

TUGAS AKHIR

STUDI KEKUATAN BETON YANG MENGGUNAKAN AIR LAUT SEBAGAI AIR PENCAMPUR PADA DAERAH PASANG SURUT



DISUSUN OLEH :

ANNISA JUNAID

D 111 09 005

**JURUSAN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2013

KATA PENGANTAR

Assalamu Alaikum Waramatullahi Wabarakatuh. Puji syukur kehadirat Allah swt. yang telah menciptakan langit dan bumi, beserta seluruh isinya. Salawat atas Nabi Muhammad saw. yang menjadi sosok panutan umat-Nya untuk menyadarkan manusia akan kebebasan belajar dan berpikir di muka bumi ini.

Penyusunan skripsi yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin ini berjudul “Studi Kekuatan Beton Menggunakan Air Laut Sebagai Air Pencampur pada Daerah Pasang Surut”

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr.Eng. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng. sebagai Pembimbing I dan Dr.Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT. sebagai Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dalam memotivasi dan membimbing penulis mulai persiapan penulisan, penelitian sampai dengan penyelesaian skripsi ini.
2. Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah membantu penulis selama pendidikan.
3. Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna S, MS.M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu penulis selama pendidikan.
4. Para dosen dan staff yang telah membantu penulis selama mengikuti pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
5. Ibu dan Ayah tercinta yang telah sabar memberi dukungan dan menjadi motivasi utama penulis untuk menyelesaikan studi. Saudara-saudara tercinta, Aisyah, Athirah, dan Anugrah.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil Angkatan 2009 (Desti, Ayu, Lynda, Intan, Astika, Anti, Mila, Titiek, Rizky, Sanity, Elu’, Erik, Madi, Anshari, Arham, Ronald, Amir, Kholis, Syahril, Wahyu, Popon, Imam, Adnan, Fadly,

Tama, Kaisar, Rajib, Siau, Rizal, Tamsil, Ezra, Ulla, Imam Saleh, Idham, Sofyan, Anji serta teman-teman yang tidak dapat penulis sebut satu persatu)

7. Kanda Rahmad dan Kanda Hamka yang telah memberi nasihat dan arahan pada penulis serta adik-adik Angkatan 2011 dan 2012 yang telah membantu dalam masa penelitian.
8. Pak Sudirman Sitang, ST. selaku staf di Laboratorium Struktur dan Bahan yang telah banyak memberikan masukan dalam proses penelitian ini, dan semua pihak yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga Allah SWT membalasnya dengan amalan yang setimpal.

Akhir kata penulis mengharapkan skripsi ini dapat berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang konstruksi beton air laut.

Makassar, Oktober 2013

Annisa Junaid

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-2
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-3
1.5 Batasan Masalah	I-3
1.6 Sistematika Penulisan	I-4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton.....	II-1
2.2 Material Penyusun Beton.....	II-5
2.2.1 Semen Portland Komposit	II-5
2.2.2 Agregat Kasar	II-7
2.2.3 Agregat Halus	II-7
2.2.4 Air	II-9
2.2.5 Bahan Tambah	II-9

2.3	Kuat Tekan dan Elastisitas Beton	II-10
-----	--	-------

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir 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 (<i>Concrete Mix Design</i>).....	III-5
3.5.3	Pembuatan Benda Uji	III-10
3.5.4	Perawatan (<i>Curing</i>) Benda Uji.....	III-10
3.5.5	Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas..	III-11

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	IV-4
4.1.4	Pengujian Slump.....	IV-5
4.1.5	Pengujian Kuat Tekan Beton	IV-6
4.2	Pembahasan	IV-11
4.2.1	Analisa Pengujian Kuat Tekan	IV-11
4.2.2	Analisa Modulus Elastisitas.....	IV-14

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-2

LAMPIRAN

Lampiran A (Dokumentasi Kegiatan)

Lampiran B (Hasil Pengujian)

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

3.1	Diagram Alir Penelitian	III-1
4.1	Grafik Gradasi Agregat Halus	IV-2
4.2	Grafik Gradasi Agregat Kasar	IV-3
4.3	Pemeriksaan <i>Slump Test</i>	IV-5
4.4	Pengujian Kuat Tekan Beton	IV-6
4.5	Grafik Korelasi Kuat Tekan Terhadap Umur Beton	IV-12
4.6	Diagram Persentase Perubahan Kuat Tekan Terhadap Umur Beton	IV-12
4.7	Pola Retak pada Benda Uji Pengujian Kuat Tekan Umur 91	IV-13
4.8	Grafik Tegangan-Regangan Mix 1	IV-14
4.9	Grafik Tegangan-Regangan Mix 2	IV-15
4.10	Grafik Tegangan-Regangan Mix 3	IV-17
4.11	Grafik Tegangan-Regangan Mix 4	IV-18

DAFTAR TABEL

2.1	Spesifikasi Semen Portland Komposit	II-6
2.2	Gradasi Standar Agregat Kasar Alam Berdasarkan ASTM C33-78	II-7
2.3	Gradasi Standar Agregat Halus Alam Berdasarkan ASTM C33-78	II-7
2.4	Perkiraan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur	II-12
3.1	Pemeriksaan Agregat Halus.....	III-4
3.2	Pemeriksaan Agregat Kasar.....	III-4
3.3	Ukuran Maksimum Agregat	III-5
3.4	Ketentuan Nilai Slump	III-6
3.5	Nilai Standar Kadar Udara Beton Air Laut (%)	III-6
3.6	Rasio Air-Semen Maksimum Beton Berdasarkan Durabilitas	III-7
3.7	Batas Jumlah Air yang Disarankan pada Beton	III-7
3.8	Perkiraan Nilai Volume Agregat Kasar, Rasio Pasir terhadap Jumlah Agregat dan Jumlah Air	III-8
3.9	Tabel Koreksi.....	III-9
3.10	Ketentuan Jumlah Semen Minimum Berdasarkan Durabilitas.....	III-9
3.11	Jumlah Benda Uji Penelitian	III-10
4.1	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus	IV-1
4.2	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar	IV-1
4.3	Karakteristik Air Laut.....	IV-4

4.4	Komposisi Campuran Beton	IV-4
4.5	Nilai Slump.....	IV-5
4.6	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Air Tawar (Mix 1).....	IV-7
4.7	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Air Laut (Mix 2).....	IV-8
4.8	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Air Laut (Mix 3).....	IV-9
4.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Air Tawar (Mix 4).....	IV-10
4.10	Nilai Modulus Elastisitas Beton Biasa pada Pengujian Umur 91 hari.....	IV-15
4.11	Nilai Modulus Elastisitas Beton Air Laut Curing Basah Air Laut Pada Pengujian Umur 91 hari	IV-16
4.12	Nilai Modulus Elastisitas Beton Air Laut Curing Kering-Basah Air Laut Pada Pengujian Umur 91 hari	IV-18
4.13	Nilai Modulus Elastisitas Beton Air Tawar Curing Kering-Basah Air Laut Pada Pengujian Umur 91 hari	IV-19
4.14	Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas.....	IV-20

Abstrak

Kebutuhan air bersih dalam kehidupan sehari-hari semakin meningkat namun potensi sumber air semakin kecil sehingga perlu memikirkan alternative penggunaan air untuk pekerjaan konstruksi beton. Dalam kaitan ini, diadakan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan air laut pada daerah pasang surut. Penelitian ini bersifat eksperimental yang membuat mix desain beton silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Jumlah benda uji masing-masing 24 buah untuk beton yang menggunakan air laut dan beton yang menggunakan air tawar. Perawatan benda uji masing-masing terbagi menjadi empat variasi, yaitu pertama (beton air tawar) dilakukan curing air tawar sedangkan variasi kedua (beton air laut) dilakukan curing air laut. Untuk variasi ketiga (beton air laut) dan variasi keempat (beton air tawar) dilakukan *wet and dry curing* dengan menggunakan air laut. *Wet and dry curing* yang dimaksud adalah dua hari perendaman dalam air laut kemudian disimpan pada tempat kering (suhu ruang) selama lima hari, dengan perendaman umur 3, 14, 28 dan 91hari. Hasil penelitian menunjukkan beton air laut dengan curing basah air laut, menunjukkan nilai kuat tekan yang sama dengan beton air tawar dengan curing basah air tawar. Peningkatan kuat tekannya sebesar 0,9% dari kuat tekan beton air tawar umur 28 hari. Sedangkan pada pengujian dengan curing kering-basah air laut, nilai kuat tekan pada beton air laut menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan beton air tawar. Peningkatan kuat tekannya sebesar 2,75% dari kuat tekan beton air tawar dengan perawatan sama. Secara umum, beton dengan curing basah menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton dengan curing kering-basah (daerah pasang surut) menggunakan air laut. Penurunan kuat tekan beton air laut mencapai 4,09% dan kuat tekan beton air tawar mencapai 6,73% dari beton biasa.

Kata kunci : air laut, pasang surut, kuat tekan, elastisitas.

Abstract

Needed of clean water in daily life has increased, but potential of water sources was reduced so we need to think alternative of water uses for concrete construction. In this regard, conducted research aimed to compare the compressive strength of concrete using sea water in tidal area. The research is an experimental that makes mix design of cylinder concrete diameter 150 mm and height 300 mm. The number of test specimens is 24 pieces for each concrete using sea water and concrete using tap water. Curing of each specimen was divided into four variation : first variation (tap water concrete) has wet curing in tap water while the second variation (sea water concrete) has wet curing in sea water. For the third variation (sea water concrete) and fourth variation (tap water concrete) has wet and dry curing in sea water. Wet and dry curing is curing process 2 days of immersion in sea water and then stored in a dry place (room temperature) for 5 days, with the immersion age of 3, 14, 28, and 91 days. The results showed compressive strength of sea water concrete with wet curing in sea water, is like with tap water concrete with wet curing in tap water. The increase of compressive strength is 0.9 % of tap water concrete on day 28. While the result of dry - wet curing sea water, the compressive strength seawater concrete show higher values than tap water concrete. The increase of compressive strength is 2.75 % of tap water in the same treatment. At last, compressive strength value of concrete with wet curing is higher than concrete with dry-wet curing (tidal area) in sea water. The decrease in compressive strength of sea water concrete reaches 4.09 % and compressive strength of tap water concrete reaches 6.73% of normal concrete.

keywords: seawater, tides, compressive strength, elasticity.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau 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 ke depan 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 miliar 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 di setiap 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.

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 KEKUATAN BETON YANG MENGGUNAKAN AIR LAUT SEBAGAI AIR PENCAMPUR PADA DAERAH PASANG SURUT”** ini disusun untuk mengetahui kuat tekan beton dengan memanfaatkan air laut sebagai bahan campuran beton untuk bangunan pada daerah pasang surut.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kuat tekan beton air laut dan beton air tawar pada daerah full terendam air laut?
2. Bagaimana kuat tekan beton air laut dan beton air tawar pada daerah basah kering air laut?
3. Bagaimana kuat tekan beton pada daerah full terendam air laut dengan beton pada daerah basah-kering air laut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi kuat tekan beton air laut dan beton air tawar pada daerah full terendam air laut.
2. Membandingkan kuat tekan beton air laut dan beton air tawar pada daerah basah kering air laut.
3. Membandingkan kuat tekan beton pada daerah full terendam air laut dengan beton pada daerah basah-kering air laut

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan dalam penelitian ini bermanfaat untuk:

1. Bahan 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, baik dalam perawatan basah (*wet curing*) maupun perawatan kering basah (*wet and dry curing*).
3. Sebagai referensi bagi pekerja konstruksi yang berada pada daerah yang terisolir air bersih untuk mempertimbangkan penggunaan air laut.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Penelitian ini tidak memperhatikan efek yang ditimbulkan air laut terhadap tulangan pada beton.
3. Menggunakan air laut Pantai Akkarena Makassar sebagai campuran beton
4. Proses curing dengan menggunakan air laut.
5. Proses curing terbagi dua yaitu *wet curing* serta *wet and dry curing*
6. Menggunakan komposisi Semen Portland komposit PCC merek Bosowa dalam proses pencampuran.
7. Rasio air-semen digunakan 0,5
8. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 14, 28 dan 91 hari.
9. Pedoman-pedoman yang digunakan antara lain:
 - SNI (Standar Nasional Indonesia), antara lain: SNI 03-1968-1990, SNI 03-1969-1990, SNI 03-1970-1990, SNI 03-1971-1990, SNI 03-2417-1991, SNI 03-2816-1992, SNI 03-4142-1996, dan SNI 03-4804-1998.

- JSCE (*Japan Society of Civil Engineers*) Guidelines No.6 Standard Specifications for Concrete Structures-2002 “Materials and Construction”.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang kami gunakan adalah membagi kerangka masalah dalam bab ini dengan maksud masalah yang hendak kami kemukakan adalah menjadi lebih jelas dan mudah dimengerti.

Secara garis besarnya tulisan ini terdiri dari lima bab dimulai dari Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan, dan diakhiri dengan Kesimpulan dan Saran.

Gambaran umum mengenai keseluruhan isi tulisan ini, dapat dirincikan dengan menguraikan inti masalah/kandungan tiap bab yang akan dibahas sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini disajikan latar belakang masalah, maksud dan tujuan penulisan, batasan masalah, metode penelitian, serta sistematika penulisan yang merupakan pengantar atau petunjuk dalam memasuki pembahasan lebih lanjut serta memberikan gambaran secara garis besar mengenai hal-hal yang akan dibahas dalam bab-bab berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang kajian pustaka yang berkaitan dengan beton, bahan-bahan penyusunnya yaitu agregat, semen, air, bahan tambah, sifat-sifat mekanis beton, dan penjelasan mengenai kuat tekan beton.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini disajikan mengenai tinjauan umum penelitian yang menjelaskan mengenai bagan alir penelitian, pemeriksaan agregat, mix desain, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pengujian kuat tekan beton.

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan inti dari keseluruhan materi pembahasan, dimana dikemukakan hasil dari pengujian yakni hasil uji kuat tekan beton.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan dari seluruh penelitian dan disertai saran-saran yang diusulkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen.

Baeton merupakan sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Dengan demikian, masing-masing komponen tersebut perlu dipelajari sebelum mempelajari beton secara keseluruhan. Perencana (*engineer*) dapat mengembangkan pemilihan material yang layak komposisinya sehingga diperoleh beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang disyaratkan oleh perencana dan memenuhi persyaratan *serviceability* yang dapat diartikan juga sebagai pelayanan yang handal dengan memenuhi kriteria ekonomi.

Berdasarkan pasal 3.12 SNI-03-2847-2002, beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolik 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 lain, keunggulan beton adalah sebagai berikut:

- a. Ketersediaan (*avaibility*) material dasar
- b. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*)
- c. Kemampuan beradaptasi (*adatability*)
- d. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal

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

- a. Mudah dalam proses pencampuran dan pengadukan (*mixing*)
- b. Mudah dalam proses pengangkutan (*handling*)
- c. Mudah dalam hal pengecoran (*pouring*) dan penempatan (*placed*)
- d. 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).

1. *Workability* (Kemudahan Pengerjaan)

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:

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

- a. Jumlah air pencampur. Semakin banyak air pencampur semakin mudah pengerjaan beton
- b. Kandungan semen. Jika faktor air semen (FAS) tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga sifat plastisnya menjadi lebih tinggi.
- c. Gradasi campuran pasir-kerikil. Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mempermudah pengerjaan.

- d. Bentuk butiran agregat kasar. Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah dikerjakan.
- e. Butiran maksimum
- f. Cara pemadatan dan alat pematat.

2. 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:

- a. Campuran kurus atau kurang semen
- b. Terlalu banyak air
- c. Besar ukuran agregat maksimum lebih besar dari 40 mm
- d. 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):

- a. Tinggi jatuh diperpendek
- b. Penggunaan air sesuai dengan syarat
- c. Ukuran agregat sesuai dengan syarat
- d. Pemadatan yang baik.

3. Bleeding (Naiknya Air ke Permukaan)

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 pertinggi satuan beton.

Bleeding dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

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

Bleeding ini dapat dikurangi dengan cara:

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

2.2 Material Penyusun Beton

2.1.1 Semen Portland Komposit

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah 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 butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Semen portland komposit sendiri terbuat bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama terak semen portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen portland komposit.

Semen ini dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (paving block) dan sebagainya.

Menurut Standard Eropa EN 197-1 Portland Composite Cement atau Semen Portland Campur dibagi menjadi 2 Type berdasarkan jumlah Aditif material aktif Type II/A-M mengandung 6 – 20 % aditif Type II/B-M mengandung 21 – 35 % aditif. (Hardiyanto, 2010).

Tabel 2.1 memperlihatkan karakteristik fisik bahan pengikat semen, dan hasil pengujian kimia semen portland komposit yang digunakan, yaitu produksi salah satu pabrik semen nasional di Sulawesi Selatan. Disertai perbandingan syarat yang menurut SNI 15-7064-2004.

Tabel 2.1 Spesifikasi Semen Portland Komposit

Jenis Pengujian	Satuan	SNI 15-7064-2004	Semen Bosowa (PCC)
Pengujian Kimia			
SiO ₂	%	-	23.04
Al ₂ O ₃	%	-	7.37
Fe ₂ O ₃	%	-	3.52
CaO	%	-	53.29
MgO	%	-	2.41
SO ₃	%	Maksimum 4.0	2.00
Kehilangan panas	%	-	5.00
IR	%	-	13.00
Pengujian Fisik			
Kehalusan dengan alat blaine	m ² /kg	Minimum 280	380
Pemuaian	%	Maksimum 0.8	0.25
Kuat tekan			
- 3 hari	kg/cm ²	Minimum 125	150
- 7 hari	kg/cm ²	Minimum 200	245
- 28 hari	kg/cm ²	Minimum 250	300
Setting awal	menit	Minimum 45	150
Setting akhir	menit	Maksimum 375	275
Peningkatan semu penetrasi akhir	%	Minimum 50	85
Kandungan udara mortar	% volume	Maksimum 12	6.5

Sumber : SNI 15-7064-2004 dan Spesifikasi Semen Bosowa.

2.1.2 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 2.2 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

2.1.3 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 yang berasal dari Sungai Jeneberang. Gradasi agregat halus yang baik menurut ASTM C33-78 disajikan pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.3 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

2.1.4 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan sebagai pelumas campuran agar mudah pengerjaannya. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat mengubah sifat-sifat semen.

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gr/liter
2. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram per liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 1 gram per liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter.

Faktor air semen (*water cement ratio*) adalah perbandingan berat air bebas dengan berat semen. Faktor air semen merupakan faktor pengaruh dalam pasta semen. 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 mempengaruhi kekuatan beton.

2.1.5 Bahan Tambah

Bahan kimia pembantu (*chemical admixtures*) adalah material di samping agregat dan semen hidraulic yang ditambahkan pada saat pengecoran. Tujuan penggunaan bahan tambah untuk beton (*admixture*) secara umum adalah untuk memperoleh sifat-sifat beton yang diinginkan, sesuai dengan tujuan/keperluannya.

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan yang lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan

karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat-volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah.

Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan, atau untuk tujuan lainnya seperti penghematan energi.

Dalam penelitian ini menggunakan Sika *Viscocrete-3115*. *Viscocrete* adalah generasi ketiga dari *superplasticiser* untuk beton dan mortar. Jenis ini khusus dikembangkan untuk produksi beton beraliran tinggi.

Viscocrete digunakan untuk beberapa jenis beton, di antaranya:

- a. Beton *high flow*
- b. *Self-Compacting concrete (SCC)*
- c. Beton dengan reduksi air yang tinggi (mencapai 30%)
- d. Beton berkekuatan tinggi
- e. Beton kedap air
- f. Beton pra cetak

Adapun manfaat *Viscocrete* adalah:

- a. *Flowability* yang baik
- b. Reduksi penggunaan air
- c. Meningkatkan nilai susut
- d. Menambah perlawanan karbonasi beton

2.3 Kuat Tekan dan Elastisitas Beton

1. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

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 91 hari. Menurut SNI 03-2847-2002, perkembangan kekuatan beton dengan bahan pengikat semen portland berdasarkan umur beton disajikan pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.4 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

2. Elastisitas Beton

Modulus elastisitas didefinisikan sebagai rasio dari tegangan normal tarik atau tekan terhadap regangan yang bersangkutan, dibawah batas proporsional dari material. Modulus elastisitas suatu bahan menggambarkan besarnya tegangan pada satu satuan regangan. Modulus elastisitas beton juga tergantung pada umur beton, sifat- sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis, dan ukuran dari benda uji.

Biasanya modulus pada 25 sampai 50 % dari kekuatan tekan f'_c diambil sebagai modulus elastisitas. Dengan mengamati bermacam kurva tegangan-regangan pada kuat tekan yang berbeda tampak bahwa pada umumnya kuat tekan maksimum tercapai pada saat nilai satuan regangan mencapai +0,002. Selanjutnya nilai tegangan f'_c akan turun dengan bertambahnya nilai regangan sampai benda uji hancur pada nilai regangan 0,003 – 0,005.

Gambar 2.1 menyajikan suatu kurva tegangan regangan untuk beton dapat dilihat modulus awal, modulus tangen (*tangent modulus*), dan modulus sekan (*secant modulus*).

2.4 Penelitian Terdahulu

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

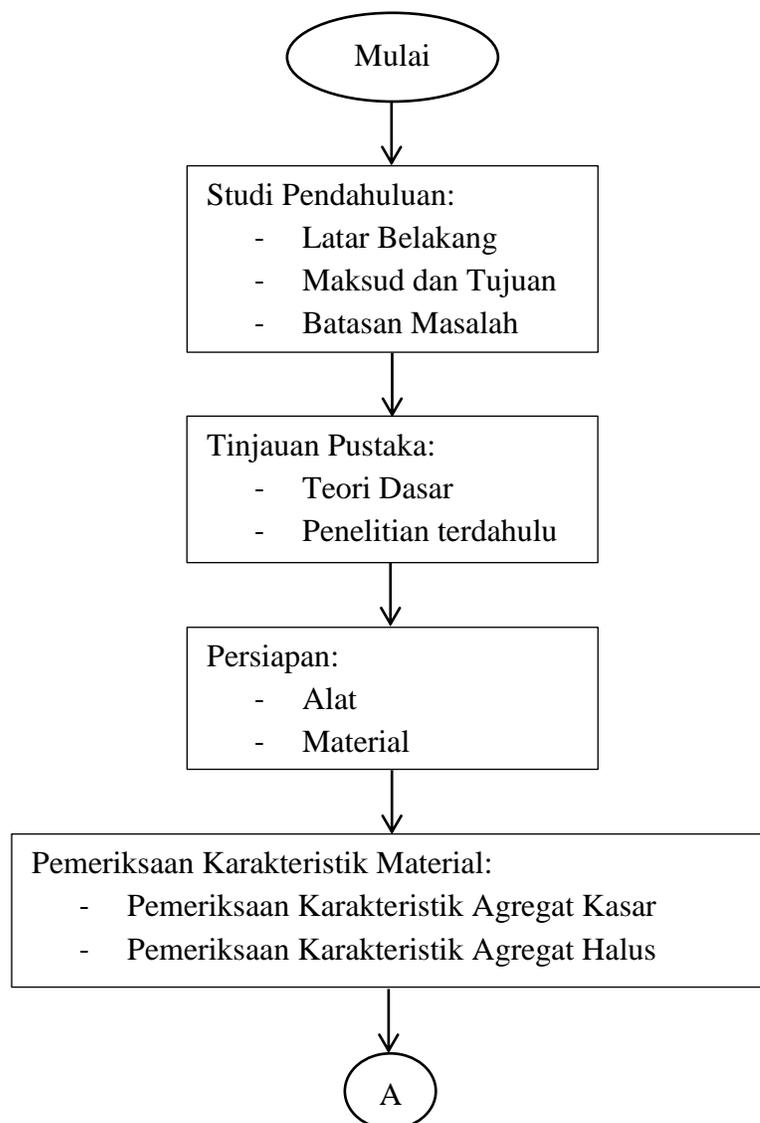
air laut tidak begitu banyak, tetapi perbedaan antara beton dengan OPC dan semen BFS sangat besar.

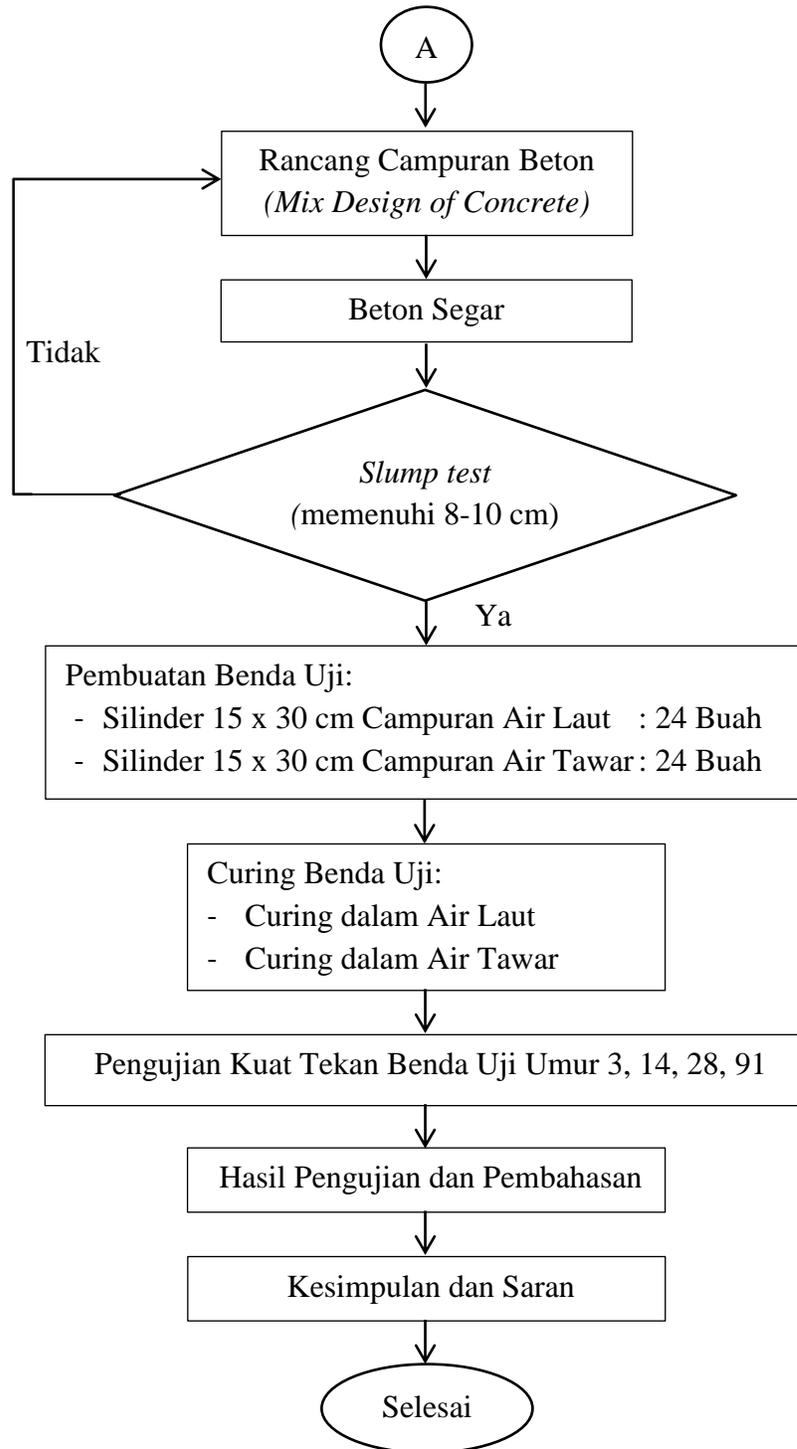
Dalam penelitian ini juga diperoleh pencampuran dengan air laut menurunkan jumlah pori-pori yang meningkatkan kuat tekan terhadap semen BFS dibandingkan dengan menggunakan air tawar. Penelitian ini memberikan kesimpulan bahwa penggunaan air laut aman untuk digunakan sebagai air pencampuran beton dengan 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.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dalam jangka waktu 4 bulan.

3.3 Jenis Penelitian dan Sumber Data

Penelitian yang dilakukan adalah uji eksperimental, di mana kondisi dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada peraturan serta literatur yang berkaitan.

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

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - a. *Universal Testing Machine* kapasitas 100 ton;
 - b. *Dial Gauge* dengan ketelitian 0,001 mm;
 - c. Mesin pencampur bahan (*Mixer*);
 - d. Cetakan berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm;
 - e. Neraca;
 - f. Bak perendam;
 - g. Meteran.
2. Bahan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - a. Semen Bosowa jenis PCC (*Portland Composite Cement*);
 - b. Agregat kasar adalah batu pecah (*split*) dari Bili-Bili, Kabupaten Gowa;
 - c. Agregat halus yang berasal dari Sungai Jeneberang;
 - d. Air yang digunakan adalah air laut Pantai Akkarena yang telah diteliti kandungannya.
 - e. Bahan tambah berupa *viscocrete*.

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 mengacu pada SNI yang meliputi:

Tabel 3.1 Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1	Pemeriksaan Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 03-1970-1990
3	Pemeriksaan Berat Volume	SNI 03-4804-1998
4	Pemeriksaan Kadar Air	SNI 03-1971-1990
5	Pemeriksaan Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996
6	Pemeriksaan Kadar Organik	SNI 03-2816-1992

Tabel 3.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1	Pemeriksaan Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 03-1969-1990
3	Pemeriksaan Berat Volume	SNI 03-4804-1998
4	Pemeriksaan Kadar Air	SNI 03-1971-1990
5	Pemeriksaan Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996
6	Pemeriksaan Abrasi/Keausan	SNI 03-2417-1991

3.5.2 Rancangan Campuran Beton (*Concrete Mix Design*)

Dalam penelitian ini menggunakan metode JSCE (*Japan Society of Civil Engineers*) Guidelines No.6 Standard Specifications for Concrete Structures-2002 “Materials and Construction”. Berikut adalah langkah-langkahnya:

1. Kekuatan Proporsi Campuran

Kekuatan proporsi campuran beton harus ditentukan dengan mempertimbangkan standar rancangan beton dan variasi kualitas beton pada lokasi konstruksi.

Biasanya, kekuatan proporsi campuran beton f'_{cr} harus begitu bertekad bahwa kemungkinan hasil tes kompresi di lokasi konstruksi jatuh pendek dari kekuatan proporsi campuran mutu f'_{ck} tidak melebihi 5%.

2. Ukuran Maksimum Agregat Kasar

Ukuran maksimum agregat kasar tidak boleh lebih dari $1/5$ dari dimensi minimumnya, $3/4$ dari jarak minimum antara tulangan atau $3/4$ dari ketebalan beton penutup. Ketentuan ukuran maksimum agregat kasar dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Ukuran Maksimum Agregat Kasar

Tipe Struktur	Ukuran Maksimum Agregat Kasar (mm)
Beton bertulang biasa	20 atau 25
Beton bertulang tebal	40
Beton tanpa tulangan	40 Tidak lebih dari $1/4$ dimensi terkecil

3. Penetapan Nilai *Slump*

Nilai *slump* beton sebaiknya dikurangi sebisa mungkin dengan kisaran yang sesuai untuk transportasi, *placing*, dan konsolidasi. Ketentuan nilai *slump* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.4 Ketentuan Nilai *Slump*

Tipe		Slump (cm)	
		Beton Normal	Beton berisi udara dan air kisaran tinggi mengurangi campuran
Beton bertulang	Normal	5 – 12	12 – 18
	Skala besar	3 – 10	8 – 15
Beton tanpa tulangan	Normal	5 – 12	-
	Skala besar	3 – 8	-

4. Kadar Udara

Kadar udara sebaiknya sebesar 4 sampai 7% dari volume beton sebagai standar berdasarkan ukuran maksimum agregat kasar.

Tabel 3.5 Nilai Standar Kadar Udara Beton Air Laut (%)

Kondisi Lingkungan		Ukuran Maksimum Agregat Kasar (mm)	
		25	40
Rentan terhadap pembekuan dan pencairan	(a) Atmosfer laut	5.0	4.5
	(b) Zona splash	6.0	5.5
Tanpa resiko pembekuan dan pencairan		4.0	4.0

5. Rasio Air-Semen

Pada prinsipnya, rasio air-semen tidak lebih dari 65 %. Dalam hal beton laut, rasio air-semen maksimum ditentukan dari pertimbangan daya tahan tidak boleh melebihi yang ditunjukkan dalam tabel sebagai standar.

Tabel 3.6 Rasio Air -Semen Maksimum Beton Berdasarkan Durabilitas

Kondisi Lingkungan \ Kondisi Konstruksi	Konstruksi Normal	Produk pabrik atau beton dengan kualitas dijamin sama dengan atau lebih tinggi dari produk pabrik dengan pilihan bahan dan konstruksi yang tepat
(a) Di atas permukaan air laut	45	50
(b) Zona splash	45	45
(c) Dalam air laut	50	50

6. Jumlah Air Bebas

Jumlah air harus serendah mungkin dalam rentang yang dapat diterima untuk konstruksi dan harus ditentukan dengan pengujian.

Jumlah air pada beton yang mengandung udara dan kisaran tinggi campuran sedikit air tidak boleh melebihi 175 kg/m^3 .

Pada umumnya dianjurkan untuk memilih jumlah air tidak lebih dari nilai yang ditampilkan dalam Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Batas Jumlah Air yang Disarankan pada Beton

Ukuran Maksimum Agregat Kasar (mm)	Batas Maksimum Jumlah Air (kg/m^3)
20 – 25	175
40	165

7. Rasio Pasir Terhadap Total Agregat (s/a)

Dalam penentuan rasio pasir agregat dan volume agregat kasar (*SSD Condition*) per satuan volume beton, disarankan untuk merujuk pada nilai-nilai ditunjukkan dalam Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Perkiraan Nilai Volume Curah Agregat Kasar *dry-Rodded* Per Satuan Volume Beton, Rasio Pasir Agregat dan Jumlah Air

Ukuran Maksimum Agregat Kasar (mm)	Volume agregat kasar <i>dry-rodDED</i> per satuan volume beton	Beton <i>air-entrained</i>				
		Kadar air (%)	Dengan campuran <i>air-entraining</i>		Dengan campuran <i>air-entraining</i> – dan campuran <i>water reducing</i>	
			Rasio pasir-total agregat s/a (%)	Jumlah air W (kg)	Rasio pasir-total agregat s/a (%)	Jumlah air W (kg)
15	58	7.0	47	180	48	170
20	62	6.0	44	175	45	165
25	67	5.0	42	170	43	160
40	72	4.5	39	165	40	155

- 1) Nilai rata-rata ditentukan dengan mengacu pada Standar Proporsi Beton *Ready-Mix* Asosiasi Industri di Jepang. Nilai ini didasarkan pada penggunaan pasir normal (modulus kehalusan: sekitar 2,8) dan batu dengan rasio air - semen 0,55 dan slump sekitar 8 cm
- 2) Jika bahan atau kualitas beton yang berbeda dari kondisi yang diberikan dalam nilai-nilai yang disebutkan di atas harus diubah dengan mengacu pada tabel berikut

Tabel 3.9 Tabel Koreksi

Kondisi	Koreksi s/a (%)	Koreksi W (kg)
Untuk setiap peningkatan (penurunan) 0.1 pada modulus kehalusan pasir	Menambah (mengurangi) 0.5 poin	Tidak ada koreksi
Untuk setiap peningkatan (penurunan) 1 cm pada slump	Tidak ada koreksi	Menambah (mengurangi) 1.2%

Kondisi	Koreksi s/a (%)	Koreksi W (kg)
Untuk setiap peningkatan (penurunan) 1% pada kadar udara	Mengurangi (menambah) 0.5 sampai 1.0 poin	Mengurangi (menambah) 3%
Untuk setiap peningkatan (penurunan) 0.05 pada rasio air-semen	Menambah (mengurangi) 1.0 poin	Tidak ada koreksi
Untuk setiap peningkatan (penurunan) 1% pada s/a	-	Menambah (mengurangi) 1.5 kg

8. Isi Campuran

Kuantitas campuran per satuan volume beton harus ditentukan sehingga mencapai efektivitas yang diperlukan.

9. Kadar Semen

Kadar semen harus pada prinsipnya ditentukan dari jumlah air dan rasio air-semen. Kadar semen beton kelautan harus ditentukan dengan mengacu ke tabel 3.10 sehingga mencapai ketahanan yang diperlukan.

Tabel 3.10 Ketentuan Jumlah Semen Minimum Berdasarkan Durabilitas

Ukuran Maks. Agregat Kasar	25 (mm)	40 (mm)
Kondisi Lingkungan		
Zona splash dan di atas permukaan air laut	330	300
Di dalam air laut	300	280

10. Kandungan Klorida

Jumlah total ion klorida selama pencampuran tidak boleh melebihi $0,30 \text{ kg/m}^3$. Untuk beton bertulang digunakan dalam kondisi normal atau beton bertulang dengan tulangan non nominal yang ketersediaan bahan dengan kandungan klorida-rendah, sangat rendah, batas atas jumlah ion klorida dalam beton dapat ditingkatkan sampai $0,6 \text{ kg/m}^3$.

3.5.3 Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini dirancang untuk pembuatan beton air laut dan sebagai pembanding menggunakan beton normal. Benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Adapun jumlah benda uji, air pencampur, air perendaman, dan jenis perawatan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.12 Jumlah Benda Uji Penelitian

Mix No	Air Pencampur	Air Perendam	Jenis Perawatan	Jumlah Benda Uji untuk Umur Perendaman (hari)			
				3	14	28	91
1	Air Tawar	Air Tawar	<i>Wet Curing</i>	3	3	3	3
2	Air Laut	Air Laut	<i>Wet Curing</i>	3	3	3	3
3	Air Laut	Air Laut	<i>Wet and Dry Curing</i>	3	3	3	3
4	Air Tawar	Air Laut	<i>Wet and Dry Curing</i>	3	3	3	3

3.5.4 Perawatan (*Curing*) Benda Uji

Mix 1 (beton normal) dilakukan curing air tawar sedangkan Mix 2 (beton air laut) dilakukan curing dengan air laut.

Untuk Mix 3 (beton air laut) dan Mix 4 (beton normal) dilakukan *wet and dry curing* dengan menggunakan air laut. *Wet and dry curing* yang dimaksud adalah 2 hari perendaman dalam air laut kemudian disimpan pada tempat kering (suhu ruang) selama 5 hari, dan diulang sampai mencapai hari ke-91.

3.5.5 Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan SNI 1974:2011. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* kapasitas 1500 kN, Prosedur pelaksanaan 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 umur 91 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 dilakucbkan 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 (1) dan Pers (2) 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.

$$f'c_i = \frac{P}{A} \quad \dots \text{Pers (1)}$$

Keterangan :

$f'c_i$ = kuat tekan beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

2. Modulus Elastisitas

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

$$E = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} \quad \dots \text{Pers (2)}$$

E = Modulus Elastisitas, (MPa)

σ_2 = Nilai dari 40% tegangan maksimum

σ_1 = Nilai Tegangan pada regangan 0,00005

ε_2 = Regangan pada S_2

ε_1 = 0,00005.

Pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas ini bertujuan untuk menentukan mutu beton yang diisyaratkan dan modulus elastisitas dari sampel beton pada umur 91 hari.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

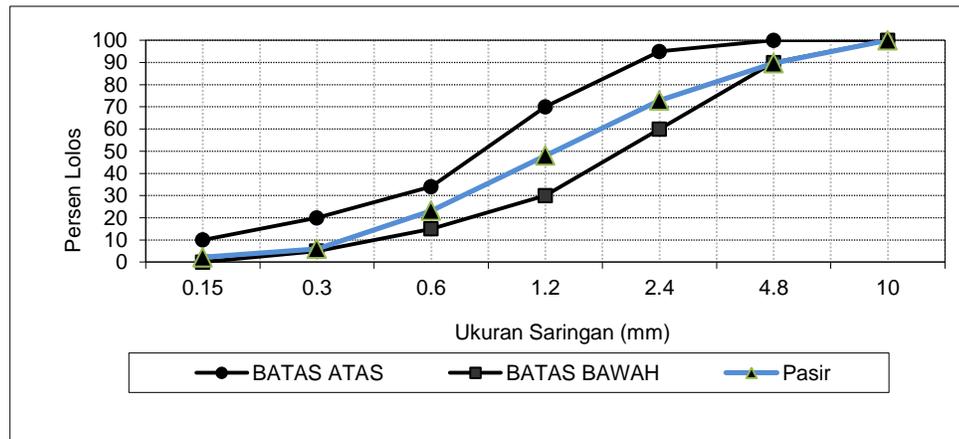
4.1.1 Karakteristik Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat halus (pasir) yang berasal dari 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 SNI (Standar Nasional Indonesia) Data hasil pengujian agregat dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Modulus Kehalusan	2,3 – 3,1	2,60	Memenuhi
2	Berat Jenis:			
	a. BJ Nyata	1,6 – 3,3	2,49	Memenuhi
	b. BJ Dasar Kering	1,6 – 3,3	2,53	Memenuhi
	c. BJ Kering Permukaan	1,6 – 3,3	2,57	Memenuhi
3	Penyerapan Air	0,2% – 2%	1,21	Memenuhi
4	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,4 – 1,9 kg/ltr	1,67	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,4 – 1,9 kg/ltr	1,81	Memenuhi
5	Kadar Air	3% – 5%	4,67	Memenuhi
6	Kadar Lumpur	0,2% – 5%	2,15	Memenuhi
7	Kadar Organik	< No.3	No.1	Memenuhi

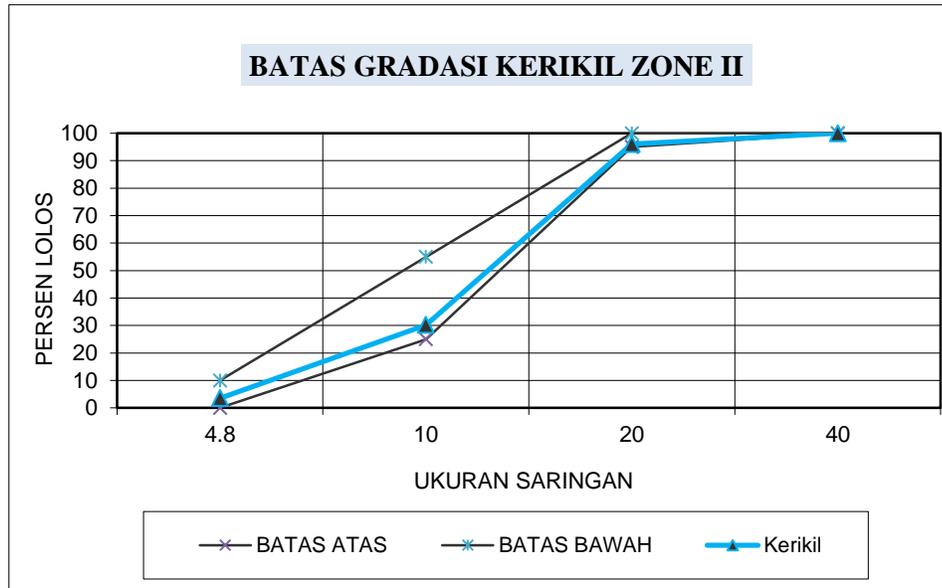
Hasil analisa saringan agregat halus yang kemudian diplot pada grafik batas gradasi masuk pada gradasi zona 1 sebagaimana Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Halus

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Kerikil)

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Modulus Kehalusan	6,0 – 7,1	6,67	Memenuhi
2	Berat Jenis:			
	a. BJ Nyata	1,6 – 3,3	2,68	Memenuhi
	b. BJ Dasar Kering	1,6 – 3,3	2,73	Memenuhi
	c. BJ Kering Permukaan	1,6 – 3,3	2,82	Memenuhi
3	Penyerapan Air	0,2% – 4%	1,87	Memenuhi
4	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,6 – 1,9 kg/ltr	1,62	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,6 – 1,9 kg/ltr	1,74	Memenuhi
5	Kadar Air	0,5% – 2%	0,85	Memenuhi
6	Kadar Lumpur	0,2% – 1%	0,84	Memenuhi
7	Keausan	15% – 40%	27,07	Memenuhi



Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar

Grafik gradasi agregat kasar (batu pecah) pada gambar di atas menunjukkan bahwa agregat kasar (batu pecah) yang digunakan merupakan batu pecah dengan gradasi zona 4,75 - 19,05 mm, sebagaimana ukuran agregat maksimum yang direncanakan yaitu 20 mm, dengan modulus halus butir agregat 6,67.

4.1.2 Karakteristik Air Laut

Air laut yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Pantai Akkarena. Selain air laut, pada penelitian ini juga digunakan air tawar sebagai sampel pembandingan sehingga diuraikan perbedaan berat jenis, pH, dan kandungan klorida keduanya seperti yang tertera pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Karakteristik Air Pencampur

Jenis Air	Berat Jenis (gr/cm ³)	pH	Cl ⁻ (mg/L)
Air Tawar	1	7.35	156.20
Air Laut	1.03	7.13	46185

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 menggunakan metode JSCE (*Japan Society of Civil Engineers*) No.6 Standard Specifications for Concrete Structures-2002 “Material and Construction”. Kuat tekan beton rencana sebesar $f_c' = 30$ MPa. Komposisi campuran beton dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Komposisi Campuran Beton (kg/m³)

Bahan Beton	Berat/m ³ Beton (kg)	Rasio Terhadap Jumlah Semen	Berat Untuk 1 Sampel (kg)	Berat Untuk 12 Sampel (kg)
Air	168.96	0.49	1.07	12.89
Semen	337.92	1.00	2.15	25.78
Pasir	804.36	2.38	5.11	61.37
Kerikil	1104.79	3.26	7.02	84.29

4.1.4 Pengujian Slump

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. Hasil pengujian slump test dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.5 Nilai Slump

Pengecoran	Titik			Rata-Rata Nilai Slump (cm)
	1	2	3	
I	7.80	8.30	8.00	8.03
II	10.00	9.70	9.90	9.87
III	9.70	9.00	9.50	9.40
IV	8.60	9.00	8.50	8.70

Dapat disimpulkan bahwa penelitian ini memenuhi perencanaan penelitian (lihat gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian)



Gambar 4.3 Pemeriksaan *Slump Test*

4.1.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 14, 28, dan 91 hari dengan menggunakan silinder berukuran 150 mm x 300 mm masing-masing sebanyak 3 buah. 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 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Air Tawar (Mix 1)

No. Sampel	Umur	Berat (kg)	Luas (mm ²)	P maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	3	12.32	17678.6	210	11.88	12.26
2		12.54	17678.6	220	12.44	
3		12.27	17678.6	220	12.44	
1	14	12.28	17678.6	440	24.89	25.27
2		12.28	17678.6	450	25.45	
3		12.27	17678.6	450	25.45	
1	28	12.28	17678.6	570	32.24	32.24
2		12.20	17678.6	560	31.68	
3		12.24	17678.6	580	32.81	
1	91	12.62	17678.6	680	38.46	38.75
2		12.44	17678.6	695	39.31	
3		12.34	17678.6	680	38.46	

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Air Laut (Mix 2)

No. Sampel	Umur (hari)	Berat (kg)	Luas (mm ²)	P maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	3	12.28	17678.6	250	14.14	13.58
2		12.66	17678.6	220	12.44	
3		12.33	17678.6	250	14.14	
1	14	12.25	17678.6	460	26.02	26.59
2		12.76	17678.6	470	26.59	
3		12.30	17678.6	480	27.15	
1	28	12.36	17678.6	570	32.24	32.53
2		12.61	17678.6	575	32.53	
3		12.81	17678.6	580	32.81	
1	91	12.80	17678.6	710	40.16	39.22
2		12.33	17678.6	690	39.03	
3		12.73	17678.6	680	38.46	

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Air Laut (Mix 3)

No. Sampel	Umur (hari)	Berat (kg)	Luas (mm ²)	P maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	3	12.22	17678.6	240	13.58	13.39
2		12.26	17678.6	240	13.58	
3		12.24	17678.6	230	13.01	
1	14	12.27	17678.6	440	24.89	24.32
2		12.32	17678.6	430	24.32	
3		12.30	17678.6	420	23.76	
1	28	12.23	17678.6	550	31.11	30.92
2		12.30	17678.6	540	30.55	
3		12.23	17678.6	550	31.11	
1	91	12.22	17678.6	640	36.20	36.58
2		11.89	17678.6	650	36.77	
3		12.23	17678.6	650	36.77	

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Air Tawar (Mix 4)

No. Sampel	Umur (hari)	Berat (kg)	Luas (mm ²)	P maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	3	12.25	17678.6	230	13.01	12.26
2		12.26	17678.6	200	11.31	
3		12.32	17678.6	220	12.44	
1	14	12.28	17678.6	420	23.76	23.38
2		12.23	17678.6	410	23.19	
3		12.38	17678.6	410	23.19	
1	28	12.26	17678.6	530	29.98	30.07
2		12.31	17678.6	535	30.26	
3		12.33	17678.6	530	29.98	
1	91	12.23	17678.6	640	36.20	35.92
2		12.24	17678.6	635	35.92	
3		12.21	17678.6	630	35.64	

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa Pengujian Kuat Tekan

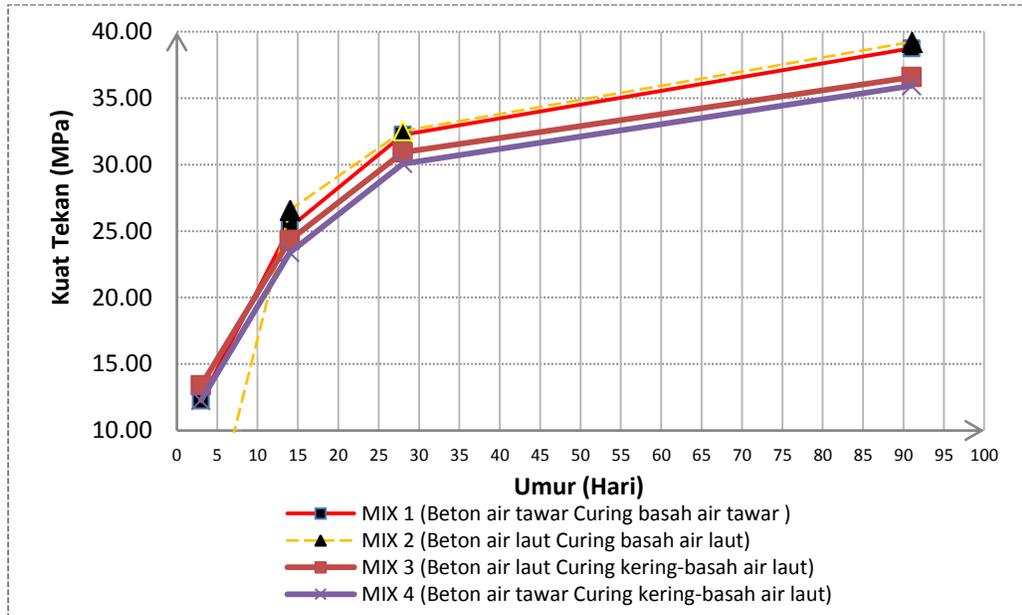
Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton (*compressive strength*) yang direndam (*curing*) di laboratorium pada umur 3 hari, 14 hari, 28 hari dan 91 hari. Pengujian dilakukan pada dua jenis beton dan perlakuan yang berbeda yaitu beton air laut dengan perendaman air laut serta beton normal dengan perendaman air tawar dan air laut, 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 4.5 yang menunjukkan hubungan kuat tekan terhadap umur beton sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.

Pada umur 91 hari, beton air tawar dengan *curing* basah yang menggunakan air tawar (Mix 1) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 38.75 MPa sedangkan beton air laut dengan *curing* basah yang menggunakan air laut (Mix 2) sebesar 39.22 MPa.

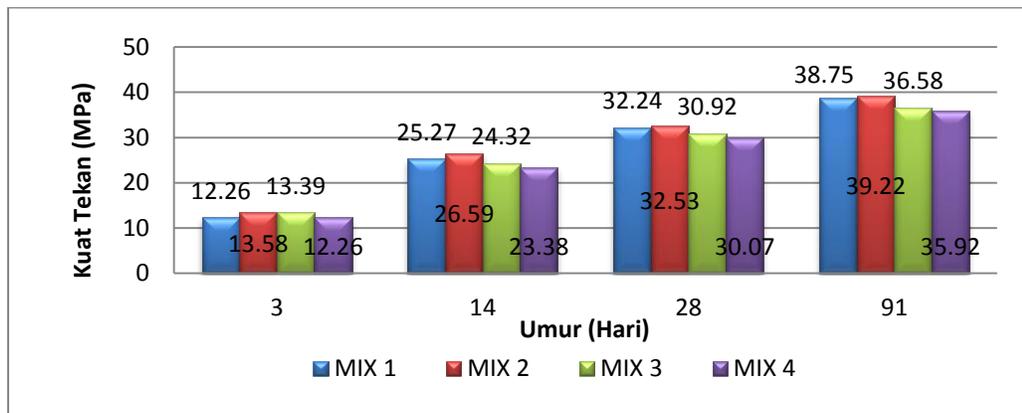
Adapun untuk beton air laut dengan *curing* kering-basah yang menggunakan air laut (Mix 3) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 36.58 MPa sedangkan beton air tawar dengan *curing* kering-basah yang juga menggunakan air tawar (Mix 4) sebesar 35.92 MPa.



Gambar 4.5 Grafik Korelasi Kuat Tekan Terhadap Umur Beton

Dari gambar di atas menunjukkan persentase perubahan kuat tekan beton pada umur 3 hari, 14 hari, 28 hari dan 91 hari benda uji, yaitu sebagai berikut:

Untuk umur 28 hari, persentase perbedaan kuat tekan terhadap mix 1 adalah mix 2 peningkatan sebesar 0,9%; mix 3 penurunan sebesar 4,09%; dan mix 4 penurunan sebesar 6,73%.



Gambar 4.6 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 (columnner). Retak columnner 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.

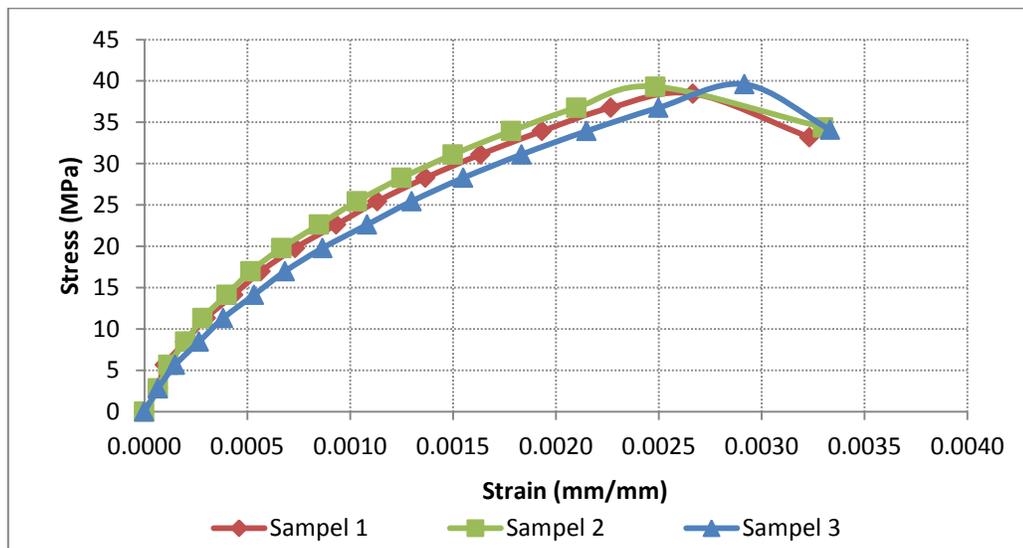


Gambar 4.7 Pola Retak pada Benda Uji Pengujian Kuat Tekan Umur 91 Hari

4.2.2 Analisa Modulus Elastisitas

1. Beton Biasa (Mix 1)

Hasil pengujian elastisitas pada beton biasa (Mix 1) pada umur 91 hari dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.8 Grafik Tegangan-Regangan Mix 1

Tegangan maksimum untuk sampel 1 adalah 38,46 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 15,386 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00047. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 2,121 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel 2 adalah 39,31 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 15,725 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00045. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 2,12 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel 3 adalah 38,46 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 15,836 MPa, sehingga

dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00061. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 2,121 MPa.

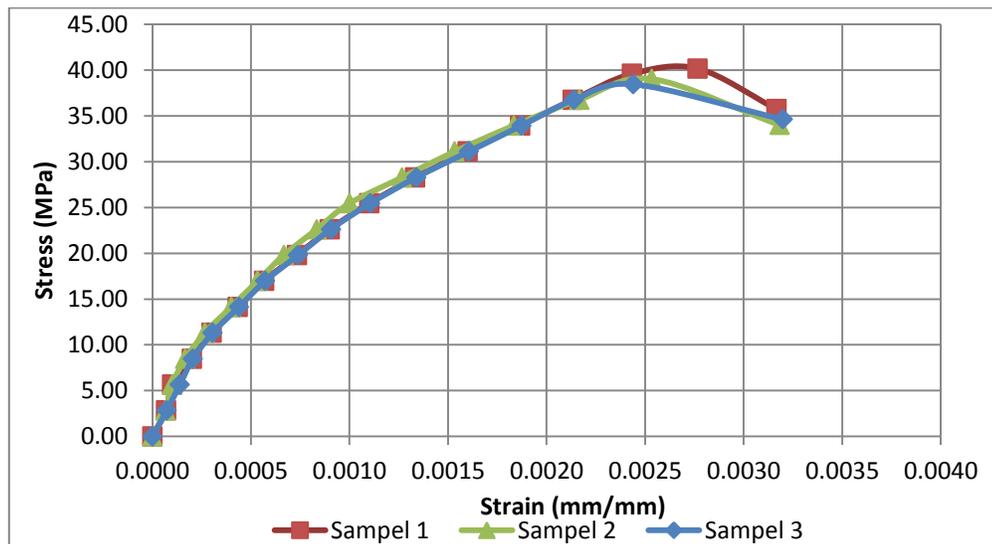
Pada Tabel 4.10 di bawah ini memperlihatkan nilai modulus elastisitas beton untuk masing-masing sampel pada pengujian 91 hari.

Tabel 4.10 Nilai Modulus Elastisitas Beton Biasa pada Pengujian Umur 91 Hari

No.	Modulus Elastisitas, E (Mpa)	E Rata-Rata (Mpa)	$E = 4700\sqrt{f'c}$
1	31333.81	29927.42	29255.92
2	33953.51		
3	24494.95		

2. Beton Air Laut (Mix 2)

Hasil pengujian elastisitas pada beton air laut dengan curing basah air laut (Mix 2) pada umur 91 hari dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.9 Grafik Tegangan-Regangan Mix 2

Tegangan maksimum untuk sampel 1 adalah 40.16 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 16,065 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00051. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 2,053 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel 2 adalah 39,03 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 15,612 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00047. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 2,143 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel 3 adalah 38,46 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 15,386 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00047. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 1,954 MPa.

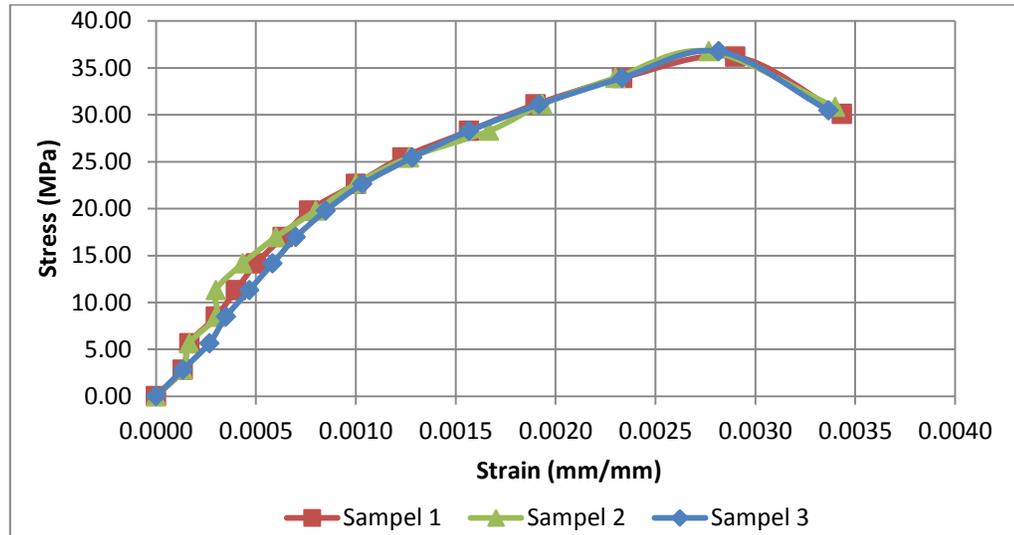
Pada Tabel 4.11 di bawah ini memperlihatkan nilai modulus elastisitas beton untuk masing-masing sampel pada pengujian 91 hari.

Tabel 4.11 Nilai Modulus Elastisitas Beton Air Laut Curing Basah Air Laut pada Pengujian Umur 91 Hari

No.	Modulus Elastisitas, E (Mpa)	E Rata-Rata (Mpa)	$E = 4700\sqrt{f'_c}$
1	30241.07	31223.02	29432.54
2	32121.18		
3	31306.81		

3. Beton Air Laut (Mix 3)

Hasil pengujian elastisitas pada beton air tawar dengan curing kering-basah air laut (Mix 3) pada umur 91 hari dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.10 Grafik Tegangan-Regangan Mix 3

Tegangan maksimum untuk sampel 1 adalah 36,20 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 14,481 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00052. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 1,061 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel 2 adalah 36,77 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 14,707 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00044. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 1,061 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel 3 adalah 36,77 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 14,707 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00058. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 1,061 MPa.

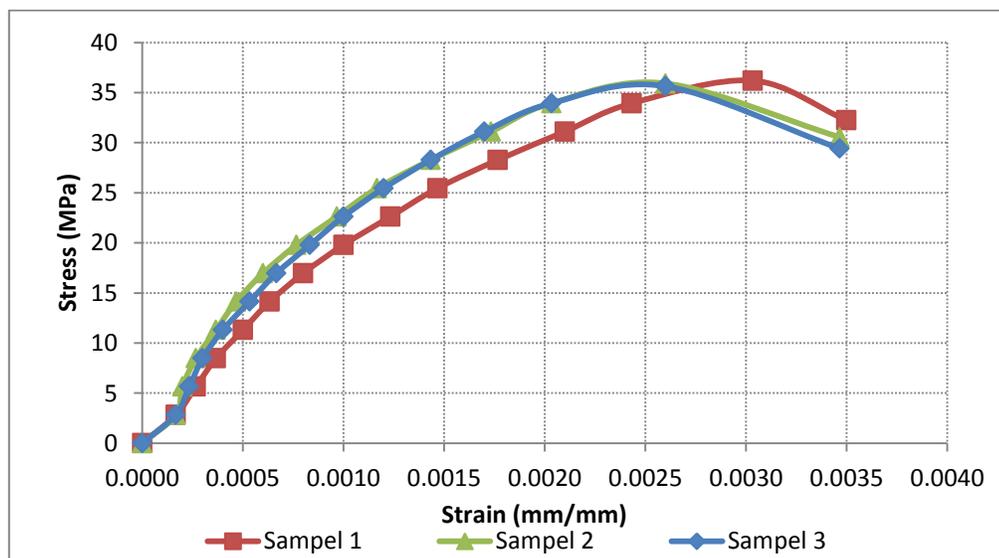
Pada Tabel 4.12 di bawah ini memperlihatkan nilai modulus elastisitas beton untuk masing-masing sampel pada pengujian 91 hari.

Tabel 4.12 Nilai Modulus Elastisitas Beton Air Laut Curing Kering-Basah Air Laut pada Pengujian Umur 91 Hari

No.	Modulus Elastisitas, E (Mpa)	E Rata-Rata (Mpa)	$E = 4700\sqrt{f'c}$
1	28798.72	29845.90	28425.73
2	34990.93		
3	25748.05		

4. Beton Air Tawar (Mix 4)

Hasil pengujian elastisitas pada beton air tawar dengan curing kering-basah air laut (Mix 4) pada umur 91 hari dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.11 Grafik Tegangan-Regangan Mix 4

Tegangan maksimum untuk sampel 1 adalah 36.20 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 14,481 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00062. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 0,848 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel 2 adalah 35,92 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 14,368 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00045. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 0,848 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel 3 adalah 35,64 MPa. Pada saat beban mencapai 40 % dari beban maksimum, tegangan (σ_2) adalah 14,255 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal (ϵ_2) adalah 0,00051. Kemudian tegangan (σ_1) saat regangan longitudinal (ϵ_1) sebesar 0,00005 adalah 0,848 MPa.

Pada Tabel 4.13 di bawah ini memperlihatkan nilai modulus elastisitas beton untuk masing-masing sampel pada pengujian 91 hari.

Tabel 4.13 Nilai Modulus Elastisitas Beton Air Tawar Curing Kering-Basah Air Laut pada Pengujian Umur 91 Hari

No.	Modulus Elastisitas, E (Mpa)	E Rata-Rata (Mpa)	$E = 4700\sqrt{f'c}$
1	23749.69	29062.68	28168.19
2	34082.00		
3	29356.34		

5. Rekapitulasi

Berikut adalah tabel rekapitulasi nilai modulus elastisitas masing-masing beton:

Tabel 4.14 Rekapitulasi Nilai Modulus Elastisitas

Mix No.	No.	Modulus Elastisitas, E (Mpa)	E Rata-Rata (Mpa)	$E = 4700\sqrt{f'c}$
1	1	31333.81	29927.42	29255.92
	2	33953.51		
	3	24494.95		
2	1	30241.07	31223.02	29432.54
	2	32121.18		
	3	31306.81		
3	1	28798.72	29845.90	28425.73
	2	34990.93		
	3	25748.05		
4	1	23749.69	29062.68	28168.19
	2	34082.00		
	3	29356.34		

Dari tabel di atas dapat dilihat beton air laut dengan curing basah air laut (Mix 2) memiliki modulus elastisitas paling tinggi dibanding ketiga variasi mix yang lain, yaitu sebesar 31223.02 MPa. Sedangkan beton air tawar dengan curing kering-basah (Mix 4) memiliki modulus elastisitas paling rendah.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan nilai kuat tekan yang dihasilkan pada beton air laut dengan curing basah air laut, menunjukkan nilai kuat tekan yang sama dengan beton air tawar dengan curing basah air tawar. Peningkatan kuat tekannya sebesar 0,9% dari kuat tekan beton air tawar umur 28 hari.
2. Hal berbeda didapatkan pada pengujian kuat tekan beton air laut dan air tawar dengan curing kering-basah air laut. Nilai kuat tekan pada beton air laut menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton air tawar. Peningkatan kuat tekannya sebesar 2,75% dari kuat tekan beton air tawar dengan perawatan sama.
3. Berdasarkan nilai kuat tekan yang dihasilkan pada beton dengan curing basah, menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton dengan curing kering-basah (daerah pasang surut) menggunakan air laut. Penurunan kuat tekan beton air laut mencapai 4,09% dan kuat tekan beton air tawar mencapai 6,73% dari beton biasa.

5.2 Saran

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

1. Sebaiknya dilakukan perawatan (curing) yang lebih lama, mengingat pengaruh air laut terhadap beton terjadi secara perlahan-lahan dengan jangka waktu yang panjang.
2. 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.

LAMPIRAN A
DOKUMENTASI PENELITIAN

DOKUMENTASI PENELITIAN



Persiapan material (agregat kasar)



Persiapan material (agregat halus)



Proses pencampuran agregat dengan mesin (kiri) dan manual selama 1 menit (kanan)



Pemeriksaan slump. Pengukuran menggunakan mistar (kanan)



Proses curing (kiri). Menentukan berat benda uji (kanan)



Proses (*Capping*)



Pengujian kuat tekan beton menggunakan *Universal Testing Machine* (kiri) sampai beton mengalami keruntuhan (kanan)



Pengujian Beton Mix 1 hari ke-3 (kiri), hari ke-14 (tengah), dan hari ke-28 (kanan)



Pengujian Beton Mix 2 hari ke-3 (kiri), hari ke-14 (tengah), dan hari ke-28 (kanan)



Pengujian Beton Mix 3 hari ke-3 (kiri), hari ke-14 (tengah), dan hari ke-28 (kanan)



Pengujian Beton Mix 4 hari ke-3 (kiri), hari ke-14 (tengah), dan hari ke-28 (kanan)



Pola retak Beton Mix 1 pada umur 28 hari (kiri) dan umur 91 hari (kanan)



Pola retak Beton Mix 2 pada umur 28 hari (kiri) dan umur 91 hari (kanan)



Pola retak Beton Mix 3 pada umur 28 hari (kiri) dan umur 91 hari (kanan)



Pola retak Beton Mix 4 pada umur 28 hari (kiri) dan umur 91 hari (kanan)



Pegujian modulus elastisitas

LAMPIRAN B
HASIL PENGUJIAN

LAMPIRAN B

HASIL PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON MIX 1

Mix No.	No Sampel	Umur (hari)	Berat (kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Berat Isi (kg/m ³)	Beban (P) (kN)	f'c = P/A (Mpa)	f'c rata" (MPa)	KOEF. (k)	f'ci = f'c/k (MPa)	f'ci - f'cm (MPa)	(f'ci - f'cm) ²
1	1	3	12.28	8.03	17,671.46	2,315.41	210	11.88	12.26	0.40	30.65	-0.33	0.11
	2		12.66		17,671.46	2,387.65	220	12.45					
	3		12.33		17,671.46	2,326.35	220	12.45					
2	1	14	12.25	8.03	17,671.46	2,310.13	440	24.90	25.28	0.88	28.72	-2.26	5.11
	2		12.76		17,671.46	2,406.52	450	25.46					
	3		12.30		17,671.46	2,320.88	450	25.46					
3	1	28	12.36	8.03	17,671.46	2,330.88	570	32.26	32.26	1.00	32.26	1.27	1.62
	2		12.61		17,671.46	2,378.79	560	31.69					
	3		12.81		17,671.46	2,416.70	580	32.82					
4	1	91	12.80	8.03	17,671.46	2,413.68	680	38.48	38.76	1.20	32.30	1.32	1.74
	2		12.33		17,671.46	2,325.41	695	39.33					
	3		12.73		17,671.46	2,400.86	680	38.48					
											123.93		8.58

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_{ci} - f_{cm})^2}{n - 1}} = 1.69 \text{ Mpa}$$

$$f_{c'} = \sum f_{ci} / n - 1.64 = 28.21 \text{ Mpa}$$

ket:

f_c = Kuat tekan langsung

f_{ci} = Konversi Kuat tekan umur 28 hari

HASIL PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON MIX 2

Mix No.	No Sampel	Umur (hari)	Berat (kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Berat Isi (kg/m ³)	Beban (P) (kN)	f'c = P/A (Mpa)	f'c rata" (MPa)	KOEF. (k)	f'ci = f'c/k (MPa)	f'ci - f'cm (MPa)	(f'ci - f'cm) ²
1	1	3	12.32	9.87	17,671.46	2,324.28	250	14.15	13.58	0.40	33.95	1.60	2.56
	2		12.54		17,671.46	2,365.58	220	12.45					
	3		12.27		17,671.46	2,313.90	250	14.15					
2	1	14	12.28	9.87	17,671.46	2,315.41	460	26.03	26.60	0.88	30.22	-2.13	4.53
	2		12.28		17,671.46	2,315.98	470	26.60					
	3		12.27		17,671.46	2,313.90	480	27.16					
3	1	28	12.28	9.87	17,671.46	2,315.60	570	32.26	32.54	1.00	32.54	0.19	0.03
	2		12.20		17,671.46	2,301.83	575	32.54					
	3		12.24		17,671.46	2,307.86	580	32.82					
4	1	91	12.62	9.87	17,671.46	2,380.86	710	40.18	39.23	1.20	32.70	0.34	0.12
	2		12.44		17,671.46	2,346.72	690	39.05					
	3		12.34		17,671.46	2,327.86	680	38.48					
											129.41		7.25

$$s = \sqrt{\frac{\sum(fci - fcm)^2}{n - 1}} = 1.55 \text{ Mpa}$$

$$fc^{\wedge}' = \sum fci / n - 1,64. = 29.80 \text{ Mpa}$$

ket:

f'c = Kuat tekan langsung

f'ci = Konversi Kuat tekan umur 28 hari

HASIL PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON MIX 3

Mix No.	No Sampel	Umur (hari)	Berat (kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Berat Isi (kg/m ³)	Beban (P) (kN)	f'c = P/A (Mpa)	f'c rata" (MPa)	KOEF. (k)	f'ci = f'c/k (MPa)	f'ci - f'cm (MPa)	(f'ci - f'cm) ²
1	1	3	12.22	9.40	17,671.46	2,305.04	240	13.58	13.39	0.40	33.48	2.84	8.07
	2		12.26		17,671.46	2,312.39	240	13.58					
	3		12.24		17,671.46	2,309.56	230	13.02					
2	1	14	12.27	9.40	17,671.46	2,314.09	440	24.90	24.33	0.88	27.65	-2.99	8.94
	2		12.32		17,671.46	2,323.71	430	24.33					
	3		12.30		17,671.46	2,319.75	420	23.77					
3	1	28	12.23	9.40	17,671.46	2,307.11	550	31.12	30.94	1.00	30.94	0.29	0.09
	2		12.30		17,671.46	2,320.31	540	30.56					
	3		12.23		17,671.46	2,307.68	550	31.12					
4	1	91	12.22	9.40	17,671.46	2,304.47	640	36.22	36.59	1.20	30.49	-0.15	0.02
	2		11.89		17,671.46	2,242.03	650	36.78					
	3		12.23		17,671.46	2,307.30	650	36.78					
											122.56		17.12

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'ci - f'cm)^2}{n - 1}} = 2.39 \text{ Mpa}$$

$$f'c^{\wedge}' = \sum f'ci / n - 1,64 = 26.72 \text{ Mpa}$$

- ket:
- f'c = Kuat tekan langsung
 - f'ci = Konversi Kuat tekan umur 28 hari

HASIL PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON MIX 4

Mix No.	No Sampel	Umur (hari)	Berat (kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Berat Isi (kg/m ³)	Beban (P) (kN)	f'c = P/A (Mpa)	f'c rata" (MPa)	KOEF. (k)	f'ci = f'c/k (MPa)	f'ci - f'cm (MPa)	(f'ci - f'cm) ²
1	1	3	12.25	8.70	17,671.46	2,309.75	230	13.02	12.26	0.40	30.65	1.34	1.79
	2		12.26		17,671.46	2,312.20	200	11.32					
	3		12.32		17,671.46	2,323.90	220	12.45					
2	1	14	12.28	8.70	17,671.46	2,315.79	420	23.77	23.39	0.88	26.58	-2.74	7.49
	2		12.23		17,671.46	2,306.54	410	23.20					
	3		12.38		17,671.46	2,335.97	410	23.20					
3	1	28	12.26	8.70	17,671.46	2,312.01	530	29.99	30.09	1.00	30.09	0.77	0.59
	2		12.31		17,671.46	2,322.01	535	30.27					
	3		12.33		17,671.46	2,325.60	530	29.99					
4	1	91	12.23	8.70	17,671.46	2,307.11	640	36.22	35.93	1.20	29.94	0.63	0.40
	2		12.24		17,671.46	2,308.24	635	35.93					
	3		12.21		17,671.46	2,303.15	630	35.65					
											117.26		10.26

$$s = \sqrt{\frac{\sum(f'ci - f'cm)^2}{n - 1}} = 1.85 \text{ Mpa}$$

$$f'c' = \sum f'ci / n - 1,64 = 26.28 \text{ Mpa}$$

ket:

f'c = Kuat tekan langsung

f'ci = Konversi Kuat tekan umur 28 hari

DAFTAR PUSTAKA

- 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
- Conference Organisation. *Conference on Our World in Concrete and Structure*. Singapura. 2011
- Departemen Pekerjaan Umum 2000. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder dengan Cetakan Silinder di dalam Tempatkan dengan Standar SK SNI 03-6429-2000*. Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version) SK SNI 03-2847-2002*. Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum 2004. *Semen Portland Komposit dengan Standar SK SNI 15-7064-2004*. Badan Standarisasi Nasional.
- European Committee for Standardization Comite Europeen De Normalisation. *European Standard EN 197-1*. 2000
- Mohammed, Tarek Uddin dkk. *Performance of Seawater-Mixed Concrete in The Tidal Enviroment*. Cement and Concrete Research 593-601. 2004
- Mulyono, Tri. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi. 2003
- Nawi, Edward. G. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Jilid I*. Bandung: Refika Aditama. 1998
- Stark, David. *Long-Term Performance of Plain and Reinforced Concrete in Seawater Enviroments*. Research and Development Bulletin RD119 PCA
- Tjaronge, M Wihardi. *Teknologi Bahan Lanjut, Semen dan Beton Berongga*. Makassar: CV. Telaga Zamzam. 2012

UEDA, Tamon. *JSCE Guidelines for Concrete No.6 Standard Specifications For Concrete Structures-2002 "Material and Construction"*. Tokyo. 2005

Wang, Chu-Kia. Charles G. Salmon. *Disain Beton Bertulang*. 1986. Erlangga. Jakarta

Winter George, Arthur H. Nilson. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. 1993