

TUGAS AKHIR

**STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON
DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL
PASIR LAUT DAN AIR LAUT**



DISUSUN OLEH:
RACHMAT AGUNG MUHLIS
D 111 07 020

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0411) 587 636 FAX. (0411) 580 505 MAKASSAR 90245
E-mail : sipil.unhas@yahoo.co.id

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : " *Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Material Pasir dan Air Laut.*"

Disusun Oleh :

Nama : Rachmat Agung Muhlis


D111 07 020

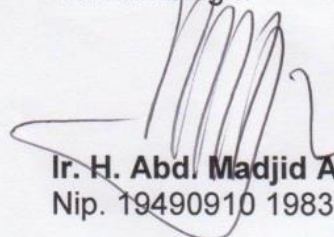
Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 26 November 2012

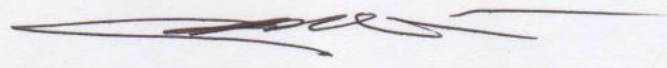
Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng.
Nip. 19680529 2002121002


Ir. H. Abd. Madjid Akkas, MT.
Nip. 19490910 1983 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil,


Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, MS. M. Eng.
Nip. 19601231 198503 1 001

JTS-Unhas :/TA.26.11/2013

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah Yang Maha Kuasa, atas segala berkat dan karunia-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, para Sahabat dan semua Umatnya yang setia hingga akhir zaman.

Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan judul **“Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Material Pasir Laut dan Air Laut”** dan diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada pembaca dan terutama kepada penulis, khususnya dalam memahami seberapa besar pengaruh penggunaan pasir dan air laut terhadap kuat tekan beton. Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat positif dari berbagai pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tidak terhitung jumlahnya, sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti

saat ini. Tugas akhir ini merupakan wujud bakti dan penghargaan ananda kepada Ayah dan Ibu.

2. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, MS, M.Eng** selaku ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng** selaku dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal hingga selesainya penulisan ini.
4. Bapak **Ir. H. Abdul Madjid Akkas, MT** selaku dosen pembimbing II atas segala kesabaran dan waktu yang telah diluangkannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan kepada kami.
5. Kanda **Mansyur, ST** dan **Hartini, ST**.
6. Kanda **Muhammad Akbar Caronge, ST, M.Eng** dan **Andi Sri Ulvah, ST** atas segala waktu yang diluangkannya kepada penulis walaupun berada di tempat yang sangat jauh.
7. Bapak **Sudirman Sitang, ST** selaku staf Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan dan arahnya selama pelaksanaan penelitian di Laboratorium.
8. Seluruh dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
9. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
10. Sahabat dan Saudara kami seluruh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, terkhusus kepada saudara kami mahasiswa Teknik Sipil

angkatan 2007 yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Terimakasih atas kebersamaan, canda tawa, bantuan dan tegur sapaanya selama ini. Semoga ini bukan akhir tapi awal menuju kesuksesan kita bersama-sama. Untuk semua adik-adik junior, terimakasih atas dukungan dan bantuannya.

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dan LPPM Universitas Hasanuddin dengan skema penelitian MP3EI, untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bantuannya sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

Akhir kata tiada yang sempurna selain Allah SWT, Dialah Pemilik Kesempurnaan. *Wassalam.*

Tamalanrea, Juli 2013

Penyusun

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGUNAKAN MATERIAL PASIR LAUT DAN AIR LAUT

Mahasiswa

RACHMAT AGUNG MUHLIS

Mahasiswa S1 Jurusan Sipil Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar

Pembimbing I

Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
Staf Pengajar Jurusan Sipil Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar

Pembimbing II

Ir. H. Abdul Madjid Akkas, MT
Staf Pengajar Jurusan Sipil Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar

ABSTRAK : *Kebutuhan air bersih dalam kehidupan sehari-hari semakin meningkat namun potensi sumber air semakin kecil sehingga perlu memikirkan alternatif penggunaan air untuk pekerjaan konstruksi beton. Dalam kaitan ini, diadakan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan air laut dan air tawar.*

Penelitian ini bersifat eksperimental yang membuat rancang campuran beton silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Jumlah benda uji masing-masing 9 buah untuk beton yang menggunakan air laut dan beton yang menggunakan air tawar. Perawatan benda uji masing-masing menggunakan air laut dan air tawar sesuai dengan jenis air pencampurannya dengan perendaman umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Pengujian mekanik beton dilakukan dengan uji kuat tekan dan uji modulus elastisitas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada umur 28 hari kuat tekan beton air laut sebesar 35,39 MPa sedangkan beton air tawar sebesar 34,62 MPa. Selisih kuat tekan sebesar 1,98% lebih tinggi beton air laut dari beton air tawar. Hasil pengujian modulus elastisitas umur 28 hari menunjukkan bahwa pada beton air laut sebesar 32209,46 sedangkan pada beton air tawar sebesar 31804,47.

Kata Kunci : *Air Laut, Pasir Laut, Kuat Tekan, Modulus Elastisitas*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB. I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I - 1
1.2. Rumusan Masalah	I - 2
1.3. Tujuan Penelitian	I - 3
1.4. Manfaat Penelitian	I - 3
1.5. Batasan Masalah	I - 4
1.6. Sistematika Penulisan	I - 4
BAB. II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Sebelumnya	II - 1

2.2. Material Penyusun Beton	II - 3
2.2.1. Semen (<i>Portland</i>) PCC	II - 3
2.2.2. Agregat	II - 6
2.2.2.1. Agregat Kasar	II - 6
2.2.2.2. Agregat Halus	II - 7
2.2.3. Air	II - 9
2.3. Beton Segar	II - 11
2.4. Kuat Tekan Beton	II - 15

BAB. III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian	III - 1
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	III - 3
3.3. Jenis Penelitian dan Sumber Data	III - 3
3.4. Alat dan Bahan Penelitian	III - 3
3.5. Prosedur Penelitian	III - 4
3.5.1. Pengujian Karakteristik Agregat	III - 4
3.5.2. Rancangan Campuran Beton	III - 5
3.5.3. Pembuatan Benda Uji	III - 11
3.5.4. Perawatan (<i>curing</i>) Benda Uji	III - 11
3.5.5. Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	III - 12

BAB. IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian	IV - 1
----------------------------	--------

4.1.1. Karakteristik Material	IV - 1
4.1.2. Karakteristik Air Laut	IV - 3
4.1.3. Rancang Campuran Beton (<i>Mix Design Concrete</i>) ..	IV - 3
4.1.4. Pengujian <i>Slump Test</i>	IV - 4
4.1.5. Pemeriksaan Berat Volume Beton	IV - 5
4.1.6. Kuat Tekan Beton	IV - 6
4.2. Pembahasan	IV - 8
4.2.1. Analisa Pengujian Kuat Tekan	IV - 8
4.2.2. Analisa Modulus Elastisitas	IV - 11
4.2.2.1. Beton Air Laut	IV - 11
4.2.2.2. Beton Normal	IV - 13

BAB. V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	V - 1
5.2. Saran	V - 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Semen

Tabel 2.2 Spesifikasi Semen Portland Komposit

Tabel 2.3 Gradasi Standar Agregat Kasar Alam Berdasarkan ASTM C33-78

Tabel 2.4 Gradasi Standar Agregat Halus Alam Berdasarkan ASTM C33-78

Tabel 2.5 Perkiraan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur

Tabel 3.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 3.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

Tabel 3.3 Nilai Slump Berdasarkan Jenis Struktur

Tabel 3.4 Kadar Air Bebas Pada Beton

Tabel 3.5 Jumlah Benda Uji Penelitian

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir Laut)

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir Sungai)

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)

Tabel 4.4 Komposisi Kimia Air Laut Pantai Barombong

Tabel 4.5 Komposisi Campuran Beton Air Laut

Tabel 4.6 Komposisi Campuran Beton Normal

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Air Laut

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Tabel 4.9 Nilai Modulus Elastisitas dan Lendutan Maksimum Beton Air Laut
pada Pengujian Umur 28 Hari

Tabel 4.10 Nilai Modulus Elastisitas dan Lendutan Maksimum Beton Normal pada Pengujian Umur 28 Hari

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Gambar 3.2 Hubungan Kuat Tekan Karakteristik *vs* Standar Deviasi

Gambar 3.3 Korelasi FAS *vs* $f'c$ Untuk Semen Tipe I, Agregat Batu Pecah Umur
28 Hari

Gambar 3.4 Kurva Berat Volume Beton Segar

Gambar 3.5 Proses Perawatan (*curing*) Benda Uji

Gambar 4.1 Pengujian *Slump Test*

Gambar 4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Gambar 4.3 Grafik Korelasi Kuat Tekan Terhadap Umur Beton

Gambar 4.4 Diagram Persentase Perubahan Kuat Tekan Terhadap Umur Beton

Gambar 4.5 Pola Retak pada Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tekan Umur 28
Hari

Gambar 4.6 Grafik Tegangan-Regangan Beton Air Laut

Gambar 4.7 Grafik Tegangan-Regangan Beton Normal

DAFTAR NOTASI

M	adalah margin
Sr	adalah standar deviasi, Mpa
f'_{cr}	adalah kuat tekan rata-rata, MPa
f'_c	adalah kuat tekan beton, MPa
W_f	adalah jumlah air agregat halus, kg/m ³
W_c	adalah jumlah air agregat kasar, kg/m ³
f'_{ci}	adalah kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang ke I, N/mm ²
P	adalah gaya tekan aksial, N
A	adalah luas penampang melintang benda uji, mm ²
E	adalah modulus elastisitas beton, MPa
σ_1	adalah tegangan saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005, MPa
σ_2	adalah tegangan pada saat mencapai 40% dari beban maksimum, MPa
ϵ_1	adalah regangan longitudinal yang dihasilkan oleh tegangan σ_1
ϵ_2	adalah regangan longitudinal yang dihasilkan oleh tegangan σ_2

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran – 1 Hasil Pengujian Karakteristik Material

Lampiran – 2 Rancang Campuran Beton (*mix design*)

Lampiran – 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Lampiran – 4 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Lampiran – 5 Dokumentasi Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan perpaduan dari semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*mineral admixture dan additive*). Pencampuran bahan-bahan penyusun tersebut akan menghasilkan adukan beton yang mudah dicetak sesuai dengan wadah dan bentuk yang diinginkan. Sifat yang paling penting dalam beton adalah kuat tekan. Kuat tekan tergantung dari faktor air semen, gradasi batuan, bentuk batuan, ukuran butir serta umur beton.

Salah satu bahan penyusun beton adalah air. Dalam fenomena sekarang ini kebutuhan air yang memenuhi syarat dalam penggunaannya sudah mulai berkurang terutama pada kota-kota besar atau pada negara-negara maju yang mana air bersih hanya diprioritaskan pada kebutuhan primer saja. Dunia teknik sipil terutama pada negara maju telah memikirkan tentang tantangan kedepan akan berkurangnya potensi air bersih (air tawar) yang dapat digunakan sebagai bahan campuran beton, terlebih pembangunan infrastruktur semakin meningkat seiring dengan penggunaan air bersih yang semakin banyak. Data dari PBB dan organisasi meteorologi dunia memprediksi sekitar 5 milyar orang akan kekurangan air bersih bahkan air minum (Sumber: *Conference on Our World in Concrete and Structure* di Singapura). Nobuaki Otsuki dkk. (2011) dalam konferensi tersebut juga mengatakan bahwa di tahun 2025 setengah dari umat manusia akan tinggal di daerah yang kekurangan air bersih (air tawar).

Negara Indonesia juga merupakan Negara kepulauan dalam arti bahwa disetiap titik lokasi, terdapat bangunan-bangunan yang terletak di daerah pantai seperti bangunan dermaga/ pelabuhan, talut dan bangunan lain yang sering kita temukan sesuai dengan kebutuhan aktivitas masyarakat. Dalam kondisi seperti itu, tidak menutup kemungkinan bahwa kebutuhan akan air bersih sangat sulit untuk dijangkau dan bahkan terdapat beberapa daerah yang terisolir dengan air bersih. Fakta yang terjadi sekarang ini, ada beberapa wilayah di kepulauan sering menggunakan air yang terkontaminasi dengan klorida (air laut) bahkan menggunakan pasir laut untuk pencampuran beton.

Dari fenomena tersebut diatas, melihat potensi sumber air laut yang begitu melimpah maka ada pemikiran untuk menggunakan air laut sebagai bahan pencampuran beton, yang terkhusus pada lokasi-lokasi bangunan yang sering berinteraksi dengan air laut.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka tugas akhir yang berjudul: **“STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL PASIR LAUT DAN AIR LAUT”** ini disusun untuk mengetahui kuat tekan beton dengan memanfaatkan pasir laut dan air laut sebagai bahan campuran beton.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan dalam upaya mencari alternatif pengganti bahan dasar beton dalam hal ini agregat halus yang berupa pasir sungai diganti dengan pasir laut dan air tawar sebagai bahan pencampur diganti dengan air laut

yang selanjutnya disebut Beton Air Laut. Dalam tugas akhir ini akan dijabarkan permasalahan yaitu seberapa besar kuat tekan beton yang dapat dicapai dengan menggunakan pasir dan air laut pada rancang campuran beton mutu tertentu.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian dalam tulisan ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik agregat material pasir laut.
2. Untuk mengetahui berat volume beton yang menggunakan material pasir laut dan air laut.
3. Untuk mengetahui kuat tekan beton yang menggunakan material pasir laut dan air laut.
4. Untuk mengetahui nilai modulus elastisitas beton yang menggunakan material pasir laut dan air laut.

4.1. Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini bermanfaat untuk :

1. Dapat dijadikan sebagai acuan dan informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan pencampuran beton dengan menggunakan material laut.
2. Mengetahui karakteristik beton dengan menggunakan air laut sebagai air pencampuran dan air perawatan (*curing*).
3. Sebagai referensi bagi pekerja konstruksi yang berada pada daerah yang terisolir air bersih untuk mempertimbangkan penggunaan air laut.

4.2. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan sasaran yang ingin dicapai, maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilaksanakan pada laboratorium Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Menggunakan pasir laut dan air laut pantai Barombong Kabupaten Gowa sebagai campuran beton.
3. Penelitian ini tidak memperhatikan efek yang ditimbulkan air laut terhadap tulangan pada beton.
4. Proses curing menggunakan air laut.
5. Menggunakan komposisi Semen Portland komposit PCC merek Tonasa dalam pencampuran beton.
6. Rasio air-semen digunakan 0,37
7. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari.
8. Pedoman-pedoman yang digunakan antara lain:
 - ASTM (*American Society for Testing Material*), antara lain: ASTM C33-78, ASTM C136-01, ASTM C128-01.
 - SNI (Standar Nasional Indonesia), meliputi: SK. SNI T-15-1990-03, SNI 1974:2011, SNI 03-4169-1996.

4.3. Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan dan diakhiri oleh Kesimpulan dan Saran.

Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut di atas:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan hal-hal mengenai latar belakang masalah, maksud dan tujuan penulisan, rumusan masalah, ruang lingkup dan batasan masalah serta sistematika penulisan yang berisi tentang penggambaran secara garis besar mengenai hal-hal yang dibahas dalam bab-bab berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang kerangka konseptual yang memuat beberapa penulisan sebelumnya yang berkaitan dengan beton, material penyusun beton yaitu semen, agregat serta air, sifat-sifat mekanis beton dan penjelasan mengenai kuat tekan beton.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat bagan alir penelitian, tahap-tahap yang dilakukan selama penelitian meliputi alat dan bagan yang digunakan, lokasi penelitian, *mix design*, pembuatan benda uji, perawatan benda uji dan pengujian kuat tekan benda uji beton.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil-hasil pengujian kuat tekan silinder beton air laut dengan beton yang menggunakan material pasir sungai dan air tawar sebagai bahan pencampur dan perawatan (beton normal).

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisa hasil yang diperoleh saat penelitian dan disertai dengan saran-saran yang diusulkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Pencampuran beton dengan menggunakan air laut sering dilakukan oleh masyarakat yang berada pada lokasi yang terisolir dengan air bersih (air tawar). Penelitian tentang pencampuran beton dengan menggunakan air laut ini pun sering dilakukan oleh para peneliti. Tarek Uddin Mohammed, Hidenori Hamada, dan Toru Yamaji (2001) melakukan penelitian tentang kinerja campuran beton dengan menggunakan air laut di lingkungan pasang surut. Dalam penelitian ini mengamati perilaku kuat tekan, penetrasi klorida dan korosi baja pada beton dengan pola pencampuran menggunakan air laut dan air keran (air tawar). Jenis semen yang digunakan dalam melakukan investigasi seperti semen Portland biasa, terak semen abu terbang, semen Portland dengan panas hidrasi sedang, dan semen Portland dengan kekuatan awal tinggi.

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa campuran beton dengan air laut menghasilkan keuntungan pada kekuatan awal yang tinggi. Setelah 20 tahun diekspose, tidak ada perbedaan yang signifikan pada kuat tekan dalam pencampuran beton dengan menggunakan air laut dan air keran. Jumlah awal klorida (akibat penggunaan air laut) dapat menyebabkan inisiasi korosi pada tulangan baja yang memiliki rongga/ celah pada beton bertulang setelah pengecoran beton. Penggunaan air laut menunjukkan lubang korosi yang lebih dalam dibandingkan dengan menggunakan air keran. (*Cement and Concrete Research 34 (2004) 593–601*).

Penelitian tentang penggunaan air laut juga dilakukan oleh N. Otsuki, D. Furuya, T. Saito dan Y. Tadokoro (2011) yang melakukan penelitian tentang kemungkinan penggunaan air laut sebagai air pencampur pada beton. Dalam penelitian ini menggunakan OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan semen BFS (*Blast Furnace Slag*) yang dicampur dengan air tawar dan air laut dalam rangka membandingkan durabilitas beton. Spesimen dibuat dengan pasta semen BFS yang memiliki rasio penggantian BFS terhadap OPC adalah 70% dan rasio air semen adalah 0,5. Ukuran spesimen adalah 10×10×40 mm. Hasilnya menunjukkan perbedaan daya tahan antara beton dicampur dengan air tawar dan dicampur dengan air laut tidak begitu banyak, tetapi perbedaan antara beton dengan OPC dan semen BFS sangat besar.

Dalam penelitian ini juga diperoleh pencampuran dengan air laut menurunkan jumlah pori-pori yang meningkatkan kuat tekan terhadap semen BFS dibandingkan dengan menggunakan air tawar. Penelitian ini memberikan kesimpulan bahwa penggunaan air laut aman untuk digunakan sebagai air pencampuran beton dengan ketentuan menggunakan semen BFS atau semen campur, bukan semen OPC, dan menggunakan inhibitor korosi atau diperkuat dengan stainless steel atau penguatan tahan korosi.

Dalam penelitian untuk beton berongga, M. Wihardi Tjaronge, dkk. (2011) meneliti pengaruh air laut pada kekuatan beton berongga yang menggunakan semen Portland komposit dan serat *mikro monofilamen polypropylene*. Spesimen beton berongga direndam dalam air laut hingga 28 hari. Uji kuat tekan dan uji kuat lentur dilakukan pada 3, 7 dan 28 hari dalam rangka untuk menyelidiki

perkembangan kekuatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan beton berpori dapat berkembang di air laut. Hal itu terungkap bahwa tidak ada efek yang cukup dari air laut pada proses hidrasi ketika beton berpori direndam dalam air laut. Ikatan baik terjadi antara pasta semen dan agregat kasar, sehingga dalam menahan beban tekan dan lentur memiliki kapasitas yang baik pada beton berongga (*Sumber : Proceedings of the Sixth International Conference on Asian and Pacific Coasts / APAC 2011*).

2.2. Material Penyusun Beton

2.2.1. Semen (*Portland*) PCC

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut *ASTM C-150, 1985*, Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari Kalsium Silikat Hidrolis (C-S-H), yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Mulyono, T. *Teknologi Bahan. 2003*

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambahkan air, semen akan menjadi pasta semen yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Jika ditambahkan dengan agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar (kerikil) akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

Fungsi utama semen adalah mengikat butiran-butiran agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran-

butiran agregat. Walaupun komposisi semen di dalam beton hanya 10 %, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen akan menjadi sangat penting.

Bahan pembentuk semen adalah :

- Kapur (CaO), dari batu kapur
- Silika (SiO₂), dari lempung
- Aluminium (Al₂O₃), dari lempung (dengan sedikit persentase Magnesia (MgO), dan terkadang sedikit Alkali. Oksida besi terkadang ditambahkan untuk mengontrol komposisinya.

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Semen

Komponen	Kelajuan Reaksi	Pelepasan Panas	Besar Penyemaman Batas
Trikalsium Silikat, C ₃ S	Sedang	Sedang	Baik
Dikalsium Silikat, C ₂ S	Lambat	Kecil	Baik
Trikalsium Aluminat, C ₃ A	Cepat	Besar	Buruk
Tetrakalsium Aluminoferrat, C ₄ AF	Lambat	Kecil	Buruk

Sumber: Nawy (1998, p.11)

Kekuatan semen merupakan hasil proses hidrasi. Tabel 2.1 memperlihatkan masing-masing komponen dalam mencapai kekuatan. Kekuatan awal semen portland semakin tinggi apabila semakin banyak C₃S. Jika perawatan kelembaban terus berlangsung, kekuatan akhirnya akan lebih besar apabila persentase C₂S semakin besar. Dimana C₃S berpengaruh pada kekuatan awal sedangkan C₂S berpengaruh terhadap kekuatan semen pada tahap selanjutnya.

Waktu yang diperlukan oleh semen dari keadaan cair menjadi mengeras disebut waktu pengikatan (*setting time*).

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah Semen Portland Komposit PCC yang diproduksi oleh PT. Semen Tonasa dan biasa digunakan secara umum serta tidak memerlukan syarat khusus. Berdasarkan brosur semen portland komposit terbitan PT. Semen Tonasa, hasil pengujian kimia dan pengujian fisika semen portland komposit dapat dilihat dalam Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2. Spesifikasi Semen Portland Komposit

Jenis Pengujian	Satuan	SNI 15-7064-2004	Semen Tonasa (PCC)
Pengujian Kimia			
SO ₃	%	Max 4.0	2.15
MgO	%	Max 6.0	0.97
Hilang pijar	%	Max 5.0	1.98
Pengujian fisika			
Kehalusan			
Dengan alat blaine	m ² /kg	Min 280	365
Sisa di atas ayakan 0.0045 mm			9
Waktu pengikatan (alat Vicat)			
Setting awal	Menit	Min 45	120
Setting akhir	Menit	Max 375	300
Kekentalan dengan Autoclave			
Pemuaian	%	Max 0.8	-
Penyusutan	%	Max 0.2	0.02
Kuat tekan			
3 hari	Kg/cm ²	Min 125	185
7 hari	Kg/cm ²	Min 200	263
28 hari	Kg/cm ²	Min 250	410
Panas hidrasi			2.75
7 hari	Cal/gr		65
28 hari	Cal/gr		72.21
Kandungan udara mortar	%	Max 12	5.25

2.2.2. Agregat

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregate*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batasan antara agregat kasar dan agregat halus berbeda antara disiplin ilmu yang satu dengan disiplin ilmu yang lainnya. Meskipun demikian dapat diberikan batasan ukuran antara agregat halus dan agregat kasar yaitu 4,80 mm (*British Standard*) atau 4,75 mm (*ASTM*).

Agregat kasar adalah batuan yang butirannya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4,80 mm dibagi lagi menjadi dua bagian yaitu yang berdiameter antara 4,80 – 40,00 mm disebut kerikil beton dan yang lebih besar dari 40,00 mm disebut kerikil kasar.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya lebih kecil dari 40,00 mm. Agregat yang ukurannya lebih besar dari 40,00 mm digunakan untuk pekerjaan sipil lainnya, misalnya untuk pekerjaan jalan, tanggul-tanggul penahan tanah, bendungan dan lainnya. Agregat halus biasanya dinamakan pasir dan agregat kasar dinamakan kerikil, *split* atau batu pecah dalam pekerjaan beton.

2.2.2.1. Agregat Kasar

Agregat kasar memiliki pengaruh yang besar terhadap kekuatan dan sifat-sifat struktural beton. Oleh karena itu, agregat kasar yang digunakan sebaiknya memiliki butiran yang cukup keras, bebas dari retakan atau bidang-bidang yang lemah, bersih dan permukaannya tidak tertutupi oleh lapisan. Selain itu, sifat-sifat agregat kasar juga memengaruhi lekatan antara agregat-mortar dan kebutuhan air

pencampur. Agregat yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil memiliki potensial untuk menghasilkan beton yang memiliki kekuatan yang tinggi.

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat alam berupa *batu pecah* dari daerah Bili-Bili Kabupaten Gowa. Batasan gradasi agregat kasar yang baik menurut ASTM C33-78 adalah :

Tabel 2.3 Gradasi Standar Agregat Kasar Alam Berdasarkan ASTM C33-78

Diameter Ayakan	Persentase Lolos
25,4 mm (1")	100
19,0 mm (3/4")	95 – 100
9,50 mm (3/8")	20 – 55
4,75 mm (No. 4)	0 – 10
2,36 mm (No. 8)	0 – 5

2.2.2.2. Agregat Halus

Gradasi dan bentuk butiran halus adalah faktor-faktor yang penting pada beton yang berkekuatan tinggi. Seperti halnya agregat kasar, bentuk butiran dan tekstur permukaan agregat halus dapat memengaruhi kebutuhan air dan kuat tekan beton. Agregat halus bergradasi sama tetapi kasar porinya berselisih 1% dapat mengakibatkan perbedaan kebutuhan air sebesar kira-kira 5 liter/m³ beton. Wang, Chu-Kia, Charles G. Salmon. *Disain Beton Bertulang*. 1986.

Banyaknya pasta semen yang dibutuhkan per m³ beton berkurang jika rasio volume agregat kasar/bahan halus meningkat. Karena banyaknya jumlah semen yang terkandung dalam beton yang berkekuatan tinggi maka jumlah partikel halus juga cenderung meningkat. Akibatnya, persentase jumlah pasir dapat juga

minimum asalkan cukup untuk mencapai kelecakan dan kepadatan yang diinginkan. Dengan cara ini, dimungkinkan untuk membuat beton yang berkekuatan lebih tinggi meskipun digunakan bahan dasar semen yang sama.

Agregat halus dengan modulus kehalusan berkisar antara 2,5 sampai 3,2 baik digunakan untuk membuat beton yang berkekuatan tinggi. Adukan beton yang dibuat dengan pasir yang memiliki modulus kehalusan kurang dari 2,5 akan lengket (*stickly*) sehingga kelecakan buruk dan untuk memperbaikinya dibutuhkan air dalam jumlah yang lebih banyak. Kadang-kadang dimungkinkan untuk mengkombinasikan pasir dari sumber-sumber yang berbeda untuk memperbaiki gradasi dan meningkatkan kekuatan beton. Wang, Chu-Kia, Charles G. Salmon. *Disain Beton Bertulang. 1986.*

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir laut yang berasal dari pantai Barombong Kabupaten Gowa. Gradasi agregat halus yang baik menurut ASTM C33-78 disajikan pada Tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Gradasi Standar Agregat Halus Alam Berdasarkan ASTM C33-78

Diameter Ayakan	Persentase Lolos
9,75 mm (No.2)	100
4,75 mm (No.4)	95 – 100
2,36 mm (No.8)	80 – 100
1,18 mm (No.16)	50 – 85
600 µm (No.30)	25 – 60
300 µm (No.50)	5 – 30
150 µm (No. 100)	0 – 10

2.2.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Kriteria penerimaan air untuk beton mutu tinggi tidak perlu diperhatikan secara khusus jika air yang digunakan mutunya baik untuk dapat diminum. Jika tidak, maka air tersebut harus diuji sesuai ASTM C-94. Wang, Chu-Kia, Charles G. Salmon. *Disain Beton Bertulang*. 1986.

Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, tercemar garam, mengandung minyak gula atau bahan kimia lainnya, bila digunakan dalam pencampuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Selain itu, air yang demikian dapat mengurangi afinitas antara agregat dengan pasta semen dan dapat pula memengaruhi kemudahan pengerjaan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, melainkan perbandingan air bebas dengan semen yang disebut Faktor Air Semen (*Water Cement Ratio*). Air yang berlebihan dapat menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai. Sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya sehingga akan memengaruhi kekuatan beton.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

- Sifat workability adukan beton.
- Besar kecilnya nilai susut beton

- Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu.
- Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
- Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Air laut sendiri tidak disarankan dalam penggunaannya pada beton karena mengandung garam yang tinggi yang dapat menggerogoti kekuatan dan keawetan beton. Hal ini disebabkan klorida (Cl) yang terdapat pada air laut merupakan garam yang bersifat agresif terhadap bahan lain termasuk beton.

Menurut Neville (1981) kerusakan beton di air laut disebabkan klorida yang terkandung di air laut, yaitu NaCl dan MgCl. Senyawa ini bila bertemu senyawa semen menyebabkan gypsum dan kalsium sulphoaluminat (ettringite) dalam semen mudah larut. Air laut umumnya mengandung 35.000 ppm (3,5%) larutan garam, sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium sulfat.

Namun bila air bersih tidak tersedia, air laut dapat digunakan meskipun sangat tidak dianjurkan. Meskipun kekuatan awal dengan penggunaan air laut ini

lebih tinggi daripada beton biasa, setelah 28 hari, kekuatannya akan lebih rendah. Pengurangan kekuatan ini dapat dihindari dengan mengurangi faktor air semen. (Paul Antoni dan Nugraha, 2007).

2.3 Beton Segar

Beton adalah material komposit yang rumit. Beton dapat dibuat dengan mudah bahkan oleh mereka yang tidak punya pemahaman sama sekali tentang teknologi beton, tetapi pemahaman yang salah dari kesederhanaan ini sering menghasilkan persoalan pada produk, antara lain reputasi jelek dari beton sebagai materi bangunan (Nugraha. P., 2007:1).

Nawy (1998:8) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Dengan demikian, masing-masing komponen tersebut perlu dipelajari sebelum mempelajari beton secara keseluruhan. Perencana dapat mengembangkan pemilihan material dengan komposisi yang layak untuk menghasilkan beton yang efisien, memenuhi kekuatan yang disyaratkan oleh perencana dan memiliki pelayanan yang handal (*serviceability*).

Berdasarkan pasal 3.12 SNI-03-2847-2002, beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Dari pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diketahui sejak dini bahwa struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain. Secara lebih rinci, keunggulan beton adalah :

- a. Ketersediaan (*availability*) material dasar
- b. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*)
- c. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*)
- d. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal (Nugraha. P., 2007:4)

Beton segar merupakan beton yang masih dalam kondisi cair setelah pengecoran berakhir. Sifat-sifat dari beton segar antara lain:

- Mudah dalam proses pencampuran dan pengadukan (*mixing*)
- Mudah dalam proses pengangkutan (*handling*)
- Mudah dalam hal pengecoran (*pouring*) dan penempatan (*placed*)
- Mudah untuk mencapai kepadatan yang cukup dan tidak berpori.

Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat penting yang harus selalu diperhatikan adalah *Workability* (kemudahan pengerjaan), segregasi (pemisahan kerikil) dan *bleeding* (naiknya air ke permukaan).

Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)

Workability adalah sifat atau perihal mudah/ tidaknya beton segar dikerjakan, diangkut, homogenitas, stabil, sifat pemadatan serta memperkecil pori udara beton. Newman (1965) mengusulkan agar pengertian *workability* didefinisikan sekurang-kurangnya pada tiga sifat yang berbeda, yaitu:

- Kompabilitas atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga-rongga udara diambil.
- Mobilitas atau kemudahan dimana beton dapat mengalir ke dalam cetakan.

- Stabilitas atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi terhadap bahan-bahan utamanya.

Untuk mengukur *workability* maka digunakan istilah *slump* sebagai tolak ukur, dengan alat untuk mengukur slump disebut Slump Test. Unsur-unsur yang memengaruhi *workability* antara lain :

- Jumlah air pencampur. Semakin banyak air pencampur semakin mudah pengerjaan beton
- Kandungan semen. Jika faktor air semen (FAS) tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga sifat plastisnya menjadi lebih tinggi.
- Gradasi campuran pasir-kerikil. Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mempermudah pengerjaan.
- Bentuk butiran agregat kasar. Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah dikerjakan.
- Butiran maksimum
- Cara pemadatan dan alat pemadat.

Segregasi (Pemisahan Kerikil)

Segregasi merupakan pemisahan unsur-unsur pokok dari campuran heterogen sehingga distribusi atau proses penyebarannya tidak lagi merata. Pada adukan beton perbedaan dalam ukuran partikel-partikel dan berat jenis masing-

masing campuran merupakan penyebab utama segregasi, tapi hal ini dapat diantisipasi dengan pemilihan gradasi yang sesuai dan pengerjaan yang baik.

Ada dua bentuk segregasi, yang pertama terjadi jika partikel-partikel yang lebih besar cenderung bergerak lebih jauh sepanjang kemiringan atau turun lebih dalam dibanding partikel-partikel yang lebih halus. Bentuk segregasi yang kedua terjadi pada campuran-campuran yang basah (mengandung air yang banyak) dan dipengaruhi oleh pemisahan mortar dari campuran.

Segregasi dapat disebabkan oleh beberapa hal:

- Campuran kurus atau kurang semen
- Terlalu banyak air
- Besar ukuran agregat maksimum lebih besar dari 40 mm
- Permukaan butir agregat kasar. Semakin kasar permukaan agregat semakin mudah terjadi segregasi.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah jika (Winter George, Arthur H. Nilson. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. 1993):

- Tinggi jatuh diperpendek
- Penggunaan air sesuai dengan syarat
- Ukuran agregat sesuai dengan syarat
- Pemasakan yang baik.

Bleeding

Kecenderungan air untuk naik ke permukaan beton yang baru dipadatkan disebut *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus

pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput. Hal ini disebabkan karena ketidakmampuan unsur-unsur padat campuran untuk menahan seluruh air campuran pada saat unsur-unsur tersebut turun ke bawah. Berdasarkan jumlahnya, *bleeding* dapat dinyatakan sebagai penurunan total tertinggi satuan beton. Winter George, Arthur H. Nilson. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. 1993

Bleeding dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut :

- Susunan butir agregat. Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya *bleeding* kecil.
- Banyaknya air. Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*
- Kecepatan hidrasi. Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*
- Proses pemadatan. Pemadatan yang berlebihan bukan penyebab terjadinya *bleeding*.

Bleeding ini dapat dikurangi dengan cara:

- Memberi lebih banyak semen
- Menggunakan air paling minimum
- Menggunakan agregat dengan butiran halus lebih banyak
- Memasukkan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus

2.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton persatuan luas. Kuat tekan ditetapkan dengan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, dinyatakan dalam satuan MPa. Kuat tekan beton normal antara 20 - 40 MPa. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh : faktor air semen, sifat dan jenis agregat, jenis campuran, kelecakan (*workability*), perawatan (*curing*) beton dan umur beton.

Faktor air semen sangat memengaruhi kuat tekan beton. Semakin kecil nilai w/c-nya maka jumlah air yang dibutuhkan sedikit dan akan menghasilkan kuat tekan beton yang besar. Sifat dan jenis agregat yang digunakan juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semakin tinggi tingkat kekerasan agregat yang digunakan akan menghasilkan kuat tekan beton yang tinggi. Selain itu susunan besar butir agregat yang baik dan tidak seragam dapat memungkinkan terjadinya interaksi antar butir sehingga rongga dalam kondisi optimum yang menghasilkan beton padat dan kuat tekan yang tinggi.

Jenis campuran beton akan memengaruhi kuat tekan beton. Jumlah pasta semen harus cukup untuk melumasi seluruh permukaan butiran agregat dan mengisi rongga-rongga antara agregat sehingga menghasilkan beton dengan kuat tekan yang diinginkan. Untuk memperoleh beton dengan kekuatan seperti yang diinginkan, maka beton yang masih muda perlu dilakukan perawatan dengan tujuan agar proses hidrasi pada semen bekerja dengan sempurna. Pada proses hidrasi semen dibutuhkan kondisi dengan kelembaban tertentu. Apabila beton terlalu cepat mengering, akan timbul retak-retak pada permukaannya. Retak-retak

ini akan menyebabkan kekuatan beton menurun, juga akibat kegagalan mencapai reaksi hidrasi kimiawi penuh.

Kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton. Kuat tekan beton dianggap mencapai 100% setelah beton berumur 28 hari. Menurut SNI 03-2847-2002, perkembangan kekuatan beton dengan bahan pengikat semen portland berdasarkan umur beton disajikan pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Perkiraan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur

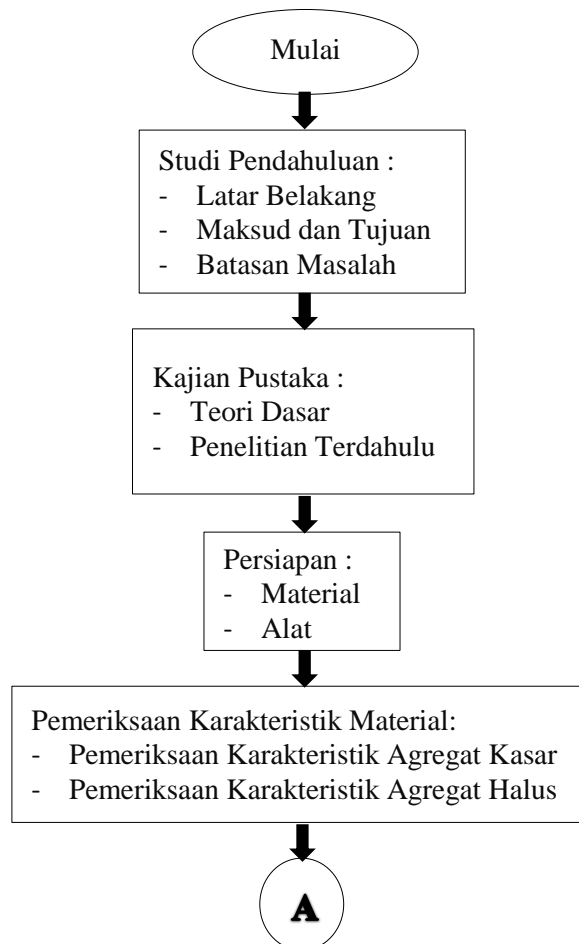
Umur Beton (Hari)	3	7	14	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	1,00	1,20	1,35

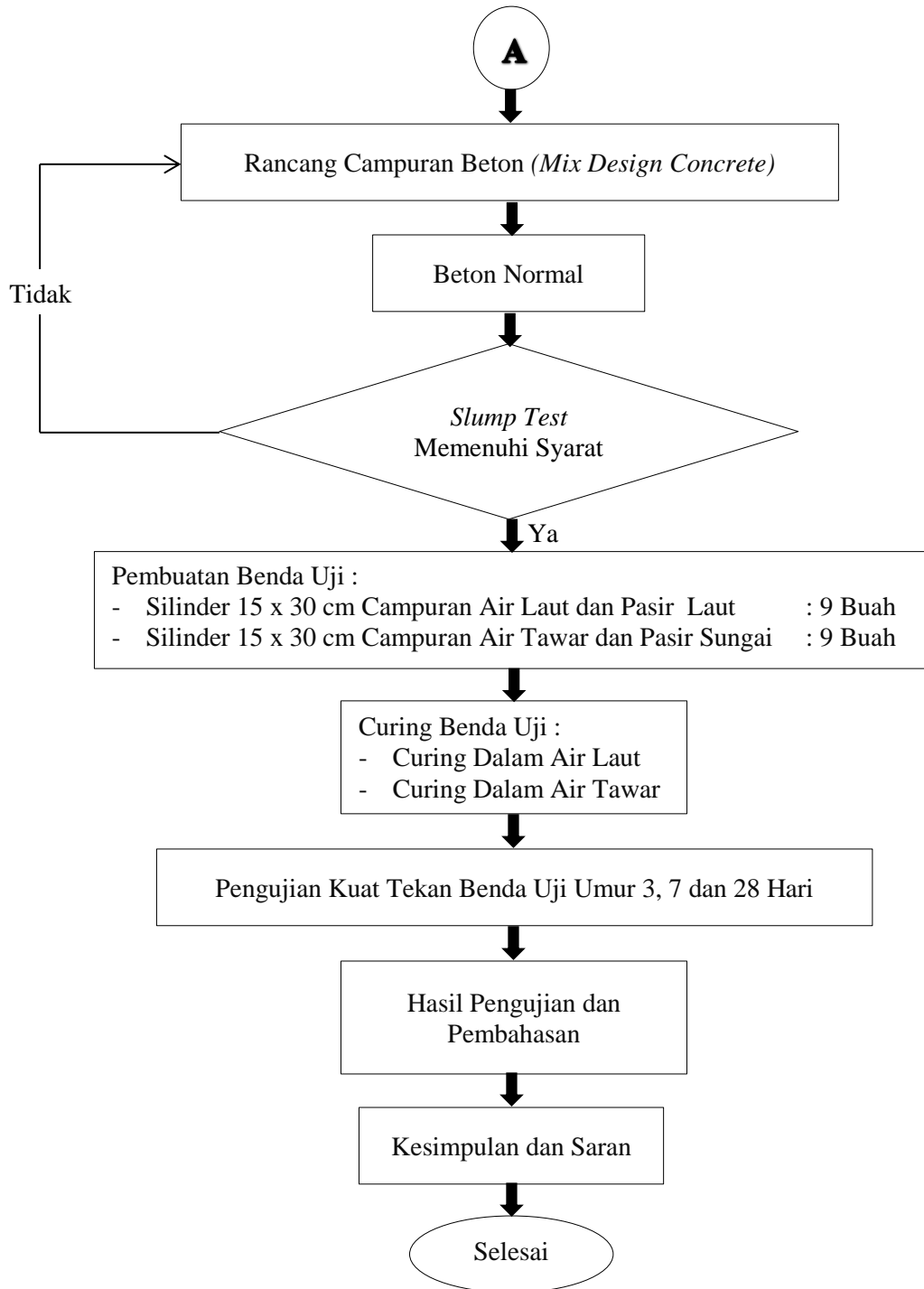
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. *Flowchart* Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian yang dilaksanakan di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini :





Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan waktu penelitian selama dua bulan.

3.3. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Penelitian yang dilakukan adalah uji ekperimental, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dan mengacu pada peraturan SNI (Standar Nasional Indonesia) serta literatur-literatur yang berkaitan.

Sumber air laut yang digunakan berasal dari Pantai Barombong. Agregat halus pasir laut berasal dari Pantai Barombong dan pasir dari sungai Jeneberang serta agregat kasar dari Bili-Bili, Kabupaten Gowa.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:
 - *Universal Testing Machine* kapasitas 100 ton,
 - Mesin pencampur bahan (*mixer*),
 - Cetakan berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm,
 - *Dial Gauge* dengan ketelitian 0,001 mm,
 - Neraca,
 - Bak perendam,
 - Meteran.
2. Bahan penelitian yang digunakan adalah:
 - Semen yang digunakan adalah semen Tonasa jenis PCC (*Portland Composite Cement*).

- Agregat halus yang berasal dari Pantai Barombong berupa pasir laut dan dari Sungai Jeneberang berupa pasir sungai.
- Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah (*split*) dari Bili-Bili, Kabupaten Gowa.
- Air yang digunakan adalah air laut Pantai Barombong yang telah diteliti kandungannya di Laboratorium Oceanografi Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.

3.5. Prosedur Penelitian

3.5.1. Pengujian Karakteristik Agregat

Sebelum pembuatan benda uji beton, dilakukan pengujian terhadap karakteristik agregat halus dan kasar. Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan ASTM yang meliputi:

Tabel 3.1 Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1.	Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM C136-01
2.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	ASTM C128-01
3.	Pemeriksaan Berat Volume	ASTM C29M-97
4.	Pemeriksaan Kadar Air	ASTM C566-97
5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur	ASTM 117-95
6.	Pemeriksaan Kadar Organik	ASTM C40-99

Tabel 3.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1.	Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM C136-01
2.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	ASTM C127-01
3.	Pemeriksaan Berat Volume	ASTM C29M-97
4.	Pemeriksaan Kadar Air	ASTM C566-97
5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur	ASTM 117-95
6.	Pemeriksaan Abrasi/ Keausan	ASTM C131-03

3.5.2. Rancangan Campuran Beton (*Concrete Mix Design*)

Dalam menentukan rancangan campuran beton dapat digunakan beberapa metode yang dikenal, antara lain Metode *American Concrete Institute (ACI)*, *Portland Cement Association (PCA)*, *Road Note No. 4*, *British Standard (EN-Standard)* atau *Departement of Environment (DoE)*

Penentuan rancangan campuran beton yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada SK. SNI. T-15-1990-03 “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”.

1. Penetapan nilai *slump*

Untuk menentukan nilai *slump* memerlukan pengetahuan pelaksanaan beton. *American Concrete Institute* menetapkan syarat nilai *Slump* sesuai Tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.3 Nilai Slump Berdasarkan Jenis Struktur

Jenis Konstruksi	Slump (mm)	
	Maks*	Min
Dinding Penahan dan Pondasi	76,2	25,4
Pondasi sederhana, Sumuran dan Dinding Sub-Struktur	76,2	25,4
Balok dan Dinding Beton	101,6	25,4
Kolom Struktural	101,6	25,4
Perkerasan dan Slab	76,2	25,4
Beton Massal	50,8	25,4

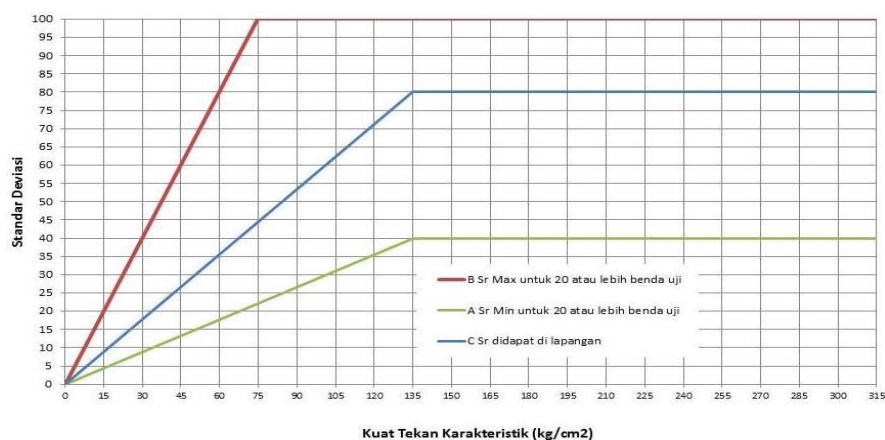
*) Dapat ditambahkan sebesar 25,4 mm untuk pekerjaan beton yang tidak menggunakan vibrator, tetapi menggunakan metode konsolidasi.

Sumber : Mulyono, T (2003, p. 161)

Berdasarkan Tabel 3.1 di atas maka nilai slump yang digunakan adalah 10 ± 2 cm.

2. Penetapan Standar Deviasi

Standar deviasi (tingkat kualitas pekerjaan pembetonan), dapat ditetapkan dengan Gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Hubungan Kuat Tekan Karakteristik vs Standar Deviasi

3. Perhitungan Nilai Tambah (*margin*)

Nilai tambah atau *margin* yang ditambahkan pada kuat tekan rencana dihitung menurut rumus :

$$M = 1,64 \times S_r \text{ Jika } S_r \leq 4 \text{ MPa} \dots\dots\dots (\text{Pers. 1})$$

$$M = 2,64 \times S_r \text{ Jika } S_r > 4 \text{ MPa} \dots\dots\dots (\text{Pers. 2})$$

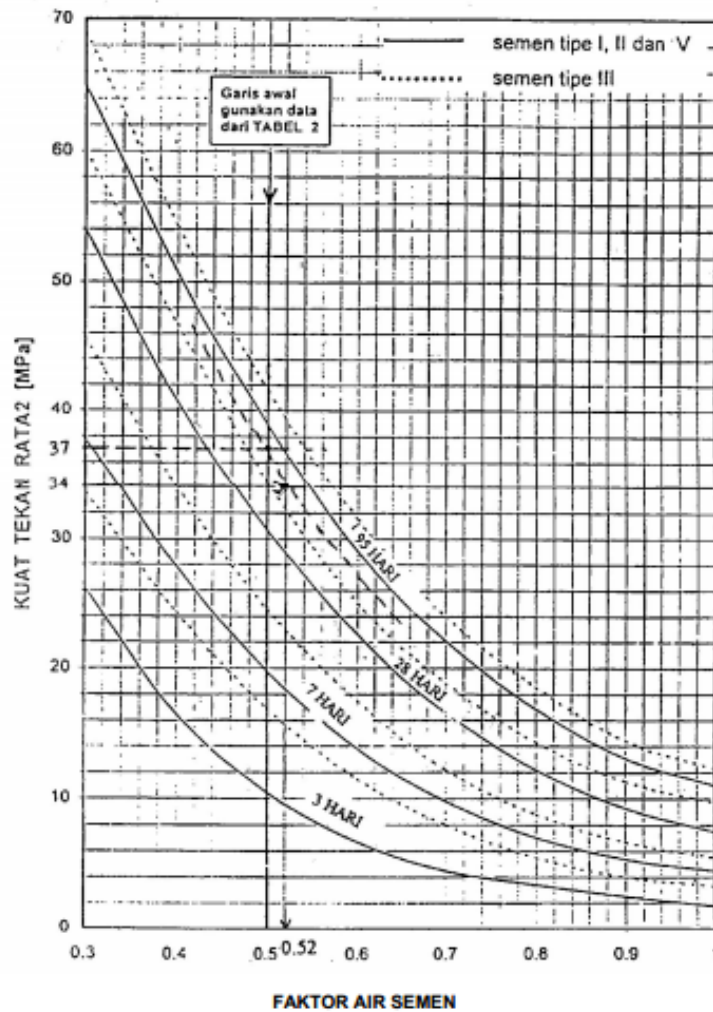
4. Perhitungan Kuat Tekan Rata-Rata ($f'c'_r$)

Untuk kuat tekan ($f'c'$) pengujian menggunakan silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ($f'c'_r$), dihitung dengan menggunakan Pers. 3 berikut :

$$f'c'_r = f'c + M \dots\dots\dots (\text{Pers. 3})$$

5. Penetapan Faktor Air Semen (FAS)

Proses pemilihan faktor air semen beton normal tanpa menggunakan bahan *admixture* mempunyai batasan tertentu karena semakin kecil faktor air semen yang direncanakan akan semakin sulit pengerjaannya serta dapat menyebabkan beton menjadi keropos. Fas merupakan perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam pembuatan campuran beton. Besar fas diperoleh berdasarkan kuat tekan rata-rata ($f'c'_r$) menggunakan gambar 3.3. berikut :



Gambar 3.3 Korelasi FAS vs f_c' Untuk Semen PCC, Agregat Batu Pecah Umur 28 Hari

Dalam penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu beton yang mempunyai mutu baik dan mudah dalam pelaksanaannya, oleh karena pertimbangan itu maka digunakan nilai fas 0,37.

6. Penetapan Kadar Air Bebas

Penetapan kadar air bebas pada penelitian ini diambil berdasarkan nilai slump yang telah diestimasi sebelumnya dan diameter maksimum agregat yang akan digunakan.

Nilai kadar air bebas dapat diperoleh dari rumus :

- a. Kadar air bebas = W_f , bila agregat yang digunakan pasir dan kerikil.
- b. Kadar air bebas = $(2/3 W_f + 1/3 W_c)$, bila agregat yang digunakan pasir alam dan batu pecah.
- c. Kadar air bebas = W_c , bila agregat yang digunakan pasir, debu batu dan batu pecah.

Dimana W_f adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, W_c adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar. Tabel 3.4 memperlihatkan nilai W_f dan W_c .

Tabel 3.4 Kadar Air Bebas Pada Beton

Slump (mm)		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180	Ket.
Ukuran Maksimum Agregat	Jenis Agregat	Kadar Air Bebas (Kg/m ³)				
10	Alami	150	180	205	225	W_f
	Batu Pecah	180	205	230	250	W_c
20	Alami	135	160	180	190	W_f
	Batu Pecah	175	190	210	225	W_c
40	Alami	115	140	160	175	W_f
	Batu Pecah	155	175	190	205	W_c

7. Penetapan Kadar Semen

Penetapan kadar semen didasarkan pada pertimbangan dari kadar air bebas dan faktor air semen seperti Pers. 4.

$$\text{Kadar Air Semen} = \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Bebas}} \dots\dots\dots \text{(Pers. 4)}$$

8. Penetapan Berat Jenis dan Spesifikasi Gabungan Agregat

Berat jenis spesifikasi gabungan dapat dihitung dengan menggunakan Pers. 5 berikut :

$$\text{BJ spesifikasi gabungan} = a\% \times \text{BJ.sp.SSD pasir} + b\% \text{ BJ.sp.SSD Kerikil}$$

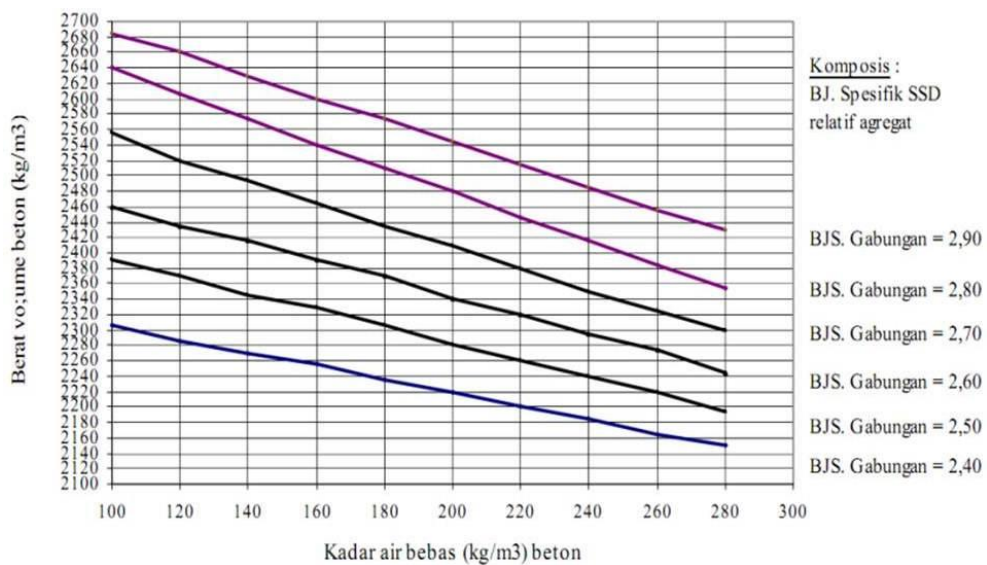
Dimana:

a = presentase penggabungan agregat halus terbaik

b = presentase penggabungan agregat kasar terbaik

9. Penentuan Berat Volume Beton

Berat volume beton diperoleh berdasarkan pertimbangan dari kadar air bebas dan berat jenis spesifikasi gabungan, seperti pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Kurva Berat Volume Beton Segar

10. Penetapan Jumlah Agregat Kasar dan Halus

Penetapan jumlah agregat yang digunakan diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

a. Berat total agregat = Berat volume beton – berat semen – kadar air bebas

- b. Berat agregat pasir = Berat total agregat x % gabungan pasir
- c. Berat agregat kasar = Berat total agregat – berat agregat halus

3.5.3 Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini dirancang untuk pembuatan beton air laut dan sebagai pembanding menggunakan beton normal. Adapun jumlah benda uji dan jenis pengujian dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini:

Tabel 3.5 Jumlah Benda Uji Penelitian

Air Perendaman	Jenis Pengujian	Bentuk Benda Uji	Jumlah Benda Uji Untuk Umur Perendaman		
			3 Hari	7 Hari	28 Hari
Air Tawar	Kuat Tekan	Silinder 15 x 30 cm	3	3	3
Air Laut	Kuat Tekan	Silinder 15 x 30 cm	3	3	3

3.5.4 Perawatan (*curing*) Benda Uji

Untuk semua benda uji dilakukan perawatan (*curing*) baik untuk beton air laut ataupun yang beton normal. Untuk benda uji beton air laut dilakukan curing dengan air laut sedangkan benda uji beton normal dilakukan curing dengan air tawar pada kondisi suhu yang sama.



Gambar 3.5 Proses Perawatan (*curing*) Benda Uji

3.5.5 Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* kapasitas 1500 kN, pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 1974:2011. Prosedur pelaksanaan pengujian kuat tekan terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

1. Sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm yang telah mencapai umur uji diangkat dari bak perendaman setelah itu diamkan beberapa saat hingga sampel beton mencapai kondisi kering permukaan (SSD).
2. Setelah sampel beton mencapai kondisi SSD, timbang sampel beton tersebut lalu lakukan proses *capping* pada bagian atas beton dengan menggunakan belerang yang telah dipanaskan hingga mencair lalu tuangkan ke pelat cetakan, setelah itu bagian atas sampel beton dibalik dan diletakkan tegak lurus pada pelat cetakan dan diamkan untuk beberapa menit hingga menghasilkan *capping* yang sempurna. Kemudian lepaskan sampel beton dari pelat cetakan.
3. Pasang alat pengujian Modulus Elastisitas pada sampel beton dan setel alat tersebut hingga dapat bekerja dengan baik (khusus untuk pengujian unur 28 hari).
4. Letakkan benda uji pada *Compression Testing Machine* secara sentris.
5. Jalankan mesin penekan dengan beban yang konstan. Pembacaan dial vertikal untuk mendapatkan deformasi beton dilakukan setiap kenaikan ± 50 kN.

6. Pembacaan dilakukan hingga benda uji hancur dan beban maksimum yang terjadi dicatat untuk mendapatkan mutu beton dari benda uji.

Dalam melakukan pengujian ini dapat diperoleh beberapa hasil yaitu kuat tekan beton dan modulus elastisitas dari beton dengan menggunakan Pers. 6 dan Pers. 7 berikut :

1. Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 1974:2011, kuat tekan beton dihitung dengan membagi beban tekan maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luar penampang melintang.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (Pers. 6)$$

2. Modulus Elastisitas

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-4169-1996 memberikan rumus seperti berikut :

$$E = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} \dots\dots\dots (Pers. 7)$$

Pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas ini bertujuan untuk menentukan mutu beton yang diisyaratkan dan modulus elastisitas dari sampel beton pada umur 28 hari.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Karakteristik Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat halus (pasir) yang berasal dari pantai Barombong dan sungai Jeneberang Gowa dan agregat kasar (batu pecah) dari daerah Bili-Bili Gowa. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pengujian agregat ini mengacu pada ASTM (*American Society for Testing Material*). Data hasil pengujian agregat diperlihatkan pada Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir Laut)

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa Saringan		Gradasi 1	Memenuhi
2	Modulus Kehalusan	2,3 – 3,1	2,77	Memenuhi
3	Berat Jenis			
	a. BJ Nyata	1,6 – 3,3	2,53	Memenuhi
	b. BJ Dasar Kering	1,6 – 3,3	2,43	Memenuhi
	c. BJ Kering Permukaan	1,6 – 3,3	2,47	Memenuhi
4	Penyerapan Air	0,2% - 2%	1,75	Memenuhi
5	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,4 – 1,9 kg/ltr	1,60	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,4 – 1,9 kg/ltr	1,85	Memenuhi
6	Kadar Air	3% - 5%	4,91	Memenuhi
7	Kadar Lumpur	0,2% - 5 %	3,05	Memenuhi
8	Kadar Organik	<No. 3	No. 1	Memenuhi

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir Sungai)

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa Saringan		Gradasi 1	Memenuhi
2	Modulus Kehalusan	2,3 – 3,1	3,39	Memenuhi
3	Berat Jenis			
	d. BJ Nyata	1,6 – 3,3	2,34	Memenuhi
	e. BJ Dasar Kering	1,6 – 3,3	2,29	Memenuhi
	f. BJ Kering Permukaan	1,6 – 3,3	2,25	Memenuhi
4	Penyerapan Air	0,2% - 2%	1,69	Memenuhi
5	Berat Volume			
	c. Kondisi Lepas	1,4 – 1,9 kg/ltr	1,47	Memenuhi
	d. Kondisi Padat	1,4 – 1,9 kg/ltr	1,61	Memenuhi
6	Kadar Air	3% - 5%	7,05	Tidak Memenuhi
7	Kadar Lumpur	0,2% - 5 %	4,50	Memenuhi
8	Kadar Organik	<No. 3	No. 1	Memenuhi

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa Saringan		Gradasi 4,75 – 37,5	Memenuhi
2	Modulus Kehalusan	6 – 7,1	7,82	Tidak Memenuhi
3	Berat Jenis			
	a. BJ Nyata	1,6 – 3,3	2,82	Memenuhi
	b. BJ Dasar Kering	1,6 – 3,3	2,70	Memenuhi
	c. BJ Kering Permukaan	1,6 – 3,3	2,74	Memenuhi
4	Penyerapan Air	0,2% - 4%	1,50	Memenuhi
5	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,6 – 1,9 kg/ltr	1,75 kg/ltr	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,6 – 1,9 kg/ltr	1,90 kg/ltr	Memenuhi
6	Kadar Air	3% - 5%	5,60	Tidak Memenuhi
7	Kadar Lumpur	0,2% – 1%	0,66	Memenuhi
8	Keausan	15% - 40%	21,09	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian di atas, diperoleh karakteristik pasir laut sebagai pengganti agregat halus telah memenuhi kriteria sebagai material penyusun beton. Untuk pasir sungai pada karakteristik kadar air tidak memenuhi sedangkan untuk batu pecah pemeriksaan modulus kehalusan dan kadar air tidak memenuhi.

4.1.2 Karakteristik Air Laut

Air laut yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Pantai Barombong, Kab. Gowa. Komposisi kimia air laut dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Komposisi Kimia Air Laut Pantai Barombong

Berat Jenis (gr/cm ³)	pH	Salinitas (‰)	Komposisi Kimia (mg/L)					
			Na	Ca	Mg	Cl ⁻	SO ₄	CO ₃
1,029	8,53	18	2085,22	348,348	1973,492	5303,70	134	576,576

Sumber : Laboratorium Oceanografi Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas

4.1.3 Rancang Campuran Beton (*Mix Design Concrete*)

Rancang campuran beton yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada SK. SNI T-15-1990-03. Kuat tekan beton yang disyaratkan (mutu beton) ditargetkan sebesar $f_c' = 44$ MPa. Komposisi campuran beton air laut sesuai dengan Tabel 4.5. Untuk komposisi beton normal menggunakan metode perbandingan sesuai dengan Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Komposisi Campuran Beton Air Laut

Bahan Beton	Berat/m ³ Beton	Rasio Terhadap Jumlah Semen (kg)	Berat Untuk 1 Sampel (kg)	Berat Untuk 9 Sampel (kg)
Air	143,62	0,26	0,76	6,85
Semen	554,05	1,00	2,94	26,43
Pasir	576,16	1,04	3,05	27,48
Batu pecah	1199,61	2,17	6,36	57,22

Tabel 4.6 Komposisi Campuran Beton Normal

Bahan Beton	Berat/m ³ Beton	Rasio Terhadap Jumlah Semen (kg)	Berat Untuk 1 Sampel (kg)	Berat Untuk 9 Sampel (kg)
Air	132,90	0,24	0,70	6,34
Semen	554,05	1,00	2,94	26,43
Pasir	477,71	0,86	2,53	22,79
Batu pecah	1061,89	1,92	5,63	50,65

4.1.4 Pengujian *Slump Test*

Pengukuran *Slump Test* dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) adukan beton. Kelecakan adukan beton merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun beton (*segregasi*). Tingkat kelecakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya.

Untuk pengujian *slump test* pada penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali seperti Gambar 4.1. Hasil pengujian *slump test* untuk beton air laut secara berturut-turut yaitu sebesar 10,7 cm, 10,57 cm dan 11,00 cm sedangkan untuk beton normal dengan campuran yang sama sebesar 10,13 cm, 10,50 cm dan 10,60 cm. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan material laut untuk beton mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai slump, namun tetap memenuhi batas syarat nilai *slump test* untuk beton material laut yaitu 10 ± 2 cm.



Gambar 4.1 Pengujian *Slump Test*

4.1.5 Pemeriksaan Berat Volume Beton

Pengukuran berat isi/volume beton segar dilakukan pada tiap umur pengujian kuat tekan beton segar, yaitu pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Pengukuran berat volume mengacu pada peraturan SNI 03-1973-1990. Dari hasil pengukuran berat volume umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari beton segar air laut diperoleh rata-rata secara berturut-turut sebesar $2375,13 \text{ kg/m}^3$, $2395,87 \text{ kg/m}^3$

dan 2317,94 kg/m³. Sedangkan hasil pengukuran berat volume untuk beton normal umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari secara berturut-turut adalah sebesar 2302,22 kg/m³, 2313,79 kg/m³ dan 2317,90 kg/m³.

4.1.6 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari dengan menggunakan silinder berukuran 150 mm x 300 mm masing-masing sebanyak 3 buah seperti yang tercantum dalam Tabel 4.7 dan 4.8. Pengujian kuat tekan mengacu pada ASTM C39/ C39M-01 (*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*) dan termuat pada SNI 1974:2011 seperti pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Air Laut

No. Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Luas Bidang (mm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) (a)	PBI 1971		Analisa	
							Koefisien (k)	Kuat Tekan Umur 28 Hari (a/k)	Kuat Tekan	Koefisien (k)
S ₁	3	12.40	17678.6	340	19.23	17.91	0.40	44.78	17.91	0.40
S ₂		12.40	17678.6	310	17.54					
S ₃		12.52	17678.6	300	16.97					
S ₁	7	12.81	17678.6	550	31.11	30.26	0.65	46.56	30.26	0.67
S ₂		12.64	17678.6	525	29.70					
S ₃		11.67	17678.6	530	29.98					
S ₁	28	12.48	17678.6	800	45.25	44.88	1.00	44.88	44.88	1.00
S ₂		12.48	17678.6	795	44.97					
S ₃		11.92	17678.6	785	44.40					

$$f_{cr}' = \frac{\sum f_{c'i}}{n}$$

$$f_{cr}' = \frac{\sum f_{c'i}}{n} = \frac{44,75 + 46,55 + 44,88}{3} = 45,39 \text{ MPa}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, untuk jumlah benda uji $n < 15$ maka $f_{cr} = f'c + 10,0$ maka kuat tekan beton air laut adalah sebesar 35,39 MPa.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

No. Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Luas Bidang (mm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) (a)	PBI 1971		Analisa	
							Koefisien (k)	Kuat Tekan Umur 28 Hari (a/k)	Kuat Tekan	Koefisien (k)
S ₁	3	12.83	17678.6	330	18.67	17.54	0.40	43.84	17.54	0.40
S ₂		12.89	17678.6	280	15.84					
S ₃		12.90	17678.6	320	18.10					
S ₁	7	12.43	17678.6	540	30.55	29.89	0.65	45.98	29.89	0.68
S ₂		12.43	17678.6	520	29.41					
S ₃		11.95	17678.6	525	29.70					
S ₁	28	12.48	17678.6	750	42.42	44.03	1.00	44.03	44.03	1.00
S ₂		12.48	17678.6	795	44.97					
S ₃		11.92	17678.6	790	44.69					

$$f_{cr}' = \frac{\sum f_{c'i}}{n}$$

$$f_{cr}' = \frac{\sum f_{c'i}}{n} = \frac{43,85 + 45,98 + 44,03}{3} = 44,62 \text{ MPa}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, untuk jumlah benda uji $n < 15$ maka $f_{cr} = f'c + 10,0$ maka kuat tekan beton normal adalah sebesar 34,62 MPa.

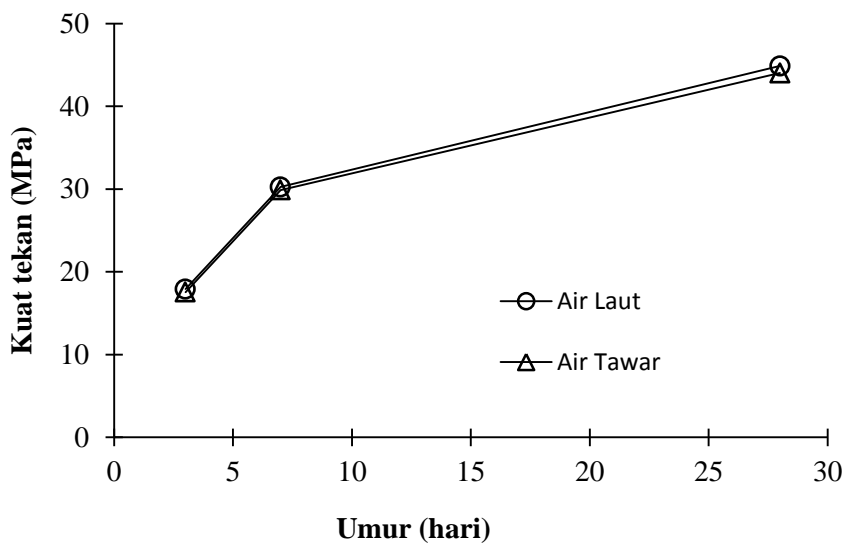
4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton (*compressive strength*) yang direndam (*curing*) di laboratorium pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Pengujian dilakukan pada dua jenis beton dan perlakuan yang berbeda yaitu beton air laut dengan perendaman air laut serta beton normal dengan perendaman air tawar masing-masing terdiri dari tiga benda uji.

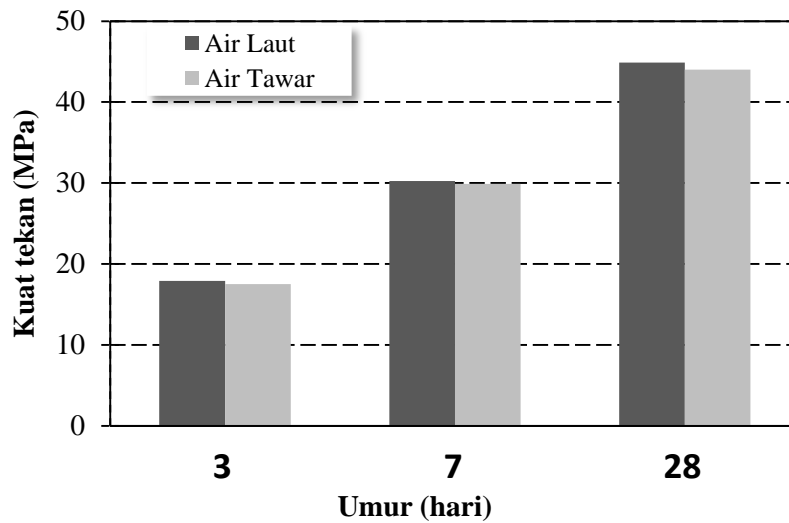
Benda uji berupa silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dipasang pada mesin tekan secara sentris. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan tidak dapat lagi menahan beban yang diberikan (jarum penunjuk berhenti kemudian bergerak turun), sehingga didapatkan beban maksimum yang ditahan oleh benda uji tersebut. Kemudian hitung kuat tekan beton yaitu besarnya beban persatuan luas.

Komposisi material penyusun beton memiliki pengaruh terhadap kuat tekan yang dihasilkan dari beton. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 yang menunjukkan hubungan kuat tekan terhadap umur beton sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Pada umur 28 hari, kuat tekan rata-rata beton air laut sebesar 35,39 MPa sedangkan beton normal biasa sebesar 34,62 MPa.



Gambar 4.3 Grafik Korelasi Kuat Tekan Terhadap Umur Beton

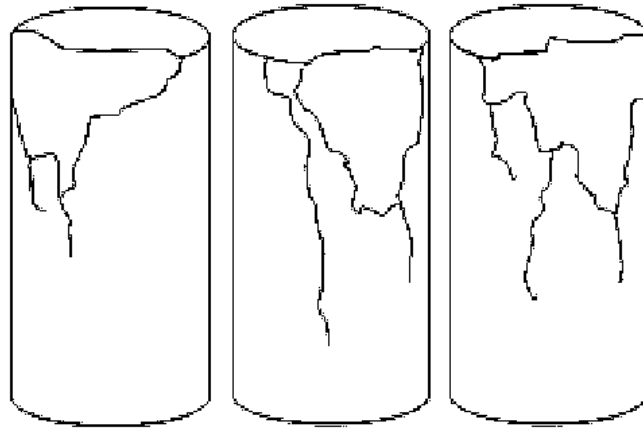
Gambar 4.4 menunjukkan persentase perubahan kuat tekan beton pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari benda uji. Untuk beton air laut, persentase peningkatan kuat tekan terhadap umur benda uji berturut-turut 38,30%, 67,42% dan 100%. Untuk beton normal mengalami peningkatan sebesar 39,84%, 67,88% dan 100%.



Gambar 4.4 Diagram Persentase Perubahan Kuat Tekan Terhadap Umur Beton

Selain pengujian kuat tekan, secara visual juga diamati pola runtuh (*failure*) pada benda uji. Sebagian besar benda uji menunjukkan pola retak memanjang (*columner*). Retak *columner* menunjukkan bahwa beton memiliki kemampuan untuk menahan beban tekan. Terlihat juga bahwa benda uji pecah pada mortar dan agregat, hal ini menunjukkan bahwa beton merupakan satu kesatuan utuh yang memikul beban secara bersama.



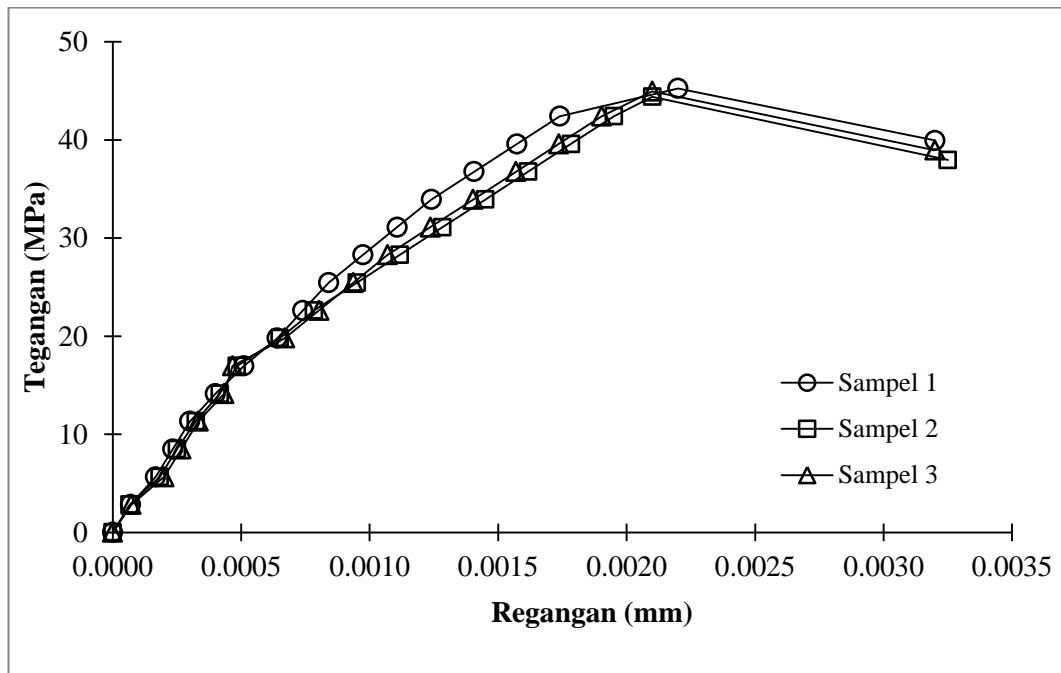


Gambar 4.5 Pola Retak pada Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

4.4.2 Analisa Modulus Elastisitas

4.4.2.1 Beton Air Laut

Hasil pengujian elastisitas pada beton air laut pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut :



Gambar 4.6 Grafik Tegangan-Regangan Beton Air Laut

Tegangan maksimum untuk sampel I adalah 45,25 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 18,101 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00056. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 2,053 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel II adalah 44,40 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 17,988 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00054. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 1,954 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel III adalah 44,97 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 17,762 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00052. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 2.143 MPa.

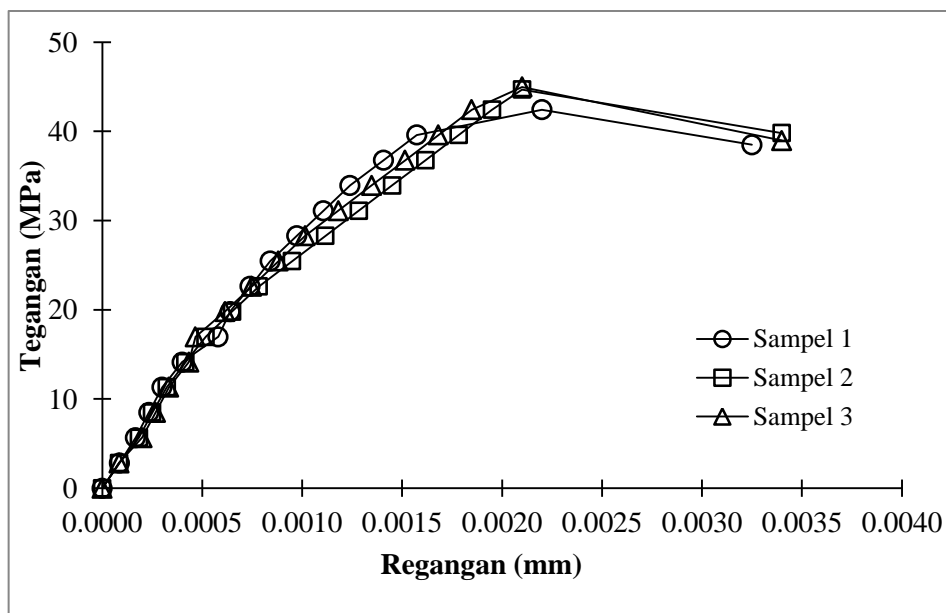
Pada Tabel 4.9 di bawah ini memperlihatkan nilai modulus elastisitas dan lendutan maksimum beton air laut untuk masing-masing sampel pada pengujian 28 hari.

Tabel 4.9 Nilai Modulus Elastisitas dan Lendutan Maksimum Beton Air Laut pada Pengujian Umur 28 Hari

No. Sampel	Modulus Elastisitas (E) MPa	E Rata-Rata (MPa)	$E = 4700\sqrt{f'c}$	Lendutan Maksimum (mm)	Δ Rata-Rata (mm)
1	31343,86	32209,46	27960,06	0,96	0,97
2	32539,54			0,98	
3	32744,99			0,96	

4.2.2.2 Beton Normal

Hasil pengujian elastisitas pada beton normal umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut :



Gambar 4.7 Grafik Tegangan-Regangan Beton Normal

Tegangan maksimum untuk sampel I adalah 42,42 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 16,97 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00058. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 1,637 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel II adalah 44,69 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 17,988 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00052. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 1,674 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel III adalah 44,97 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 17,875 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,000599. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 1,673 MPa.

Pada Tabel 4.10 di bawah ini memperlihatkan nilai modulus elastisitas dan lendutan maksimum beton normal untuk masing-masing sampel pada pengujian 28 hari.

Tabel 4.10 Nilai Modulus Elastisitas dan Lendutan Maksimum Beton Normal pada Pengujian Umur 28 Hari

No. Sampel	Modulus Elastisitas (E) MPa	E Rata-Rata (MPa)	$E = 4700\sqrt{f'c}$	Lendutan Maksimum (mm)	Δ Rata-Rata (mm)
1	28935,27	31804,47	27654,22	0,98	1,01
2	31763,77			1,02	
3	34714,36			1,02	

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian beton dengan menggunakan material laut, maka diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Pemeriksaan karakteristik agregat halus berupa pasir laut didapatkan bahwa untuk semua pengujian memenuhi spesifikasi ASTM.
2. Hasil pemeriksaan berat volume beton rata-rata pada umur 28 hari, untuk beton air laut sebesar 2317,94 kg/m³ sedangkan beton normal biasa adalah sebesar 2316,69 kg/m³.
3. Dari pengujian kuat tekan diperoleh kuat tekan rata-rata umur 28 hari pada beton air laut adalah 35,39 MPa, sedangkan kuat tekan rata-rata beton normal adalah 34,62 MPa. Selisih kuat tekan sebesar 1,98% lebih tinggi beton air laut dari beton air tawar. Ini menunjukkan bahwa beton air laut memiliki kuat tekan yang hampir sama besar dengan beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa material laut berupa pasir laut dan air laut yang ada di kawasan pantai Barombong bisa digunakan sebagai bahan pencampur beton.
4. Pengujian modulus elastisitas rata-rata untuk tiga buah benda uji beton air laut diperoleh nilai sebesar 32209,46 MPa, sedangkan beton normal biasa adalah 31804,47 MPa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka sebagai bahan pertimbangan, diajukan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap komposisi senyawa kimia dalam beton yang mengakibatkan terjadinya peningkatan kekuatan beton.
2. Sebaiknya dilakukan perawatan (*curing*) yang lebih lama, mengingat pengaruh air laut terhadap beton terjadi secara perlahan-lahan dengan jangka waktu yang panjang. Perendaman 28 hari belum menunjukkan pengaruh yang besar.
3. Perlu perbandingan antara beton dengan menggunakan semen yang berbeda untuk mengetahui karakteristik berbagai jenis semen terhadap serangan air laut. Hal ini dimaksudkan agar dapat diketahui jenis semen yang paling tahan terhadap air laut.
4. Perlakuan beton dengan perendaman air laut yang dilakukan di Laboratorium dirasakan kurang tepat. Seharusnya perendaman dilakukan langsung di lingkungan laut sebenarnya.
5. Pengujian kuat tekan sebaiknya dilakukan juga pada umur 14 dan 21 hari untuk melihat peningkatan kekuatan beton secara bertahap.
6. Untuk penggunaan material pasir laut dan air laut secara menyeluruh dalam pencampuran beton, perlu dilakukan penelitian untuk pasir laut dengan lokasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Conference on Our World in Concrete and Structure* di Singapura). Nobuaki Otsuki dkk. (2011)
- Tarek Uddin Mohammed, Hidenori Hamada, dan Toru Yamaji (2001)
- N. Otsuki, D. Furuya, T. Saito dan Y. Tadokoro (2011)
- M. Wihardi Tjaronge, dkk. *Effect of Sea Water on The Strength of Porous Concrete Containing Portland*. 2011
- Mulyono, Tri. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi. 2003
- Wang, Chu-Kia., Charles G. Salmon. *Disain Beton Bertulang*. 1986. Erlangga. Jakarta
- Winter George, Arthur H. Nilson. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. 1993
- Akkas, Abdul Madjid. *Rekayasa Bahan/ Bahan Bangunan*. Makassar: Jurusan Sipil. 1996
- American Society for Testing and Material. *Annual Book of ASTM Standards: Volume 04.02, Concrete and Aggregate*. US and Canada. 2003
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1979
- Nawi, Edward. G. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Jilid I. Bandung: Refika Aditama. 1998
- Departemen Pekerjaan Umum 2004. *Semen Portland dengan Standar SK SNI. 15-2049-2004*. Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum 2004. *Semen Portland Komposit dengan Standar SK SNI 15-7064-2004*. Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum 2000. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder dengan Cetakan Silinder di dalam Tempat Cetakan dengan Standar SK SNI 03-6429-2000*. Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal dengan Standar SK SNI 03-2834-2000*. Badan Standarisasi Nasional.

1. Persiapan Alat dan Bahan



Agregat Halus (Pasir Laut)



Agregat Kasar-Batu Pecah Bili-Bili, Gowa



Semen Portland Komposit



Cetakan Silinder 15 x 30 cm



Alat Uji *Compression Test Machine*



Alat Uji *Slump Test*



Capping Set



Timbangan

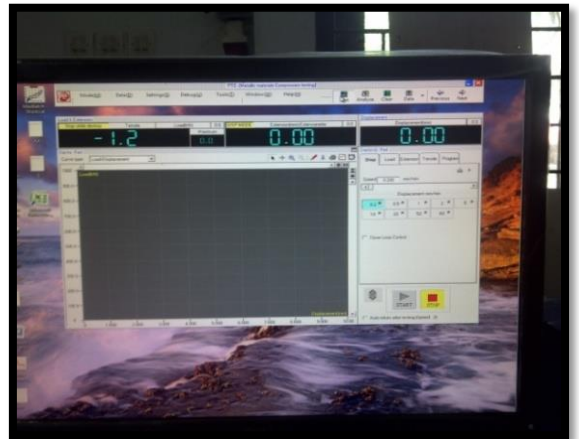
2. Pengecoran dan Pengujian *Slump Flow*



3. Pengujian Kuat Tekan



4. Pengujian Elastisitas Beton



Lampiran

Dokumentasi Pengujian