / Ayakan		
				Ukuran maks. 10 mm	Ukuran maks. 20 mm	Ukuran maks. 40 mm
Mm	SNI	ASTM	Inch			
75,0	76	3 in	3,00	-	-	100-100
37,5	38	1 ½ in	1,50	-	100-100	95-100
19,0	19	¾ in	0,75	100-100	95-100	35-70
9,5	9,6	⅜ in	0,375	50-85	30-60	10-40
4,75	4,8	No.4	0,187	0-10	0-10	0-5

Sumber : SNI 03-2834-2000

Berdasarkan ASTM C33 Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm. adapun jenis-jenis agregat kasar yang umum adalah:

1. Batu pecah alami, Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.

2. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.

Untuk mengetahui batasan gradasi untuk agregat kasar dapat di lihat pada Tabel II.2.

II.2.3 Air

Dalam sebuah pembuatan beton segar, air merupakan salah satu faktor yang sangat penting, karena air yang bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air berpengaruh pada kuat tekan beton, karena jika kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan juga mengakibatkan beton mengalami *bleeding*, yaitu air dengan semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap sifat *workability* adukan beton, besar kecilnya nilai susut beton, kelangsungan reaksi dengan semen portland sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu, dan peranan air sangat mendukung perawatan adukan beton diperlukan untuk menjamin pengerasan yang baik.

Sedangkan menurut SK SNI 03-2847-2002 Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung kadar organik, garam, asam dan oli atau bahan-bahan lainnya yang dapat menurunkan kualitas beton atau tulangan. Air pencampur yang digunakan pada beton bertulang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan air dalam campuran adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Air yang digunakan tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/ltr, karena dapat mengurangi daya lekat atau bisa juga mengembang (pada saat pengecoran karena bercampur dengan air) dan menyusut (pada saat beton mengeras karena air yang terserap lumpur menjadi berkurang).
2. Air yang digunakan tidak mengandung garam lebih dari 15 gr, karena resiko terhadap korosi pada beton semakin besar.
3. Air tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gr/ltr karena bisa menyebabkan korosi pada tulangan beton.
4. Air tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr karena dapat menurunkan mutu beton sehingga akan rapuh dan lemah.
5. Air tidak mengandung minyak lebih dari 2 % dari berat semen karena akan mengurangi kuat tekan beton sebesar 20 %.
6. Air tidak mengandung gula lebih dari 2 % dari berat semen karena akan mengurangi kuat tekan beton pada umur 28 hari.

II.2.4 Bahan Tambah

SCC adalah beton yang memiliki sifat kecairan (*fluidity*) yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang sulit di dalam cetakan tanpa proses pemadatan atau hanya sedikit sekali memerlukan bantuan pemadatan (Wihardi, dkk, 2006; Sugiharto, dkk, 2006). SCC baik digunakan untuk struktur-struktur yang sangat

sulit untuk dilakukan pemadatan manual misalnya pada pengecoran kolom bangunan, karena tulangan yang sangat rapat ataupun karena bentuk bekisting tidak memungkinkan, sehingga dikhawatirkan akan terjadi keropos apabila dipadatkan secara manual. Selain itu bisa juga diaplikasikan untuk lantai, dinding, tunnel, beton precast dan lain-lain.

Adapun kelebihan pada beton SCC ini adalah sebagai berikut :

- 1) Bahan ini mampu memadat dengan sendiri dan tidak memerlukan pemadatan manual (*Vibrator*).
- 2) Sangat encer, sehingga bisa masuk ke sela-sela yang ingin dicor.
- 3) Lebih homogen dan stabil.
- 4) Lebih kedap, porositas lebih kecil. dan Susut lebih rendah.
- 5) Baik digunakan dalam jangka panjang (*durable*).
- 6) Tampilan permukaan beton lebih baik dan halus karena agregatnya biasanya berukuran kecil sehingga nilai estetis bangunan menjadi lebih tinggi.
- 7) Pada saat pengecoran tidak bising, karena tidak menggunakan alat pemadat manual (*vibrator*).
- 8) Tenaga kerja yang dibutuhkan juga lebih sedikit karena beton dapat mengalir dengan sendirinya sehingga dapat menghemat biaya sekitar 50 % dari upah buruh.

II.3 Slump Flow

Slump flow adalah cara yang sederhana untuk menentukan workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran

diameter yaitu antara 60 cm – 75 cm. Kebutuhan nilai *slump* flow untuk pengecoran konstruksi bidang vertikal berbeda dengan bidang horizontal. Kriteria yang umum dipakai untuk penentuan awal workabilitas beton SCC berdasarkan tipe konstruksi adalah sebagai berikut :

1. Untuk konstruksi vertikal, disarankan menggunakan *slump*-flow antara 65 cm sampai 70 cm.
2. Untuk konstruksi horisontal disarankan menggunakan *slump*flow antara 60 cm sampai 65 cm

Langkah-langkah pengujian *Slump Flow* :

1. Siapkan alat dan bahan
2. Basahi cetakan (kerucut abram), dan letakkan diatas permukaan yang datar dan tidak menyerap air.
3. Cetakan harus ditahan secara kokoh ditempat selama pengisian
4. Kemudian isi cetakan dengan tiga lapisan
5. Setiap lapisan ditumbuk 25 kali dengan batang pemadat
6. Kemudian ratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk diatasnya
7. Angkat cetakan secara vertical secara hati-hati
8. Setelah menunjukkan penurunan kemudian ukur segera nilai slump dengan cara mengukurnya secara horizontal.
9. Beton segar siap untuk dimasukkan kedalam cetakan

II.4 *Fiber Reinforced Polyme (FRP)*

Salah satu metode perkuatan struktur yang banyak digunakan sekarang yaitu metode perkuatan struktur secara eksternal dengan menggunakan *Fiber Reinforced Polymer* atau FRP (ACI *committee* 440.2R-08,2008). Material FRP ini memiliki banyak kelebihan antara lain kuat tarik yang tinggi, non korosif, berat jenis yang ringan dan mudah diaplikasikan pada struktur bangunan (Bukorsyom, 2011). Secara umum terdapat tiga jenis material FRP yaitu GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*), CFRP (*Carbon Reinforced Polymer*), dan AFRP (*Aramid Reinforced Polymer*), pada penelitian ini peneliti hanya membahas tentang GFRP-S.

II.4.1 *Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP)*

AFRP dikenal sebagai serat poliamida aromatik memiliki kekuatan tinggi, modulus elastis tinggi, dan 40% kerapatan yang lebih rendah daripada serat kaca. Biaya serat aramid lebih tinggi dari serat kaca dan Basalt membuat mereka kurang umum dalam aplikasi struktural. Selain itu, serat aramid akan menyerap kelembaban sehingga penyimpanan dan Perencanaan proyek menggunakan serat aramid sangat penting sampai serat telah diresapi dengan matriks polimer

II.4.2 *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*

CFRP adalah jenis material perkuatan struktur secara eksternal yang tahan terhadap korosi, memiliki kuat tarik yang tinggi, superior dalam daktilitas, bobotnya ringan sehingga tidak memerlukan peralatan yang berat untuk membawanya ke lokasi.

Seiring dengan tingkat kerusakan struktur yang membutuhkan perkuatan lebih untuk meningkatkan kapasitas, maka dibutuhkan alternatif jumlah lapisan CFRP yang efektif.

Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh CFRP tidak dimiliki oleh baja tulangan yaitu : mempunyai kuat tarik yang jauh lebih tinggi dari kuat tarik baja tulangan, yaitu sebesar 3500 MPa, tidak mengalami korosi karena terbuat dari bahan non logam, mempunyai penampang yang kecil dan ringan dengan berat 1,5 g/cm³, serta mudah pemasangannya. (Sumargo,2014).

II.4.2 Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)

GFRP adalah material perkuatan struktur secara eksternal yang banyak digunakan sekarang ini untuk berbagai jenis konstruksi. Aplikasi GFRP-S ini dapat digunakan di konstruksi gedung dan jembatan serta dapat juga digunakan di konstruksi yang terekspos langsung dengan air laut seperti pada konstruksi dermaga (Djamiluddin dkk,2011).

GFRP memiliki dua produk yaitu Tyfo SEH 25 A dan Tyfo SEH 51 A. Pada penelitian ini menggunakan Tyfo SEH 51 A, yang dimana tipe ini terdiri dari serat material kaca dalam arah 0⁰ dengan menambahkan serat kaca berwarna kuning yang berorientasi dalam arah 90⁰ dan tegak lurus dengan serat kaca. Penggunaan Tyfo SEH 51 A dengan penambahan bahan epoxy yaitu untuk meningkatkan kekuatan dari struktur bangunan, jembatan.

Keuntungan dari GFRP Tyfo SEH 51 A yaitu

- 1) Lebih awet dibandingkan dengan beton konvensional

- 2) Bebas bahan pelarut
- 3) Ramah lingkungan
- 4) Pengerjaannya relatif cepat
- 5) Lebih ringan dan tipis dibandingkan dengan menggunakan perkuatan baja

Namun bahan ini juga memiliki kelemahan-kelemahan yaitu tidak tahan terhadap suhu tinggi. Suhu sekitar 700⁰C bahan perekat jenis epoxy ini akan berubah dari kondisi keras menjadi lunak, bersifat plastis sehingga daya lekatnya akan menurun. Bahan ini juga tidak tahan terhadap sinar ultra violet. Untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan pelapisan atau penutupan dengan mortar.

Tabel II.3 Spesifikasi GFRP type SEH 51 A

Sifat-Sifat Material Fiber Lepas	
Sifat-Sifat	Nilai Test
Tegangan Tarik	3,24 GPa
Modulus Tarik	72,4 GPa
Regangan Maksimum	4,50%
Kerapatan	2,55 g/cm ³
Berat Perluasan	915 g/m ²
Tebal Fiber	0,36 mm

Langkah – langkah pemasangan GFRP pada beton :

- 1) Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
- 2) Beton yang berumur 1 hari, di Persiapkan untuk dibungkus dengan GFRP.
- 3) Epoxy yang digunakan adalah 2 : 1, komponen A = 2 dan komponen B = 1.
- 4) Mengoleskan epoxy ke GFRP dan beton yang akan di pasang GFRP.

- 5) Membungkus permukaan sampel dengan GFRP. Proses membungkus GFRP dilakukan dengan perlahan dan dilakukan dengan satu arah agar semua permukaan sampel dapat terbungkus dengan sempurna dan tidak memiliki rongga.
- 6) Kemudian diamkan selama 24 jam, sampai GFRP tersebut mengeras.

Tabel II.4 Spesifikasi GFRP Type SEH51 dalam bentuk komposit

Sifat Lapisan Komposit (GFRP + EPOXY)			
Uraian	Metode ASTM	Nilai Test	Nilai Desain
Tegangan tarik ultimate dalam arah utama fiber	D-3039	575 MPa	460 MPa
Regangan	D-3039	2,20%	2,20%
Modulus tarik	D-3039	26,1 GPa	20,9 GPa
Tegangan tarik ultimate 90 ⁰ dari arah utama fiber	D-3039	25,8 MPa	20,7 MPa
Tebal Lapisan		1,3 mm	1,3 mm

II.4.2 Epoxy (Perekat)

Epoxy adalah perekat yang berfungsi merekatkan GFRP dengan bahan lain seperti beton, baja dan pipa. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan epoxy komponen A dan komponen B adalah 2 : 1.

Tyfo SW-1 diformulasikan untuk digunakan sebagai bahan penambal, primer dan bahan perekat dalam aplikasi serat pembungkus. Tyfo SW-1 12 dapat digunakan untuk melapisi atau memperbaiki beton dan material baja di dalam air, dimana Tyfo SW-1 berfungsi memberikan perlindungan terhadap korosi dan kerusakan akibat garam atau air tawar. Epoxy ini diformulasikan khusus untuk struktur daerah pantai.

II.5 Air Laut

Air laut adalah air yang biasa disebut dengan air di laut yang terdiri dari campuran 96,5 % air murni dan 3,5 % material lainnya seperti garam-garaman, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Menurut keputusan menteri lingkungan hidup No.51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut, Air laut memiliki kadar garam rata-rata sekitar 35.000 ppm atau 35 g/lit, airtinya dalam 1 liter air laut (1000 ml) terdapat 35 gram. Kandungan kimia utama dari air laut adalah klorida (Cl), natrium (Na), magnesium (Mg), sulfat (SO₄). Nilai pH air laut bervariasi antara 7,5 – 8,5.

Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (hydrothermal vents) di laut dalam.

Secara ideal, salinitas merupakan jumlah dari seluruh garam-garaman dalam gram pada setiap kilogram air laut. Secara praktis, adalah susah untuk mengukur salinitas di laut, oleh karena itu penentuan harga salinitas dilakukan dengan meninjau komponen yang terpenting saja yaitu klorida (Cl). Kandungan klorida ditetapkan pada tahun 1902 sebagai jumlah dalam gram ion klorida pada satu kilogram air laut jika semua halogen digantikan oleh klorida. Penetapan ini mencerminkan proses kimiawi titrasi untuk menentukan kandungan klorida.

Klorida banyak ditemukan di alam, hal ini di karenakan sifatnya yang mudah larut. Kandungan klorida di alam berkisar < 1 mg/l sampai dengan beberapa ribu mg/l di dalam air laut. Air buangan industri kebanyakan menaikkan kandungan klorida demikian juga manusia dan hewan membuang material klorida dan nitrogen yang tinggi. Kadar Cl⁻ dalam air dibatasi oleh standar untuk berbagai pemanfaatan yaitu air minum, irigasi dan konstruksi.

Kotoran manusia khususnya urine, mengandung klorida dalam jumlah yang kira-kira sama dengan klorida yang dikonsumsi lewat makanan dan air. Jumlah ini rata-rata kira-kira 6 gr klorida perorangan perhari dan menambah jumlah Cl dalam air bekas kira-kira 15 mg/l di atas konsentrasi di dalam air yang membawanya, disamping itu banyak air buangan dari industri yang mengandung klorida dalam jumlah yang cukup besar.

Klorida dalam konsentrasi yang layak adalah tidak berbahaya bagi manusia. Klorida dalam jumlah kecil dibutuhkan untuk desinfectan. Unsur ini apabila berikatan dengan ion Na⁺ dapat menyebabkan rasa asin (Sutrisno.T, 2004).

II.6 Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah tinggi 20 cm dan diameter 10 cm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996).

Rumus yang digunakan pada persamaan (3-1) untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut (Antono, 1995):

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (II.1)$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan (Mpa)

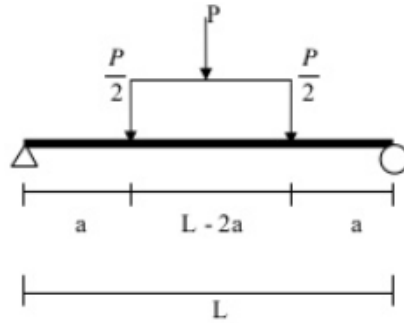
P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

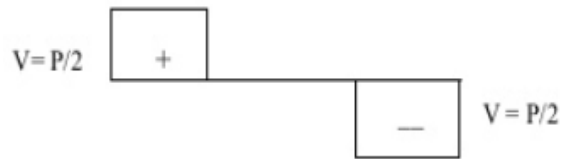
II.7 Kuat Lentur

Kuat lentur yaitu nilai tegangan tarik yang dihasilkan oleh momen lentur dan dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Berdasarkan dengan SNI 03 2493-1991 tentang Metode Pembuatan dan Perawatan benda uji lentur dengan panjang balok empat kali lebar balok, tinggi balok lebih besar dari lebar balok.

Sebuah balok sederhana yang dibebani secara sintesis oleh dua buah gaya $P/2$ yang dapat dilihat pada Gambar II.1 Balok Sederhana dengan 2 titik pembebanan, Gambar II.2 Gaya lintang (V) dan diagram momen lentur pada Gambar II.3.



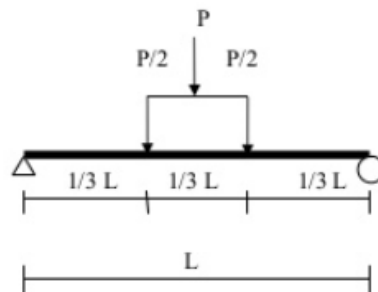
Gambar II.1 Balok Sederhana Dengan 2 Titik pembebanan



Gambar II.2 Gaya lintang (V)



Gambar II.3 Diagram momen lentur



Gambar II.4 Pembebanan 1/3 Bentang ($1/3 L$)

Pada dasarnya ada tiga jenis keretakan pada balok, (Gilbert, 1990):

1. Retak lentur (*Flexural crack*) terjadi didaerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok.
2. Retak geser pada bagian balok (*web shear crack*), yaitu keretakan miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil.
3. Retak geser-lentur (*flexural shear crack*), terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak geser lentur merupakan perambatan retak miring dari retak lentur yang sesudah terjadi sebelumnya.

II.8 Kuat Tarik Tulangan

Menurut SNI 07-2529-1991, Pengujian kuat tarik besi tulangan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tarik baja beton dan parameter lainnya (Tegangan Leleh, dan Tegangan Putus). Pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pengendalian mutu baja.

Baja beton adalah baja yang digunakan sebagai penulangan dasar dalam konstruksi beton bertulang, nilai kuat tarik leleh adalah besarnya 'gaya tarik yang bekerja pada saat benda uji mengalami, leleh pertama, sedangkan nilai kuat tarik putus adalah besarnya gaya tarik maksimum yang bekerja pada saat benda uji putus. Pada penelitian ini menggunakan besi tulangan yang berdiameter 10 mm, karena tulangan

yang berdiameter 10 mm adalah tulangan yang sederhana digunakan untuk konstruksi balok dan kolom.

Kegagalan pada balok beton bertulang pada dasarnya dipengaruhi oleh melelehnya tulangan baja dan hancurnya beton bertulang. Ada 3 kemungkinan yang bisa terjadi yang menyebabkan kegagalan balok beton bertulang, yaitu :

a. Kondisi balanced reinforced

Tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya dan akan hancur karena tekan.

$$\text{Kondisi regangan : } \epsilon_c = 0,003 \text{ dan } \epsilon_s = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\text{Pada kondisi ini berlaku : } \rho = \rho_{\text{balanced}} \text{ dan } \epsilon_s = \epsilon_y$$

b. Kondisi Over-Reinforced

Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak dari yang diperlukan dalam keadaan balanced. Keruntuhan ditandai dengan hancurnya penampang beton terlebih dahulu sebelum tulangan baja meleleh.

$$\text{Pada kondisi ini berlaku: } \rho > \rho_{\text{balanced}} \text{ dan } \epsilon_s < \epsilon_y$$

c. Kondisi Under-Reinforced

Kondisi ini terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi balanced. Keruntuhan ditandai dengan lelehnya tulangan baja terlebih dahulu dari betonnya.

II.9 Infiltrasi Klorida

Ion klorida adalah suatu unsur yang ada didalam air laut yang mempunyai sifat korosif. Ion-ion klorida yang terekspos langsung dengan permukaan suatu logam dapat mengakibatkan hilangnya lapisan pasif logam $\text{Fe}(\text{OH})_2$ sehingga logam menjadi lebih mudah terserang korosi. Apabila ion klorida terekspos langsung dengan permukaan beton maka akan berkurangnya sifat dari kekuatan beton dan kerapuhan permukaan beton. Sedangkan pada struktur beton bertulang, jika ion klorida masuk ke dalam beton, lambat laun ion klorida tersebut akan menyerang permukaan tulangan sehingga tulangan menjadi korosi. Berdasarkan dengan pernyataan tersebut, maka diperlukan suatu metode uji untuk mengukur ion klorida yang masuk kepermukaan besi tulangan beton, sehingga jika ada pembangunan didaerah ekstrem seperti daerah pantai maka efek negatif yang terkandung dalam ion klorida dapat diminimal.

II.10 Perawatan di air laut

Seiring berjalannya waktu pembangunan infrastruktur sangat pesat, dan tidak dapat dipungkiri bahwa pembangunan infrastruktur di daerah pantai sudah lazim terjadi, oleh karena itu pada penelitian ini peneliti menggunakan curing air laut dengan tujuan untuk membandingkan beton yang direndam di air tawar.

II.11 Peneliti Terdahulu

Ada beberapa penelitian sebelumnya tentang persentase klorida pada permukaan beton dan penggunaan GFRP dalam menjaga kualitas beton dan sebagai material perkuatan eksternal. Penelitian tersebut antara lain :

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Robby Setyadi Kwandou tahun 2014 dengan judul Simulasi Laboratorium Pengaruh rendaman Air Laut Terhadap Kapasitas Rekatan GFRP-S Pada balok Beton Bertulang. Kedalaman infiltrasi untuk kondisi perendaman laut dan kolam selama 6 bulan, terlihat bahwa infiltrasi klorida pada kedalaman 1 cm dari permukaan berada pada interval yang lebih kecil dari 1%. Pada balok perendaman kolam, persentase kadar klorida yang terjadi sebesar 0,75% sedangkan balok perendaman laut memiliki nilai persentase klorida sebesar 0,64% pada kedalaman 1 cm. Sedangkan nilai persentase klorida pada kedalaman 2 cm dari permukaan sebesar 0,54% untuk balok perendaman laut dan 0,58% untuk balok perendaman kolam. Pada kedalaman 3 cm dari permukaan, persentase kadar klorida yang terjadi sebesar 0,53% untuk balok perendaman laut dan 0,57% untuk balok perendaman kolam. Berdasarkan kedua nilai tersebut dapat dilihat bahwa persentase infiltrasi klorida terbesar yang terjadi masih berada di bawah 1%. Sedangkan pada penelitian ini kadar klorida pada kedalaman cm 1 sebesar 0,5%, kedalaman cm 2 sebesar 0,4 cm sedangkan pada cm 3 sebesar 0,07%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Asri Mulya Setiawan tahun 2018 dengan judul Pengaruh Air Laut Terhadap Kapasitas Beban Pada Balok Beton Bertulang yang diperkuat GFRP-S dengan Perendaman Selama Satu Tahun. Hasil pengujian pada benda uji tanpa perkuatan GFRP-S menunjukkan bahwa terjadi penurunan kapasitas beban terhadap benda uji BN_0 sebesar 1,383 %. Penurunan kapasitas benda uji BN_6 ini setelah perendaman air laut selama 6 bulan. Sedangkan untuk benda uji dengan perkuatan GFRP-S menunjukkan penurunan beban maksimum pada benda uji BF_6 dan

BF₁₂ terhadap benda uji BF₀. persentase penurunan beban berturut-turut adalah 3,898% dan 4,285%. Penurunan kapasitas beban benda uji BF₁₂ ini setelah perendaman air laut selama 12 bulan. Disebabkan karena terjadinya penurunan kapasitas rekatan pada GFRP seiring dengan lama rendaman, sehingga mempercepat terjadinya debonding. Sedangkan pada penelitian ini persentase penurunan yang terjadi pada balok GFRP dengan balok normal sebesar 82,15%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ray Richard Suharjo, 2016, bahwa Hasil pengujian menunjukkan beban ultimit yang dapat diterima oleh balok dengan perkuatan GFRP untuk benda uji BF24-1 dan BF24-2 adalah 43,11 kN dan 44,65 kN, dan terjadi lendutan masing-masing 39,91 mm dan 38,26 mm dengan lebar rekatan 0,38 mm dan ,72 mm

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rudi Djamaluddin pada tahun 2015. Benda uji berupa 12 balok beton berukuran 10 cm x 12 cm x 60 cm dengan perkuatan GFRP-S. tiga balok tidak direndam di air laut sedangkan tiga balok masing-masing direndam di laut selama 1 bulan, 3 bulan ,dan 6 bulan. Pemeriksaan dilakukan pada beban ultimit, lendutan, regangan GFRP-S dan regangan GFRP-S seiring dengan meningkatkan waktu rendaman. Penurunan kapasitas lentur disebabkan oleh penurunan kapasitas rekatan GFRP-S. hasil analisis menunjukkan terjadi penurunan kapasitas rekatan GFRP-S sekitar 15% setelah perendaman 6 bulan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ma'rifah Ishmayanti pada tahun 2014. Faktor koreksi beban ultimit balok perendaman laut terhadap perendaman kolam sebesar 0,92 0,89 0,87 dan 0,82 untuk perendaman 1 bulan, 3 bulan, 6 bulan dan 12

bulan. seiring penurunan kapasitas beban balok GFRP-S yang direndam selama 6 bulan dan 12 bulan, efektivitas rekatan balok GFRP-S yang direndam juga mengalami penurunan sebesar 7,37% dan 7,64% terhadap efektivitas rekatan balok GFRP-S yang tidak direndam. (Asri Mulya Setiawan, 2015). Beton SCC mampu meningkatkan kapasitas momen maksimum pada balok sebesar 10,723 % hingga 15,231 % terhadap balok normal.(Peningkatan rata-rata kuat lentur yang terjadi sebesar 84,21% untuk balok beton dengan perkuatan GFRP bila dibandingkan dengan tanpa adanya perkuatan GFRP untuk kondisi normal tanpa interaksi dengan lingkungan laut. Sementara pada kondisi balok beton yang berinteraksi dengan lingkungan laut juga mengalami peningkatan kuat lentur yang nilainya bervariasi seiring dengan peningkatan waktu interaksi terhadap lingkungan laut (Febryana Armitha, 2013).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III. 1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2018 sampai dengan bulan Agustus 2019, selama kurang lebih 1 tahun dari tahap persiapan sampai dengan tahap pengujian. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar, laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang dan laboratorium Kimia Analitik Universitas Hasanuddin.

III.2 Alat dan bahan

III.2.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Timbangan dengan kepekaan 0,1 gr dan 0,5 gr.
2. Mesin kuat tekan.
3. Oven atau pengering agregat dengan pengaturan suhu (110 5).
4. Mesin penggetar saringan.
5. Satu set saringan dengan ukuran (#3/4, #1/2, #3/8, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, pan).
6. Mixer atau molen untuk pemcampuran beton.
7. Cetakan benda uji, dimensi 10 cm x 20 cm Untuk cetakan silinder dan 10 cm x 12 cm x 60 cm untuk cetakan balok.
8. Alat bantu lainnya :
 - 1) Sendok semen, digunakan untuk mengaduk campuran beton segar.

- 2) Gelas ukur dengan kapasitas 2000 ml dan kapasitas 50 ml, untuk menakar air.
- 3) Cawan atau talam *stainless steel*, digunakan untuk tempat menyimpan bahan-bahan atau agregat pada saat pengujian karakteristik agregat.
- 4) Kuas, digunakan pada saat membersihkan sisa material yang terdapat pada alat-alat yang sudah digunakan.
- 5) Bak perendam, digunakan untuk merendam beton.

III.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar (kerikil)
2. Agregat halus (pasir)
3. Semen portland
4. Air tawar
5. Air laut
6. Baja tulangan
7. *Glass Fiber Reinforced Polymer sheet (GFRP-S)*
8. *Self Compacting Concrete (SCC) / (Superplastizesier)*

III. 3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimental, maka penelitian ini harus dilakukan dengan sistematika yang jelas dan teratur agar diperoleh hasil yang baik dan dapat dipertanggungjawabkan. Variabel yang harus diperhatikan dalam penelitian ini yaitu pada saat proses perencanaan komposisi *mix design* antara semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Proses pemberian baja tulangan pada benda uji balok beton serta

pemasangan *Glass Fiber Reinforced Polymer Sheet* (GFRP) pada benda uji balok beton. Hal lain yang harus diperhatikan dalam penelitian ini adalah proses *Curing* atau perawatan, karna beberapa benda uji direndam di air laut.

III.3.1 Langkah Kerja

1. Tahap I (tahap Persiapan)

Pada tahap persiapan ini seluruh bahan dan alat yang akan digunakan dalam penelitian ini dipersiapkan agar penelitian ini berjalan dengan lancar dan sesuai dengan yang direncanakan. Pembuatan cetakan benda uji untuk balok juga dikerjakan pada tahap ini.

2. Tahap II (uji karakteristik bahan)

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian karakteristik bahan penyusun beton yaitu agregat halus dan agregat kasar. Dari pengujian tersebut dapat diketahui bahan penyusun beton tersebut memenuhi syarat atau tidak.

1) Pengujian agregat halus (pasir) meliputi :

Pada pengujian agregat halus mengacu pada Standar Nasional Indonesia. Tabel III.1 disajikan pengujian agregat halus.

Tabel III.1 Pengujian Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Spesifikasi
1	Kadar Lumpur (%)	0,2 - 5
2	Kadar Air (%)	3 - 5
3	Berat Volume	
	a. Kondisi Lepas (kg/lt)	1,4 - 1,9
	b. Kondisi Padat (kg/lt)	1,4 - 1,9
4	Berat Jenis	
	a. Bj. Nyata (gr)	1,60 - 3,30
	b. Bj. Dasar Kering (gr)	1,60 - 3,31
	c. Bj. Kering Permukaan (gr)	1,60 - 3,32
	d. Absorpsi (%)	0,2 - 2
5	Modulus Kehalusan	2,3 - 3,1
6	Kadar Organik	<No.3

Sumber : Standar Nasional Indonesia

2) Pengujian agregat kasar (kerikil) Meliputi

Pada pengujian agregat halus mengacu pada Standar Nasional Indonesia. Tabel

III.2 disajikan pengujian agregat kasar.

Tabel III.2 Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis pengujian	Spesifikasi
1	Kadar Lumpur (%)	Maks 1
2	Kadar Air (%)	0,5 - 2
3	Berat Volume	
	a. Kondisi Lepas (kg/lt)	1,6 - 1,9
	b. Kondisi Padat (kg/lt)	1,6 - 1,9
4	Berat Jenis	
	a. Bj. Nyata (gr)	1,60 - 3,33
	b. Bj. Dasar Kering (gr)	1,60 - 3,34
	c. Bj. Kering Permukaan (gr)	1,60 - 3,35
	d. Absorpsi (%)	Maks 4
5	Modulus Kehalusan	6 - 7,1
6	Keausan (%)	Maks 50

Sumber : Standar Nasional Indonesia

3. Tahap III (Proses perencanaan *Mix Design*)

Pada proses ini dilakukan perencanaan pembuatan beton segar sesuai dengan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-4433-1997 tentang metode *Mix Design* beton.

4. Tahap IV (Pembuatan benda uji)

Pada tahap pembuatan benda uji ini akan dilakukan proses pencampuran beton segar dan dilakukan berdasarkan hasil perhitungan dari perencanaan *Mix Design*, hal yang harus dilakukan pada tahap ini adalah :

- 1) Proses pencampuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air
- 2) Proses pemberian *Self Compacting Concrete (SCC)/ Superplastizesier*
- 3) Proses pengujian *Slump Test*
- 4) Proses memasukan beton segar ke cetakan
- 5) Proses pemberian baja tulangan ke beton segar
- 6) Proses pelepasan benda uji dalam cetakan setelah umur 1 hari (24 jam)
- 7) Proses pemberian *Glass fiber Reinforced Polymer Sheet (GFRP-S)* pada balok beton bertulang (setelah umur beton 24 jam)

5. Tahap V (*Curing* atau perawatan pada beton)

Pada tahap ini, peneliti akan melakukan *Curing* atau perawatan pada air tawar dan air laut, proses perawatan pada air laut dilakukan untk mengetahui infiltrasi klorida yang masuk kedalam beton yang dilapisi dengan *Glass Fiber reinforced Polymer Sheet (GFRP-S)*, sedangkan pada proses perawatan pada air tawar

dimaksudkan sebagai benda uji kontrol dengan beton yang direndam di air laut.

Perawatan beton ini dilakukan selama 1 tahun.

6. Tahap VI (Tahap pengujian benda uji)

Pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan, kuat lentur kuat tarik besi tulangan, infiltrasi klorida pada beton. Pengujian kuat tekan di uji pada umur 3, 7, 28 hari dan 360 hari di lakukan di laboratorium teknik sipil universitas fajar, sedangkan untuk pengujian kuat tarik besi tulangan dan kuat lentur dilakukan di laboratoruim teknik sipil politeknik ujung pandang dan pengujian infiltrasi klorida dilakukan di laboratorium kimia analitik univeritas hasanuddin. Pengujian kuat Tarik tulangan, kuat lentur dan infiltrasi klorida dilakukan pada beton dilakukan pada umur perawatan 360 hari.

7. Tahap VII (Tahap analisis dan pembahasan)

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang telah di uji dan melakukan perhitungan dan analisis data hasil pengujian kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik besi tulangan dan infiltrasi klorida pada beton.

8. Tahap VIII (Tahap kesimpulan)

Pada tahap ini dilakukan suatu kesimpulan berdasarkan data yang telah dianalisis dan dikumpulkan yang berhubungan dengan tujuan penelitian ini.

III.3.2 Pembuatan Benda Uji

Perencanaan pembuatan benda uji ini pada penelitian ini mengacu pada perencanaan *Mix Design* sesuai dengan SNI 03-4433-1997 tentang perencanaan design campuran untuk beton. Pada proses ini akan direncanakan pembuatan benda uji untuk

dimensi cetakan silinder 10 cm x 20 cm dan balok 10 cm x 12 cm x 60 cm. Benda uji silinder pada perendaman air tawar disajikan pada Tabel III.3, benda uji silinder pada perendaman air laut disajikan dalam Tabel III.4, benda uji baok perendaman air tawar disajikan dalam Tabel III.5 dan benda uji balok perendaman air laut disajikan dalam Tabel III.5.

Tabel III.3 Variabel Benda Uji Silinder *Curing* air tawar (10 cm x 20 cm)

No	Lama Perendaman Air Tawar (hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	3	SN ₃	5
2	7	SN ₇	5
3	28	SN ₂₈	5
4	360	SN ₃₆₀	5
Jumlah			20

Tabel III.4 Variabel Benda Uji Silinder *Curing* air Laut (10cm x 20cm)

No	Lama Perendaman Air Laut (hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	3	SN ₃	5
2	7	SN ₇	5
3	28	SN ₂₈	5
4	360	SN ₃₆₀	5
Jumlah			20

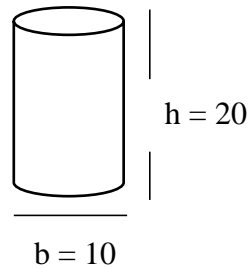
Tabel III.5 Variabel Benda Uji Balok *Curing* Air Tawar (10cm x 12cm x 60cm)

No	Lama Perendaman Air Tawar (hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	28	BN ₂₈	1
2	360	BN ₃₆₀	1
Jumlah			2

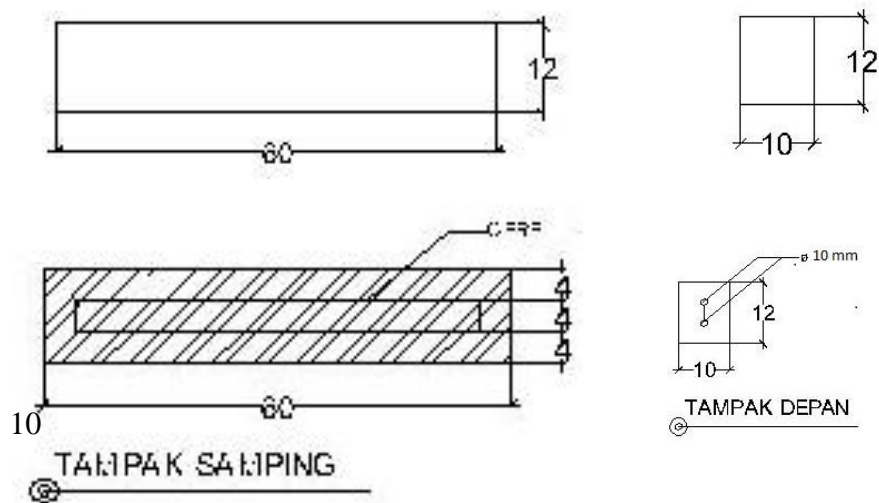
Tabel III.6 Variabel Benda Uji Balok *Curing* Air Laut (10cm x 12cm x 60cm)

No	Lama Perendaman Air Laut (hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	28	BN ₂₈	2
2	360	BF ₃₆₀	2
		BFT ₃₆₀	2
Jumlah			6

Dapat dilihat pada Gambar III.1 Untuk benda uji silinder dan Gambar III.2 Untuk spesimen benda uji balok.



Gambar III.1 Spesimen Benda Uji Silinder



Gambar III.2 Spesimen Benda Uji Balok

III.3.3 Pengujian Benda Uji

1. Pengujian Kuat Tekan

Pada penelitian ini akan dilakukan kuat tekan benda uji pada umur perawatan 3 hari, 7 hari, 28 hari dan 1 tahun.

Beton akan memiliki kuat tekan yang tinggi jika bahan yang digunakan berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton (Dipohusodo, 1996).

Langkah-langkah pengujian kuat tekan sebagai berikut :

- 1) Mengambil benda uji dari bak perendam.
- 2) Diamkan sejenak hingga benda uji tersebut kering.
- 3) Bersihkan kotoran yang menempel dengan kain basah atau kuas.
- 4) Timbang berat benda uji.
- 5) Melapisi permukaan atas benda uji dengan belerang, tujuan dari proses ini agar permukaan benda uji simetris,
- 6) benda uji siap dikuat tekan.



Gambar III.3 Alat Pengujian Kuat Tekan

2. Pengujian Kuat Lentur

Pengujian balok beton kuat lentur dilakukan dengan *two poin load* pada sampel BN dan BFT. Pengujian kuat lentur dilakukan untuk menentukan besarnya kekuatan lentur beton dengan benda uji 10 cm x 12 cm x 60 cm.

Langkah-langkah pengujian kuat lentur beton sebagai berikut :

1) Persiapan Pengujian

- a) Siapkan mesin uji dan blok-blok tumpuan
- b) Letakkan balok uji
- c) Turunkan blok beban dan berikan beban
- d) Ukur dalamnya celah antara permukaan balok dan permukaan blok-blok
- e) Ratakan permukaan beton

2) Pengujian

- a) Berikan pembebanan
- b) Catat besarnya beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan
- c) Ukur penampang runtuh
- d) Hitung kuat lentur
- e) Isikan semua nilai hasil pengukuran dan perhitungan dalam formulir pada lampiran.



Gambar III.4 Alat Pengujian Kuat Lentur

3. Pengujian Kuat Tarik Tulangan

Menurut SNI 07-2529-1991, Pengujian kuat tarik besi tulangan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tarik baja beton dan parameter lainnya (Tegangan Leleh, dan Tegangan Putus). Pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pengendalian mutu baja. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian kuat tarik pada besi tulangan yang direndam di air laut selama 1 tahun.

Peralatan untuk pengujian kuat tarik besi tulangan ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*)
- 2) Alat pengukur geser (Dial), jangka sorong, micrometer
- 3) Alat pemotong baja, alat penggores benda uji, mesin bubut.

Langkah-langkah pengujian kuat tarik besi tulangan ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mengukur panjang batang baja (l_t)
- 2) Menetapkan panjang ukuran, $l_0 = 5 \times d_0$ atau $l_0 = 10 \times d_0$
- 3) Menandai batang baja yang telah diukur pada kedua ujungnya dengan selotip, sedemikian hingga panjang ukur l_0 tetap sama dengan $5 d_0$ atau $10 d_0$.
- 4) Memasang batang baja yang telah disiapkan tepat pada bagian yang telah ditandai kedua ujungnya pada mesin UTM.
- 5) Membebani (menarik batang baja yang telah dijepit) dan mencatat beban yang mengakibatkan batang baja tersebut leleh dan putus.
- 6) Menyambung batang baja yang telah putus dan mengukur panjangnya sebagai panjang setelah putus (l_U).



Gambar III.5 Alat Pengujian Kuat Tarik baja Tulangan

4. Pengujian Infiltrasi Klorida

Pada pengujian infiltrasi klorida pada beton ini maka diperlukan sampel beton dalam bentuk serbuk. Sampel beton ini kemudian akan dipotong berdasarkan kedalaman lapisannya. Setelah itu, sampel tersebut dihaluskan hingga berbentuk serbuk halus agar proses destruksi lebih cepat.

III.4 Metode Pengumpulan Data

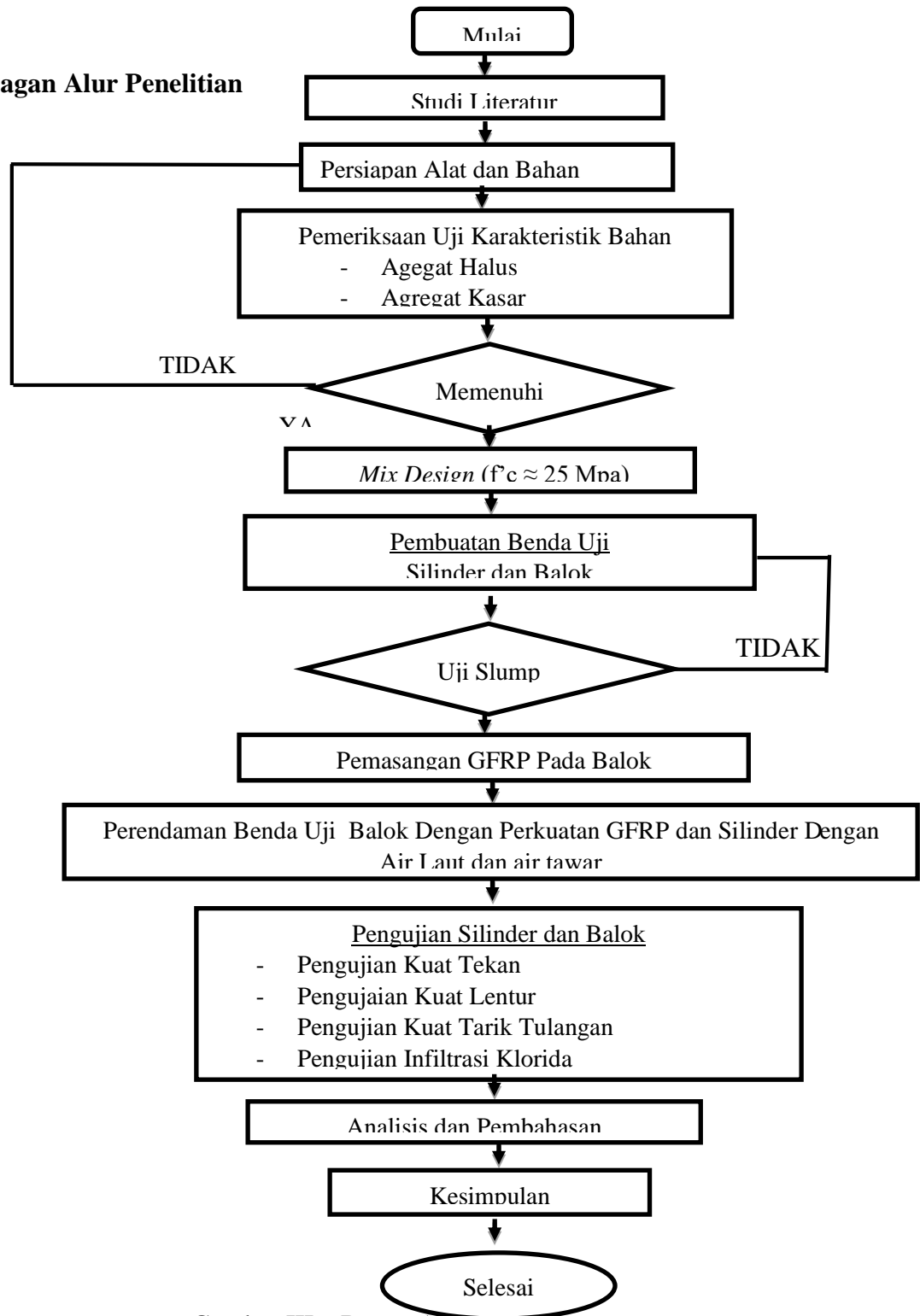
Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar, diantaranya pengujian karakteristik bahan yang akan digunakan, proses pembuatan benda uji, pengujian kuat tekan serta pengujian infiltrasi klorida pada beton. Sedangkan untuk pengujian kuat tarik besi tulangan dilakukan di Laboratorium teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

III.5 Analisa Data

Analisa data untuk menentukan karakteristik bahan-bahan yang akan digunakan menggunakan spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI), khususnya untuk menentukan karakteristik pada agregat. Perencanaan *Mix Design* menggunakan *Trial*

Mix dibuat dalam bentuk tabel dan gambar yang kemudian dianalisa menggunakan *Microsoft Office Excel*. Tujuan dari analisa karakteristik bahan-bahan yang akan digunakan untuk mengetahui jika bahan-bahan tersebut telah lolos spesifikasi yang telah diisyaratkan serta menganalisa kuat tarik beton bertulang, dan menganalisa infiltrasi klorida pada permukaan beton. Data-data yang telah diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kuat tekan beton yang menggunakan *Self Compacting Concrete (SCC)* yang direndam di air laut, mengetahui kuat tarik besi tulangan yang menggunakan *Self Compacting Concrete (SCC)* yang diselimuti *Glass Fiber Reinforced Polymer Sheet (GFRP-S)* yang direndam di air laut, mengetahui kuat lentur balok beton *Self Compacting Concrete (SCC)* yang diselimuti *Glass Fiber Reinforced Polymer Sheet (GFRP-S)* yang direndam di air laut dan untuk mengetahui hubungan infiltrasi klorida terhadap permukaan beton *Self Compacting Concrete (SCC)* yang diselimuti *Glass Fiber Reinforced Polymer Sheet (GFRP-S)* yang direndam di air laut.

III.6 Bagan Alur Penelitian



Gambar III.6 Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Karakteristik Material Beton

Pengujian karakteristik material beton bertujuan untuk mengetahui jenis agregat yang digunakan telah lolos spesifikasi sesuai dengan standar Nasional Indonesia, pada karakteristik material beton ini terdiri dari agregat halus dan agregat kasar.

IV.1.1 Agregat Halus

Material agregat halus yang digunakan berasal dari kabupaten Takalar. Pengujian karakteristik material untuk agregat halus pada penelitian ini dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar, proses pengujiannya mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia). Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel IV.1

Tabel IV.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Halus	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	4,88	0,2 - 5	Memenuhi
2	Kadar Air (%)	3,35	3 - 5	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,70	1,4 - 1,9	Memenuhi
	b. Kondisi Padat (kg/ltr)	1,75	1,4 - 1,9	Memenuhi
4	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata (gr)	2,88	1,60 - 3,30	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering (gr)	2,30	1,60 - 3,31	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan (gr)	2,50	1,60 - 3,32	Memenuhi
	d. Absorpsi (%)	2,04	0,2 - 2	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	3,00	2,3 - 3,1	Memenuhi
6	Kadar Organik	No.2	<No.3	Memenuhi

IV.1.2 Agregat Kasar

Material agregat kasar yang digunakan berasal dari daerah Bili-bili kabupaten Gowa. Pengujian karakteristik material untuk agregat halus pada penelitian ini dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar, proses pengujiannya mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia). Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel IV.2.

Tabel IV.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Halus	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	0,4	Maks 1	Memenuhi
2	Kadar Air (%)	1,2	0,5-2	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,67	1,6 - 1,9	Memenuhi
	b. Kondisi Padat (kg/ltr)	1,69	1,6 - 1,9	Memenuhi
4	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata (gr)	2,68	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering (gr)	2,49	1,60 - 3,34	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan (gr)	2,56	1,60 - 3,35	Memenuhi
	d. Absorpsi (%)	2,87	Maks 4	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	6,62	6 - 7,1	Memenuhi
6	Keausan (%)	40	Maks 50	Memenuhi

IV.2 Rancangan Campuran Beton

Pada rancangan campuran beton ini menggunakan metode SNI. Perencanaan mutu beton pada penelitian ini yaitu $f'c$ 25 MPa. Pada penelitian ini pula menggunakan bahan tambah berupa *SuperPlastisizer*. adapun komposisi dari setiap material yang digunakan pada 1 m^3 disajikan pada tabel IV.3 untuk campuran adukan beton silinder dan tabel IV.4 untuk campuran adukan beton untuk balok.

Tabel IV.3 Rancangan Campuran Beton silinder

Bahan Beton	Berat Beton (kg/m ³)	Rasio Terhadap Jml Semen (kg)	Berat untuk 1 sampel (kg)
Air	209,400	0,350	0,401
Semen	600,000	1,000	1,148
Pasir	749,405	1,249	1,434
Kerikil	767,390	1,279	1,468
Superplasticizer	0,600	0,001	0,001

Tabel IV.4 Rancangan Campuran Beton Balok

Bahan Beton	Berat Beton (kg/m ³)	Rasio Terhadap Jml Semen (kg)	Berat untuk 1 sampel (kg)
Air	209,400	0,350	1,809
Semen	600,000	1,000	5,184
Pasir	749,405	1,249	6,475
Kerikil	767,390	1,279	6,630
Superplasticizer	0,600	0,001	0,005

IV.3 Pengujian Slump Flow

Hasil pengujian *Slump Flow* yang ditunjukkan bahwa nilai *slump* yang didapat pada pengujian masih dalam batasan yang disyaratkan EFNARC (2005), yaitu berkisar antara 55 cm – 80 cm. Pada penelitian ini rata-rata nilai *slump flow* yaitu 60 cm.

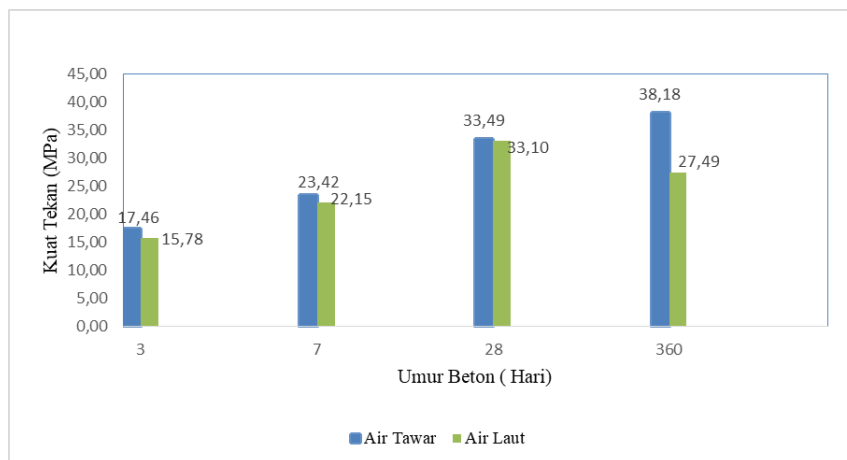
IV.4 Pengujian Kuat tekan

Pada pengujian kuat tekan pada penelitian ini terbagi atas dua yaitu kuat tekan pada perendaman air tawar dan kuat tekan pada perendaman air laut. Hal ini di maksudkan sebagai benda uji kontrol. Benda uji berupa silinder yang dimensinya 10 cm x 20 cm dipasang pada alat UTM dengan posisi benda uji vertikal. Pembebanan

dilakukan sampai benda uji tersebut retak atau benda uji tersebut tidak dapat lagi menahan beban yg diberikan, hal itu ditandai dengan jarum penunjuk pada alat UTM, jika jarum yang berwarna sudah turun maka pembebanan pada benda uji tersebut telah mencapai maksimumnya. Pada benda uji silinder perendaman air tawar diuji berurutan dari umur perendaman 3 hari, 7 hari, 28 hari dan 360 hari dan jumlah keseluruhannya sebanyak 20 benda uji begitu pula dengan benda uji silinder pada perawatan air laut. Untuk perbandingan antara kuat tekan air tawar dan kuat tekan air laut disajikan dalam Tabel IV.5.

Tabel IV.5 Perbandingan Antara Kuat tekan Air tawar dan air laut

No	Umur	Beban (MPa)		Persentase Penurunan Kuat Tekan %
		Air Tawar	Air Laut	
1	3	17,46 MPa	15,78 MPa	9,62 %
2	7	23,42 MPa	22,15 MPa	5,43 %
3	28	33,49 MPa	33,10 MPa	1,16 %
4	360	38,18 MPa	27,49 MPa	28,00 %



Gambar IV.1 Diagram Perbandingan antara Kuat Tekan Air tawar dan Air Laut

Pada Tabel IV.5 dapat dilihat Perbandingan antara kuat tekan air tawar dan air laut pada umur 3 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 17,46 MPa untuk kuat tekan air tawar dan 15,78 MPa untuk kuat tekan rata-rata air laut, pada perendaman 7 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 23,42 MPa untuk kuat tekan air tawar dan 22,15 MPa untuk kuat tekan rata-rata air laut, pada umur perendaman 28 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 33,49 MPa dan 33,10 MPa untuk kuat tekan rata-rata perendaman air laut, untuk perendaman 360 hari diperoleh kuat tekan rata-rata untuk air tawar sebesar 38,18 MPa dan kuat tekan rata-rata untuk perendaman air laut sebesar 27,49 MPa.

Pada perendaman air tawar pada umur 3 hari, 7 hari, 28 hari dan 360 hari mengalami peningkatan hasil kuat tekan. Sedangkan untuk perendaman air laut pada umur perendaman 3 hari, 7 hari dan 28 hari mengalami peningkatan hasil kuat tekan, sedangkan pada umur 28 hari ke 360 hari mengalami penurunan hasil kuat tekan, ini menandakan bahwa asam klorida yang terkandung dalam air laut menyusut masuk ke beton.



Gambar IV.2 Hasil Kuat Tekan Air Tawar



Gambar IV.3 Hasil Kuat Tekan Air Laut

IV.5 Pengujian Kuat lentur

Dari hasil pengujian kuat tekan didapatkan beban lentur maksimum yaitu pada saat benda uji mengalami keruntuhan akibat mengalami pembebanan (P_{max}). Pada penelitian ini terbagi atas dua yaitu kuat lentur pada perendaman air tawar dan kuat lentur pada perendaman air laut. Hal ini dimaksudkan sebagai benda uji kontrol. Benda uji berupa balok yang dimensinya 10 cm x 20 cm x 60 cm dipasang pada alat UTM dengan posisi benda uji secara horisontal. Balok dibebani lentur murni yaitu pembebanan dua titik dengan tumpuan sederhana sendi dan rol. Benda uji diletakkan pada tumpuan berupa sendi dan rol pada kerangka alat. Tumpuan benda uji terletak 7,5 cm dari kanan dan kiri bagian bawah benda uji. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel IV.6 untuk kapasitas lentur balok normal air tawar dan air laut IV.8 untuk tabel balok FRP air laut.

Tabel IV.6 Hasil Pengujian Kapasitas Lentur Balok Normal Air Tawar dan Air Laut

No	Umur	Jenis Balok		Persentase Penurunan (%)
		Balok Normal (Air Tawar)	Balok Normal (Air Laut)	
1	28	15,10 kN	13,38 kN	11,39 %
2	360	19,27 kN	12,17 kN	36,84 %



Gambar IV.4 Diagram Kapasitas Lentur Balok Normal Air Tawar dan Air Laut

Pada Tabel IV.6 disajikan perbandingan antara kapasitas lentur balok normal air tawar dan air laut. Pada umur perendaman 28 hari perbandingan antara balok normal air tawar diperoleh beban kapasitas lentur sebesar 15,10 kN, pada perendaman balok normal air laut diperoleh beban kapasitas lentur sebesar 13,38 kN. Pada pengujian balok beton normal air tawar pada umur perendaman 360 hari didapatkan beban kapasitas balok lentur sebesar 19,27 kN, dan pada perendaman 360 hari balok normal air laut diperoleh beban kapasitas lentur sebesar 12,17 kN.



Gambar IV.5 Hasil Pengujian Balok Normal Air Tawar 28 Hari



Gambar IV.6 Hasil Pengujian Balok Normal Air Tawar 360 Hari

Jenis keretakan yang terjadi pada balok lentur perendaman 28 hari yaitu jenis keretakan lentur (*Flexural crack*) terjadi didaerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok, begitu pula dengan balok perendaman 360 hari. Jenis keretakannya disajikan dalam Gambar IV.7 Hasil Pengujian balok Normal Air Tawar 28 Hari dan Gambar IV.8 Hasil Pengujian balok Normal Air Tawar 360 hari.



Gambar IV.7 Hasil Pengujian Balok Normal Air Laut 28 Hari

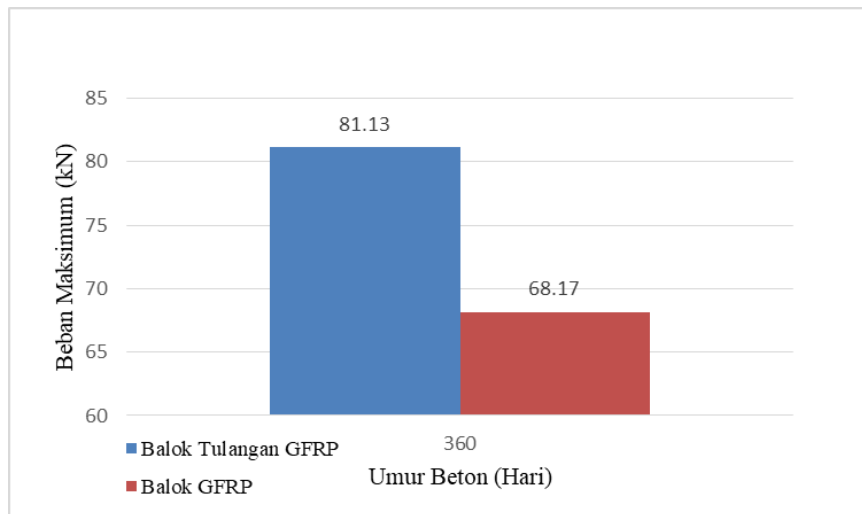


Gambar IV.8 Hasil Pengujian Balok Normal Air Laut 360 Hari

Jenis keretakan yang terjadi pada balok lentur perendaman 28 hari yaitu jenis keretakan lentur (*Flexural crack*) terjadi didaerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok, begitu pula dengan balok perendaman 360 hari. Jenis keretakannya disajikan dalam Gambar IV.7 Hasil Pengujian balok Normal Air Laut 28 Hari dan Gambar IV.8 Hasil Pengujian balok Normal Air Laut 360 hari. Pada pengujian kapasitas lentur balok GFRP dan Balok Tulangan GFRP Air Laut disajikan dalam Tabel IV.7.

Tabel IV.7 Hasil Pengujian Kapasitas Lentur Balok GFRP dan Balok Tulangan GFRP Air Laut

no	umur	Jenis Balok		Persentase Penurunan (%)
		Balok Tulangan GFRP	Balok GFRP	
1	360	82,14 kN	69,32 kN	15,61
2		80,12 kN	67,01 kN	16,36
	Rata-rata	81,13 kN	68,17 kN	15,98



Gambar IV.9 Diagram Kapasitas Lentur Balok GFRP dan Balok Tulangan GFRP Air Laut

Pada pengujian balok beton Tulangan GFRP pada umur perendaman 360 hari didapatkan beban kapasitas balok lentur rata-rata sebesar 81,13 kN, dan pada pengujian pengujian balok beton GFRP pada umur perendaman 360 hari didapatkan beban kapasitas balok lentur rata-rata sebesar 68,165 kN. Adapun persentase rata-rata penurunan yang terjadi pada balok tulangan GFRP dan GFRP (tanpa tulangan) sebesar 15,98 %.



Gambar IV.10 Hasil Pengujian balok GFRP Air Laut 360 hari



Gambar IV.11 Hasil Pengujian Balok Tulangan GFRP Air Laut

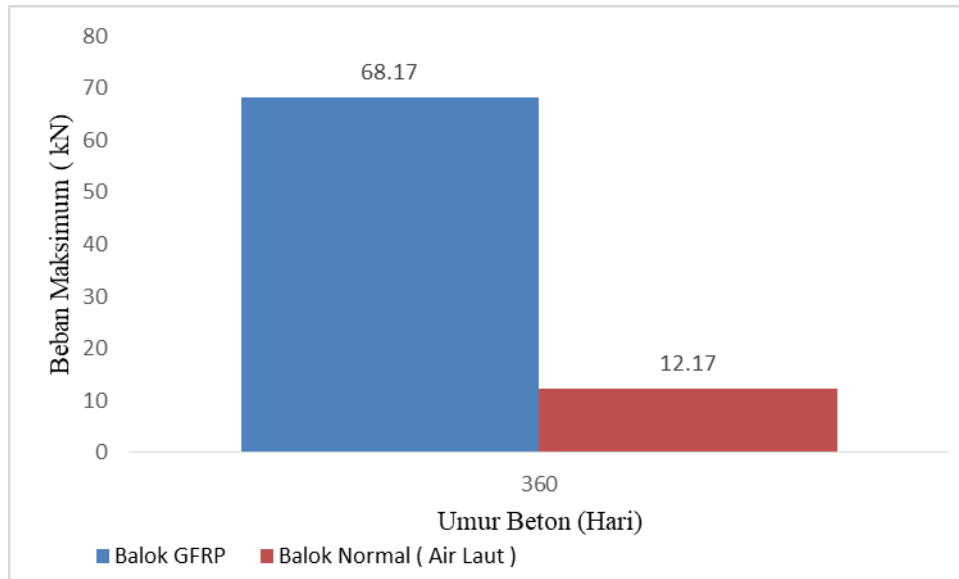
Jenis keretakan yang terjadi pada balok lentur perendaman 360 hari yaitu jenis keretakan geser pada bagian balok (*web shear crack*), yaitu keretakan miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil. Jenis keretakannya disajikan dalam Gambar IV.13 Hasil Pengujian balok FRP Air Laut 360 hari dan Gambar IV.14 Hasil Pengujian balok tulangan GFRP Air Laut 360 hari.

Tabel IV.6 Hasil Pengujian Kapasitas Lentur Balok GFRP dan Balok Normal Air Laut

no	umur	Jenis Balok		Persentase Penurunan (%)
		Balok GFRP	Balok Normal (Air Laut)	
1	360	68,17 kN	12,17 kN	82,15

Pada pengujian balok beton GFRP pada umur perendaman 360 hari didapatkan beban kapasitas balok lentur rata-rata sebesar 68,17 kN, dan pada pengujian pengujian balok normal air laut pada umur perendaman 360 hari didapatkan beban kapasitas balok

lentur rata-rata sebesar 12,17 kN. Adapun persentase rata-rata penurunan yang terjadi pada balok GFRP dan balok normal air laut sebesar 82,15%.



Gambar IV.12 Hasil Pengujian Kapasitas Lentur Balok GFRP dan Balok normal Air Laut

IV.6 Pengujian Kuat Tarik Tulangan

Dari hasil pengujian kuat tarik tulangan, pengujian tulangan ini dilakukan sebelum pembuatan benda uji dan setelah pembuatan benda uji. Pengujian sebelum pembuatan benda uji dimaksudkan agar dapat mengetahui tegangan tulangan yang akan digunakan sebelum terkontaminasi dengan air laut dan sebagai benda uji kontrol, sedangkan untuk setelah pembuatan benda uji dimaksudkan untuk mengetahui tegangan yang terjadi apabila tulangan tersebut dilapisi dengan GFRP dan direndam di air laut pada pengujian ini dilakukan selama umur perendaman selama 360 hari di air laut. Dari hasil pengujian kuat tarik tulangan sebelum direndam diperoleh sebesar

410,2 MPa dan setelah direndam dengan menggunakan beton SCC yang diselimuti GFRP yang yang rendam di air laut diperoleh sebesar 371,08 MPa. Hasil pengujian untuk kuat tarik tulangan disajikan dalam Tabel IV.9.

Tabel IV.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Tulangan

Diameter Sampel	Kuat Tarik Tulangan	
	(MPa)	
	Sebelum Direndam	Setelah Direndam
ϕ 10	410,2	371,08

Dari hasil pengujian kuat tarik tulangan sebelum direndam diperoleh sebesar 410,2 MPa dan setelah direndam dengan menggunakan beton SCC yang diselimuti GFRP yang yang rendam di air laut diperoleh sebesar 371,08 MPa.



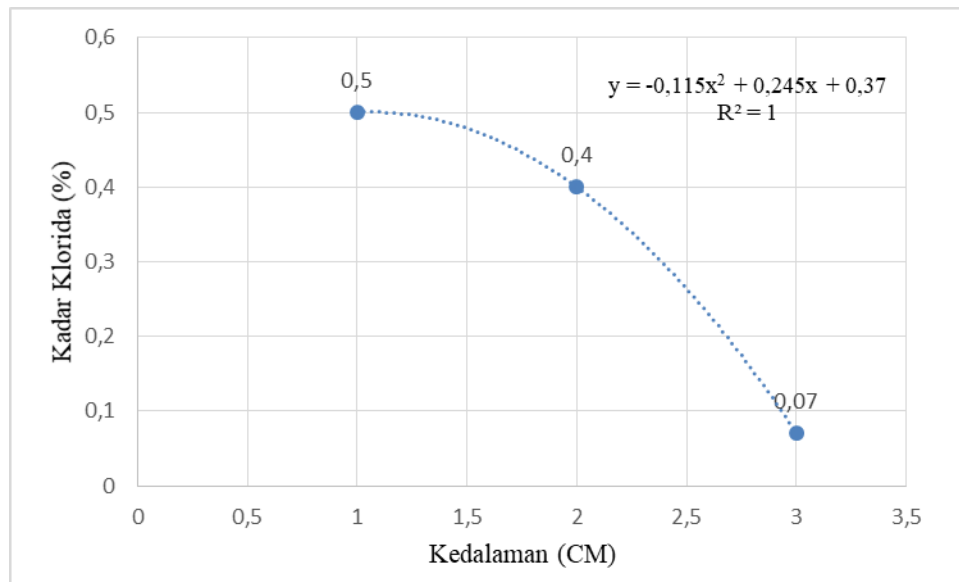
Gambar IV.13 Hasil Pengujian Kuat Tarik Tulangan

IV.7 Pengujian Infiltrasi Klorida

Dari hasil pengujian infiltrasi klorida, pengujian ini di maksudkan untuk mengetahui hubungan infiltrasi klorida terhadap permukaan beton SCC pada umur perendaman 360 hari. . Hasil pengujian untuk infiltrasi klorida tulangan disajikan dalam Tabel IV.8.

Tabel IV.8 Hasil Pengujian Infiltrasi Klorida Beton

Umur	kedalaman (cm)	kadar klorida
360	1	0,5
	2	0,4
	3	0,07



Gambar IV.14 Hasil Pengujian Infiltrasi Klorida Beton

Dari hasil pengujian infiltrasi klorida pada beton SCC yang diselimuti GFRP pada cm 1 diperoleh kadar klorida sebesar 0,5 %, pada cm ke 2 diperoleh kadar klorida sebesar 0,4 %, dan pada cm ke 3 diperoleh kadar klorida sebesar 0,07 %. Dapat disimpulkan bahwa semakin dalam beton itu maka semakin sedikit pula kadar klorida yang menyusut kedalam beton tersebut.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan dengan data hasil pengujian yang diperoleh pada beton yang menggunakan SCC dan diperkuat dengan GFRP dengan rendaman air laut maka peneliti dapat menyimpulkan bahwa :

1. Perbandingan antara kuat tekan air tawar dan air laut pada umur 3 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 17,46 MPa untuk kuat tekan air tawar dan 15,78 MPa untuk kuat tekan rata-rata air laut, pada perendaman 7 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 23,42 MPa untuk kuat tekan air tawar dan 22,15 MPa untuk kuat tekan rata-rata air laut, pada umur perendaman 28 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 33,49 MPa dan 33,10 MPa untuk kuat tekan rata-rata perendaman air laut, untuk perendaman 360 hari diperoleh kuat tekan rata-rata untuk air tawar sebesar 38,18 MPa dan kuat tekan rata-rata untuk perendaman air laut sebesar 27,49 MPa.
2. Perbandingan antara kuat lentur balok beton bertulang dan balok beton tanpa tulangan pada umur perendaman 360 hari didapatkan beban kapasitas balok lentur rata-rata sebesar 75,15 kN, dan pada pengujian balok beton GFRP tanpa tulangan pada umur perendaman 360 hari diperoleh beban kapasitas balok lentur rata-rata sebesar 68,165 kN Adapun persentase rata-rata penurunan yang terjadi pada balok tulangan GFRP dan GFRP (tanpa tulangan) sebesar 15,98%.

3. Perbandingan kuat tarik tulangan sebelu dan sesudah direndam yaitu kuat tarik tulangan sebelum direndam diperoleh sebesar 410,2 MPa dan setelah direndam dengan menggunakan beton SCC yang diselimuti GFRP yang yang rendam di air laut diperoleh sebesar 371,08 MPa.
4. Hubungan infiltrasi klorida pada beton SCC yang diselimuti GFRP pada cm 1 diperoleh kadar klorida sebesar 0,5 %, pada cm ke 2 diperoleh kadar klorida sebesar 0,4 %, dan pada cm ke 3 diperoleh kadar klorida sebesar 0,07 %. Dapat disimpulkan bahwa semakin dalam beton itu maka semakin sedikit pula kadar klorida yang menyusut kedalam beton tersebut.

V.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya melakukan pengujian kuat lentur, kuat tarik tulangan dan pengujian infiltrasi klorida balok GFRP pada umur perendaman 3 hari, 7 hari dan 28 hari.
2. Sebaiknya alat-alat yang digunakan dalam laboratorium diperbaiki seperti alat pencampur beton (molen), mesin kuat tekan beton sebaiknya di kalibrasi ulang.
3. Perlunya penambahan alat-alat laboratorium seperti alat untuk pengujian kuat lentur dan kuat tarik tulangan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee. 2008. *ACI 440.2R-08 : Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP System for Strengthening Concrete Structures*. USA : Farmington Hills.
- Ahmad, S., Fasdarsyah, F., & Fahrosa, S. J. (2018). Pengaruh Variasi Abu Batu Terhadap Flowability Dan Kuat Tekan Self Compacting Concrete. *Teras Jurnal*, 7(2), 292.
- Ahmad, S. B., Sultan, R., Teknik, D., Politeknik, S., & Ujung, N. (2017). *Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampur Dan Perawatan Terhadap*. 2017, 172–177
- Chandra Y. (2001). Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang komposit Beton Normal-Beton Non Pasir Tampang T.
- Djamaluddin R. *et al.* (2015). Kapasitas Rekatan GFRP-S Pada Balok Beton Akibat Rendaman Air Laut.
- EFNARC 2005, *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use*, EFNARC, Association House, 99 West Street, Farnham, Surrey GU9 7EN, UK
- Hunggurami, E., Utomo, S., & Wadu, A. (2014). Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 103–110.
- Isnaeni M. (2009). Kerusakan dan perkuatan struktur Beton Bertulang.
- Kwandou R. S. (2014). Simulasi Laboratorium Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Kapasitas Rekatan GFRP-S Pada Balok Beton Bertulang.
- Mehta, P. K. (1991). *Concrete In Marine Environment*. Elsevier Science Publisher LTD, England.
- Musdalifah. (2013). Pengaruh Jangka Panjang Lingkungan Laut Tropis Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas pada Kolom Silindris Terkekang GFRP. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Unhas 2013*.
- Nawy, E. G. 2008. *Beton Bertulang : Suatu Pendekatan Dasar*. Cetakan Ketiga. Bandung : PT Refika Aditama.
- Nawy G. *et al.* (2010). *Beton Bertulang* Jilid I. Surabaya: itspress.

- Nur O. F. (2009). Kajian Eksperimental Perilaku Balok Beton Tulangan Tunggal Berdasarkan Tipe Keruntuhan Balok.
- Ong W. k. *et al.* (2007). Evaluation, Selection and Acceptance Criteria for Using FRP Systems for Strengthening Reinforced Concrete and Mansory Structures *.International Confrence on Modern Design*
- Rangan, I. 2015. *Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Kapasitas Lentur Balok yang Diperkuat dengan GFRP*. Makassar: Program Sarjana FTJS – UNHAS.
- Saudki K. A. *et al.* (2009). FRP Repair of Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Beams 5 (6). *Journal of Computer Science* 5 (6): 453-439
- Setiawan A. M. (2015). Pengaruh Air Laut Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Perkuatan GFRP-S Yang Direndam Selama Satu Tahun.
- Setiawan A. M. *et al.* (2018). Pengaruh Air Laut Terhadap Kapasitas Beban Pada Balok Beton Bertulang Yang Diperkuat GFRP-S Dengan Perendaman Selama Satu tahun.
- Sultan, Mufti A., dkk. (2014). *Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Karakteristik Balok Beeton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Lembaran GFRP*
- Sultan M. A. *et al.* (2017). Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Kapasitas Rekatan GFRP-Sheet Pada Balok Beton Bertulang.
- Standar Nasional Indonesia. Cara Uji Slump Beton. SNI 1972:2008.
- Standar Nasional Indonesia. Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Alat Uji Sederhana yang Dibebani Beban Terpusat LANGSUNG. SNI 03-4154-1996.
- Standar Nasional Indonesia. Baja Tulangan Beton. SNI 07-2052-2002.
- Standar Nasional Indonesia. Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan. SNI 4431:2011.
- Sipil, J., Teknik, F., & Hasanuddin, U. (2015). *Tugas akhir kapasitas lentur balok beton dengan perkuatan lentur lembar gfrp akibat rendaman air laut selama satu tahun.*
- Studi, P., Sipil, T., Gadjah, U., & Jl, M. (2017). *Behaviour of Beam-Column Connection Keruing Timber With Steel Glue in Rods Under Monotonic Load*

Behaviour of Beam-Coloum Connection Keruing Timber With Steel Glue in Rods Under Monotonic Load. (March 2019).

Syamsuddin, R., Wicaksono, A., & Fazairin, F. (2011). Pengaruh Air Laut Pada Perawatan (Curing) Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton Dengan. *Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, 5(2), 68–75.

Tjaronge, M. W., Sipil, J. T., Teknik, F., Hasanuddin, U., Irmawaty, R., & Chandra, E. (2006). *Slump Flow Dan Kuat Lentur Self Compacting Concrete (Scc) Dengan Kandungan Superplasticizer Yang Bervariasi.* 11–16.

Tjaronge M. W., dkk. (2006). *Slump Flow dan Kuat Lentur Self Compacting Concrete (SCC) Dengan Kandungan Superplasticizer yang Bervariasi*

LAMPIRAN

LAMPIRAN A PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT HALUS



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

Hasil Percobaan I


A = Volume Lumpur (VL) = 20 MI

B = Volume Total (Lumpur + Pasir) = 410 MI

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{VL}}{\text{VT}} \times 100\% = 4.88$$

Makassar 16 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 16 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir)

Berat contoh kering = 1.000 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
No. 4	10	1,00	1,00	99,00
No.8	20	2,00	3,00	97,00
No. 16	100	10,00	13,00	87,00
No. 30	130	13,00	26,00	74,00
No. 50	450	45,00	71,00	29,00
No. 100	170	17,00	88,00	12,00
No. 200	100	10,00	98,00	2,00
pan	20	2,00	100,00	0,00
Jumlah	1000	100,00	300,00	

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir (F)} = \frac{300,00}{100} = 3,00$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat halus adalah 2,55 dimana memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar 16 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Dr. Eniati, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 17 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Air Agregat Halus (Pasir)


Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	Gram	80
B	Berat Talam + Benda Uji	Gram	2080
C	Berat benda Uji (B - A)	Gram	2000
D	Berat Benda Uji Kering	Gram	1935

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{2000 - 1935}{1935} \times 100\% \\ &= 3,359173 \text{ \%} \end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian kadar air agregat halus adalah 3,35 % dimana memenuhi syarat campuran beton

Makassar 17 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Siti, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 17 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Berat Volume Agregat Halus (Pasir)

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong	gram	3550	3550
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	5115	4995
D	Berat Benda Uji (C - B)	gram	1565	1605
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,7083	1,7520

Jadi hasil pengujian berat volume agregat halus adalah : kondisi padat = 1,7083 dan gembur = 1,7520 dimana memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar 17 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Dr. Eniati, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 18 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Halus (Pasir)

Hasil Percobaan I

A = Berat Picnometer	=	150	gram
B = Berat Contoh Kondisi SSD di Udara	=	250	gram
C = Berat Picno + air + Contoh SSD	=	555	gram
D = Berat Talam	=	120	gram
E = Berat Picno + air	=	405	gram
F = Berat Setelah dioven + Talam	=	350	gram
G = Berat Benda Uji Kering Oven (F-D)	=	230	gram

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Apparent SG} &= \frac{G}{G + E - C} \\ &= \frac{230}{230 + 405 - 555} \\ &= \frac{230}{80} \\ &= 2,88 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ On Dry Basic} &= \frac{G}{B + E - C} \\ &= \frac{230}{250 + 405 - 555} \\ &= \frac{230}{100} \\ &= 2,300 \text{ gram} \end{aligned}$$

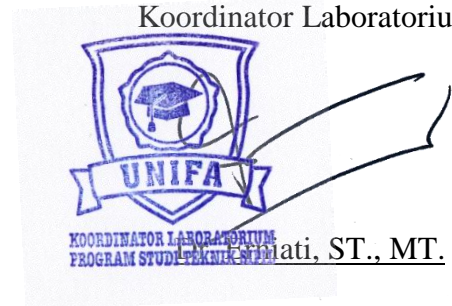
- SSD Basic = $\frac{B}{B + E - C}$
 = $\frac{250}{250 + 405 - 555}$
 = $\frac{250}{100}$
 = 2,50 gram
- Absorption = $\frac{B - G}{G} \times 100\%$
 = $\frac{250 - 230}{230} \times 100\%$
 = $\frac{20}{230} \times 100\%$
 = 2.04 %

Jadi hasil pengujian berat jenis agregat halus semua memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar 18 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Prati, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 19 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Organik Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan pada standar warna menunjukkan warna no. 2 sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada pasir tersebut tergolong sedang dan dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.



Gambar hasil pengujian

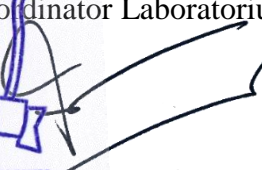



Gambar standar warna

Makassar 19 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Erniani, ST., MT.

LAMPIRAN B PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 23 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Berat Volume Agregat Kasar (Kerikil)

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong	gram	3550	3550
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	5100	5080
D	Berat Benda Uji (C - B)	gram	1550	1530
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,6920	1,6701

Jadi hasil pengujian berat volume agregat kasar pada kondisi padat = 1, 6920 dan gembur = 1,6701 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar 23 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

niati, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 20 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Analisa Saringan Agregat Kasar (Kerikil)

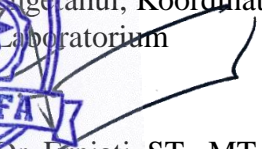

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAAN	PERSEN TERTAHAAN	Σ PERSEN TERTAHAAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
1	0	0,00	0,000	100,00
3\4	95	6,33	6,333	93,67
3\8	750	50,00	56,333	43,67
4	655	43,67	100,000	0,00
8	0	0,00	100,000	0,00
16	0	0,00	100,000	0,00
30	0	0,00	100,000	0,00
50	0	0,00	100,000	0,00
100	0	0,00	100,000	0,00
pan	0	0,00	100,000	0,00
Jumlah	1500	75,00	662,667	

$$\text{Modulus Kehalusan Kerikil (F)} = \frac{662,667}{100} = 6,63$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat kasar adalah 6,63 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar 20 Juli 2018

Mengetahui, Koordinator
Laboratorium

Dr. Erniati, ST., MT.




LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 21 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Air Agregat Kasar (Kerikil)

Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	gram	80
B	Berat Talam + Benda Uji	gram	2580
C	Berat benda Uji (B - A)	gram	2500
D	Berat Benda Uji Kering	gram	2470

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{2500 - 2470}{2470} \times 100\% \\ &= 1,215 \%\end{aligned}$$

Jadi pengujian kadar air agregat kasar adalah 1,215 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar 21 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Amiati, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 21 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Lumpur Agregat Kasar (Kerikil)

Percobaan I

A = Berat Talam	=	90	Gram
B = Berat Kering Sebelum Dicuci	=	2500	Gram
C = Berat Kering Setelah Dicuci + Talam	=	2580	Gram
D = Berat Kering Setelah Dicuci	=	2490	Gram

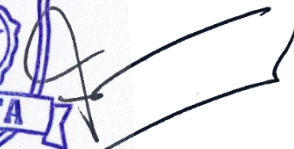

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur} &= \frac{B - D}{B} \times 100\% \\ &= \frac{2500 - 2490}{2500} \times 100\% \\ &= \frac{10}{2500} \times 100\% \\ &= 0,4 \quad \%\end{aligned}$$

Jadi nilai rata-rata untuk kadar lumpur kerikil adalah = 0,4 % memenuhi syarat dalam campuran beton.

Makassar 21 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Dr. Erniati, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 23 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Kasar (Kerikil)

A = Berat Kosong Keranjang	=	540	gram
B = Berat Keranjang + Benda Uji SSD Udara	=	3868	gram
C = Berat Keranjang + Benda Uji didalam air	=	2503	gram
D = Berat Keranjang Dalam Air	=	474	gram
E = Berat Benda Uji Kering Oven	=	3235	gram

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Apparent SG} &= \frac{E}{E - C - D} \\ &= \frac{3235}{3235 - 2503 - 474} \\ &= \frac{3235}{1206} \\ &= 2,68 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ On Dry Basic} &= \frac{E}{B - A - C - D} \\ &= \frac{3235}{3868 - 540 - 2503 - 474} \\ &= \frac{3235}{1299} \\ &= 2,49 \text{ Gram} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ SSD Basic} = \frac{B - A}{B - A - C - D}$$

$$= \frac{3868 - 540}{3868 - 540 - 2503 - 474}$$

$$= \frac{3328}{1299}$$

$$= 2,56 \text{ Gram}$$

- Absorption = $\frac{(B - A) - E}{E} \times 100\%$

$$= \frac{3868 - 540 - 3235}{3235} \times 100\%$$

$$= \frac{93}{3235} \times 100\%$$

$$= 2,875 \text{ Gram}$$

Jadi hasil pengujian berat jenis agregat kasar semua memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar 23 Juli 2018

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



P. H. Niati, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Azhari Zahlim Diperiksa : Koordinator Laboratorium
Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : 24 Juli 2018
Penelitian : Tugas Akhir

Keausan Agregat Kasar (Kerikil)

Keterangan : -Agregat kasar yang lolos saringan nomor 3/4 tertahan pada saringan no. 1/2 & 3/4 (masing-masing 3.000 gram)
-Saringan 1/2 = 2500
-Saringan 3/8 = 2500
- Berat sebelum di abrasi (A)
- Berat setelah diabrasi = 3010 (B)

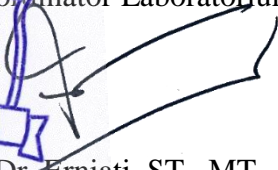

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan} = \text{abrasi} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{5000-3010}{5000} \times 100\% \\ &= 40 \%\end{aligned}$$

Perhitungan abJadi nilai rata dari keausan agregat kasar adalah = 40 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar 24 Juli 2018

Mengetahui,

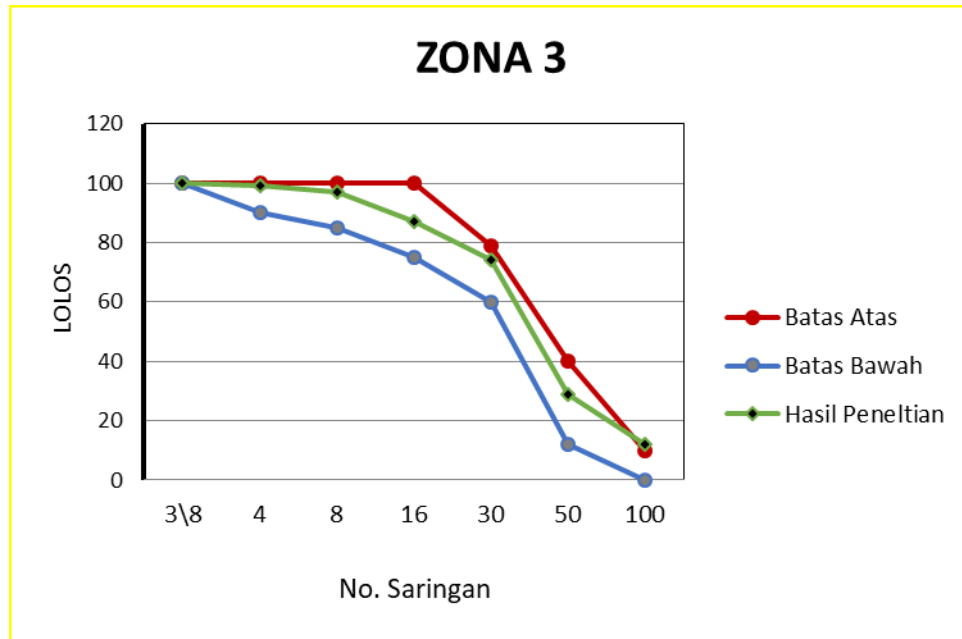
Koordinator Laboratorium



Dr. Erniati, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

LAMPIRAN C BATAS ZONA AGREGAT HALUS DAN AGREGAT KASAR

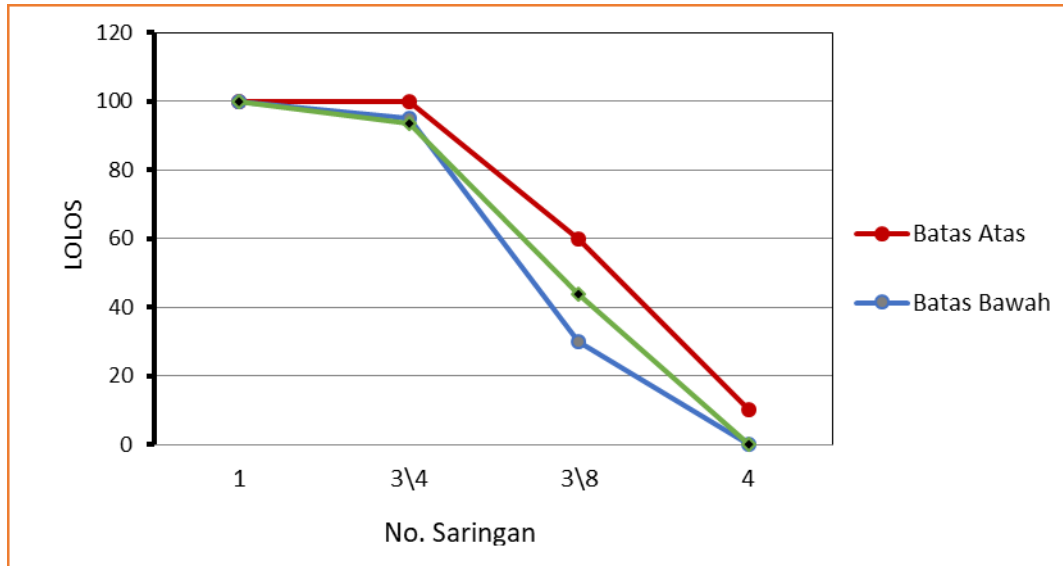
1. Agregat halus

NOMOR SARINGAN	Hasil Penelitian	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
mm									
1									
3\4									
3\8	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	99,00	90	100	90	100	90	100	95	100
8	97,00	60	95	75	100	85	100	95	100
16	87,00	30	70	55	90	75	100	90	100
30	74,00	15	34	35	59	60	79	80	100
50	29,00	5	20	8	30	12	40	15	50
100	12,00	0	10	0	10	0	10	0	15
pan	2,00								
Jumlah									



2. Agregat kasar

NOMOR SARINGAN	Hasil Peneltian	Ukuran max 10 mm		Ukuran max 20 mm		Ukuran max 40 mm	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
mm						100	100
1	100,00	100	100	100	100	95	100
3\4	93,67	100	100	95	100	35	70
3\8	43,67	50	85	30	60	10	40
4	0,00	0	10	0	10	0	5
8							
16							
30							
50							
100							
pan							
Jumlah							



3. Penggabungan Agregat

Modulus halus butir agregat dari campuran pasir dan kerikil untuk bahan pembuat beton berkisar antara 5,0 – 6,5 (Kardiyono Tjokrodinuljo 1996:26).

Modulus halus butir campuran direncanakan sebesar 5,2 maka dapat dihitung:

$$w = \frac{K - C}{C - P} \times 100\%$$

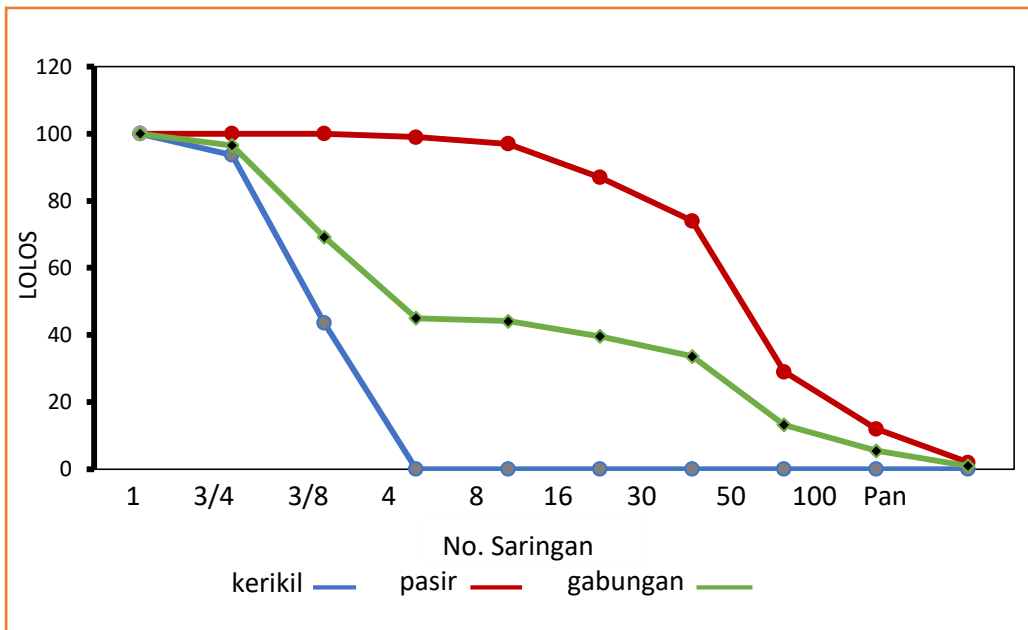
$$= \frac{6,63 - 5,2}{5,2 - 3,00} \times 100 = 65\%$$

Berat pasir terhadap kerikil sebesar 54% atau dapat dikatakan perbandingan 54:100 atau 1:1,8

$$\text{Berat pasir} = \frac{1}{2,2} \times 100 = 45\%$$

$$\text{Berat kerikil} = \frac{1,2}{2,2} \times 100 = 55\%$$

Nomor Saringan mm	Persentase lolos (%)		Pasir X 36%	Kerikil X 64%	Agregat Gabungan
	Pasir	Kerikil			
1	100	100,00	45,5	54,5	100,0
0,75	100	93,67	45,5	51,1	96,5
0,375	100	43,67	45,5	23,8	69,3
4	99,00	0,00	45,0	0,0	45,0
8	97,00	0,00	44,1	0,0	44,1
16	87,00	0,00	39,5	0,0	39,5
30	74,00	0,00	33,6	0,0	33,6
50	29,00	0,00	13,2	0,0	13,2
100	12,00	0,00	5,5	0,0	5,5
pan	2,00	0,00	0,9	0,0	0,9
Jumlah	700,00	237,33	318,18	129,45	447,64



LAMPIRAN D MIX DESIGN SILINDER

Rencana mutu beton	= 25 MPa
Ukuran maksimum agregat	= 20 mm
Berat jenis semen PCC	= 3,15
Berat jenis spesifik SSD pasir	= 2,0 gram
Berat jenis spesifik SSD kerikil	= 2,56 gram
Volume silinder (10 x 20)	= 0,0016 m ³
Faktor air semen	= 0,35

1. Penetapan kadar air bebas

Berdasarkan dengan nilai slump 10 cm dan ukuran maksimum agregat 20 mm, maka diperoleh :

- Kadar air bebas alami (Wf) = 195 kg/m³ beton
- Kadar air bebas batu pecah (Wc) = 225 kg/m³ beton
- Kadar air bebas = $(\frac{2}{3} \times Wf) + (\frac{1}{3} \times Wc)$
= $\frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$
= 205.00 kg/m³ beton

Berdasarkan The European Guidelines for Self Compacting Concrete. Berbagai komposisi material pembentuk beton SCC, dari tial mix :

Digunakan air sebanyak = 210 kg/m³ beton

2. Penetapan kadar semen

$$\text{Kadar semen} = \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}}$$

$$= \frac{210.000}{0.35}$$

$$= 600.00 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

3. Volume total agregat (pasir dan kerikil)

$$\text{Volume total agregat} = 1000 - \frac{600.00}{3.15} - 210$$

$$= 599,52$$

4. Volume masing-masing agregat

$$\text{Volume kerikil} = 50 \% \times 599,52 = 299,7619048$$

$$\text{Volume pasir} = 50 \% \times 599,52 = 299,7619048$$

5. Berat masing-masing agregat

$$\text{Berat pasir} = 299,76 \times 2,50 = 749,40 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Berat kerikil} = 299,76 \times 2,56 = 767,39 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Jumlah} = 1516,80 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

6. Hasil mix design SSD karakteristik agregat

$$\text{Superplasticizer} = 600,00 \times 0,1 \% = 6,00 \text{ kg}$$

Bahan Beton	Berat kg/m ³ Beton	Rasio Terhadap Jml Semen	Berat untuk 1 sampel (kg)
Air	209,400	0,350	0,401
Semen	600,000	1,000	1,148
Pasir	749,405	1,249	1,434
Kerikil	767,390	1,279	1,468
Superplasticizer	0,600	0,001	0,001

LAMPIRAN E MIX DESIGN BALOK

Rencana mutu beton	= 25 MPa
Ukuran maksimum agregat	= 20 mm
Berat jenis semen PCC	= 3,15
Berat jenis spesifik SSD pasir	= 2,50 gram
Berat jenis spesifik SSD kerikil	= 2,56 gram
Volume balok (10 x 12 x 60)	= 0,0072 m ³
Faktor air semen	= 0,35

7. Penetapan kadar air bebas

Berdasarkan dengan nilai slump 10 cm dan ukuran maksimum agregat 20 mm, maka diperoleh :

- Kadar air bebas alami (Wf) = 195 kg/m³ beton
- Kadar air bebas batu pecah (Wc) = 225 kg/m³ beton
- Kadar air bebas = $(\frac{2}{3} \times Wf) + (\frac{1}{3} \times Wc)$
= $\frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$
= 20500 kg/m³ beton

Berdasarkan The European Guidelines for Self Compacting Concrete. Berbagai komposisi material pembentuk beton SCC, dari tial mix :

Digunakan air sebanyak = 210 kg/m³ beton

8. Penetapan kadar semen

$$\text{Kadar semen} = \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}}$$

$$= \frac{210.000}{0.35}$$

$$= 600,00 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

9. Volume total agregat (pasir dan kerikil)

$$\text{Volume total agregat} = 1000 - \frac{600.00}{3.15} - 210$$

$$= 599,52$$

10. Volume masing-masing agregat

$$\text{Volume kerikil} = 50 \% \times 599,52 = 299,7619048$$

$$\text{Volume pasir} = 50 \% \times 599,52 = 299,7619048$$

11. Berat masing-masing agregat

$$\text{Berat pasir} = 299,76 \times 2,50 = 749,40 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Berat kerikil} = 299,76 \times 2,56 = 767,39 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Jumlah} = 1516,80 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

12. Hasil mix design SSD karakteristik agregat

$$\text{Superplasticizer} = 600,00 \times 0,1 \% = 6,00 \text{ kg}$$

Bahan Beton	Berat kg/m ³ Beton	Rasio Terhadap Jml Semen	Berat untuk 1 sampel (kg)
Air	209,400	0,350	1,809
Semen	600,000	1,000	5,184
Pasir	749,405	1,249	6,475
Kerikil	767,390	1,279	6,630
Superplasticizer	0,600	0,001	0,005

LAMPIRAN F PERHITUNGAN PENGUJIAN

Kuat tekan

Tabel hasil pengujian kuat tekan air tawar

No	Umur	Slump	Tinggi	Diameter	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata
	(Hari)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(N)	(Mpa)	(Mpa)
1	3	600	200	100	7857,14	146000	18,58	17,46
2						140000	17,82	
3						160000	20,36	
4						120000	15,27	
5						120000	15,27	
6	7	600	200	100	7857,14	160000	20,36	23,42
7						210000	26,73	
8						200000	25,45	
9						160000	20,36	
10						190000	24,18	
11	28	600	200	100	7857,14	230000	29,12	33,49
12						300000	38,22	
13						290000	36,40	
14						230000	29,12	
15						270000	34,58	
16	360	600	200	100	7857,14	280000	35,64	38,18
17						350000	44,55	
18						270000	34,36	
19						300000	38,18	
20						300000	38,18	

Tabel hasil pengujian kuat tekan air laut

No	Umur	Slump	Tinggi	Diameter	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata
	(Hari)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(N)	(Mpa)	(Mpa)
1	3	600	200	100	7857,14	120000	15,27	15,78
2						130000	16,55	
3						140000	17,82	
4						110000	14,00	
5						120000	15,27	
6	7	600	200	100	7857,14	170000	21,64	22,15
7						190000	24,18	
8						160000	20,36	
9						160000	20,36	
10						190000	24,18	
11	28	600	200	100	7857,14	240000	30,91	33,10
12						270000	34,55	
13						290000	36,40	
14						230000	29,09	
15						270000	34,55	
16	360	600	200	100	7857,14	220000	28,00	27,49
17						160000	20,36	
18						160000	20,36	
19						280000	35,64	
20						260000	33,09	

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

Dimana :

$f'c$ = Kuat tekan (Mpa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

P = 140 kN (kN ke N = kali 1000)

= 140 x 1000

$$= 140000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \left(\frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \right) \times 100^2 \\ &= 7857.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{140000}{7857.14} \\ &= 18,58 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

LAMPIRAN G DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Pengujian Karakteristik



2. Bekisting yang digunakan



3. Penggunaan Superplastisizer



4. Pengujian Slump Flow



5. Benda uji silinder dan balok



6. Pemasangan GFRP

