BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengaruh air laut. Indonesia, sebagai Negara kepulauan terbesar didunia, memiliki sangat banyak bangunan beton yang selalu terendam atau terkena pengaruh air laut. Jika dibandingkan dengan beton biasa, sebenarnya penggunaan material beton yang terkena pengaruh air laut memiliki persyaratan bahan yang berbeda. Beton yang kena pengaruh atau berhubungan dengan air laut disyaratkan menggunakan semen tipe V, yang memang khusus untuk pembuatan beton yang terpengaruh air laut. (Neville dan Brooks, 1987). Menurut DEFANT, (1961) dalam (MAMAYEV, 1975), menunjukkan bahwa salinitas air laut kira-kira 0,14% lebih kecil dibandingkan dengan kadar garam sesungguhnya yang ada di air laut, yang di maksud dengan garam disini ialah istilah garam dalam pengertian kimia, yaitu senyawaan yang terbentuk akibat reaksi asam dan basa. Jadi bukan garam dalam artian garam dapur saja.

Salinitas laut adalah jumlah kadar garam yang terdapat dalam air laut. Salinitas berpengaruh terhadap kehidupan organisme perairan. Setiap daerah perairan di bumi ini memiliki salinitas yang berbeda-beda. Garis yang menghubungkan kadar salinitas yang sama dalam peta dinamakan isohaline. Faktor yang mempengaruhi salinitas laut yaitu Penguapan, Curah Hujan, dan Banyak sedikitnya sungai yang bermuara.

Kekuatan beton pada lingkungan air laut tentunya akan mempengaruhi kekuatan tekan beton. Garam-garam 3.5% yang memuat di air laut bisa makan tenaga beton. Air laut terdapat kandungan klorida (cl) tinggi sehingga mempunyai sifat garam yang kasar (salinitas) sehingga menembus pada beton beserta senyawa pada beton, menyebabkan beberapa kualitas yang lenyap, lenyap kekukuhan dan kekakuan dengan reaksi pelapukan tercepat. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 14000 psi atau lebih, bergantung pada jenis campuran, sifat–sifat agregat, serta lama dan kualitas perawatan. Kekuatan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 3000 sampai 6000 psi, dan beton komersial dengan agregat biasa I - 2 kekuatannya sekitar 300 sampai 10000 psi dengan ukuran 6 X 12 inchi (Nawy,1990). Untuk nilai kekuatan tarik pada beton hanya berkisar 9% - 15% saja dari kekuatan tekannya (Suparjo, 2003).

Semen salah satu bahan konstruksi paling popular di dunia konstruksi modern. Bahan ini telah digunakan untuk mengikat bahan bangunan lainnya secara bersamaan. Kehadiran material semen telah mengubah dunia konstruksi menjadi modern. Bahan ini memungkinkan manusia membangun rumah yang lebih kuat, gedung besar dan bertingkat, hingga gedung pencakar langit dengan adanya semen juga memungkinkan manusia membangun konstruksi jembatan, terowongan, bendungan dan kanal, ke sekolah, kampus dan rumah sakit secara permanen. Semen merupakan bahan perekat kimia yang membrikan perkerasan terhadap material campuran lainnya menjadi suatu bentuk kaku dan tahan lama. Bahan alami seperti kapur dan tanah liat banyak keterbatasan, sementara dapat semen diproduksi dalam kondisi terkontrol, dikemas dan dapat mudah diangkut di tempat yang diperlukan.

Ada banyak bahan kimia dan mineral yang terkandung dalam bubuk semen, setiap kandungan bahan tertentu mempengaruhi kualitas semen. Secara umum, semen adalah bubuk abu-abu gelap yang terbuat dari kapur (CaO), Silika (SiO2), Alumina (AL2 O3), Iron Oxide (Fe203), Magnesium Oksida (MgO), Sulfar Trioxide (SO3), dan digunakan untuk pembuatan semen

Untuk mengetahui lebih lanjut terkait Salinitas, maka penulis dalam penelitian ini mencoba meneliti tentang keterkaitan perendaman salinitas air laut terhadap kuat tekan beton dengan 2 (Dua) macam variasi jenis semen yaitu Semen Portland Komposit, dan Semen Pozzoland Komposit, dengan kaloborasi campuran masing-masing.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi type semen terhadap kuat tekan beton dan Tarik belah beton?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi type semen terhadap kuat tekan beton dan tarik belah beton yang direndam dalam air laut dengan salinitas yang berbeda?

C. Tujuan Penelitian

Terkait dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh variasi komposisi type semen terhadap kuat tekan dan Tarik belah beton.
2. Bagaimana komposisi variasi type semen terhadap kuat tekan beton yang direndam air laut dengan salinitas yang berbeda.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Perencanaan campuran beton sesuai SNI 7565:2012
2. Kuat tekan beton yang di rencanakan adalah 25 Mpa.
3. 2(dua) jenis semen yang di gunakan yaitu PCC dan PPC
4. Standar pengujian kuat tekan benda uji menggunakan SNI 1974:2011
5. Air laut untuk perendaman diambil dari pantai Dewata Wakka dan Air laut sekitar pelabuhan parepare.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yaitu :

1. Sebagai referensi didunia ilmu pengetahuan terutama dalam dunia struktur bangunan bagi peneliti selanjutnya.
2. Mempermudah bagi praktisi konsultan dan kontraktor dalam bidang konstruksi
3. Untuk menganalisis pengaruh salinitas air laut terhadap kuat tekan beton dengan dua jenis semen.
4. Pemerintahan dapat membuat kebijakan atau aturan mengenai bangunan yang berada di pesisir pantai yang menggunakan konstruksi beton, harus sesuai standar bangunan.
5. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa ada persyaratan khusus jika ingin membangun dengan konstruksi beton disekitar air laut atau yang terendam di air laut

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan diatur dalam pedoman penulisan skripsi fakultas teknik universitas muhammadiyah parepare sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdapat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas tentang dasar teori mengenai rumus-rumus pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini terdapat gambaran umum alur peneletian, mulai waktu dan lokasi penelitian, serta diagram alir penelitian tersebut.

BAB II

TINJAUN PUSTAKA

A. BETON

Nama asing dari beton adalah *concrete*, di ambil dari gabungan prefiks bahasa latin *com*, yang artinya bersama-sama, dan *crescere* (tumbuh), yang maksudnya kekuatan yang tumbuh karena adanya campuran zat tertentu. Beton pada umunya merupakan campuran dari tiga komponen, yaitu bahan yang mengikat seperti kapur atau semen, agregat, dan air. Untuk mendapatkan tujuan khusus atau sifat-sifat tertentu, beton di tambah dengan satu atau lebih admixture sebagai komponen keempat dalam campuran. Dalam campuran beton, air dan semen membentuk perekat atau matriks yang mana sebagai tambahan mengisi kekosongan agregat halus, melapisi permukaan agregat halus dan kasar, dan mengikat mereka bersama-sama.

1. Pengertian Beton

Beton adalah jenis bahan bangunan buatan yang di gunakan untuk konstruksi dan bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Dengan ini perbandingan tertentu. Campuran bahan-bahan ini setelah di bentuk dan dicor atau dicetak, pada waktu tertentu akan mengeras yang berfungsi untuk menahan beban struktur. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur Tarik yang rendah. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*Portland cemen*t), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan

tambah (*admixture atau additive*). Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan lapangan kerja. Hal yang menjadi pertimbangan pada proses produksinya berupa kekuatan tekan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya, serta kelangsungan proses pengadaan beton. Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. Sifat beton yang meliputi : mudah diaduk, disalurkan, dicor, dipadatkan dan diselesaikan, tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan adukan dan mutu beton yang disyaratkan oleh konstruksi tetap dipenuhi (Tri Mulyono, 2003).

2. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu :

a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non structural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasn ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan Bo.

b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktual secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II di bagi dalam mutu-mutu

standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B, pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan.

c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktual yang lebih tinggi dari k 225, pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboraturium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian kelas dan mutu beton ini dapat dilihat dalam table 2.1 berikut ini:

Tabel 2. 1 Kelas Dan Mutu Beton (*Sumber: Mulyono. T, 2004*)

Kelas	Mutu	σ' Bk (Kg/cm ^{2})	σ' Bm (Kg/cm^2)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatasn agregat tekan	
I	B0	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu:

a. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang di gunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates,* residu

slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara 1440-1850 kg/ m^3, dengan kekuatan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

b. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antar 2200 kg/m3 – 2400 kg/m3 dengan kuat tekan sekita 15-40 Mpa.

c. Beton berat

Beton berat adalah beton yang di hasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m. untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d. Beton massa (mass concrete)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan massif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

e. Ferro-Cement

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan Tarik dan daktil pada mortal semen.

f. Beton serat (fibre concrete)

Beton serat (fibre concrete) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih dektil daripad normal.

3. Kelebihan Dan Kekurangan Beton

Beton mempunyai fungsi yang penting dalam suatu bangunan konstruksi yang digunakan baik untuk struktur rumah tinggal, gedung bertingkat, dan berbagai macam infrastruktur yang lain.

a. Beton memiliki beberapa kelebihan seperti:
   1) Beton mudah dibentuk menggunakan bekisting sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperature yang tinggi
   2) Beton memiliki kuat tekan yang tinggi
   3) Bahan baku beton relatife mudah didapat
   4) Beton relatif tidak memerlukan perawatan dan tahan lama.
   5) Beton tahan aus dan bakar sehingga perawatannya realtif murah dan mudah

b. Namun beton juga memiliki kekurangan seperti :
   1) Mutu akhir pekerjaan beton sangat dipengaruhi oleh mutu beton itu sendiri dan proses pelaksanaan pengecorannya.
   2) Beton merupakan material dengan berat jenis yang lumayan besar yaitu 2400 kg/m^3 dan memiliki kuat Tarik yang kecil sekitar 9-15% dari kekuatan tekannya.
   3) Beton bersifat getas atau tidak memiliki daktail sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

4. Kekuatan tekan beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Perancangan beton harus memenuhi kriteria perancangan standar yang berlaku. Peraturan dan tata cara perancangan tersebut antara lain adalah ASTM, ACI, JIS, ataupun SNI. Perancangan tersebut juga dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang harus memenuhi kinerja utamanya yaitu kuat tekan sesuai rencana dan mudah untuk di dikerjakan serta ekonomis dalam pembiayaannya.

5. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton

Faktor yang berpengaruhi terhadap kuat tekan beton adalah:

a. Umur beton

Karena semakin lama umur beton maka peningkatan kuat tekannya pun akan semakin menurun, hal ini tidak dapat dilihat pada umur beton muda seperti 28 hari karena biasanya pada umur tersebut beton masih mengalami peningkatan, tetapi jika beton sudah berumur 360 hari ke atas baru akan terlihat penurunan tersebut.

b. Workability pada saat pengerjaan beton

Karena biasanya pada beton normal beton yang memiliki workability yang tinggi akan cenderung mengalami segregasi dan bleeding yang menyebabkan nilai kuat tekannya pun menurun.

c. Gradasi butiran

Pada saat pembuatan sampel beton tentu dibutuhkan gradasi yang tidak seragam dari gradasi yang paling kecil hingga besar untuk mengisi rongga-rongga atau celah pada saat pembuatan cetakan/silinder beton. Hal ini sangat berpengaruh karena jumlah gradasi agregat kasar yang seragam terlalu besar maka rongga-rongga padqa beton tidak akan tertutup sempurna dan mengakibatkan terjadinya lubang-lubang atau keropos pada bagian beton yang akan berakibat pada kekuatan beton yang menurun.

d. Perawatan beton (curing)

   Perawatan beton adalah proses yang bertujuan untuk menjaga suhu pada saat proses hidrasi.

e. Kadar semen

   Karena semakin tinggi kadar semen dalam beton, maka semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan.

f. Admixture

   Penggunaan bahan tanbah seperti *pozzolan* dan *superplasticizer* yang membantu meningkatkan *workabilitas* dan proses hidrasi semen dapat meningkatkan kuat tekan beton.

g. Porositas

   Beton yang memiliki proiritas tinggi akan memiliki kuat tekan beton yang rendah, sebaliknya beton yang lebih padat akan memiliki kuat tekan beton yang lebih tinggi.

6. Pengaruh Garam Friedel pada beton

Garam friedel berperan utama dalam pengikatan dan retensi anion klorida dalam semen dan beton, terbentuknya garam friedel yang merupakan hasil reaksi hidrasi semen dengan klorida dan sulfat air laut yang selanjutnya akan mengisi pori-pori pada beton setelah kristalisasinya. Walaupun hal tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan elastisitas yang dihasilkan. Pada lingkungan laut, penetrasi ion klorida dan sulfat air laut kedalam beton membentuk *garam friedel* dan *ettringite*. *Garam friedel* dan *ettringite* ini menempati volume yang besar setelah kristalisasi pada pori-pori beton daripada senyawa yang ia gantikan.

Mien dkk, (2018) melakukan penelitian terhadap pengikatan klorida berbagai jenis semen yang biasa digunakan serta kontribusi dari hidrat semen seperti gel C-H-S dan AFm untuk mengikat semua klorida. Spesimen pasta semen menggunakan berbagai jenis semen termasuk OPC, MC, RHC, dan LHC, dan W/C sebesaar 0,3; 0,4; 0,5 dan 0,6. Percobaan untuk menentukan jumlah klorida dilakukan dengan menggunakan ASTM C1152 dan klorida bebas ditentukan dengan ASTM C1218. Selain itu, analisa x-*ray diffraction rietveld* (XRD *Rietveld*) digunakan untuk menentukan derajat hidrasi dan kandungan hidrat dari pasta semen, terutama C-H-S, AFm dan *garam friedel*. Hasil penelitian menunjukan bahwa OPC memiliki kapasitas pengikatan klorida tertinggi, dan LHC memiliki kapasitas pengikatan ion klorida terendah. MC dan RHC memiliki kapasitas yang sangat mirip dalam mengikat ion klorida.

B. Material penyusun beton

1. Agregat

Ageragt adalah butiran material yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan hasil satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton sehingga pemilihan agregat merupakn suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton.

Agregat dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang di dapat secara alami atau buatan.

a. Agregat halus

Agregat sebagai bahan pengisi yang memberikan sifat kaku dan stabilitas dimensi dari beton. Agregat halus sebaiknya berbentuk bulat dan halus dikarenakan untuk mengurangi kebutuhan air. Agregat halus yang pipih akan membutuhkan air yang lebih banyak dikarenakan luas permukaan agregat (surface area) akan lebih besar. Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi ASTM C-33, yaitu:

1) Mempunyai butiran yang halus.
2) Tidak mengandung lumpur lebih 5%.
3) Tidak mengandung zat organik lebih 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
4) Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama)

Gambar 2. 1 Agregat Halus (Pasir)

Tabel 2. 2 Batas gradasi agregat halus (*sumber:SNI 03-2834-2000*)

Lubang Ayakan (mm)	**Persen Butiran Yang Lewat Ayakan**			
	Zona I (Pasir Kasar)	**Zona II (Pasir Agak Kasar)**	**Zona III (Pasir Agak Halus)**	**Zona IV (Pasir Halus)**
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	5-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

b. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang butirannya lebih besar dari 5mm ataupun agregat yang seluruh butirannya bias tertahan diayakan 4,75 mm. agregat kasar untuk beton bisa berbentuk kerikil sebagai hasil dari

disintegrasi dari batu-batuan ataupun berbentuk batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual maupun mesin. Agregat kasar mesti terdiri dari butiran-butiran yang keras, permukaan yang kasar. Agregat kasar harus memenuhi ketentuan kebersihan yaitu,tidak mengandung lumpur lebih dari 1%, serta tidak memiliki zat-zat organic yang bias merusak beton.

Gambar 2. 2 Agregat Kasar (Kerikil)

Tabel 2. 3 Batas gradasi agregat kasar (*Sumber : SNI 03-2834-2000*)

Lubang Ayakan (mm)	**Persen Butiran Yang Lewat Ayakan**		
	Zona I (38-4,76)	**Zona II (19-4,76)**	**Zona III (9,6-4,76)**
38,1	95-100	100	
19	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,76	0-5	0-10	0-10

Adapun kualitas agregat yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah:

1) Agregat kasar harus merupakan butiran keras dan tidak berpori. Agregat kasar tidak boleh hancur karena adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula, sifat tidak berpori untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.

2) Agregat kasar harus bersih dari unsur organic
3) Agregat tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayankan diameter 0.063 mm, bila melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu
4) Agregat mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen segingga akan mengikat dengan lebih baik

2. Semen Portland

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

Tabel 2. 4 Susunan Oksida Semen Portland (*Sumber :SNI 17064-2004*)

No.	Oksida	Persentase
1	Kapur (Ca 04)	60 – 65
2	Silika (SiO2)	17 – 25
3	Aluminia (Al2O3)	3 – 8
4	Besi (Fe2O3)	0,5 – 6
5	Magnesia (MgO)	0,5 – 4
6	Sulfur (SO3)	1 – 2
7	Soda / Portash (Na2O + K2O)	0,5 – 1

Menurut ASTM C150, semen Portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu:

Tipe I : *Ordinary Portland Cement* (OPC), semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahan terhadap sulfat, kekuatan awal).

Tipe II : Moderate Sulphate Cement, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.

Tipe III : High Early Strength Cement, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengras).

Tipe IV : Low Heat of Hydration Cement, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah.

Tipe : High Sulphate Resistance Cement, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

Selain semen Portland di atas, juga terhadap beberapa jenis semen lain:

1) Blended Cement (Semen Campur)

   Semen campur dibuat karena dibutuhkannya sifat-sifat khusus yang tidak dimiliki oleh semen portland. Untuk mendapatkan sifat khusus tersebut diperlukan material lain sebagai pencampur. Jenis semen campur :

   a) Portland pozzolan Cement (PCC)
   b) Portland Blast Furnace Slag Cement
   c) Semen Mosonry
   d) Portland Composite Cement (PCC)

2) Water Proofed Cement

Water proofed cement adalah campuran yang homogen antara semen Portland dengan “Water proofing agent”, dalam jumlah yang kecil.

3) White Cement (Semen Putih) Semen putih dibuat untuk tujuan dekoratif, bukan untuk tujuan konstruktif.

4) High Alumina Cement

   High alumina cement dapat menghasilkan beton dengan kecepatan pengerasan yang cepat dan tahan terhadap serangan sulfat, asam akan tetapi tidak tahan terhadap serangan alkali.

5) Semen Anti Bakteri Semen anti bakteri adalah campuran yang homogen antara semen Portland dengan “anti bacterial agent” seperti germicide. (Sumber : http://en.wikipedia.org)

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik disektor konstruksi sipil. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan almunium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilakan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenis yang dihasilkan berkisar antara 3.12 dan 3.16 dan berat volume sekitar 1500 kg/cm3 . Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur (CaO), silica (SiO3), alumina (A12O3), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Utuk dapat mengkontrol komposisinya, terkadang ditambah oksida besi, sedangkan gypsum (CaSO4.2H2O) ditambahakn untuk mengatur waktu ikat semen.

Gambar 2. 3 Semen Portland Composite (PCC) Type 1 (*Dokumentasi Pribadi*)

Untuk keperluan campuran pembuatan beton, semen harus memenuhi syarat-syarat sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai berikut:

a. Waktu pengikatan awal untuk segala jenis semen tidak boleh kurang dari 1jam (60 menit).
b. Peningkatan awal semen normal 60-120 menit.
c. Air yang digunakan memenuhi syarat air minum, yaitu bersih dari zat organis yang dapat mempengaruhi proses pengikatan awal.
d. Suhu ruangan 23° c.

3. Air

Air adalah bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk membentuk pasta semen. Air juga dipakai untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan

menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan menurunkan mutu dan mengakibatkan beton mengalami bleding, yaitu air akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada:

a. Mutu beton
b. Sifat workability adukan beton.
c. Besar dan kecilnya nilai susut beton
d. Kelangsungan reaksi hidrasi semen Portland
e. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik

Air adalah bahan untuk mendapatkan kelecekan yang perlu untuk penggunaan beton, jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Pengaruh kotoran secara umum dapat menyebabkan:

a. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
a. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
b. Perubahan volume yang dapat menyebabkan kerekatan.
c. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
d. Bercak-bercak pada campuran beton.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangannya (SNI 03-2847-2019).

Selain untuk reaksi pengikatan, dapat juga untuk perawatan sesudah beton dituang. Air untuk perawatan (curing) harus memiliki syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya > 6, juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

Jenis-jenis air untuk campuran beton :

a. Air hujan

   Air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi, biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbon dioksida.

b. Air permukaan

   Terdiri dari air sungai, air danau, air genangan, dan air reservoir. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampuran beton asal tidak tercemar limbah industry. Sedangkan air rawa atau genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.

c. Air tanah

   Biasanya mengandung unsur kaiton dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur CO2, H2S dan NH3.

d. Air laut

   1) Air laut mengandung 30.000-36.000 mg/liter gram (3%-3,6%).
   2) Air laut yang mengandung garam diatas 3% tidak boleh diguanakan.

3) Untuk beton pratekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangan.

Air yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

a) Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram/liter.
b) Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter.
c) Tidak mengandung *klorida* (C1) yang lebih dari 1 gram/liter.
d) Tidak mengandung senyawa sulfat dari 1 gram/liter.

C. Material alternatif

1. Salinitas air laut

Salinitas air laut adalah jumlah kadar garam yang terdapat dalam air laut. Salinitas berpengaruh terhadap ketahan struktur bawah bangunan yang berada didaerah pesisir pantai. Setiap daerah peraian di bumi ini memiliki salinitas yang berbeda-beda. Garis yang menghubungkan kadar salinitas yang sama dalam peta dinamakan isohaline. Air dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu air tawar dan air asin, dimana air tawar juga mengandung kadar garam dalam jumlah tertentu meskipun sangat rendah atau kurang dari 0.05%. Jika kadar garam yang terkandung antara 3% hingga 5% maka di sebut dengan air payau (*saline*). Sedangkan jika lebih dari 5% maka dinamakan air *brine*. Air laut adalah air *saline* yang mengandung garam sekitar 3,5%. Akan tetapi terdapat pula danau atau lautan yang memiliki kadar garam lebih tinggi disbanding air laut secara umum. Misalnya adalah laut mati yang memiliki kadar garam hingga 30%. Meski secara umum kadar garam laut

didunia sekitar 3,5% namun beberapa tempat mempunyai salinitas yang berbeda – beda.

Faktor yang memengaruhi salinitas air laut diantaranya adalah:

a. Penguapan

   Makin besar tingkat penguapan air laut maka kadar salinitasnya akan semakin tinggi dan sebaliknya di daerah yang rendah tingkat penguapannya maka salinitasnya akan semakin rendah.

b. Curah hujan

   Semakin besar curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitasnya akan rendah dan jika curah hujan di lautan rendah maka salinitas akan semakin rendah.

c. Banyak sedikitnya sungai yang bermuara

   Semakin banyak sungai yang bermuara kelaut tersebut maka salinitas air laut semakin rendah, sedangkan jika sedikit sungai yang bermuara maka kadar salinitasnya akan semakin tinggi maka dari itu salinitas air laut sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitar (Agus setiawan, 2013)

Gambar 2. 4 Air laut di Pantai Wakka (*Dokumentasi Pribadi*)

Menurut DEFANT (1961) dalam (MAMAYEV, 1975), menunjukkan bahwa salinitas air laut kira-kira 0,14 ‰ lebih kecil dibandingkan dengan kadar garam sesungguhnya yang ada di air laut. Yang dimaksud dengan garam di sini ialah istilah garam dalam pengertian kimia, yaitu semua senyawaan yang terbentuk akibat reaksi asam dan basa. Jadi bukannya garam dalam arti garam dapur saja. Berdasarkan hasil penelitian terhadap komposisi garam di air laut sejak tahun 1859 oleh FORCHHAMMER, sampai saat kini masih berlaku bahwa air laut mempunyai perbandingan komposisi garam yang sama untuk hampir semua perairan di dunia. Memanfaatkan hal tersebut, maka penentuan salinitas air laut dapat dilakukan melalui pengukuran kadar khlor dalam air laut yang disebut khlorinitas air laut. Definisi tentang khlorinitas diusulkan oleh J.P. JACOBSEN dan M. KNUDSEN tahun 1940 yaitu sebagai jumlah gram dari atom perak yang diperlukan untuk mengendapkan semua halogen dalam 0,325234 kg air laut. Khlorintitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dengan lambang ‰

Gambar 2. 5 Air laut dipelabuhan parepare (*Dokumentasi Pribadi*)

Berdasarkan hasil penelitian terhadap komposisi garam di air laut sejak tahun1859 oleh FORCHHAMMER, sampai saat kini masih berlaku bahwa air laut mempunyai perbandingan komposisi garam yang sama untuk hampir semua perairan di dunia. Memanfaatkan hal tersebut, maka penentuan salinitas air laut dapat di lakukan melalui pengukuran kadar khlor dalam air laut yang disebut khlorinitas air laut. Defenisi tentang khlorinitas diusulkan oleh J.P JACOBSEN dan M. KNUDSEN tahun 1940 yaitu sebagai jumlah gram dari atom perak yang perlukan untuk mendapatkan semua halogen dalam 0,325234 kg air laut. Khlorintitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dengan lambang ‰ atau ppt. Hubungan antara salinitas dengan khlorinitas air laut diusulkan oleh M. KNUDSEN pada tahun 1901, dan kemudian diterima secara luas hingga saat ini. Rumus tersebut selanjutnya dikenal sebagai “rumus Knudsen”

Salinitas (‰) = 0,30 + 1,805 x khlorinitas (‰).

a. Pengaruh kimia air laut terhadap beton

Pengaruh kimia air laut terhadap beton terutama disebabkan oleh serangan magnesium Sulfat (MgSO4), yang diperburuk dengan adanya kandungan Clorida didalamnya, reaksinya akan menghambat perkembangan beton. Biasanya digolongkan sebagai bagian dari serangan sulfat oleh air laut yang mengakibatkan beton tampak menjadi keputih-putihan, selain itu beton akan mengembang sebelumnya didahului oleh terjadinya spalling (jawa protol) dan retak. Akhirnya padaa bagian beton yang terserang oleh sulfat akan menjadi lunak membentuk lapisan seperti lumpur. Saat pertama kali mengalami serangan sulfat, kekuatan tekan beton akan naik, lalu cara

berangsur-angsur mengalami kehilangan kekuatan, dan akhirnya beton mengambang. Serangan ini dipandang sebagai akibat dari kehadiran potassium (KS) dan magnesium sulfat (MgS) pada air laut yang dapat menyebabkan timbulnya serangan sulfat pada beton. Serangan dimulai semenjak beton siap bereaksi dengan calcium hidroksida ($Ca(OH)_2$) yang muncul pada semen.

b. Komposisi kimia air laut

Kadar garam pada air laut (salinitas) diukur dari jumlah material yang terlarut dalam tiap kilogram air laut atau setara dengan part per thousand (1/1000). Salinitas menggambarkan jumlah material yang terlarut dalam air laut, menurut vicat (dalam Emmanuel dkk, 2012) umumnya berkisar antara 3,4-3,5%. Table 2.5 merupakan perkiraan salinitas beberapa laut terkenal didunia. Kemampuan air untuk melarutkan garam cenderung beragam dan tergantung dimana laut itu berada, namun perbandingan komponen utama yang terkandung didalamnya relative konstan. Komponen utama itu dihitung untuk mengetahui kelemahan dan kemungkinan runtuhnya bangunan didaerah yang terpengaruh air laut.

Tabel 2. 5 Perkiraan Salinitas di beberapa laut

Nama laut	Konsentrasi garam (%)
Laut mediteran	3,8
Laut baltik	0,7
Laut utara dan atlantik	3,5
Laut hitam	1,8
Laut mati	5,3
Laut india	3,55

c. Pengaruh air laut pada mortar

Air laut biasa disebut sebagai air laut yang merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam, bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Air laut memiliki kadar garam rata-rata sekitar 35.000 ppm atau 35g/liter, artinya dalam 1 liter air laut (10000 ml) terdapat 35 gram garam. Kandungan kimia utama dari laut adalah klorida (CI), natrium (Na), magnesium (Mg), sulfat (SO_4). Nilai Ph air laut bervariasi antara 7,5-8,5. Air laut umumnya dapat menyebabkan kerusakan mortar baik dengan reaksi fisik maupun reaksi kimia. Proses hidrasi semen, selain menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang bersifat sebagai perekat juga menghasilkan kalsium hidroksida atau $Ca(OH)_2$. Magnesium sulfat merupakan bahan kimia dalam air laut yang paling berpengaruh terhadap agresi mortar.

2. Semen OPC

Semen OPC (Ordinary Portland Cemenet) adalah jenis semen yang paling umum digunakan diseluruh dunia, ini terbuat dari bubuk halus campuran batu kapur dan komponen tambahan seperti tanah liat, kapur dan gipsum. OPC memberikan kekuatan dan daya tahan yang baik, dan kerap digunakan untuk membuat beton. Jadi Semen PPC mengandung 2 unsur utama yaitu Semen Portland (OPC) dan Pozolan (PPC) termasuk pengujian mutunya yang harus dipenuhi masing-masing tipe ditetapkan dalam SNI 15-0302-2004. Kegunaan ordinary portland cement (OPC) diantaranya adalah sebagai konstruksi beton massa, konstruksi di tepi pantai dan tanah rawa yang harus memeiliki ketahanan terhadap sulfat, tahan hidrasi panas

sedang, pekerjaan pasangan dan plesteran. Beberapa jenis bangunan yang menggunakan produk ini diantaranya perumahan, jalan raya, dermaga, irigasi, dan sebagainya. Semen ini merupakan pengikat hidrolis sepert halnya PCC namun terdiri dari campuran terak, gypsum, dan pozolan.

Gambar 2. 6 Ordinary Portland Semen (OPC) *(dokumentasi pribadi)*

Tabel 2. 6 Perbedaan Komposisi Semen

Komposisi Portland Composit	Komposisi Portland Pozolan
• Trikalsium Silikat (C3S): 49% (3CaO.SiO2) • Dikalsium Silikat (C2S): 25% (2CaO.SiO2) • Trikalsium Aluminat (C3A): 12% (3CaO.Al2O3) • Tetrakalsium Aluminoferit (C4AF): 8% (4CaO.Al2O3.Fe2O3)	• Clinker: 70% hingga 90%. • Gypsum sekitar 5%

D. Sifat-Sifat Mekanis Beton

Sifat-sifat mekanis yang ada pada beton dibagi menjadi 2 (dua), yaitu sifat mekanis jangka pendek dan jangka panjang. Sifat mekanis jangka pendek, yaitu kuat tekan beton, kuat tarik beton, kuat geser beton, dan modulus elastisitas beton. Sedangkan untuk sifat mekanis jangka panjang, yaitu rangkak dan susut pada beton.

1. Kuat tekan beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima tekanan yang berupa gaya tekan per satuan luasnya. Kuat tekan beton dapat diketahui dengan pengujian dengan menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat diketahui dalam umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Selama 28 hari, beton disimpan dan dirawat dengan suhu dan kelembaban yang tetap. Adapun kuat tekan beton dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f'c = \sigma = \frac{P}{A} \quad \text{.....(1)}$$

Dimana:

f'c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Menurut SNI 2847:2013, Untuk beton struktur, kuat tekan f'c tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum f'c tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu.

2. Tarik Belah Beton

Kekuatan tarik beton lebih rendah dari kekuatan tekan beton karena hanya sekitar 10-15% dari kekuatan tekannya, hal ini disebabkan oleh adanya retak-retak halus pada beton. Hitung kuat tarik belah dari benda uji dengan rumus sebagai berikut :

$$Fct = \frac{2.P}{2.D} \quad \text{.....(2)}$$

Dimana :

Fct	= kuat tarik belah	(MPa)
P	= Beban uji maksimum	(N)
L	= Panjang benda uji	(mm)
D	= Diameter benda uji	(mm)

E. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

1. Sonny Wedhanto, (2018) melakukan penelitian tentang " Pengaruh air laut terhadap kekuatan tekan beton yang terbuat dari berbagai merk semen yang ada di kota Malang" Disimpulkan bahwa jenis sama yang relatif paling tahan terhadap air laut selama perendaman 28 hari adalah semen type I, Hasil penelitian ini tidak dapat untuk mewakili seluruh merk semen yang beredar di sekitar Malang, Namun demikian melihat kecenderungan benda uji jika lebih lama direndam dalam air laut makin turun kekuatan tekannya, ada kemungkinan sekalipun dibuat dari jenis semen Tipe I, belum tentu tetap lebih baik dari dua jenis semen yang dipakai dalam penelitian ini, Untuk itu perlu penelitian lain yang sejenis dengan memberi perlakuan perendaman pada air laut dalam waktu lebih lama.
2. Wibowo, (2013) melakukan penelitian tentang "Pengaruh Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-175" Disimpulkan bahwa metodologi penelitian yaitu dengan melakukan serangan uji material sehingga dinyatakan memenuhi syarat, kemudian dilakukan pembuatan dan pencetakan benda uji dengan mutu beton K-175 dan kemudian dirawat dengan air laut. Hasil dari pengujian menunjukkan beton normal K-175 yang dirawat menggunakan air laut mengalami penurunan kuat tekan sebesar 1,18% pada usia 3 hair, 1,05% pada

usia 7 hari, 1,24% pada usia 14 hari, 1,1% pada usia 28 hari. Untuk beton yang menggunakan air laut sebagai campuran beton mengalami penurunan kuat tekan beton terhadap beton normal sebesar 8,1% pada usia 3 hari, dan 7,24% pada usia 7 hari.

3. Aldilla arifatunurillah, dkk (2019) "Pengaruh Air Laut Pada Masa Perendaman Terhadap Infiltrasi Ion Korida Pada Beton Dengan Menggunakan Semen Portland tipe V" dapat disimpulkan nilai pengujian kuat tekan beton antara benda uji dengan penggunaan sement Portland tipe V dan benda uji dengan semen Portland tipe I dilakukan untuk mengetahui manfaat dari jenis semen diantara keduanya terhadap ketahanan beton dengan serangan air laut. Dapat dilihat bahwa benda uji dengan penggunaan semen Portland tipe V pada umur 7 dan 14 hari memiliki nilai kuat tekan 3% dan 24,9% lebih rendah dari nilai kuat tekan beton dengan penggunaan semen Portland tipe I. Namun oada umur 28 hari, nilai kuat tekan dengan penggunaan semen Portland tipe V justru memberikan nilai kuat tekan 10,8% lebih tinggi ketimbang nilai kuat tekan dengan penggunaan semen Portland tipe I.
4. Irzal agus (2023) "Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Air Laut Serta Pengaruhnya Terhadap Variasi Perendaman" dapat dimpulkan di lakukan pengujian karakteristik material agregat halus dan kasar untuk mendapatkan perencanaan yang ideal, setelah benda uji di rendam selama 3,7 dan 28 hari maka selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan beton. Hasil uji kuat tekan beton untuk variasi perendaman menggunakan air laut pada umur 3 hari rata-rata mencapai 96,17 kg/cm^2 (9,62s MPa), umur 7 hari rata-rata mencapai

141,71 kg/cm^2 (14,14 MPa) dan untuk umur 28 hari rata-rata mencapai 203,88 kg/cm^2 (20,38 MPa) sedangkan pengujian beton dengan variasi perendaman menggunakan air tawar diperoleh nilai kuat tekan beton untuk umur 3 hari rata-rata mencapai 83,67 kg/cm^2 (8,36 MPa), umur 7 hari rata-rata mencapai 129,83 kg/cm^2 (12,98 MPa) dan untuk umur 28 hari rata-rata mencapai 200,04 kg/cm^2 (20,00 MPa), selisih nilai kuat tekan beton dari kedua variasi tersebut pada umur 28 hari tidak jauh berbeda dimana selisihnya hanya sebesar 1,89%. Dari hasil penelitian menunjukan air laut dan air tawar tidak terlalu jauh berbeda nilai kuat tekannya walaupun perendaman menggunakan air laut menghasilkan nilai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan perendaman menggunakan air tawar, secara umum dari hasil pengujian kuat tekan beeton pada umur 3, 7 dan 28 hari mengalami peningkatan nilai kuat tekannya.

5. Mochammad qomaruddin dkk (2017) "Studi Pengaruh Air Laut Pada Mortar Beton Normal Dan Mortar Beton Dengan FLY ASH" dari hasil pengujian dapat di Tarik beberapa kesimpulan dari kuat tekan beton adalah benda uji yang berbasis semen yang direndam dalam air laut (NFAL) memiliki kuat tekan tertinggi, dengan peningkatan mencapai 30% terhadap benda uji control NFAT yang di rendam dalam air tawar. Perilaku bahan mortar menggunakan fly ash dalam lingkungan air laut sesau dengan studi yang dilakukan oleh ramachandra et al., (2016). Dan halim et al. (2017), peneliti terakhir melakukan studi pada beton murni geopoly-mer berbasis fly ash. Semua benda uji berbasis fly ash tidak menunjukkan perubahan signifikan dalam pola kuat tekan (grawande et al 2017). Fly ash membutuhkan setidaknya 90 hari untuk mencapai kekuatan

penuh, sehinggah rendahnya respon tekan benda uji dengan fly ash cenderung disebabkan karena waktu reaksi yang belum tercapai penuh, dalam lingkungan air laut, mortal fly ash akan lebih optimal. Dan Pengujian kuat Tarik luntur, air laut pada dasarnya tidak memberikan dampak negative pada mortar dengan penggunaan semen, dan peningkatan kuat Tarik lentur mortar terhadap kuat tekannya kemungkinan berasal dari kondisi interfasa dan penggunaan fly ash pada benda uji. Dan pengujian absorpsi dalam lingkungan air tawar, keberadaan fly ash tidak mempengaruhi pola resapan mortar, fly ash dalam lingkungan air laut meningkatkan kecepatan dan tingkat absorpsi ini terjadi karena adanya reaksi sekunder setelah air laut berinfiltrasi kedalam rongga hardly dan bereaksi dengan sisa semen didalam sel tersebut.

6. Morgan lamotokana seriady dkk (2022) "Studi Experimental Permodelan Variasi Paparan Air Laut Teluk ambon Terhadap Kekuatan Tekan Beton" dapat disimpulkan bahwa kekuatan tekan beton normal adalah 18,29 MPa, beton paparan atmosfir adalah 19,9 MPa, beton paparan basah-kering adalah 24,84 MPa, dan beton paparan basah seterusnya adalah 18,58 MPa. Beton variasi paparan dibandingkan dengan beton normal didapat perbedaan terbesar pada beton paparan basah-kering sebesar 6,6 MPa atau 36,08%, diikuti oleh beton paparan atmosfir sebesart 1,61 MPa atau 8,8% dan beton paparan basah seterusnya sebesar 0,29 MPa atau 1,58%.
7. Febrian giang (2019) "Pengaruh Kuat Tekan Beton Sulfat Dan Choloride Yang Direndam Dalam Air Laut" dapat disimpulkan bahwa beton dengan penambahan asal sulfat H2So4 sebanyak 5ml, dan Chloride sebanyak 5ml serta

pengurangan air sebesar 18% mencapai kuat tekan optimum rata-rata 21,80 MPa. Perendaman beton dengan air laut dapat mengurangi nilai kuat tekan beton. Hal ini disebabkan oleh terjadinya reaksi asam pada air laut dengan semen yang mempengaruhi proses pengerasan beton, dimana semen merupakan bahan pengikat campuran beton.

8. Adi wijaya ali, (2018) “Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampur Dan Air Perawatan” dapat disimpulkan bahwa air laut dapat memperbaiki kuat tekan mortar sampai pada umur 28 hari, Kuat tekan mortar pencampur air tawar dan pencampur air laut tidak dipengaruhi oleh jenis air perawatan air tawar, dan air laut, Air laut dapat digunakan sebagai air pencampur maupun sebagai air perawatan dalam produksi mortar dan beton.
9. Hunggurami (2014) “ Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Dan Absorpsi Beton” Disimpulkan Bahwa . Kuat tekan beton yang mengalami perawatan dengan air laut lebih tinggi dari pada betonyang mengalami perawatan dengan air tawar untuk masa perawatan 7 hari. Sementara untuk masa perawatan 14 hari dan 28 hari kuat tekan beton yang mengalami perawatan dengan air laut lebih rendah dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar. Hal ini menunjukan bahwa beton yang mengalami perawatan dengan air laut memiliki kekuatan awal yang lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar, namun setelah itu kekuatannya akan lebih rendah dan semakin tinggi mutu beton maka perbedaankuat tekan antara beton yang mengalami perawatan dengan air laut dengan kuat tekan beton.

10. Fahrizal zulkarnain (2023) “ Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai Sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Perendaman Air Laut” dapat disimpulkan beton yang dicampur bahan tambah sica fume memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi baik perendaman air tawar dan air laut disbanding beton normalnya. Dapat disimpulkan semakin banyak persenatse penggunaan sika fume maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin tinggi. Dan hasil perpaduan antara beton dengan bahan tambah sica fume seluruhnya berpengaruh positif pada kekuatan tekan beton. Hasil yang didapat beton yang diberi sica fume memiliki kuat tekan yang lebih baik dari beton normal.
11. Lusman sulaiman, (2020) “Ketahanan Beton Agregat Recycle Terhadap Lama Perendaman Air Laut” dapat disimpulkan bahwa Hubungan antara kuat tekan dan lama waktu perawatan dengan menggunakan air laut memperlihatkan semakin lama waktu perendaman maka kuat tekan akan semakin menurun. Total 18 sampel uji yang terdiri dari 9 BAR dan 9 BAN. Pada umur 28 hari, beton BAR memiliki nilai kuat tekan sebesar 247.94 kg/cm² sedangkan beton BAN sebesar 279.66 kg/cm² dan pada umur 56 hari nilai kuat tekan beton BAR mengalami penurunan dan beton BAN mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 230.64 kg/cm² dan 254.67 kg/cm². Perawatan hingga umur 90 hari memperlihatkan bahwa kekuatan tekannya terus mengalami penurunan baik beton BAR sebesar 172.98 kg/cm² maupun beton BAN sebesar 235.45 kg/cm². Berdasarkan hasil pengujian tersebut bahwa air laut sebagai media perendaman memiliki peran penting dalam penurunan kuat tekan beton baik BAR maupun

BAN. Walaupun demikian, beton BAN dibandingkan dengan BAR dari sisi kekuatan pada umur 28, 56, dan 90 hari lebih besar berturut-turut sebesar 12.79 %, 10.41 % dan 36.11 %. Selain itu, target rencana kuat tekan 250 kg/cm² tercapai untuk campuran beton BAN pada umur perawatan 28 dan 56 hari, sedangkan umur 90 hari masih dibawah target kuat tekan rencana. Campuran beton BAR mulai dari umur 28 hingga 90 hari setelah masa rendaman masih dibawah target rencana.

12. Fajar abdul sidiq, (2021) “Meninjau Kekuatan Beton Pada Lingkungan Air Laut Pameungpeuk Kabupaten Garut" dapat disimpulkan dari hasil pengujian kuat tekan beton normal menggunakan perawatan air tawar dan setelah itu direndam di lingkungan air laut, dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton [9] normal yang ditargetkan dilaboraturium dalam penilitian ini adalah 22,62 MPa pada umur 28 hari. Namun berdasarkan data hasil uji kuat tekan beton normal memperoleh mutu rata-rata kuat tekan beton normal pada umur 21 hari adalah 11,695 sebagaimana dijelaskan pada lampiran 3, yang mengindikasikan target mutu rencana pada usia beton 28 hari tidak tercapai. Hasil 3 sampel pengujian kuat tekan beton normal yang di rencanakan 20 MPa selama 14 hari tanpa perendaman air laut mengalami peningkatan dan penurunan dengan rata-rata sebesar 11,69491 NPa.
13. Annisa junaid, (2018) “Studi Kekuatan Beton Yang Menggunakan Air Laut Sebagai Air Pencampur Pada Daerah Pasang Surut” Disimpulkan bahwa 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. Hal berbeda didapatkan pada pengujian kuat tekan beton air laut dan air tawar dengan kering-basah 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. Pada beton dengan curing basah, menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih dibandingkan beton dengan curing kering-basah (daerah pasang surut) menggunakan air laut 4,09% dan kuat tekan beton air tawar mencapai 6,73% dari beton biasa.

14. Bahroni putra Aminarta, (2017) "Pengaruh Variasi Merk Semen Dengan Penambahan Superplacticizer 1,5% terhadap Kuat Tekan Beton Menggunakan Curing Air Laut" Disimpulkan bahwa berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata paling tinggi adalah pada semen holcim yaitu 23,6 Mpa, Sedangkan untuk umur 14 Hari dan 28 hari adalah semen Tiga Roda yaitu 21,8 Mpa dan 27,4 Mpa.ss.
15. Muh. Hijrawansah mappa, (2022) " Pengaruh Penambahan Zat Adiktif Dan Pemanfaatan Batu Bata Merah Sebagai Pengganti Pasir Terhadap Kuat Lentur Dan Kuat Tekan Beton Dengan Perlakuan Perendaman Air Laut dan Air Tawar" di simpulkan Dari hasil perancangan campuran beton normal f'c 20 Mpa diperoleh komposisi campura semen : 379,63 kg/m3 , batu pecah 1-2 : 998,70 kg/m3 , pasir : 671,48 kg/m3 , dan air : 225,18 kg/m3 .Kuat tekan beton normal lebih tinggi dari kuat tekan beton variasi batu bata merah 9% dan Silicafume 0% sebesar 21,2 Mpa. Semakin banyak penggunaan batu bata

merah pada campuran beton maka semakin rendah pula kuat tekannya. Hal ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya variasi silicafume dengan perendaman air laut dan air tawar nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin meningkat. Nilai kuat tekan dengan perendaman air tawar lebih tinggi diri pada air laut. Penambahan bata merah pada campuran beton mengalami kenaikan pada kuat lentur dengan perendaman air tawar dibandingkan pada perendaman air laut dan beton normal. seiring bertambahnya variasi silicafume dengan perendaman air laut dan air tawar nilai kuat lentur yang dihasilkan semakin meningkat sama halnya pada kuat tekan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Dalam konteks ini, peneltian eksperimental melibatkan pengujian langsung terhadap sampel beton di bawah kondisi yang terkontrol untuk mempelajari efek dari variabel tertentu dalam hal ini, tingkat salinitas air laut terhadap sifat-sifat beton. Melalui metode eksperimental, peneliti dapat secara sistematis mengubah satu atau lebih variabel dan mengamati dampaknya, sehingga memungkinkan penarikan kesimpulan yang valid tentang hubungan sebab akibat. Penelitian ini mencakup beberapa tahapan utama. Pertama, sampel beton dengan variasi komposisi atau campuran tertentu dibuat di laboratorium. Setelah beton mengeras dan mencapai kekuatan yang diinginkan. Sampel-sampel ini kemudian direndam dalam air laut dengan salinitas yang bervariasi. Air laut yang digunakan dalam perendaman dapat dibuat dengan mencampurkan air tawar dengan garam, atau menggunakan air laut asli dari berbagai lokasi dengan kandungaan garam yang berbeda.

B. Lokasi Waktu Penelitian

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboraturium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare.

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 2 (dua) bulan yaitu dimulai pada tanggal 25 Desember 2023 sampai dengan 25 Februari 2024. Adapun alokasi waktu untuk setiap tahapan penelitian diuraikan dalam time skedjule sebagai berikut:

Table 3. 1 Jadwal Pelaksaan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Desember				Januari				Februari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur												
2	Persiapan laboratorium												
3	Pengujian bahan dasar												
4	Pembuatan benda uji												
5	Uji kuat tekan beton												
6	Uji tarik belah beton												
7	Analisa hasil pengujian												

C. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang diguanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat Penelitian

a. Saringan

1) Saringan dengan nomor berturut-turut 4,75 mm (No. 4), 2,40 mm (No.8), 1,2 mm (No. 16), 0,60 mm (No. 30), 0,30 mm (No. 50), 0,15 mm (No. 100), No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat halus (pasir).

2) Saringan dengan nomor berturut-turut 56,25 mm (No.1 ½), 37,50 mm (No. 1), 19,05 mm (No. 3/4), 9,60 mm (No. 3/8), 4,75 mm (No. 4)

yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat kasar (kerikil)

b. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air dan berat jenis

c. Gelas ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan beton

d. Timbangan

Timbangan difungsikan untuk menimbang bahan-bahan benda uji.

e. Cetakan beton

Cetakan beton yang digunakan adalah cetakan silinder ukuran 10 mm x 300 mm

f. *Concrete mixer* / mesin pencampur

Digunakan untuk mencampur semua bahan-bahan benda uji

g. Piknometer

Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari berat jenis agregat halus.

h. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji

i. Kerucut *abrams*

Kerucut *abrams* digunakan untuk mengukur kelecakan aduka beton (nilai slump).

j. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur nilai slump

k. Batang baja

Batang baja digunakan untuk memadatkan adukan beton.

l. *Universal testing machine*

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan, kuat Tarik belah, dan modulus elastisitas benda uji beton.

m. Mesin los angeles

Mesin los angeles digunakan untuk menguji ketahanan aus agregat yang dilengkapi dengan bola-bola baja.

2. Alat penelitian salinitas air laut

a. Refraktometer

b. Salino meter

3. Bahan Penelitian

a. Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan agregat halus

b. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini semen Portland dan semen Portland pozzolan Composite Cement

c. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini air dari laboraturium struktur dan bahan universitas muhammadiyah parepare

d. Air laut

Air laut digunakan untuk perendaman beton

D. Prosedur Standar Peneltian

1. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berat jenis agregat serta tingkat penyerapan air. Jumlah berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan (Saturated Surface Dry), berat jenis semu (Apparent).

Adapun keterangan dari berat jenis yang doperiksa adalah sebagai berikut:

a. Berat jenis kering permukaan (Bulk Specific Grafity)

Berat jenis kering permukaan (Bulk Specific Grafity) yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

b. Berat Jenis Permukaan (SSD)

Berat jenis permukaan (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

c. Berat jenis semu *(Apparent Specific Grafity)*

Berat jenis semu *(Apparent Specific Grafity)* yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

d. Penyerapan

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap

berat agregat kering

Adapun prosedur percobaan adalah sebagai berikut :

a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan
b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap
c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk)
d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar
e. Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD), untuk butiran yang besar pengering harus satu persatu
f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj)
g. Letakkan benda uji dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan menentukan beratnya dalam air (Ba)
h. Ukur suhu air untuk penyusaian perhitungan ke suhu standar (25° C)

Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam menentukan berat jenis agregat:

1. Berat jenis (Bulk Specify Gravity) = $\frac{Bk}{(Bj-Ba)}$ .....(2)
2. Berat jenis SSD = $\frac{Bk}{(Bj-Ba)}$ .....(3)
3. Berat jenis semu = $\frac{Bk}{(Bk-Ba)}$ .....(4)

4. Penyerapan (Arbsorbsi) $= (Bj - Bk)\ x\ 100\ \%$.....(5)

   Dimana:

   Bk = Berat kering oven (gram)

   Bj = Berat kering permukaan jenuh (gram)

   Ba = Berat kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

2. Perkiraan Kadar Agregat

a. Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton.

Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan rapatnya tulangan baja, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10% dari nilai yang ada dalam Tabel 3.2 Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji slump, rasio air-semen atau rasio air-(semen+bahan bersifat semen), dan sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan.

Adapun table 3. Volume agregat kasar persatuan volume beton yaitu sebagai berikut:

Table 3. 2 Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton (*Sumber: SNI 7656:2012*)

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

Volume ini dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan untuk pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental (kelecakan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai *(pavement)*, nilainya dapat ditambah sekitar 10%.

Untuk menentukan berat agregat kasar yang digunakan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$W = \quad x$ .....(6)

Dimana :

W = Berat agregat kasar

V = Volume agregat kasar

SSD = Berat jenis permukaan agregat kasar

b. Perkiraan kadar agregat halus

Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat atau metoda berdasarkan volume absolut. Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari

pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 3.3 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m3 tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan.

Table 3. 3 Perkiraan Awal Berat Beton Segar (Sumber: SNI 7656:2012)

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

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

3. Metode pengukuran salinitas air laut

Penentiuan nilai salinitas air laut dapat dilakukan melalui berbagai cara, baik yang berdasarkan metode kimia maupun metode fisika. Diantaranya yang umum dilakukan adalah :

a) Metode titrasi khlor

Metode titrasi khlor merupakan metode klasik dalam pengukuran salinitas air laut. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Otto Patterson yang kemudian metode tersebut disempurnakan oleh m. Knudsen. Metode ini hingga sekarang dikenal sebagai "Metode Knudsen" (u.s. Hydrographic office 1959). Dalam metode ini ion khlor diikat oleh ion perak sehingga terbentuk garam perak yaitu perak khlorida (AgCl2) yang akan mengendap. Sebagai indikator reaksi tersebut digunakan garam khromat (K2CrO4). Jumlah ion perak yang dinyatakan dalam jumlah gram perak nitrat yang diperlukan dalam reaksi tersebut menunjukkan besarnya nilai salinitas setelah dihitung melalui rumus konversi. Perincian selengkapnya mengenai persiapan pereaksi dan pelaksanaan pengukuran dapat dibaca dalam u.s. Hydrographic office a (1959) Publication 607. Ketelitian pengukuran berdasarkan metode Knudsen adalah 0,02 ‰ (Mamayev 1975), dan metode ini sudah jarang digunakan oleh karena kurang praktis untuk dilakukan di lapangan dan besar biayanya.

b) Metode berat jenis

Berat jenis air laut tergantung pada nilai suhu dan salinitasnya. Dengan menentukan berat jenis dan suhu suatu air laut, maka nilai salinitas air laut tersebut dapat ditentukan. Alat ukur yang menggunakan metode ini

disebut Hydrometer. Ada dua jenis hydrometer yaitu "density hydrometer" yang mengukur berat jenis air laut dan nilai salinitas dihitung dari tabel alat tersebut, dan "salinity hydrometer" yang langsung menunjukkan nilai slinitas air laut yang bersangkutan. Ketelitian hydrometer hingga 0.10 ‰. Alat ini biasanya digunakan sebagai alat ukur penguji sementara dan untuk pengukuran salinitas secara kasar.

c) Metode pembiasan cahaya

Cahaya yang menembus permukaan antara dua zat yang berbeda berat jenisnya akan mengalami pembelokan arah penjalarannya. Peristiwa ini dikenal dengan nama pembiasan cahaya. Perbandingan antara sinus sudut datang dan sinus sudut bias cahaya disebut indeks bias. Indeks bias air laut merupakan fungsi dari suhu dan salinitas serta panjang gelombang cahaya. Dengan mengukur suhu dan indeks bias air laut untuk suatu panjang gelombang cahaya tertentu, nilai salinitas air laut dapat ditentukan. Alat ukur yang berdasarkan metode ini dinamakan "refraktometer". Refraktometer memerlukan contoh air laut antara beberapa tetes hingga sekitar 15 ml, tergantung pada jenis alatnya. Ketelitian alat ukur ini berkisar antara 0,5 ‰ hingga 0,05 ‰ Alat ukur ini ringkas dan sangat praktis untuk digunakan di lapangan.

d) Metode daya hantar listrik

Air laut merupakan suatu larutan elektrolit yang artinya dapat menghantarkan aliran listrik. Sifat daya hantar listrik ini bergantung

pada nilai salinitas dan suhu air laut. Hampir semua pengukuran saiinitas dewasa ini menggunakan metode daya hantar listrik. Metode ini memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode lain, antara lain pengukuran menjadi sangat praktis dengan ketelitian yang tinggi. Ketelitian alat ukur ini sangat bervariasi yaitu antara 0,1 ‰ hingga 0,003 ‰ tergantung pada tujuan pengukuran yang dilakukan. Untuk studi biologi kelautan ketelitian sebesar 0,1 ‰ umumnya sudah dianggap sudah mencukupi, tetapi untuk studi dinamika massa air diperlukan ketelitian minimal 0,01 ‰ Untuk mencapai ketelitian yang tinggi di- perlukan sistem alat ukur yang sangat peka dan hal ini berkaitan erat dengan harga alat ukur tersebut.

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan menggunakan penelitian kuantitatif dengan melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboraturium. Teknik pengumpulan data terdiri atas 3 (tiga) yaitu sebagai berikut:

1. Data Primer

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi dari semen PCC, semen PPC dan salinitas. Adapun data primer yang diperlukan dibagi 2 (dua) jenis yaitu:

a. Karakteristik bahan

Bahan yang diperlukan pada karakteristik bahan didapatkan pada pengujian sebagai berikut:

1) Karakteristik agregat halus
    a) Gradasi butiran agregat halus
    b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus
    c) Pemeriksaan berat volume agregat halus
    d) Pemeriksaan kandungan lumpur
    e) Pemeriksaan kadar air
    f) Pemeriksaan zat organic
2) Karakteristik agregat kasar
    a) Gradasi butiran agregat kasar
    b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
    c) Pemeriksaan berat volume dalam agregat kasar
    d) Pemeriksaan kandungan lumpur
    e) Pemeriksaan kadar air
    f) Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles
3) Karakteristik semen
    a) Pemeriksaan berat jenis semen
    b) Konsistensi normal semen portland
    c) Pengujian waktu mengikat awal dan mengeras semen portland

b. Karakteristik beton

Data yang diperlukan pada karakteristik beton didapatkan pada pengujian sebagai berikut:

1) kuat tekan selinder
2) Kuat tarik belah selinder

2. Data sekunder

Data sekunder sebagai pendukung merupakan gambaran pada daerah studi. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/objek. Data diperoleh dari tulisan seperti buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literature.

3. Benda uji

Campuran agregat-semen dan air sesuai dengan yang direncanakan dan dipadatkan dalam silinder cetakan tertentu. Adapun contoh gambar 3.1 benda uji yang dibuat.

Gambar 3. 1 Benda Uji

Pada pengujian karakteristik kuat tekan dan tarik belah digumnakan benda uji berupa selinder dengan ukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm seperti pada gambar 3.1.

Table 3. 4 Variasi benda uji

Variasi	Kuat Tekan Beton			Tarik Belah Beton	Jumlah
	7	**14**	**28**	28 Hari	
Normal PCC	3	3	3	3	12
Normal OPC	3	3	3	3	12
Semen portland					
Air 1	3	3	3	3	12
Air 2	3	3	3	3	12
Semen Ordinary Portland					
Air 1	3	3	3	3	12
Air 2	3	3	3	3	12
Jumlah					72

F. Teknik Analis Data

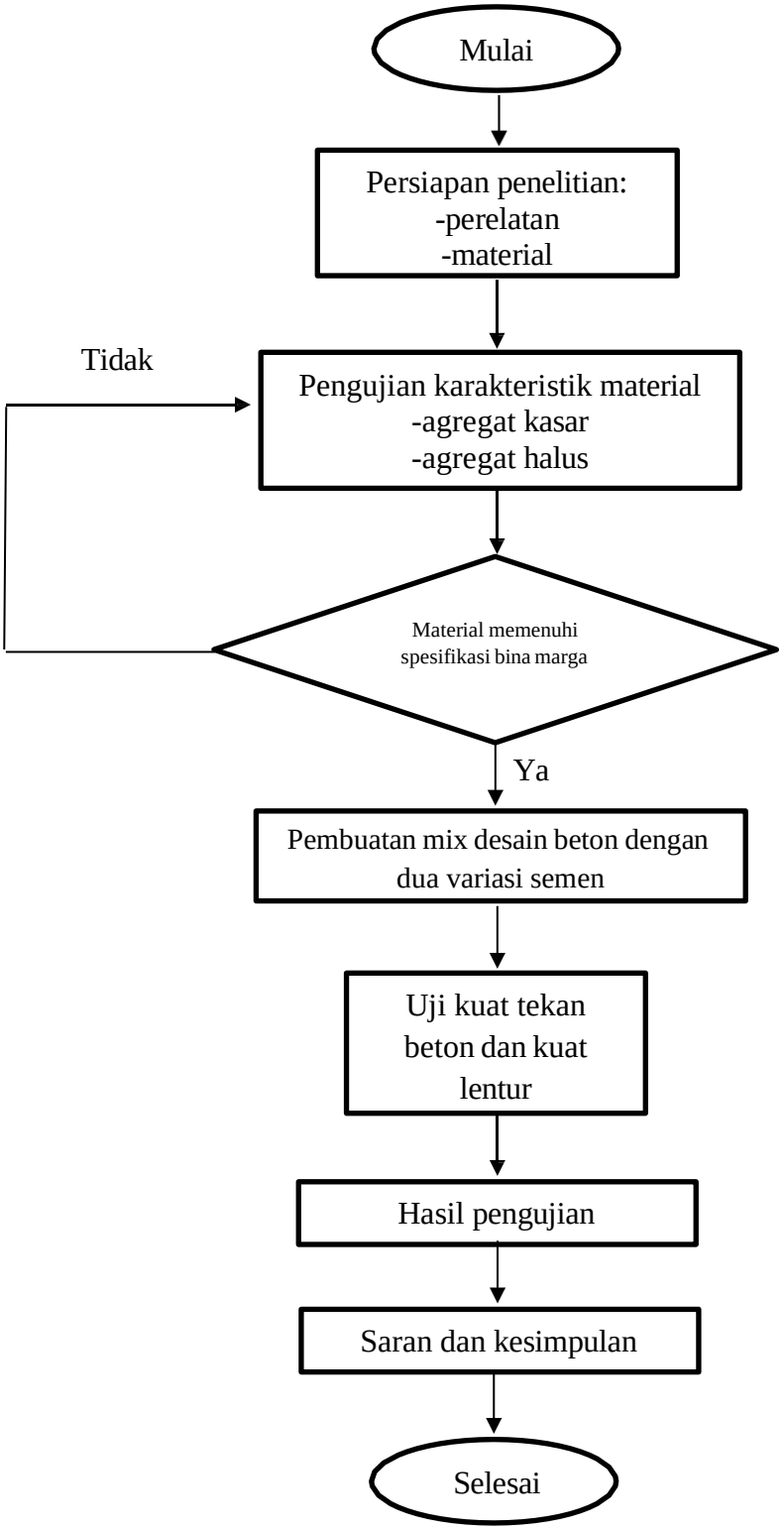
Analisis yang dilakukan dengan membandingkan hasil data dari kekuatan kompresive dari setiap variasi campuran melalui grafik, sehingga kita dapat menentukan efek yang dihasilkan di setiap grafik usia beton.

Untuk menghitung besarnya kuat tekan dipergunakan persamaan matematis, sebagai berikut:

a) Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 974-2011)

b) Pengujian kuat Tarik Beton (SNI-03-2491-2001)

G. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Bagan alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat Halus

Tabel 4. 1 Rekapitulasi pengujian agregat halus

NO	KARAKTE-RISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERA-NGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	4,4%	4,6%	4,47%	Memenuhi
2	Kadar organic	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	3,52%	4,17%	3,84%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,50	1,46	1,48	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,47	1,45	1,46	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1,56%	1,87%	1,72%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2,56	2,44	2,50	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	1,46	2,34	2,40	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,50	2,38	2,44	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3,64	2,38	2,51	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 3,10%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 5% yang

menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Kadar organik agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar organik agregat halus diatas sampel menunjukkan warna kekeruhan di angka No.1 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga dapat digunakan dalam campuran beton tanpa perlu dicuci terlebih dahulu.

c. Kadar air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat halus di atas yaitu 3,44%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00%-5,00% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat halus kondisi lepas diatas yaitu 1,52 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,65, dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,4-1,9 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,83%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval

dari 0,2%-2% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,37, berat jenis kering yaitu 2,27, dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,31, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6-3,3 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 3,22, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50-3,80 yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

2. Agregat Kasar

Tabel 4. 2 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

NO	KARAKTE-RISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERA-NGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,8%	0,59%	0,68%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	28,0%	23,0%	25,5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1,32%	1,11%	1,21%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,64	1,67	1,655	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,77	1,79	1,78	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	1,56%	5,41%	3,48%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2,46	2,57	2,51	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,37	2,25	2,31	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,41	2,38	2,39	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,74	6,55	6,64	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,45%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeless* diatas didapatkan hasil 11,7% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,94% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,88 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,85 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,32% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,58. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,56. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,57, yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 6,89 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

3. Semen

a. Semen PCC

Tabel 4. 3 Rekapitulasi hasil pengujian semen PCC

No.	Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Berat Semen	64	64	64
2	Nilai Awal (V1)	0,8	0,4	0,6
3	Nilai Akhir (V2)	21,6	21,2	21,4
4	Berat Jenis Semen	3,08	3,08	3,08

Berdasarkan spesifikasi karakteristik semen portland standard SNI, interval untuk Berat Jenis Semen yaitu berada antara 3,0 - 3,20. Jadi nilai Berat Jenis yang diperoleh dari hasil pemeriksaan yaitu Bj Semen = 3,08 Adalah Sesuai Spesifikasi SNI sehingga dapat digunakan untuk campuran beton.

b. Semen OPC

Tabel 4. 4 Rekapitulasi hasil pengujian semen OPC

No.	Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Berat Semen	64	64	64
2	Nilai Awal (V1)	0,5	0,4	0,5
3	Nilai Akhir (V2)	20,5	20,7	20,6
4	Berat Jenis Semen	3,20	3,15	3,18

Berdasarkan spesifikasi karakteristik semen portland standard SNI, interval untuk Berat Jenis Semen yaitu berada antara 3,0 - 3,20. Jadi nilai Berat Jenis yang diperoleh dari hasil pemeriksaan yaitu Bj Semen Adalah = 3,18 Sesuai Spesifikasi SNI sehingga dapat digunakan untuk campuran beton

B. Salinitas air laut

Salinitas air laut memiliki dampak signifikan terhadap beton, terutama dalam konstruksi yang berada di lingkungan laut atau dekat dengan pantai. Air laut mengandung garam-garam terlarut, seperti natrium klorida (NaCl), yang dapat menyebabkan kerusakan pada beton melalui beberapa mekanisme.

Penelitian uji salinitas air sering kali dilakukan untuk memahami distribusi salinitas di berbagai lokasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat salinitas dapat bervariasi tergantung pada titik lokasi pengambilan sampel. Misalnya, di Desa Tadang palie, Kecamatan Cempa, Kabupaten Pinrang, dan Pelabuhan parepare. Kadar salinitas air tanah bebas bervariasi berdasarkan nilai salinitas 0-28% yang diukur menggunakan salinity Refractometer. Hasil ini membantu dalam memahami bagaimana faktor lingkungan dan lokasi spesifik mempengaruhi salinitas air. Berikut adalah hasil pengujian niliai salinitas berdasarkan lokasi pengambilan sampel.

a. Desa tadang palie (Wakka)

Pengambilan sampel air laut dilakukan di lokasi tertentu dengan menggunakan koordinat yang diambil dari Google Maps. Setelah itu, sampel air laut tersebut diuji untuk mengukur tingkat salinitasnya. Pengujian ini bertujuan

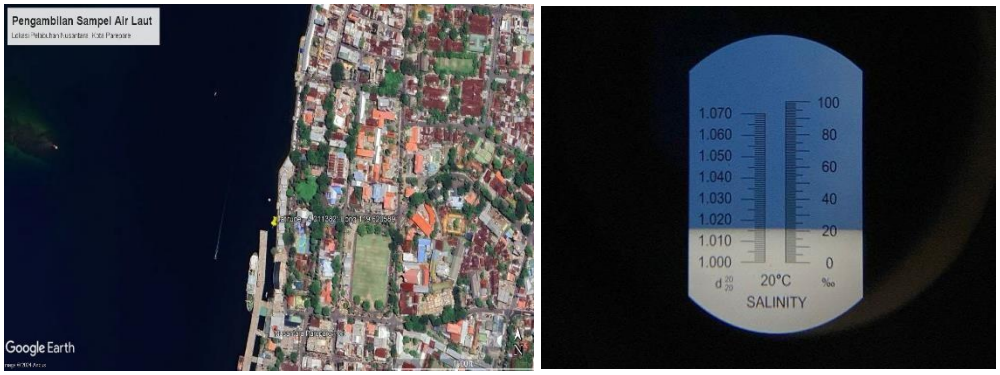
untuk memahami variasi salinitas di lokasi tersebut dan bagaimana faktor-faktor lingkungan mungkin mempengaruhinya.

Gambar 4. 1 Titik Koordinat dan Sampel Salinitas Pantai Wakka Lokasi dan nilai salinitas Air Laut Wakka Latitude-3.751663° Long 119.480739

Berdasarkan gambar di atas diketahui Nilai salinitas dengan d20/20 = 1.022 menunjukkan bahwa densitas air laut tersebut adalah 1.022 pada suhu 20°C. Persentase 28% mengindikasikan bahwa air tersebut memiliki kandungan garam yang cukup tinggi.

b. Pelabuhan Parepare

Pengambilan sampel air laut dilakukan di lokasi tertentu dengan menggunakan koordinat yang diambil dari Google Maps. Setelah itu, sampel air laut tersebut diuji untuk mengukur tingkat salinitasnya. Pengujian ini bertujuan untuk memahami variasi salinitas di lokasi tersebut dan bagaimana faktor-faktor lingkungan mungkin mempengaruhinya.



Gambar 4. 2 Titik Koordinat dan Sampel Salinitas Pelabuhan Parepare

Lokasi dan nilai salinitas Air Laut Pelabuhan Parepare latitude -4.011382° long 119.620589°

Berdasarkan gambar di atas diketahui Nilai salinitas dengan d20/20 = 1.021 menunjukkan bahwa densitas air laut tersebut adalah 1.021 pada suhu 20°C. Persentase 21% mengindikasikan bahwa air tersebut memiliki kandungan garam yang standar.

Berdasarkan data hasil uji salinitas air laut di Desa Tadang Palie memiliki densitas 1.022 dengan kandungan garam 28%, sedangkan air laut di Pelabuhan Parepare memiliki densitas 1.021 dengan kandungan garam 21%.

Kesimpulannya, air laut di Desa Tadang Palie memiliki kandungan garam yang lebih tinggi dibandingkan dengan air laut di Pelabuhan Parepare. Untuk perendaman beton, air dengan kandungan garam yang lebih tinggi (seperti di Desa Tadang Palie) dapat menyebabkan korosi pada beton lebih cepat dibandingkan dengan air yang memiliki kandungan garam standar (seperti di Pelabuhan Parepare). Oleh karena itu, air laut di Pelabuhan Parepare lebih disarankan untuk digunakan dalam perendaman beton karena kandungan garamnya yang lebih rendah.

C. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton dihitung menggunakan metode SNI 7656:2012 dengan hasil data sebagai berikut :

Diketahui data material:

Mutu beton	= 25 Mpa
Slump	= 75 – 100 mm
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1.773
Berat jenis semen tanpa tambahan udara	= 3.08
Modulus kehalusan agregat halus	= 2.51
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2.44
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2.39
Penyerapan air agregat halus	= 1.72%
Penyerapan air agregat kasar	= 3.48%
Kadar Air agregat halus	= 3.84%
Kadar Air agregat kasar	= 1.21%
Vol semen OPC	= 3.18

Perhitungan

Kuat desar rencana:

Fc’ = 25 Mpa

$= \frac{25}{0,83} x10$

$= 301,205$ Kg/cm^2

1. Margin

Hitung kuat tekan rata-rata beton, dengan kuat tekan rata-rata yang disyaratkan dan nilai margin tergantung dari tingkat pengawasan mutu.

Nilai margin (m) ditetapkan dengan menggunakan rumus:

Margin = 1,64 × Sd

Tabel 4. 5 Tabel nilai deviasi (kg/cm^2) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan (*Sumber: SNI 03-2834-2000*)

Volume pekerjaan		**Mutu pelaksanaan**		
Klasifikasi	**m^3**	**Baik sekali**	**Baik**	**Cukup**
Kecil	<.1000	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 65	65 < s ≤ 85
Sedang	1000-3000	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 75
Besar	>3000	25 < s ≤ 35	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 65

Standar deviasi (Sd) = 60

Margin = 1,64 × Sd

= 1,64 x 60

= 98,4 Kg/cm^2

2. Kuat beton rencana (fcr)

fcr = $fc' + m$ =fc^'+m

= $fc' + (1{,}64 \times Sd)$

= $301{,}205 + (1{,}64 \times 60)$

= 399,60 Kg/cm^2

fcr = $\frac{fcr}{g}$ x 0,83

= $\frac{399{,}60}{10}$ x 0,83

= 33,17 Mpa

3. Volume air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton

Adapun tabel volume air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton

Tabel 4. 6 Volume air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton untuk berbagai nilai *slump* dan ukuran agregat maksimum (*Sumber: SNI 7656:2012*).

Air (kg/m³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm†*	75 mm†‡	150 mm†‡
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut : ringan (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5**††	1,0**††
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5**††	3,0**††
berat ‡‡ (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5**††	4,0**††

Bila ditabel tidak ditemukan data maka dilakukan perhitungan interpolasi berdasarkan ukuran agregat maksimum dan nilai *slump* dengan ukuran agregat maksimum yaitu 20 yang berada diantara 19-25 mm

Rumus interpolasi:

$$x = x1 + \frac{(y-y1)}{y2-y1}(x2 - x1)$$

a. Kebutuhan air

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 193 Y1 = 25

X2 = 205 Y2 = 19

b. Kadar udara

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 1,5% Y1 = 25

X2 = 2% Y2 = 19

Air			Udara	
25	193	Dari tabel	25	1,5%
20	?		20	?
19	205	Dari tabel	19	2%
x=	203	Kg	x =	1,9%

$$x\ (air) = 193 + \frac{(20-25)}{19-25}(205-193)$$

$$= 203 \text{ Kg}$$

$$x\ (udara) = 1{,}5\% + \frac{(20-25)}{19-25}(2\%-1{,}5\%)$$

$$= 1{,}9\ \%$$

4. Penentuan faktor air semen (FAS)

Tabel 4. 7 Faktor air semen (ltr/kg semen) untuk berbagai jenis konstruksi dan keadaan cuaca (*Sumber: SNI 7656:2012*).

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

Diketahui:

X = ? Y = 33,17

X1 = 0,47 Y1 = 35

X2 = 0,54 Y2 = 30

FAS	
35	0,47
33,17	?
30	0,54
x=	0,496

$$x\ (FAS) = 0{,}47 + \frac{(33{,}17, -40)}{30 - 35}(0{,}54 - 0{,}47)$$

$$= 0{,}496 \quad \text{Kg}$$

5. Berat semen tiap 1 m3 beton

W air = 203 Kg

W semen $= \frac{W\ air}{FAS} = \frac{203}{0{,}420} = 409{,}56$ kg/m^3

$= \frac{w\ Semen}{1000} = \frac{482{,}88}{1000} = 0{,}4096$ ton

Vol. semen $= \frac{W\ semen\ (ton)}{Berat\ jenis\ semen} = \frac{0.4096}{3{,}08} = 0{,}133$ m^3

6. Berat kerikil tiap 1 m^3 beton

Tabel 4. 8 Volume agregat tiap satuan volume adukan beton (Sumber: SNI 7656:2012).

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

a. Kerikil A

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 0,62 Y1 = 19

X2 = 0,67 Y2 = 25

b. Kerikil B

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 0,60 Y1 = 19

X2 = 0,65 Y2 = 25

c. Kerikil A dan B

Diketahui:

X = ? Y = 3,22

X1 = 0,608 Y1 = 3,00

X2 = 0,620 Y2 = 2,80

A		**B**		**A dan B**	
19	0,62	19	0,60	3,00	0,608
20	?	20	?	2,51	?
25	0,67	25	0,65	2,80	0,620
x=	0.628	x=	0,608	x=	0,637

$$x\ (kerikil\ A) = 0{,}62 + \frac{(20-19)}{25-19}(0{,}67 - 0{,}62)$$

$$= 0{,}628 \quad \text{Kg}$$

$$x\ (kerikil\ B) = 0{,}60 + \frac{(20-19)}{25-19}(0{,}65 - 0{,}60)$$

$$= 0{,}608 \quad \text{Kg}$$

$$x\ (kerikil\ AB) = 0{,}608 + \frac{(2{,}51-3{,}0)}{2{,}80-3{,}0}(0{,}620 - 0{,}608)$$

$$= 0{,}637 \quad \text{Kg}$$

Berat kering oven (SSD) = 1,773

W Kerikil = Volume × SSD

= 0,637 × 1,773 = 1,129 ton

= W Kerikil × 1000

= 1,129 × 1000 = 1129 kg

V Kerikil $= \frac{Berat\ kerikil}{Berat\ jenis\ kerikil} = \frac{1,129}{2,39} = 0,472\ m^3$

7. Berat absolute pasir 1 m^3 beton

Vol. Air = 203 kg

$= \frac{Berat\ Air}{BJ.\ Air}$

$= \frac{203\ kg}{1000\ kg/m^3} = 0,203\ m^3$

Vol. padat semen = 409,56 kg

$= \frac{Berat\ semen}{BJ\ Semen \times 1000}$

$= \frac{482,88}{3,08 \times 1000} = 0,133\ m^3$

Vol. absolute Ag. Kasar = 1129 kg

$= \frac{Berat\ Ag.kasar}{BJ\ Ag.kasar \times 1000}$

$= \frac{1129}{2,39 \times 1000} = 0,472\ m^3$

Vol. udara terperangkap = 1,9%

= 1 m^3 × 1,9% = 0,019 m^3

Jumlah Vol. padat selain Ag. Halus

Vtot = Vol. air + vol. semen + vol. ag. Kasar + vol. udara

= 0,203 + 0,133 + 0,472 + 0,019

= 0,827 m^3

Vol. Ag. Halus

= 1 – Vol.total

= 1 – 0,851

= 0,173 m^3

Berat Ag halus kering

= Vol. Ag. Halus × (BJ Ag. Halus × 1000)

= 0,173 × (2,44 × 1000)

= 421,6 kg

8. Perkiraan berat pasir tiap 1 m^3 beton

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

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 2380 Y1 = 25

X2 = 2345 Y2 = 19

Berat Beton 1 m^3	
25	2380
20	?
19	2345
x=	2350

$$x\ (beton) = 2380 + \frac{(20-25)}{19-25}(2345-2380)$$

$$= 2350 \quad \text{Kg}$$

Berdasarkan data diatas maka perkiraan berat beton adalah 2350

Sehingga :

Air (Berat bersih)	=	203	
Semen	=	409,56	
Agregat kasar	=	1129	+
Jumlah	=	1742	
Maka berat Ag. Halus adalah	=	2350 – 1742	
	=	608	kg

9. Koreksi terhadap kadar air

Catatan : Pengujian kadar air terhadap material dilakukan sebelum hendak melakukan proses pencampuran untuk pengujian kadar air bisa dilihat pada SNI 03-1971-1990

Kadar air didapat :

Ag. Kasar = 1.21%

Ag. Halus = 3.84%

Sehingga berat (massa) penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

Ag. Kasar (Basah) = Ag. Kasar (Basah) × Kadar Air Ag. Kasar

= 1129 × 1,21%

= 13,716 kg

Ag. Halus (Basah) = Ag. Halus (Basah) × Kadar Air Ag. Halus

= 608 × 3,84%

= 23,376 kg

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan. Maka :

Air yang diberikan Ag. Kasar = Penyerapan air Ag. Kasar × Ag. Kasar (Basah)

= 1,72% x 1129

= 19,414

Air yang diberikan Ag. Halus = Penyerapan air Ag. Halus × Ag. Halus (Basah)

= 3,48% x 608

= 21,183

Dengan demikian kebutuhan air yang ditambahkan adalah sebagai berikut

$Air_{koreksi}$ = Air – Tot. berat massa + Tot. penyerapan air

= 203.0 – 37,1 + 40,597

= 206,51 kg

Maka perkiraan 1 m^3 beton adalah sebagai berikut

Air koreksi = 206,51 kg

Semen = $\frac{Air}{FAS}$ = $\frac{206,51}{0,496}$ = 416,63 kg

Ag. Kasar = Berat ag. kasar + berat kadar air ag. kasar – berat penyerapan ag. Kasar

= 1129 + 13,716 – 19,414

= 1123,51 kg

Ag. Halus = Berat ag. halus + berat kadar air ag. halus – berat penyerapan ag. halus

= 608 + 23,376 – 21,183

= 610,43 kg

Jumlah = Air +semen + ag. Kasar + ag. Halus

= 206,77 + 416,63 + 1123,51 + 610,43

= 2357,07 kg

10. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m^3 beton

	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)	**Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)**	**Berdasarkan volume absolute (kg)**
Air (berat bersih)	206.5	203.0	203.0
Semen	416.6	409.6	409.6
Ag. Kasar (kering)	1123.5	1129.2	1129.2
Ag. Halus (kering)	610.4	608.2	421.6

Perbandingan berat = W semen : W pasir : W kerikil : W air

1	1,03	2.76	0.50

11. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

kebutuhan beton 1 silinder

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

Volume 1 silinder = $\frac{1}{4}\pi d^2 h$

$= \frac{1}{4} 3{,}14 \times 0{,}15^2 \times 0{,}30$

= 0.0053014 m^3

Volume total silinder = Vo1ume 1 silinder × Jumlah beton silinder

= 0,0053014 m^3 × 12

= 0,06361725 m^3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %

Volume tambahan = vol. 12 silinder x 15%

=0,06361725 m^3 x 15%

= 0,00954259 m^3

Vol. total = Vol. total silinder + Vol. Tambahan

= 0,06361725 m^3 + 0,00954259 m^3

= 0,07315984 m^3

Kebutuhan bahan untuk 12 silinder beton

	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)		**Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)**		**Berdasarkan volume absolute (kg)**	
W semen	30.48	kg	29.96	kg	29.96	kg
W pasir	44.66	Kg	44.50	kg	30.85	kg
W kerikil	82.20	Kg	82.61	kg	82.61	kg
W air	15.11	Kg	14.85	kg	14.85	kg

12. Kebutuhan semen PCC dan semen OPC perbenda uji:

a. kebutuhan beton 1 silinder

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

Volume 1 silinder = $\frac{1}{4}\pi d^2 h$

= $\frac{1}{4} 3{,}14 \times 0{,}15^2 \times 0{,}30$

= 0.0053014 m^3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %

Volume tambahan = vol. 1 silinder x 15%

=0, 0053014 m^3 x 15%

= 0,00079522 m^3

Vol. total = Vol. total silinder + Vol. Tambahan

= 0,0053014 m^3 + 0,00079522 m^3

= 0,00609665 m^3

Kebutuhan bahan untuk beton normal

	Kebutuhan persatu kubik beton		**Kebutuhan persatu selinder beton**		**Kebutuhan 11 selinder**	
W semen	409.56	kg	2.72	kg	29.96	kg
W pasir	608.24	kg	4.05	kg	44.50	kg
W kerikil	1129.2	kg	7.51	kg	82.61	kg
W air	203.00	kg	1.35	kg	14.85	kg

b. Untuk variasi semen OPC

Volume semen OPC = vol. semen x Bj. Semen OPC

= 0,157 m^3 x 3,176 m^3

= 497,985 m^3

Kebutuhan bahan untuk variasi beton OPC

	Kebutuhan		**Kebutuhan**		**Kebutuhan 11**	
W semen opc	422.37	kg	2.81	kg	30.90	Kg
W pasir	421.62	kg	2.80	kg	30.85	Kg
W kerikil	1129.2	kg	7.51	kg	82.61	Kg
W air	203.00	kg	1.35	kg	14.85	Kg

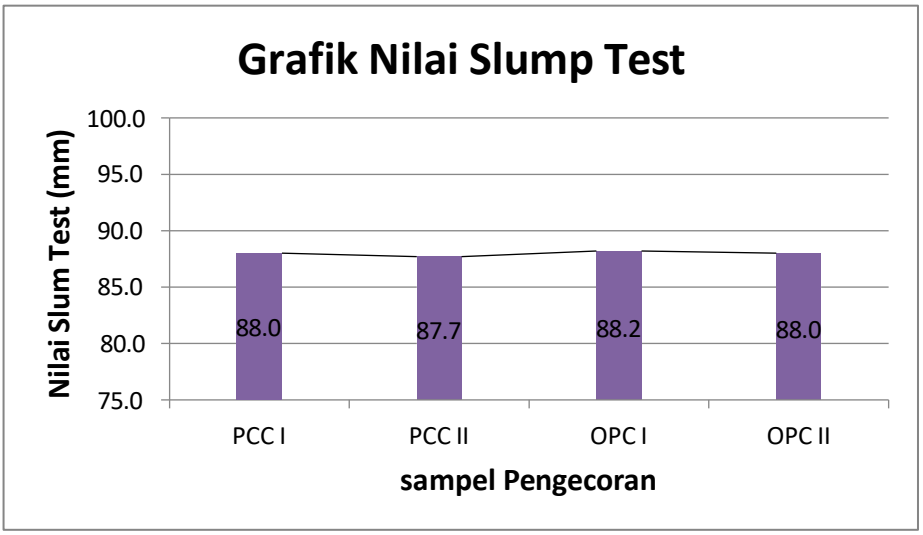
D. Nilai Slump

Pengujian nilai *Slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams*, dengan membasahi kerucut *abrams* terlebih dahulu kemudian menempatkannya ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut *abrams* dan ditusuk sebanyak 25 kali dan penusukan dilakukan hingga mencapai bagian bawah dari setiap lapisan setelah pengisian kerucut selesai bagian atasnya diratakan. Dalam waktu sekitar 30 detik kerucut diangkat lurus vertikal secara perlahan, kemudian tentukan nilai *slump* dengan cara mengukur tinggi campuran selisih dengan tinggi kerucut.

Tabel 4. 9 Hasil pengujian nilai *Slump test* (*Sumber: Hasil olah laboratorium 2023*)

No	Campuran beton	Waktu campur (menit)	*Slump* rencana (mm)	*Slump* rata-rata lapangan (mm)
1	Campuran pcc I	± 10	75 – 100	88,0
2	Campuran pcc II			87,7
3	Campuran opc I			88,2
4	Campuran opc II			88,0

Berdasarkan tabel 4.7 diatas memberikan penjelasan tentang nilai *Slump test* dari setiap pencampuran. Dimana pada keempat campuran beton, nilai *Slump test* yang memenuhi *slump* rencana.



Gambar 4. 3 Perbandingan nilai *slump* pada setiap variasi pencampuran

Dari gambar 4.1 tampak bahwa nialai *slump test* pada proses pencampuran memenuhi kriteria standar slump test, hal ini dikarenakan agregat penyusun beton memiliki tekstur permukaan yang tidak berongga dan karakteristik yang sesuai standar sehingga pada saat dilakukan pencampuran, rongga pada material saling mengisi dan saling mengikat sehingga nilai *slump* atau workabiliy campuran beton dikatakan baik.

E. Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7, 14, dan 28 hari dengan sebanyak 72 sampel yang terdiri dari 6 variasi beton yaitu beton PCC perendaman air tawar, beton PCC perendaman air laut salinitas I, beton PCC perendaman air laut salinitas II, beton OPC perendaman air tawar, beton OPC perendaman air laut salinitas I, beton OPC perendaman air laut salinitas II. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 3 sampel per setiap umur hari beton untuk uji kuat tekan silinder serta dibuat 3 sampel pervariasi beton untuk uji Tarik belah dengan ukuran benda uji 150 x 300 mm. Sebelum melakukan pengujian beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang terdiri dari beton PCC perendaman air tawar, beton PCC perendaman air laut salinitas I, beton PCC perendaman air laut salinitas II, beton OPC perendaman air laut salinitas I, beton OPC perendaman air laut salinitas II dengan 3 hari perawatan yaitu sebagai berikut :

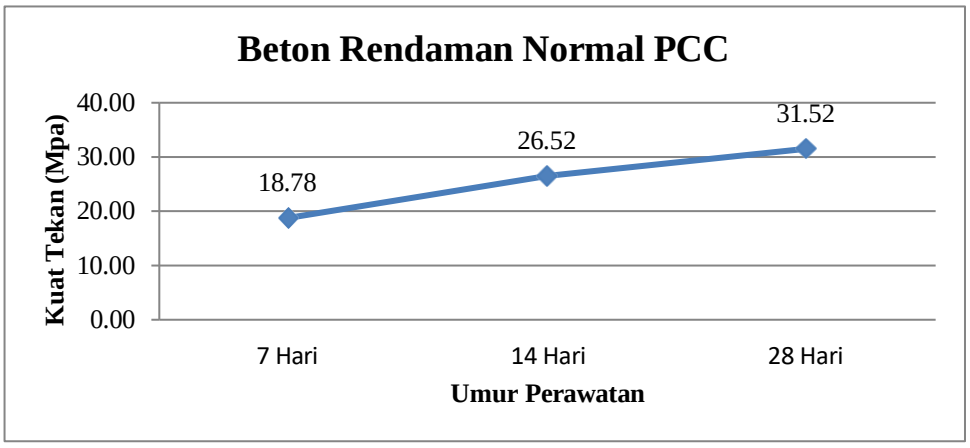
1. Beton PCC perendaman air tawar

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Rekap Hasil Kuat Tekan Beton PCC Perendaman Air Tawar

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,978	331	18,78
2	14 Hari	12,088	468	26,52
3	28 Hari	12,217	556	31,52

Pada pengujian sampel uji beton PCC perendaman air tawar dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 18,78 MPa untuk umur 7 hari, 26,52 MPa untuk umur 14 hari, dan 31,52 MPa. Pada beton umur 14 dan 28 hari telah memenuhi kuat tekan yang di rencanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Grafik pengujian kuat tekan beton normal PCC

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton PCC perendaman air tawar mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 7,74 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 5 Mpa.

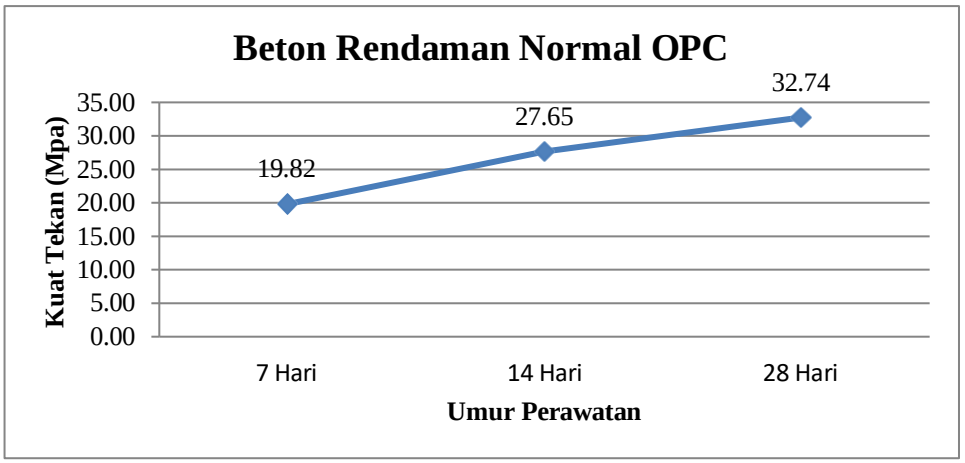
2. Beton OPC perendaman air tawar

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton OPC perendaman air tawar yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Rekap Hasil Kuat Tekan Beton OPC Perendaman Air Tawar

No.	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan f'c
1	7 Hari	12,195	350	19,82
2	14 Hari	12,187	488	27,65
3	28 Hari	12,267	578	32,74

Pada pengujian sampel uji beton OPC perendaman air tawar dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 19,82 MPa untuk umur 7 hari, 27,65 MPa untuk umur 14 hari, dan 32,74 MPa untuk umur 28 hari. Pada beton umur 14 dan 28 hari telah memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik pengujian kuat tekan beton normal OPC

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton OPC perendaman air tawar mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 7,83 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 5,09 Mpa.

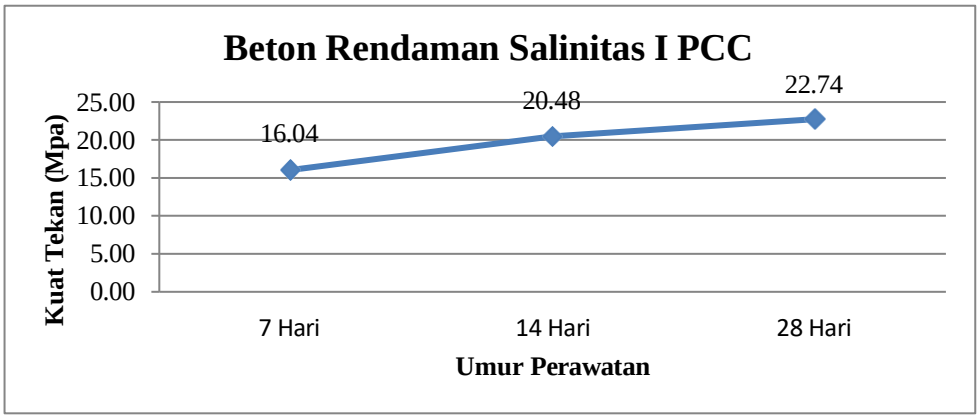
3. Beton PCC perendaman air laut salinitas I

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata beton PCC perendaman air laut salinitas I yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Rekap Hasil Kuat Tekan Beton PCC Perendaman Air Laut Salinitas I

No.	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan f'c
1	7 Hari	11,897	283	16,04
2	14 Hari	12,013	361	20,48
3	28 Hari	12,070	401	22,74

Pada pengujian sampel uji beton PCC perendaman air laut salinitas I dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 16,04 MPa untuk umur 7 hari, 20,48 MPa untuk umur 14 hari dan 22,74 MPa untuk umur 28 hari. Pada ketiga variasi waktu beton mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sehingga tidak memenuhi kuat tekan yang direncakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Grafik pengujian kuat tekan beton salinitas I PCC

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton PCC perendaman air laut salinitas I mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,44 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 2,26 Mpa.

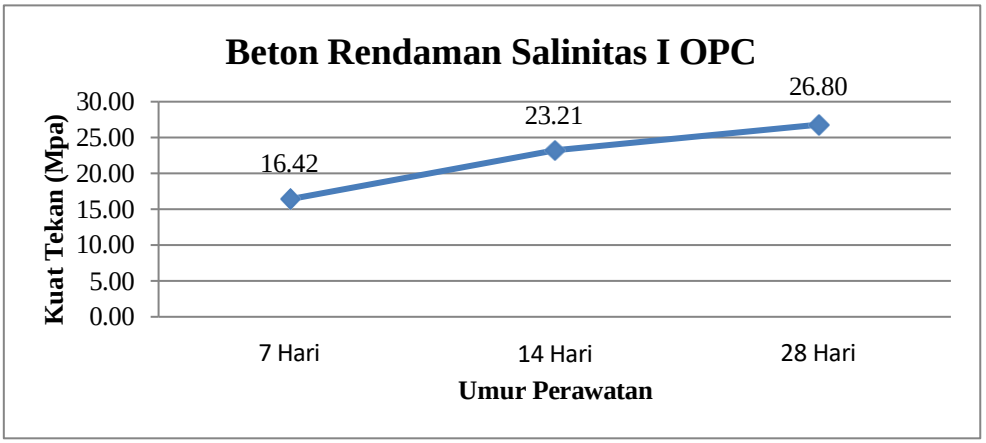
4. Beton OPC perendaman air laut salinitas I

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton OPC perendaman air laut salinitas I yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Tabel Rekap Hasil Kuat Tekan OPC Perendaman Air Laut Salinitas I

No.	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan f'c
1	7 Hari	12.280	290	16,42
2	14 Hari	12.123	410	23,21
3	28 Hari	12,115	473	26,80

Pada pengujian sampel uji beton OPC perendaman air laut salinitas I dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 16,42 MPa untuk umur 7 hari, 23,21 MPa untuk umur 14 hari, dan 26,80 MPa untuk umur 28 hari. Pada beton umur 28 hari telah memenuhi kuat tekan yang direncakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik pengujian kuat tekan beton salinitas I OPC

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton OPC perendaman air laut salinitas I mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 6,79Mpa atau sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 3,59 Mpa.

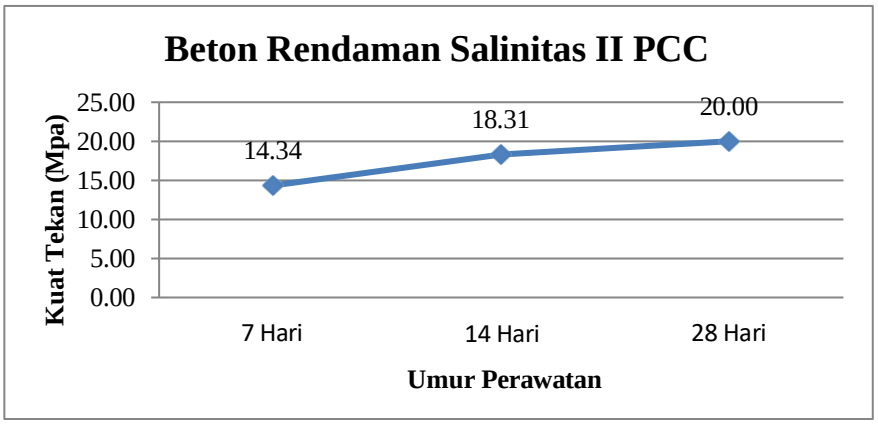
5. Beton PCC perendaman air laut salinitas II

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton PCC perendaman air laut salinitas II yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Tabel Rekap Hasil Kuat Tekan PCC Perendaman Air Laut Salinitas II

No.	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan f'c
1	7 Hari	12,335	253	14,34
2	14 Hari	12.283	323	18,31
3	28 Hari	12,365	353	20,00

Pada pengujian sampel uji dengan beton PCC perendaman air laut salinitas II dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 14,34 MPa untuk umur 7 hari, 18,31 MPa untuk umur 14 hari, dan 20,00 MPa untuk umur 28 hari. Pada ketiga variasi waktu beton mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sehingga tidak memenuhi kuat tekan yang direncakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 8 Grafik pengujian kuat tekan beton salinitas II PCC

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton PCC perendaman air laut salinitas II mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3,97 Mpa atau sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 1,69 Mpa.

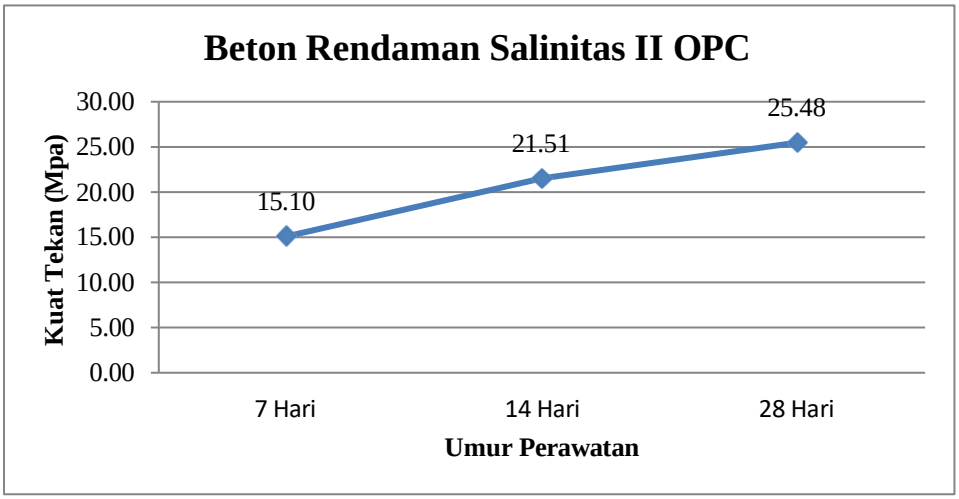
6. Beton OPC perendaman air laut salinitas II

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton OPC perendaman air laut salinitas II yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Tabel Rekap Hasil Kuat Tekan OPC Perendaman Air Laut Salinitas II

No.	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan f'c
1	7 Hari	12.362	266	15,10
2	14 Hari	12.350	380	21,51
3	28 Hari	12,388	450	25,48

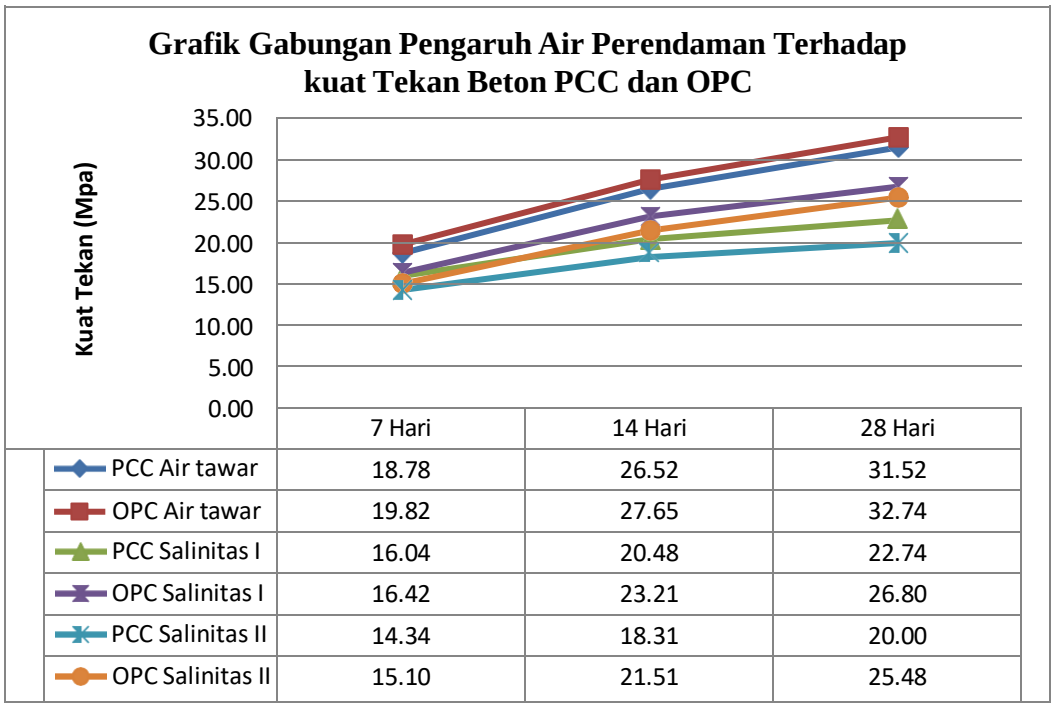
Pada pengujian sampel uji dengan beton OPC perendaman air laut salinitas II dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 15,10 MPa untuk umur 7 hari, 21,51 MPa untuk umur 14 hari, dan 25,48 MPa untuk umur 28 hari. Pada umur beton 28 hari telah memenuhi kuat tekan yang direncakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 9 Grafik pengujian kuat tekan beton salinitas II OPC

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton OPC perendaman air laut salinitas II mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 6,41 Mpa atau sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 3,97 Mpa.

Berikut adalah grafik gabungan penggunaan serbuk batu gamping dan serat steel fiber:



	7 Hari	14 Hari	28 Hari
PCC Air tawar	18.78	26.52	31.52
OPC Air tawar	19.82	27.65	32.74
PCC Salinitas I	16.04	20.48	22.74
OPC Salinitas I	16.42	23.21	26.80
PCC Salinitas II	14.34	18.31	20.00
OPC Salinitas II	15.10	21.51	25.48

Gambar 4. 10 Grafik gabungan pengaruh air perendaman terhadap kuat tekan beton PCC dan OPC

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton OPC air tawar memiliki nilai kuat tekan paling tinggi di antara beberapa jenis variasi beton. Pada beton umur 7 hari nilai kuat tekan beton OPC air tawar yaitu 19,82 Mpa, kemudian beton PCC air tawar yaitu 18,78 Mpa, setelah itu beton OPC salinitas I yaitu 16,42 Mpa, beton PCC salinitas I yaitu 16,04 Mpa, dan beton OPC salinitas II yaitu 15,10 Mpa, serta beton PCC salinitas II yaitu 14,34 Mpa.

Pada beton umur 14 hari mengalami peningkatan kuat tekan dari beton OPC air tawar sebesar 7,83 Mpa, pada beton PCC air tawar sebesar 7,74 Mpa, pada beton OPC salinitas I sebesar 6,79 Mpa, pada beton PCC salinitas I sebesar 4,44 Mpa, pada beton OPC salinitas II sebesar 6,41 Mpa, dan pada beton PCC salinitas II sebesar 3,97 Mpa.

Pada beton umur 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan dari beton OPC air tawar sebesar 5,09 Mpa, pada beton PCC air tawar sebesar 5 Mpa, pada beton OPC salinitas I sebesar 3,59 Mpa, pada beton PCC salinitas I sebesar 2,26 Mpa, pada beton OPC salinitas II sebesar 3,17 Mpa, dan pada beton PCC salinitas II sebesar 1,69 Mpa.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa perendaman menggunakan air laut salinitas I dan salinitas II pada beton PCC dan OPC dapat menurunkan kuat tekan beton dari kuat tekan beton rencana atau beton normal. Hal ini disebabkan karena sifat air laut yang mengandung sejumlah besar garam, terutama natrium klorida serta mengandung berbagai ion lain seperti sulfat, magnesium, dan kalsium. Ion-ion ini dapat bereaksi dengan komponen beton, menyebabkan degradasi kimia dan penurunan kekuatan beton.

Perendaman Salinitas I, pada beton PCC dan OPC mengalami penurun kuat tekan beton dari beton rencana sebesar 8,78 Mpa dan 5,94 Mpa. Hal ini disebabkan karena perendaman salinitas I yang memiliki nilai salinitas 21.5 ‰.

Perendaman Salinitas II, pada beton PCC dan OPC mengalami penurun kuat tekan beton dari beton rencana sebesar 11,52 Mpa dan 7,26 Mpa. Hal ini disebabkan karena perendaman salinitas II yang memiliki nilai salinitas 29 ‰.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai Salinitas pada air laut mempengaruhi kuat tekan beton, yaitu semakin tinggi nilai salinitas pada air perendaman dapat mengurangi mutu beton tersebut.

F. Kuat Tarik Belah Beton

Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik belah terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 18 buah sampel. Yang terdiri dari 6 variasi beton yaitu beton PCC perendaman air tawar, beton PCC perendaman air laut salinitas I, beton PCC perendaman air laut salinitas II, beton OPC perendaman air tawar, beton OPC perendaman air laut salinitas I, beton OPC perendaman air laut salinitas II. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tarik belah beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 28 hari terhadap beton beton PCC perendaman air tawar, beton PCC perendaman air laut salinitas I, beton PCC perendaman air laut salinitas II, beton OPC perendaman air tawar, beton OPC perendaman air laut salinitas I, beton OPC perendaman air laut salinitas II. adalah sebagai berikut:

1. Beton PCC perendaman air tawar

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal perendaman air tawar dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton PCC perendaman air tawar

No.	Umur	Berat	Beban	L	D	Kuat Tekan f'c
1	28	12.040	185	300	150	8.222
2	28	12.010	180	300	150	8.000
3	28	11.995	180	300	150	8.000

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton PCC perendaman air tawar didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 8,074 Mpa. Berdasarkan sumber nilai kuat tarik belah berkisar antara 9-15%. Sehingga nilai pengujian kuat tarik belah sudah sesuai dengan nilai kuat tarik belah teoritis.

Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji, tidak mengalami segregasi (penyebaran tidak merata agregat pada beton) karena agregat pada benda uji tersebar merata dalam campuran, dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 4. 11 Gambar tarik belah beton PCC perendaman air tawar

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{24}{40} \times 100$$

$$= 60\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{16}{40} \times 100$$

$$= 40\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 60% : 40 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton kurang merata.

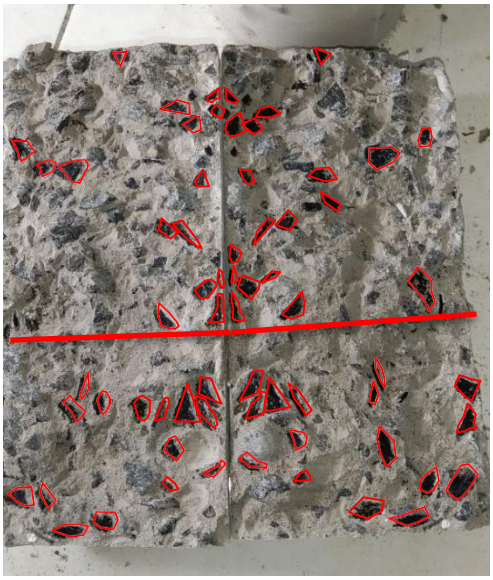
2. Beton OPC perendaman air tawar

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton OPC perendaman air tawar dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton OPC perendaman air tawar

No.	Umur	Berat	Beban	L	D	Kuat Tekan f'c
1	28	12.265	195	300	150	8.667
2	28	12.325	200	300	150	8.889
3	28	12.210	200	300	150	8.889

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton OPC perendaman air tawar didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 8,815 Mpa.



Gambar 4. 12 Gambar tarik belah beton OPC perendaman air tawar

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{36}{67} \times 100$$

$$= 53{,}73\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{31}{67} \times 100$$

$$= 46{,}26\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 53,73% : 46,26 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

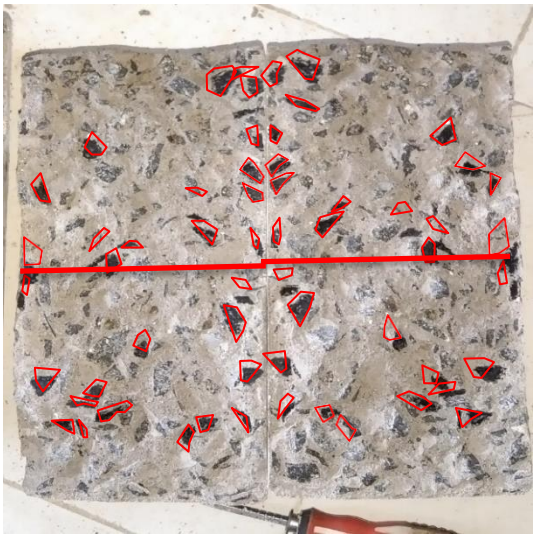
3. Beton PCC perendaman air laut salinitas I

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton Beton PCC perendaman salinitas I dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah Beton PCC perendaman salinitas I

No.	Umur	Berat	Beban	L	D	Kuat Tekan f'c
1	28	11.985	115	300	150	5.111
2	28	11.860	115	300	150	5.111
3	28	12.185	120	300	150	5.333

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton Beton PCC perendaman salinitas I didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 5,185 Mpa.



Gambar 4. 13 Gambar tarik belah Beton PCC perendaman salinitas I

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{29}{55} \times 100$$

$$= 52{,}72\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{26}{55} \times 100$$

$$= 47{,}27\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 52,72% : 47,27 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

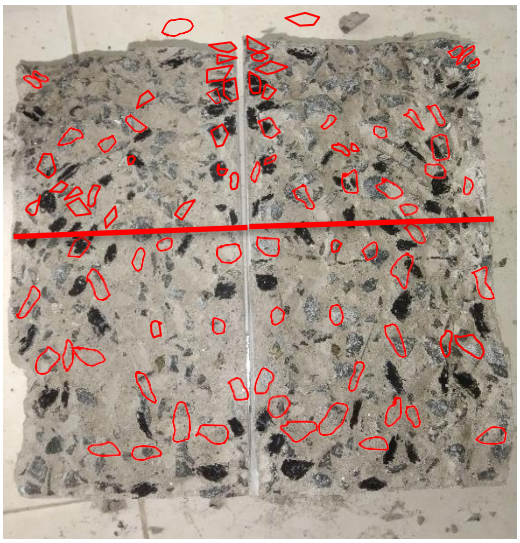
4. Beton OPC perendaman air laut salinitas I

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton OPC perendaman air laut salinitas I dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 19 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah OPC perendaman air laut salinitas I

No.	Umur	Berat	Beban	L	D	Kuat Tekan f'c
1	28	12.220	150	300	150	6.667
2	28	12.125	145	300	150	6.444
3	28	12.170	145	300	150	6.444

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton OPC perendaman air laut salinitas I didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 6,556 Mpa.



Gambar 4. 14 Gambar tarik belah beton OPC perendaman air laut salinitas I

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{46}{81} \times 100$$

$$= 56{,}79\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{35}{81} \times 100$$

$$= 43{,}20\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 56,79% : 43,20 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton cukup merata.

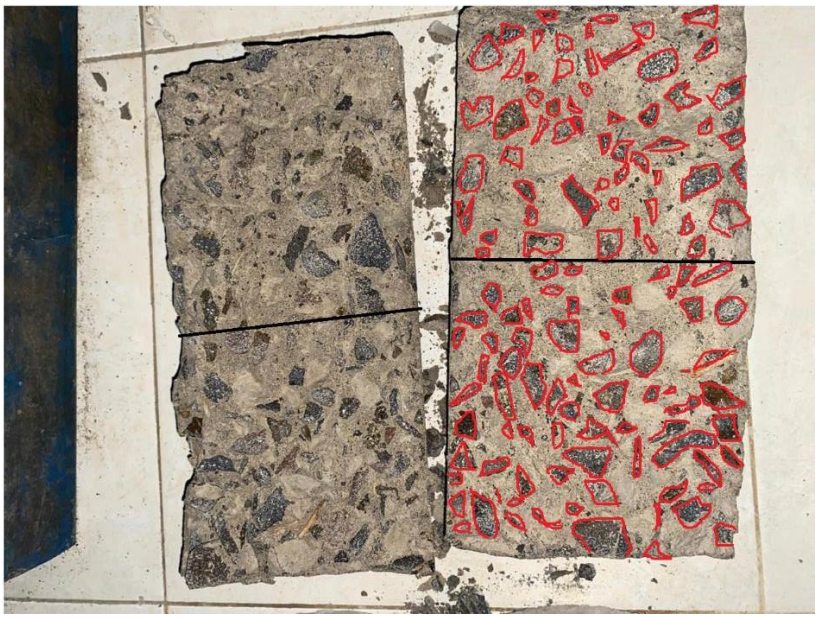
5. Beton PCC perendaman air laut salinitas II

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton PCC perendaman air laut salinitas II dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 20 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah PCC perendaman air laut salinitas II

No.	Umur	Berat	Beban	L	D	Kuat Tekan f'c
1	28	12.040	85	300	150	3.778
2	28	12.100	85	300	150	3.778
3	28	12.125	90	300	150	4.000

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton PCC perendaman air laut salinitas II didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 3,778 Mpa.



Gambar 4. 15 Gambar tarik belah beton PCC perendaman air laut salinitas II

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

c. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{66}{128} \times 100$$

$$= 51{,}56\ \%$$

d. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{62}{128} \times 100$$

$$= 48{,}43\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 51,56% : 48,43 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

6. Beton OPC perendaman air laut salinitas II

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton OPC perendaman air laut salinitas II dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 21 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah OPC perendaman air laut salinitas II

No.	Umur	Berat	Beban	L	D	Kuat Tekan f'c
1	28	12.315	130	300	150	5.778
2	28	12.225	125	300	150	5.556
3	28	12.270	125	300	150	5.556

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton OPC perendaman air laut salinitas II didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 5,667 MPa.

Gambar 4. 16 Gambar tarik belah beton OPC perendaman air laut salinitas II

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

e. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{58}{120} \times 100$$

$$= 48{,}33\ \%$$

f. Sebaran agregat bagian bawah

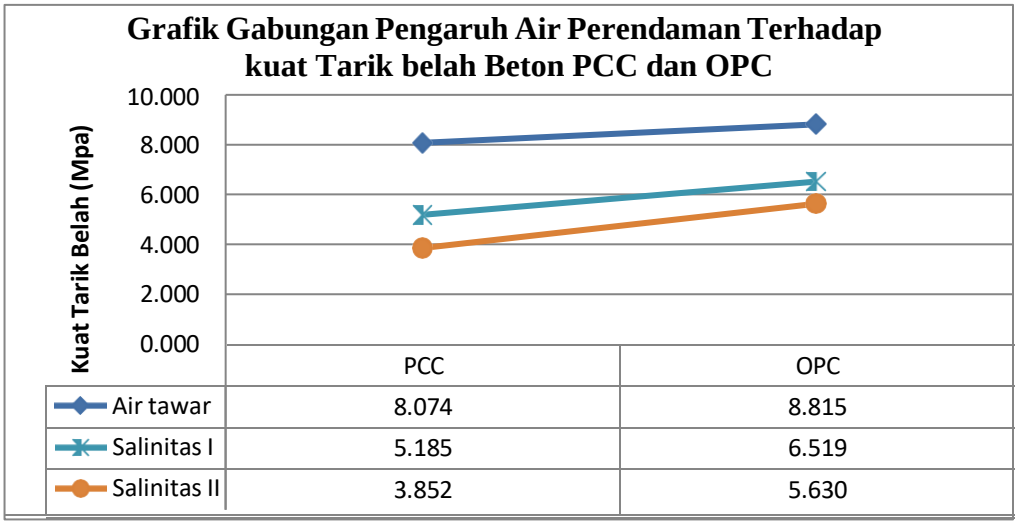
$$\%\ \text{Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{62}{120} \times 100$$

$$= 51{,}66\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 48,33 % : 51,66 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

Berikut adalah grafik pengaruh variasi air perendaman beton terhadap kuat tarik belah beton:



Gambar 4. 17 Pengaruh Perendaman Salinitas Terhadap Kuat Tarik Belah

Grafik ini membandingkan kuat tarik belah dari dua jenis beton Portland Cement Concrete (PCC) dan Ordinary Portland Cement (OPC), ketika terendam dalam dua kondisi air berbeda air tawar dan salinitas.

Pada kondisi terendam air tawar semen PCC Memiliki kuat tarik belah awal sekitar 8.074 Mpa dan semen OPC Memiliki kuat tarik belah awal sekitar 8.815 MPa.sedangkan pada kondisi terendam air salinitas I semen PCC memiliki Kuat tarik belah menurun menjadi sekitar 5.185 MPa. Dan semen OPC memilik Kuat tarik belah menurun menjadi sekitar 6.519 MPa. Pada kondisi terendam air salinitas II semen PCC memiliki Kuat tarik belah lebih rendah lagi, sekitar 3.852 MPa. Dan semen OPC memiliki Kuat tarik belah lebih rendah lagi, sekitar 5.630 Mpa

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa pada beton perendaman air laut salinitas I mengalami penurunan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 2,889 Mpa untuk beton PCC dan 2,259 Mpa untuk beton OPC pada beton perendaman air laut salinitas II, penurunan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 4,296 Mpa untuk beton PCC dan 3,148 Mpa untuk beton OPC.

Grafik ini menunjukkan bahwa air tawar memiliki pengaruh positif pada kuat tarik belah beton, sedangkan salinitas (kandungan garam) menyebabkan penurunan kuat tarik belah. Selain itu, OPC umumnya memiliki kuat tarik belah awal yang lebih tinggi daripada PCC.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan komposisi semen yang berbeda yaitu semen PCC dan semen OPC memiliki nilai uji kuat tekan dan Tarik belah beton yang berbeda di antaranya umur 7 hari semen PCC 18,78 MPa berbanding dengan semen OPC 7 hari 19,82 MPa dan di umur 14 hari semen PCC 26,52 MPa berbanding dengan semen OPC umur 14 hari 27,65 MPa dan diumur 28 hari semen PCC 31,52 MPa berbanding dengan semen OPC 28 hari 32,74 MPa. Serta perbandingan Tarik belah beton 28 hari pada semen PCC yaitu 8,074 MPa berbanding dengan semen OPC 8,815 MPa.
2. Perendaman Salinitas I, pada beton PCC dan OPC mengalami penurun kuat tekan beton dari beton rencana sebesar 8,78 Mpa dan 5,94 Mpa. Hal ini disebabkan karena perendaman salinitas I yang memiliki nilai salinitas 21.5 ‰. Perendaman Salinitas II, pada beton PCC dan OPC mengalami penurun kuat tekan beton dari beton rencana sebesar 11,52 Mpa dan 7,26 Mpa. Hal ini disebabkan karena perendaman salinitas II yang memiliki nilai salinitas 29 ‰. Pada pengujian kuat Tarik belah beton perendaman air laut salinitas I mengalami penurunan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 2,889 Mpa untuk beton PCC dan 2,259 Mpa untuk beton OPC pada beton perendaman air

laut salinitas II, penurunan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 4,296 Mpa untuk beton PCC dan 3,148 Mpa untuk beton OPC.

B. Saran

Berikut adalah beberapa saran yang dapat dipertimbangkan terkait dengan penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton PCC dan OPC akibat perendaman dalam air laut dengan salinitas tinggi:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan komposisi campuran beton yang lebih tahan terhadap kondisi salinitas tinggi.
2. Menggunakan bahan tambah yang dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan sulfat dan klorida yang terkandung dalam air laut.
3. Menerapkan metode curing yang tepat untuk meminimalkan penyerapan air dan garam ke dalam beton, seperti menggunakan membran curing atau metode steam curing.
4. Memperkuat desain campuran beton dengan menambahkan fly ash atau slag yang dapat membantu dalam mengurangi permeabilitas beton.
5. Mempertimbangkan penggunaan beton bertulang dengan serat atau menggunakan bahan pelapis yang tahan terhadap korosi untuk melindungi struktur baja dalam beton.
6. Melakukan pengujian rutin pada sampel beton yang terpapar salinitas untuk memantau perubahan sifat mekanik dan durabilitasnya secara berkala.
7. Menerapkan teknologi beton mutakhir seperti High-Performance Concrete (HPC) atau Ultra-High Performance Concrete (UHPC) yang memiliki ketahanan lebih baik terhadap lingkungan agresif.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, S. B. (2018). Investigasi Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampuran Dan Perawatan Terhadap Sifat Beton. *Jurnal penelitian* 5 (1)

Amalia maufida, (2018). *Pengaruh penggunaan abu sekam padi dan abu ampas tebu sebagai subtitusi semen terhadap kuat tekan beton dengan perlakuan perendaman air tawar dan air laut*. Laporan penelitian ini dipublikasikan. Universitas jember.

Author tauhid dkk, (2023). *Pengaruh rendaman air laut dan penggunaan mortar air laut pada dinding terhadap kuat tekan dan lentur*. Laporan penelitian ini dipublikasikan. Universitas islam Indonesia.

Adi wijaya ali dkk, pada tahun (2018). Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampur Dan Air Perawatan Pada Karakteristik Pasta Semen dan Portal. *Jurnal penelitian* 5(1)

Badan Standar Nasional. (2000) Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standar Nasional. (2002) Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton. SNI 03-2491-2002. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standar Nasional. (2011) Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Banda Uji Silinder. SNI 1974:2011. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standardisasi Nasional. (2012) Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. SNI 7656:2012. Jakarta: Departemen pekerjaan umum

Febrian gilang dkk (2019). *Pengaruh kuat tekan beton sulfat dan chloride yang direndam dalam air laut*. Laporan penelitian dipublikasikan, Universitas bosowa Makassar.

Firyanto, (2018). *Pengaruh kuat tekan mortar campuran silica fume sebagai subtitusi semen (K-300) dengan air laut sebagai rendaman.* Laporan penelitian dipublikasikan. Universitas 17 agustus 1945 surabaya.

Fajar abdul sidiq (2021). Meninjau Kekuatan Beton Pada Lingkungan Air Laut Pameungpeuk Kabupaten Garut. *Jurnal konstruksi* 19(1):43-51

Lusman sulaiman, suppa dkk (2020). Ketahanan beton agregat recyle terhadap lama perendaman air laut. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan - CENTECH* 1(2):66-74

Mochammad Qomaruddin dkk. (2019). Studi pengaruh air laut pada mortar beton normal dan mortar beton dengan *fly ash*. *Jurnal Teknik Sipil* 14(3):153-160

Muh. Mappa dkk (2022). *Bata marah sebagai pengganti pasir terhadap kuat lentur dan kuat tekan beton dengan perlakuan perendaman air laut dan air tawar*. Laporan Penelitian dipublikasikan. Universitas Bosowa

Morgan lamotokana setiady, (2022). Studi eksperimental permodelan variasi paparan air laut teluk ambon terhadap kuat tekan beton. *Garda Rujukan Digital* Vol 15(1).

Maria Magdalena dkk, (2023). Pengaruh waktu perendaman air laur terhadap kuat tekan beton menggunakan semen kupang dengan bahan tambah fly ash. *Jurnal Forum Teknik Sipil* 3(1):19-23

Muhammad fuji hanafi dkk, (2019). Perbandingan kuat tekan dinding tanpa pelasteran dengan plesteran trassram akibat pengaruh perendaman air tawar, air payau dan air asin. *Journal of The Civil Engineering Student* No.2(2)

Muh. Hijrawansah mappa, (2022). *Pengaruh Penambahan Zat Adiktif Dan Pemanfaatan Batu Bata Merah Sebagai Pengganti Pasir Terhadap Kuat Lentur Dan Kuat Tekan Beton Dengan Perlakuan Perendaman Air Laut dan Air Tawar*. Laporan Penelitian dipublikasikan. Universitas Bosowa

Pujianto, dkk. (2019). Kuat Tekan Beton dan Nilai Penyerapan dengan Variasi Perawatan Perendaman Air Laut dan Air Sungai. *Semesta Teknika* Vol.22 No.2, 112-122

Riyanto, S., & Suliyanto. (2017). Pengaruh penambahan silica fume dalam campuran beton terhadap kuat tekan pada kondisi direndam air tawar dan air laut. *PROKONS Jurusan Teknik Sipil* 6(2):169

Slamet budi mulyono (2015). Studi pengaruh penggunaan air payau dalam mix design beton untuk pembuatan konstruksi dermaga akibat rendaman air laut. *Jurnal Konstruksia* Vol.7 No.1

Subagio, (2020). *Pengaruh paparan air laut terhadap karakteristik beton dengan penambahan soda api*, Laporan Penelitian dipublikasikan. Universitas Islam Riau, Pekan Baru.

Wedhanto, S. (2017). Pengaruh air laut terhadap kekuatan tekan beton yang terbuat dari berbagai merk semen yang ada di kota malang. *Jurnal Bangunan* Vol.22 No.2

Zara zavira, (2012). Pengaruh tebal selimut dan lama perendaman balok beton bertulang dalam air laut terhadap kuat lentur. *Jurnal Civitas Akademik.*