

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/380605580>

STUDI EKSPERIMENTAL PERMODELAN VARIASI PAPARAN AIR LAUT TELUK AMBON TERHADAP KEKUATAN TEKAN BETON (Experimental Study of Ambon Bay Sea Water Exposure Variation to Concrete Compres...

Thesis · January 2022

DOI: 10.13140/RG.2.2.35841.26728

CITATIONS

0

READS

9

2 authors, including:



Valent C Junior

UNSW Sydney

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

SEE PROFILE

STUDI EKSPERIMENTAL PERMODELAN VARIASI PAPARAN AIR LAUT

TELUK AMBON TERHADAP KEKUATAN TEKAN BETON

Morgan L Setiady, S.T.,M.T. , Valent Christopher Junior S.T.

Abstrak

Infrastruktur beton di pesisir Teluk Ambon rentan terhadap pengurangan kekuatan tekan yang diakibatkan oleh serangan sulfat dari air laut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbedaan nilai kuat tekan beton bentuk silinder pada umur 28 hari dengan memodelkan variasi paparan air laut menggunakan beton paparan basah seterusnya, beton paparan basah-kering dan beton paparan atmosferik pantai. Semua tipe beton setelah dicetak diberikan perawatan *curing* basah selama 3 hari sebelum diberikan perlakuan paparan air laut pada hari ke-4 sampai hari ke-27. Hasil pengujian kuat tekan mengikuti SNI 03-1974-2011 menemukan bahwa kekuatan tekan beton normal adalah 18,29 Mpa, beton paparan atmosferik adalah 19,9 Mpa, beton paparan basah-kering adalah 24,89 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 atmosferik sebesar 1,61 Mpa atau 8,8%, dan beton paparan basah seterusnya sebesar 0,29 Mpa atau 1,58%.

Kata kunci : *Paparan air laut, Kuat tekan beton.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki infrastruktur dan domisili penduduk sepanjang 95.181 km wilayah pesisir pantai. Bangunan pada wilayah pantai tersebut rawan terhadap paparan air laut yang mengurangi kekuatan dan keamanan struktural beton sehingga memerlukan perawatan setiap beberapa waktu. Berbagai bagian bangunan mengalami paparan air laut yang berbeda tergantung lokasinya, dimana kondisi paparan beton yang terletak dibawah permukaan air berbeda dengan beton yang menerima uap angin laut atau hempasan ombak yang mengalami siklus basah-kering, sehingga perlu diteliti dampak berbagai variasi paparan dan besar nilai pengaruhnya terhadap beton. Pengurangan kekuatan tersebut juga berbeda tergantung pada tingkat keasinan laut, sehingga perlu diketahui secara khusus seberapa besar dampak variasi paparan air laut teluk Ambon terhadap kekuatan tekan beton.

Standar bangunan beton di Indonesia (SNI-2847-2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung) membagi klasifikasi serangan sulfat menurut persentase konsentrasi sulfat dalam air laut tanpa memperhitungkan durasi dan metode paparan. Standar Indonesia tersebut berbeda dengan standar Eropa (EN 206-1:2013+A1:2016) dan Australia (AS 3600-2018) yang menganggap bahwa durasi dan metode paparan sulfat terhadap beton mempengaruhi dampak sulfat air laut terhadap kualitas beton. Sehingga sekarang terjadi perbedaan titik fokus hubungan air laut dengan beton, dimana berbagai penelitian lokal di Indonesia tentang beton terpapar air laut hanya meneliti tentang beton yang selalu basah air laut, walaupun berbagai standar lain menyatakan bahwa beton terpapar uap angin laut atmosferik pantai dan beton di wilayah ombak yang mengalami siklus basah-kering lebih rentan terhadap serangan sulfat.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian sebelumnya, dapat disimpulkan permasalahan yang akan diteliti sebagai berikut:

Berapa nilai kuat tekan beton dengan permodelan variasi paparan air laut Teluk Ambon.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Beton

Beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat. Dalam pengertian umum beton berarti campuran bahan bangunan berupa pasir dan kerikil atau koral kemudian diikat semen bercampur air. Sifat beton dapat berubah mengikuti sifat semen, agregat, air dan persentase komposisinya. Secara umum kekuatan beton maksimal dapat dicapai setelah 1 bulan atau 28 hari jika direndam (*curing*) dalam air dengan temperatur yang sesuai. (Mulyono, 2004 dalam karya ilmiah Relly A. Suat, 2020)

Agregat dapat dipakai sebagai material penyusun beton jika memenuhi berbagai kriteria sebagai berikut.

Tabel 2.1. Syarat agregat dalam rancangan beton

No	Karakteristik	Persyaratan		Standar Acuan
		Agregat Kasar	Agregat Halus	
1	Analisa Saringan Zona Gradasi	Zona 1,2,3,4	Ukuran maksimum 40, 20, 10mm	SKSNI T-15-1990-3 SII 0052-80 BS 812:1975 PB-0203-36 ASTM C29 ASTM C33
2	Modulus Kehalusan	1,5 - 3,8%	6,0 - 7,1%	
3	Berat Jenis	2,4 - 2,9 g/cm ³	2,4 - 2,9 g/cm ³	
4	Berat Volume	1,2 - 1,75 g/cm ³	1,2 - 1,75 g/cm ³	
5	Penyerapan Air	< 5%	< 5%	
3	Kadar Air	< 5%	< 3%	
4	Kadar Lumpur	< 5%	< 5%	

Sumber: Mulyono, Teknologi Beton (2004)

Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan kelolosan saringan (ASTM C136 2012). Agregat kasar dan halus akan digoyang menggunakan mesin atau manual untuk mengetahui persentase agregat yang berhasil lolos melewati setiap ayakan. Analisa saringan mengelompokkan agregat ke dalam zona gradasi

Tabel.2.2 Ukuran Ayakan

Ayakan Saringan no,	Diameter lubang (mm)
1 1/2"	(38,1mm)
3/4"	(19,1mm)
3/8"	(9,52mm)
4	(4,75mm)
8	(2,36mm)
16	(1,18mm)
30	(0,6mm)
50	(0,3mm)
100	(0,15mm)
200	(0,074mm)

Sumber: ASTM C136 2012

Syamsuddin (2011) menjelaskan bahwa beton yang baru dicetak perlahan-lahan akan mencapai kemampuan rencananya dalam waktu sekitar 1 bulan, dalam durasi tersebut perawatan *curing* perlu dilakukan terhadap beton untuk mencapai hasil maksimal. Kecepatan beton mencapai kekuatan tekan rencananya tergantung pada material yang dipakai. Diisyaratkan air yang dipakai dalam proses perawatan harus bersih dan bebas dari minyak, asam, alkali, garam, zat organik zat/ bahan yang merusak mortar, atau semua logam (Anonim (2012) SNI-7656-2012).

2.2 Pengujian Slump Beton

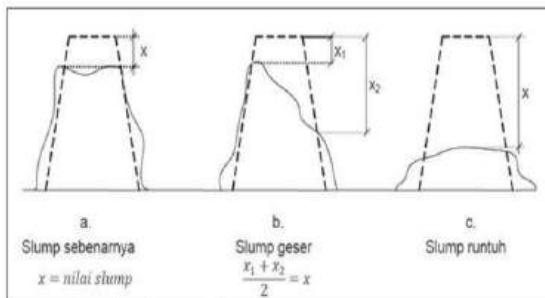
(SNI 03-1972-2008) Nilai *slump* adalah nilai yang diperoleh dari hasil uji *slump* dengan cara beton segar diisikan ke dalam suatu corong baja berupa kerucut terpancung, kemudian bejana ditarik keatas sehingga beton segar meleleh kebawah. Besarnya penurunan permukaan beton segar diukur dan disebut nilai *slump* makin besar nilai *slump* maka beton segar makin encer dan ini berarti semakin mudah untuk dikerjakan. Penetapan nilai *slump* dilakukan dengan mempertimbangkan faktor – faktor berikut :

- Cara pengangkutan
- Cara penuangan adukan beton
- Cara pemadatan beton segar
- Jenis struktur yang dibuat

Faktor kelecekan/*workability* beton dapat dilihat terkait dengan nilai *slump* .*Slump* adalah nilai jatuhnya beton,diukur dari permukaan atas *cast* kerucut terpancung. Berdasarkan PBI 1971 N.I.-2 : Pengukuran slump berdasar peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

- Kerucut Abrahams dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 mm dengan tinggi kerucut 30 cm.
- Batang besi penusuk dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm
- Alas dengan betuk datar dan tidak menyerap air.

Prosedur pengukuran slump dilakukan dengan memindahkan beton segar dari molen dimasukkan kedalam kerucut dalam tiga bagian, setiap sepertiga kerucut diisi diberi tusukan sebanyak 25 kali dengan batang besi



Gambar 2.1. Bentuk keruntuhan slump beton
Sumber : PBI 1971 N1-2

2.3 Pengujian Kekuatan Tekan Beton

(SNI 1974-2011) Percobaan ini bertujuan untuk menentukan kekuatan tekan beton berbentuk silinder. Beton tersebut akan diletakan pada mesin UTM dan diberikan beban tekanan sampai hancur. Kekuatan tekan beton adalah beban yang diberikan saat hancur dibagi dengan satuan luas penampang beton. Untuk pengujian kuat tekan beton silinder satuan kekuatannya adalah Pascal (kilo Newton /m²)

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P}{A}$$

Dimana :

A = Luas Penampang benda uji (m²)

P = Beban maksimum (kN) yang diberikan saat beton hancur

Beton silinder memiliki penampang berbentuk lingkaran dengan diameter 15cm. Maka luas penampangnya adalah :

$$\begin{aligned} A &= \text{Jari-jari} \times \text{Jari-jari} \times \pi \\ &= 0,075 \text{ m} \times 0,075 \text{ m} \times 3,1415 \\ &= 0,0176 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sebagai contoh apabila mesin *Universal Testing Machine* berhenti pada nilai beban 420kN, maka nilai kuat tekannya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan} &= 420 \text{ kN} / 0,0176 \text{ m}^2 \\ &= 23863,6363 \text{ Pascal} \\ &= 23,8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Rata-rata, beton mencapai kekuatan tekan karakteristik rencananya pada umur 28 hari.

2.4 Sifat Beton Yang Terpapar Dengan Air Laut

Sonny Wedhanto (2017) dalam penelitiannya menyatakan bahwa pengaruh air laut terhadap beton terutama disebabkan oleh serangan Magnesium Sulfat (4MgSO), yang diperburuk dengan adanya kandungan ion klorida dalam air laut yang akan bereaksi dan memperburuk kualitas beton. Serangan sulfat oleh air laut mengakibatkan beton tampak menjadi keputih-putihan; selain itu beton akan mengembang, retak, dan lapuh. Akhirnya pada bagian beton yang terserang oleh sulfat akan menjadi lunak membentuk lapisan seperti lumpur. Masuknya air laut kedalam beton akan mengganggu ikatan antar material dan menyebabkan beton lapuk perlahan-lahan.

Reaksi dari air laut dan semen Portland dapat diamati dengan terbentuknya senyawa

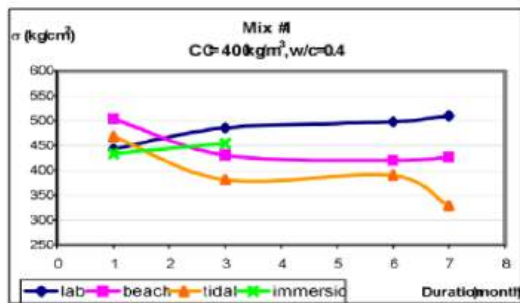
Ettringite (Ca₆Al₂(SO₄)₃(OH)₁₂·26H₂O), gypsum, dan *brucite* (Mg(OH)₂) yang menempati 20% dari besar volume kristal pori-pori beton, sehingga kristal tersebut akan menimbulkan tegangan di dalam beton, yang kemudian mengakibatkan timbulnya retak-retak di permukaan beton, dan dikenal sebagai serangan sulfat yang lunak, biasanya retakan itu berasal dari bentukan meraknya *ettringite*. (Sonny Wedhanto, 2017)

Ion clorida sebagai penyebab reaksi yang menurunkan kekuatan beton dapat menyerang dengan berbagai bentuk kimia yang berbeda, tetapi umumnya serangan tersebut berasal dari hasil reaksi kimia yang bersifat ekspansif (mengembang) dari sejenis garam, yang bernama garam friedls (*Calcium Cloroaluminate*), dalam rumus kimia garam friedls ditulis sebagai (3CaO. Al₂O₃.CaCl₂. 10H₂O). Garam ini mempunyai kemampuan mengembang yang berbahaya terhadap beton. Garam friedls terbentuk dari rembesan larutan *Calcium Clorida* air laut yang masuk ke dalam beton sebagai akibat penyerapan air oleh beton.

Cole dan Hueber (1957) seperti direferensikan oleh Casey Jones (2020) meneliti tentang terbentuknya gumpalan putih di permukaan beton yang diduga sebagai reaksi Kalsium Silika Hidrat dalam kandungan semen Portland dengan *brucite*.

Gumpalan putih tersebut didapati memiliki komposisi mendekati $4\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 8.5\text{H}_2\text{O}$.

Zaher Kuhail dan Samir Shihada (2003) meneliti tentang kekuatan tekan beton dengan berbagai paparan air laut Gaza. Hasil penelitian menemukan bahwa setelah diberikan paparan beberapa bulan kekuatan tekan terbaik ada pada beton normal, diikuti oleh beton tenggelam seterusnya (*immersion*), beton lingkungan pantai kering yang diperik air laut (*beach*), dan beton basah kering yang mengalami hempasan ombak (*tidal*).

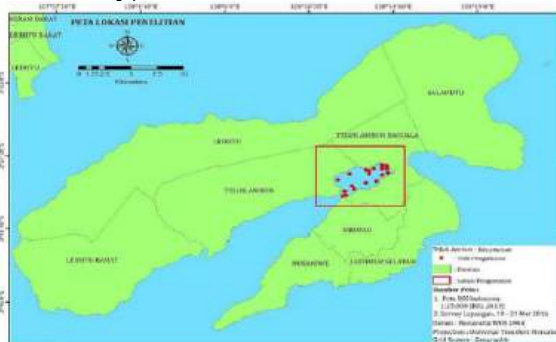


Gambar 2.2. Grafik kuat tekan beton variasi paparan di laut Gaza

Sumber: Effect of Gaza Seawater on Concrete Strength for Different Exposures. 2003

2.5 Karakteristik Air Laut Teluk Ambon

Wisnu Arya Gemilang, dkk (2017) pada penelitiannya membahas tentang karakteristik air Teluk Ambon yang berada pada posisi $128^{\circ}70' - 129^{\circ}45' \text{ BT}$ dan $3^{\circ}37' - 3^{\circ}45' \text{ LS}$ dan terdiri atas dua bagian, yaitu Teluk Ambon Bagian Luar (*Outer Ambon Bay*) dan Teluk Ambon Bagian Dalam (*Inner Ambon Bay*).

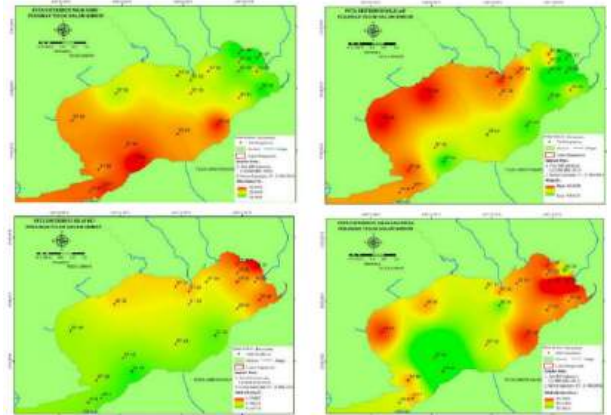


Gambar 2.7. Peta lokasi sampel penelitian Wisnu, dkk di Teluk Ambon Dalam

Sumber: Kualitas Perairan Teluk Ambon Dalam Berdasarkan Parameter Fisika Dan Kimia Pada Musim Peralihan I, 2017

Hasil pengukuran pH berkisar antara 7,91 – 8,16 dengan rata-rata pH 8,07. Hasil pengukuran kadar oksigen terlarut (*Dissolve Oxygen*) berkisar antara 4,3 – 4,59 mg/L

dengan rata-rata kadar oksigen terlarut 4,45 mg/L. Hasil pengukuran suhu berkisar antara $29.4 - 30.5^{\circ}\text{C}$. Hasil pengukuran keasinan berkisar antara 33,3 – 34.2‰ dengan rata-rata 33,78‰.



Gambar 2.8. Peta sebaran pH, suhu, DO dan keasinan Teluk Ambon Dalam

Sumber: Kualitas perairan teluk ambon dalam berdasarkan parameter fisika dan kimia pada musim peralihan I. 2017

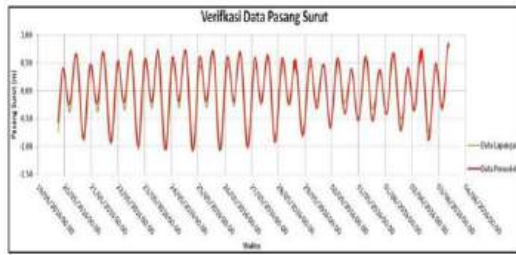
Relly A. Suat (2020) juga menyelidiki tentang persentase keasinan air Teluk Ambon pada wilayah pantai Rumah Tiga di lab kimia Universitas Pattimura.

Tabel 2.3 Hasil uji Salinitas air Teluk Ambon Pantai Rumah Tiga

No	Berat Sampel	MI T. A NO ₃	Kadar NaCl
1	20,1646	94,95	2,6783
2	20,2211	96,35	2,7102
Rata-rata Kadar NaCl			2,69425 %

Sumber: Relly A. Suat. Studi Eksperimental Variasi Curing Terhadap Uji Kuat Tekan Beton Air Laut, 2020

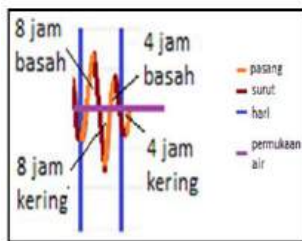
Koko Ondara, et al (2017) dalam penelitiannya tentang karakteristik hidrodinamika Teluk Ambon mengambil data primer berupa data batimetri, pasang surut, kecepatan angin serta kecepatan dan arah arus. Pengukuran pasang surut menggunakan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Data pasang surut yang diperoleh dari pengukuran langsung pada tanggal 19 Mei sampai dengan 3 Juni 2016 diolah sehingga mendapatkan pasang surut maksimum dan minimum menggunakan pemodelan MIKE21 dengan modul *Tidal Prediction of Heights*.



Sumber: Koko Ondara, et al, Karakteristik Hidrodinamika Di Perairan Teluk Ambon untuk mendukung Wisata Selam, 2017

Gambar 2.3. Grafik ketinggian pasang surut Teluk Ambon

Tipe pasang surut di perairan Teluk Ambon adalah campuran condong harian ganda / *mixed tide prevailing semidiurnal tide* (dalam 1 hari ada 2 kali pasang surut dengan periode dan ketinggian berbeda) dengan nilai $F=0.602$. Dilihat bahwa pasang-surut yang pendek memiliki durasi dan ketinggian mendekati setengah dari pasang-surut yang panjang. Maka dapat dimodelkan bahwa beton yang terletak pada wilayah permukaan air mengalami periode basah-kering yang mendekati 8 jam basah, 8 jam kering, 4 jam basah dan 4 jam kering.



Sumber: Modifikasi dari grafik di Karakteristik Hidrodinamika di Perairan Teluk Ambon untuk mendukung Wisata Selam, 2017.

Gambar 2.4 Permodelan Pasang Surut Teluk Ambon dalam 1 hari

Pada gambar diatas hasil penelitian Koko Ondera pada 1 juni 2016 diberikan warna pembatas untuk memperjelas durasi pasang surut 8 jam basah, 8 jam kering, 4 jam basah, dan 4 jam kering yang terjadi.

2.6 Perbedaan Standar Paparan Beton terhadap serangan sulfat/ air laut di Indonesia dan Luar Negeri

Standar beton yang yang dipakai di Indonesia adalah SNI (Standar Nasional Indonesia) yang merupakan hasil adaptasi dari standar Amerika ASTM dan ACI. Berdasarkan tabel standar Indonesia, kondisi bangunan struktur beton di pesisir pantai akan diklasifikasikan secara umum menurut kandungan sulfat air laut, tingkat

pemeabilitas, dan klorida tanpa memperhitungkan kondisi dan durasi paparan air laut terhadap beton secara spesifik.

Tabel 2.4. Klasifikasi paparan beton di Indonesia

Kategori	Kelas	Kondisi	
Sulfat (S)		Sulfat (SO_4^{2-}) larut dalam air di tanah dalam persen masa (ASTM C1580)	Sulfat (SO_4^{2-}) larut larut dalam air, dalam ppm (<i>part per million</i>) (ASTM D516 D4130)
	S0	$\text{SO}_4^{2-} < 0,1$	$\text{SO}_4^{2-} < 150$
	S1	$0,1 < \text{SO}_4^{2-} < 0,2$	$150 < \text{SO}_4^{2-} < 1500$ (atau air laut)
	S2	$0,2 < \text{SO}_4^{2-} < 2$	$1500 < \text{SO}_4^{2-} < 10000$
	S3	$\text{SO}_4^{2-} < 2$	$\text{SO}_4^{2-} < 10000$
Kontak dengan air (W)	W0	Beton kering kondisi layan, Beton kontak dengan air dan permeabilitas rendah tidak disyaratkan	
	W1	Beton kontak dengan air dan permeabilitas rendah disyaratkan	
Proteksi korosi tulangan (C)	C0	Beton kering atau terlindung dari kelembaban	
	C1	Beton terpapar terhadap kelembaban tetapi tidak terhadap sumber klorida luar	
	C2	Beton terpapar terhadap kelembaban dan sumber klorida eksternal dari bahan kimia, garam, air asin, air payau, atau percikan dari sumber-sumber ini	

Sumber: SNI-2847-2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, 2019

Tabel 2.5. Klasifikasi paparan beton standar Eropa poin 4

4. Corrosion induced by chlorides from sea water Where concrete containing reinforcement or other embedded metal is subject to contact with chlorides from sea water or air carrying salt originating from sea water, the exposure shall be classified as follows:		
XS1	Exposed to airborne salt but not in direct contact with sea water	Structures near to or on the coast
XS2	Permanently submerged	Parts of marine structures
XS3	Tidal, splash and spray zones	Parts of marine structures

Sumber: EN-206-1:2013 + A1 2016: Concrete – Specification, performance, production, and conformity, 2016

Klasifikasi paparan beton yang dipakai pada wilayah Eropa (EN-206-1:2013 dan amandemen A1:2016) lebih memperhatikan tentang dampak korosi tulangan beton dengan mengembangkan klasifikasi paparan menjadi lebih spesifik terkait berbagai variasi paparan air laut terhadap beton.

Standar yang dipakai oleh Australia (AS 3600-2018) memperhitungkan kondisi beton yang berada di pesisir pantai dan lepas laut

Tabel 2.6. Klasifikasi paparan beton standar Australia poin (3) dan (5)

Surface and exposure environment	Exposure classification reinforced or prestressed concrete members
3. Surfaces of members in above-ground exterior environments in areas that are: (a) Inland (>50 km from coastline) environment being: (i) Non-industrial and arid climatic zone (ii) Non-industrial and temperate climatic zone (iii) Non-industrial and tropical climatic zone (iv) Industrial and any climatic zone (b) Near-coastal (1 km to 50 km from coastline), any climatic zone (c) Coastal and any climatic zone	A1 A2 B1 B1 B1 B2
5 Surfaces of maritime structures in sea water: (a) Permanently submerged (b) In spray zone (c) In tidal/splash zone	B2 C1 C2

Sumber : AS 3600 – 2018: Concrete structures, 2018

Dapat dilihat adanya perbedaan pada standar luar negeri dimana mereka memperhitungkan tipe paparan air laut terhadap beton menjadi 3 tipe secara umum, yaitu :

1. *Exposed to airborne salt* (Paparasi lewat angin laut/atmosfer),
2. *Permanently submerged* (Selalu dibawah muka air laut) ,
3. *Tidal/Splash/Spray zones* (berada di permukaan air laut dan terkena ombak dan semprotan air).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dan permodelan. Dimana metode eksperimental karena dilakukan pengujian kuat tekan beton untuk mengetahui perbedaan nilai secara kuantitatif yang diakibatkan oleh variable perlakuan paparan air laut terhadap beton. Sedangkan metode permodelan karena sampel beton akan diberikan perlakuan paparan air laut pada laboratorium memodelkan kondisi lapangan.

3.2 Objek Penelitian

Material agregat berasal dari *quarry* Air Sakula dan semen PCC dari toko lokal di Passo, Ambon. Air laut paparan yang digunakan diambil dari pesisir pantai Lateri pada Teluk Ambon. Sampel dalam penelitian ini berbentuk beton silinder kekuatan tekan rencana 20,75 Mpa setara K250. Beton akan diberikan perawatan dalam bak air tawar selama 3 hari sebelum dibagi kelompok variasi paparan air laut.

Tabel 3.1 Tipe Sampel Beton

Tipe Paparan	Jumlah Sampel Beton	Perlakuan paparan
Normal	3	Beton diberikan perawatan lanjut dalam bak air tawar biasa
Atmosfir	3	Beton diletakan 20cm diatas permukaan air laut, tidak terjadi kontak langsung
Basah-kering	3	Beton diberi siklus 8 jam basah air laut/ 4 jam kering /4 jam basah air laut/ 8 jam kering setiap hari
Basah Seterusnya	3	Beton diletakan dibawah permukaan air laut seterusnya

- A. Beton normal, akan diperlakukan *curing* dalam bak air tawar sampai pengujian tekan pada hari 28, tidak dipengaruhi oleh air laut.
- B. Beton paparan atmosfir, tidak direndam tapi diletakan 20cm diatas permukaan air laut. Memodelkan kondisi beton pada pesisir pantai (*coast zone*).
- C. Beton paparan basah-kering, diperlakukan siklus 8 jam basah /4 jam kering /4 jam basah /8 jam kering.

Memodelkan kondisi beton pada permukaan air (*tidal zone*).

- D. Beton paparan basah seterusnya, direndam dibawah permukaan air laut seterusnya. Memodelkan kondisi beton pada permukaan bawah air (*submerged*).

Permodelan paparan dilakukan 3 hari setelah dicetak sampai 1 hari sebelum pengujian kuat tekan (hari 4-27).

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

A. Lokasi Penelitian

Pengujian material, pencetakan beton, pengujian slump dan kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Peralatan Pelaksanaan Teknisi Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Provinsi Maluku di Passo.

B. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 7 Desember 2020 hingga 11 Januari 2021

3.4 Variabel Penelitian

Variabel adalah objek pengamatan penelitian yang mempengaruhi penelitian dan dampak yang hendak diteliti. Variabel dalam penelitian “Studi Eksperimental Permodelan Variasi Paparan Air Laut Teluk Ambon Terhadap Kekuatan Tekan Beton” ditentukan sebagai berikut

- b. Variabel bebas (X)
Variabel yang mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini ada empat variabel bebas (X), yaitu :
- X_1 = Tipe permodelan beton normal (perawatan air biasa)
- X_2 =Tipe permodelan paparan atmosfer(diletakkan dekat air laut tanpa kontak langsung)
- X_3 =Tipe permodelan paparan basah-kering (setiap hari diberikan 4 jam basah/4 jam kering/8jam basah/8 jam kering dengan air laut)
- X_4 = Tipe permodelan paparan basah seterusnya (ditenggelamkan dalam bak air laut seterusnya)
- c. Variabel terikat (Y)
Variabel yang terpengaruh oleh variabel bebas. Dalam penelitian ini ada satu variabel terikat (Y), yaitu :
- Y_1 = kuat tekan beton (Mpa)

3.5 Perencanaan campuran beton

Sampel penelitian 12 beton silinder berkekuatan tekan 20,75Mpa setara K250 akan dibuat mengikuti SNI 03-2834-2000 tentang *Mix Design* Beton dengan komposisi material mengikuti hasil pengujian agregat yang dilakukan di Lab. Keperluan 12 sampel beton silinder adalah sekitar 0.0636m³ beton atau sekitar 140,8kg beton.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Material Agregat Halus

Data karakteristik agregat halus didapat dari pengujian gradasi, berat jenis, penyerapan, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi.

Tabel 4.1 Hasil rekapitulasi pengujian agregat halus

No	Karakteristik	Interval ideal	Hasil Pengujian
1	Modulus Kehalusan	1,5 - 3,8	2,8
2	Berat Jenis bulk	2,4 - 2,9	2,42
	Berat Jenis SSD		2,51
	Berat Jenis Semu		2,66
	Penyerapan Air	< 5%	3,74%
3	Kadar Air	<5%	2,04%
4	Kadar Lumpur	< 5%	4,1%
5	Berat Volume Lepas	1,2 - 1,75	1,466
	Berat Volume Padat		1,652

Sumber: Hasil Data Penelitian di Lab UPTD Passo

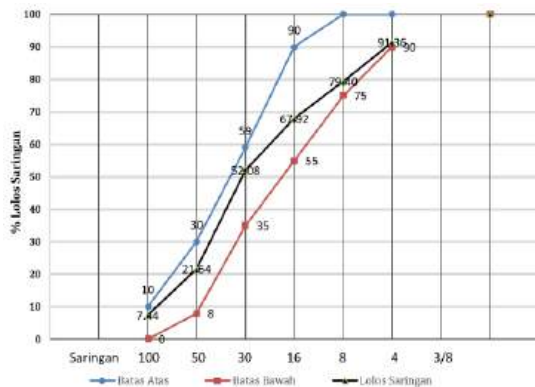
Pengujian dilakukan di lab UPTD Passo menggunakan alat yang telah tersedia di lab. Batas nilai interval ideal agregat untuk rancangan beton diambil dari berbagai SNI, PBI, SII,dan ASTM yang dirangkum oleh Mulyono pada buku Teknologi Beton sesuai batas nilai yang dianjurkan untuk beton dengan kekuatan tekan disekitar 20,75Mpa.

Tipe gradasi agregat halus perlu diketahui untuk menentukan komposisi agregat halus dalam rencana desain pencampuran beton menurut SNI 03-2834-2000. Hasil data pengujian analisa saringan mendapati bahwa agregat halus yang dipakai berada dalam zona 2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian gradasi agregat halus

Nomor Ayakan	Berat tertahan (gr)	Kumulatif tertahan (gr)	Persentase	
			Tertahan (%)	Lolos (%)
3/8" (9,52mm)	0,00	0,00	0,00	100,00
4 (4,75mm)	216,00	216,00	8,64	91,36
8 (2,36mm)	299,00	515,00	20,60	79,40
16 (1,18mm)	287,00	802,00	32,08	67,92
30 (0,6mm)	396,00	1198,00	47,92	52,08
50 (0,3mm)	761,00	1959,00	78,36	21,64
100 (0,15mm)	355,00	2314,00	92,56	7,44
200 (0,074mm)	171,00	2485,00	99,40	0,6
Pan	15,00	2500,00	100,00	0,00
Jumlah Kumulatif % sebelum ayakan 200			280,16 %	
Modulus Kehalusan (MK) =			2,80	

Sumber: Data Penelitian Lab UPTD Passo



Sumber: Data Penelitian Lab UPTD Passo

Gambar 4.1 Kurva gradasi agregat halus zona 2

4.2 Hasil Pengujian Material Agregat Kasar

Data karakteristik agregat kasar didapat dari pengujian gradasi, kadar air, kadar lumpur, berat jenis, penyerapan, dan berat isi. Batas nilai interval ideal agregat untuk rancangan beton diambil dari berbagai SNI, PBI, SII, dan ASTM yang dirangkum oleh Mulyono pada buku Teknologi Beton.

Tabel 4.3 Hasil rekapitulasi pengujian agregat kasar

No	Karakteristik	Interval ideal	Hasil Pengujian
1	Modulus Kehalusan	6,0 - 7,1	7,07
2	Berat Jenis bulk	2,4 - 2,9	2,59
	Berat Jenis SSD		2,69
	Berat Jenis Semu		2,88
	Penyerapan Air	< 5%	3,94%
3	Kadar Air	< 3%	1,95%
4	Kadar Lumpur	< 5%	1,72%
5	Berat Volume Lepas	1,2 - 1,75	1,211
	Berat Volume Padat		1,372
6	Abrasi	< 20%	27,54%

Sumber: Data Penelitian Lab UPTD Passo

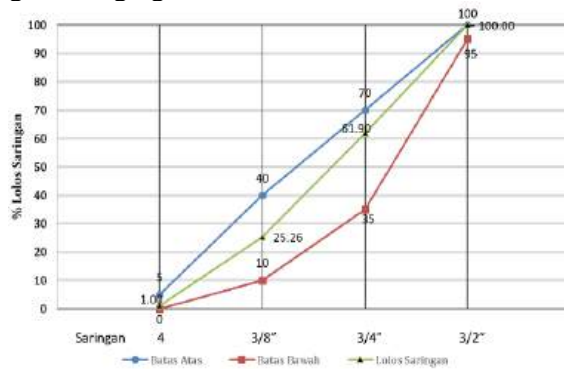
Semua hasil pengujian masuk dalam batas interval ideal kecuali nilai abrasi keausan agregat. Nilai abrasi agregat halus adalah 27,54%, berada diatas interval ideal untuk beton kekuatan tekan menengah yaitu dibawah 20%.

Tabel 4.4 Hasil pengujian gradasi agregat kasar

Nomor Ayakan	Berat tertahan (gr)	Tertahan Kumulatif (gr)	Persentase	
			Tertahan (%)	Lolos (%)
1 1/2" (38,1mm)	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4" (19,1mm)	1905,00	1905,00	38,10	61,90
3/8" (9,52mm)	1832,00	3737,00	74,74	25,26
4 (4,75mm)	1213,00	4950,00	99,00	1
6 (3,36mm)	0,00	4950,00	99,00	1
8 (2,36mm)	0,00	4950,00	99,00	1
16 (1,18mm)	0,00	4950,00	99,00	1
30 (0,6mm)	0,00	4950,00	99,00	1
50 (0,3mm)	0,00	4950,00	99,00	1
Pan	50,00	5000,00	100,00	0,00
Jumlah Kumulatif % sebelum ayakan 200			706,84%	
Modulus Kehalusan (MK) =			7,07	

Sumber: Data Penelitian Lab UPTD Passo

Kelolosan ayakan tersebut akan dipakai pada gambar 4.2 untuk menentukan tipe gradasi agregat kasar.



Sumber: Data Penelitian Lab UPTD Passo
Gambar 4.2 Kurva gradasi agregat kasar ukuran maksimum 40mm

Tipe gradasi agregat kasar perlu dicari untuk menentukan komposisi agregat kasar dalam rencana desain pencampuran beton menurut SNI 03-2834-2000. Hasil pengujian gradasi yang dilakukan mendapati bahwa agregat kasar yang dipakai dalam pencetakan beton berada dalam interval agegat kasar ukuran maksimum 40mm.

4.3 Perancangan Campuran Beton

Berdasarkan perhitungan didapat komposisi teoritis beton sebagai 1,84 kg agregat halus, 2,59 kg agregat kasar dan 0,52 air setiap 1 kg semen yang dipakai. Komposisi teoritis akan dikoreksi lebih lanjut menurut kadar air dan penyerapan. Berdasarkan perhitungan didapat komposisi koreksi lapangan beton sebagai 1,7377 kg agregat halus, 2,4496 kg agregat kasar dan 0,532 air setiap 1 kg semen yang dipakai.

Tabel 4.5 Rekapitulasi campuran beton

No	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	Keterangan
1	1,7377	2,4496	1	0,532	Koreksi Lapangan
2	3,65	5,15	2,1	1,12	untuk 1 sampel ~0,0053 m ³
3	43,8	61,8	25,2	13,44	untuk 12 sampel ~0,0636m ³
4	18,25	25,75	10,5	5,6	untuk 1 molen volume 5 sampel

Sumber: Data Penelitian

Tabel 4.6 Perhitungan komposisi campuran teoritis beton

No	Uraian	Tabel/Grafik /Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang diisyaratkan	Ditetapkan	20,75 Mpa (setara k250) pada 28 hari , cacat 5% k=1,64
2	Deviasi standar	Diketahui	7,31 Mpa
3	Nilai Tambah	$k * (2)$	$1,64 \times 7,31 = 12$ Mpa
4	Kuat tekan target	$(1)+(3)$	$20,75 + 12 = 32,75$ Mpa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Semen Portland PCC
6	Jenis Agregat		
	- kasar	Ditetapkan	Batu Pecah
	- halus	Ditetapkan	Pasir
7	Faktor air semen		0,54
8	Faktor air semen maksimum		0,52
9	Slump rencana (mm)		60-180 mm
10	Ukuran Agregat Maksimum (mm)	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas		205 kg/m ³
12	Jumlah semen	$\frac{(11)}{(7) \text{ atau } (8)}$	394,23 kg/m ³
13	Jumlah semen minimum (kg/m ³)		325 kg/m ³
14	Jumlah semen yang digunakan (kg/m ³)	Terbesar dari (12) dan (13)	394,23 kg/m ³
15	Fas disesuaikan	Terkecil dari (7) dan (8)	0,52
16	Prosentase agregat halus dan kasar %		halus : $(46+37)/2 = 41,5\%$ kasar : $100-41,5 = 58,5\%$
17	Berat Jenis relatif SSD	$\frac{\%AG.H * BJ.H + \%AG.K * BJ.K}{BJ.K}$	2,615
18	Berat isi beton		2350 kg/m ³
19	kadar agregat gabungan	$(18)-(12)-(11)$	1750,77 kg/m ³
20	Kadar agregat halus	$\frac{\%AG.H * (19)}{(19)}$	726,56 kg/m ³
21	Kadar agregat kasar	$\frac{\%AG.K * (19)}{(19)}$	1024,2 kg/m ³
22	Rekap Proporsi Teoritis	Semen : Agregat Halus : Agregat Kasar : Air 394,23 : 726,56 : 1024,2 : 205 1 : 1,84 : 2,59 : 0,52	

Sumber: Data Penelitian

4.4 Hasil Pengujian Slump Test

Slump beton merupakan tingkat kekentalan adonan beton yang mempengaruhi permeabilitas, workabilitas dan proses pengerjaan. Slump beton perlu diketahui untuk menentukan apakah beton yang dicetak memiliki beberapa kriteria yang dipersyaratkan untuk penggunaan beton sesuai dengan fungsi konstruksi yang diinginkan.



Sumber: Data Penelitian di Lab UPTD Passo

Gambar 4.3 Pengukuran slump

Slump test dilakukan setelah pencampuran material beton dalam molen. Dilihat bentuk beton setelah kerucut diangkat dan diukur rata-rata 3 titik ketinggian dari kerucut Abraham dengan kerucut beton menggunakan mistar. Pengujian dilakukan 2 kali.

Tabel 4.7 Pengujian Slump

Uji No	Tinggi Puncak	Tinggi Tengah	Tinggi Lembah	Ketinggian rata-rata (cm)
1	10,5	8,2	6,5	8,4
2	9	7,7	6,5	7,73
Rata-rata semua pengujian				8,06

Sumber: Data Penelitian Lab UPTD Passo

Dari tabel dan gambar diatas diketahui bahwa hasil pengujian slump memenuhi kriteria:

- 1) Perbedaan tiap pengujian ($8,4 - 7,73 = 0,67\text{cm}$) lebih kecil dari 2 cm
 - 2) Rata-rata semua pengujian (8,06cm) masuk rentang rencana *mix design* (6-18cm)
 - 3) Setelah kerucut diangkat beton runtuh berbentuk kerucut sempurna (gambar 4.3)
- Maka campuran beton dinyatakan lulus pengujian slump dan layak dipakai dalam cetakan beton silinder.

4.5 Permodelan beton paparan

Beton diperlakukan permodelan dalam bak laboratorium dengan mengikuti model paparan air laut untuk setiap tipe variasi.



Sumber: Data Penelitian

Gambar 4.4. Permodelan Variasi Paparan Air Laut



Sumber: Data Penelitian

Gambar 4.5. Beton basah-kering diangkat dari bak menurut jadwal siklus

Dilihat dari gambar bahwa beton paparan atmosfer diletakkan diatas bak seterusnya pada papan kayu, beton basah-kering ditenggelamkan dalam bak dan dikeluarkan sesuai jadwal siklus, dan beton basah seterusnya selalu ditenggelamkan dalam bak.

Beton basah-kering diangkat dari bak pada jam 14.00 dan 22.00 dan dicelupkan pada jam 06.00 dan 18.00 untuk memodelkan proses paparan air laut mengikuti tinggi pasang-surut 8 jam basah/4 jam kering/ 4 jam basah /8jam kering

4.6 Pengamatan visual beton

Selama permodelan variasi paparan air laut beton didokumentasikan. Perubahan warna dan tekstur pada permukaan beton menjadi indikator terjadinya reaksi antara air laut dengan material penyusun beton.

Beton basah-kering memiliki bercak-bercak pada permukaannya menandakan terjadinya serangan magnesium sulfat. Permukaan beton terasa mulus, tidak berbeda dengan beton normal.

Beton basah seterusnya juga memiliki pola bercak, tetapi tidak terlalu kontras jika dibandingkan dengan beton basah-kering. Permukaan beton terasa kasar dengan adanya bebatuan kecil yang menonjol disebabkan oleh terbentuknya lapisan brecite yang melindungi beton terhadap serangan lebih lanjut dari sulfat. Warna beton basah seterusnya lebih gelap daripada beton basah-kering.



Sumber: Data Penelitian

Gambar 4.6. Gumpalan putih pada dasar beton basah seterusnya

Pada dasar sampel beton basah seterusnya ditemukan gumpalan berwarna putih. Gumpalan putih tersebut merupakan reaksi Kalsium Silika Hidrat dalam kandungan semen Portland dengan *brucite* seperti yang telah didokumentasikan oleh Cole dan Hueber (1957)



Sumber: Data Penelitian

Gambar 4.7. Semua beton permodelan ditampilkan berdampingan 11 januari 2021

Gambar diatas adalah setelah beberapa jam dikeluarkan dari bak. Beton paling kiri adalah beton basah-kering, Beton kedua dari kiri adalah beton basah seterusnya, beton ketiga dari kiri adalah beton atmosfer, beton paling kanan adalah beton normal. Tidak terlihat perbedaan signifikan antara warna permukaan beton normal dan atmosfer. Permukaan beton tenggelam seterusnya memutih kecuali pada sekeliling dasar. Beton basah-kering memiliki bercak yang sangat kontras tetapi permukaan masih terasa mulus seperti beton normal dan atmosfer.

Tabel 4.8 Rekap visual beton selama permodelan

Karakteristik	Beton basah-kering	Beton basah seterusnya	Beton atmosfer	Beton normal
Warna	Bercak-bercak	Keputihan	Abu-abu	Abu-abu
Tekstur	Mulus	Kasar	Mulus	Mulus
Gumpalan putih	Tidak	Ya	Tidak	Tidak

Sumber: Data Penelitian

4.7 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada 11 Januari 2021 dengan umur beton sampel 28 hari di uji menggunakan *Compression Testing Machine* di Lab UPTD Passo untuk mendapatkan tekanan beban maksimum, yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut.

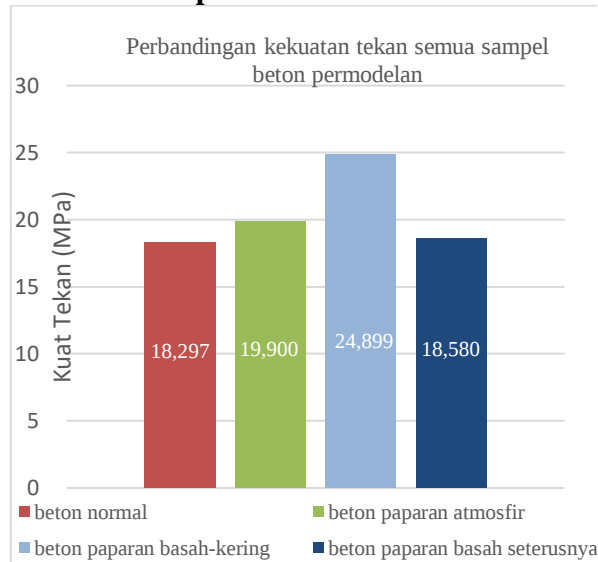
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Beton

No	Umur	Berat (kg)	Tekanan (Kn)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan
Beton Normal					18,29
I	28 hari	12,062	375	21,22067	
II	28 hari	12,304	265	14,99594	
III	28 hari	12,211	330	18,67419	
Beton Paparan Atmosfir					19,90
I	28 hari	12,033	390	22,06950	
II	28 hari	12,29	295	16,69359	
III	28 hari	12,33	370	20,93773	
Beton Paparan Basah-Kering					24,89
I	28 hari	12,262	435	24,61598	
II	28 hari	12,534	455	25,74775	
III	28 hari	12,324	430	24,33304	
Beton Paparan Basah Seterusnya					18,57
I	28 hari	12,645	220	12,44946	
II	28 hari	12,596	425	24,05010	
III	28 hari	12,648	340	19,24008	

Sumber: Data Penelitian Lap UPTD Passo

Hasil uji kuat tekan beton normal rata-rata adalah 18,29 Mpa, berada dibawah kuat tekan rencana 20,75 Mpa. Perbedaan antara nilai kuat tekan rencana dan hasil pengujian kemungkinan dikarenakan nilai abrasi agregat kasar yang tidak memenuhi syarat.

4.8 Perbandingan kuat tekan semua variasi beton permodelan



Sumber: Data Penelitian

Gambar 4.8. Grafik Kekuatan Tekan Beton Permodelan

Dari data grafik didapatkan bahwa nilai kuat tekan terbesar ada pada beton basah-kering diikuti oleh beton atmosfer dan beton basah seterusnya. Nilai kuat tekan rata-rata beton normal adalah 18,297 Mpa, beton paparan atmosfer adalah 19,9 Mpa, beton paparan basah-kering adalah 24,899 Mpa, beton paparan basah seterusnya adalah 18,58 Mpa. Beton variasi paparan dibandingkan dengan beton normal didapat perbedaan terbesar pada beton paparan basah-kering sebesar 6,602 Mpa atau 36,08%, diikuti oleh beton paparan atmosfer sebesar 1,603 Mpa atau 8,76%, dan beton paparan basah seterusnya sebesar 0,283 Mpa atau 1,55%. Kenaikan kuat tekan tersebut merupakan indikator reaksi beton dengan air laut yang menyebabkan lebih cepat naiknya kekuatan tekan beton dibandingkan dengan beton normal tanpa paparan.

5.KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan Penelitian

Berdasarkan hasil data penelitian, analisa, dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan rata-rata beton normal adalah 18,29 Mpa, beton paparan atmosfer adalah 19,9 Mpa, beton paparan basah-kering adalah 24,89 Mpa, 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 atmosfer sebesar 1,61 Mpa atau 8,8%, dan beton paparan basah seterusnya sebesar 0,29 Mpa atau 1,58%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan lingkup penelitian dengan memperpanjang durasi paparan air laut, pemakaian semen PPC, paparan air laut langsung di pantai, atau penggunaan penulangan dalam beton. Pengembangan cakupan penelitian ini akan sangat bermanfaat dalam memahami dampak air laut teluk Ambon terhadap beton dan memperpanjang durabilitas infrastruktur di pesisir pantai.

Daftar Pustaka

- American Concrete Institute.2019. *ACI 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete* American Concrete Institute. Farmington Hills. USA.
- Badan Standarisasi Nasional.2000.*SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional.2008.*SNI 03-1972-2008: Cara Pengujian Slump Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional.2011.*SNI 03-1974-2011: Cara Pengujian Kuat Tekan Beton Benda Uji Silinder*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Casey Jones, dkk.2020. *Calcium Oxychloride: A Critical Review of the Literature Surrounding the Formation Deterioration. Testing Procedures and Recommended Mitigation Techniques*. Cement and Concrete Composites.
- Cole dan Hueber.1957.*Hydrated Magnesium Silicates and Aluminates Formed Synthetically and by the Action of Sea Water on Concrete*. Silicates Industriels. USA.
- European Committee For Standardization.2016. *EN 206-1:2013+A1:2016: Concrete – Specification, performance, production, and conformity*. Management Centre. Rue de Stassart.36. B-1050 Brussels.
- Koko Ondara, Ulung Jantama Wisha, dan Guntur Adhi Rahmawan.2017. *Karakteristik Hidrodinamika di Perairan Teluk Ambon*

- untuk Mendukung Wisata Selam. Jurnal Kelautan* Vol 10 no.1 2017. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Padang, Sumatera Barat.
- Wiratman Wangsadinata, dkk.1971. *PBI 1971 N1-2 : Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Relly A. Suat. 2020. *Studi Eksperimental Variasi Curing Terhadap Uji Kuat Tekan Beton Air Laut*. Skripsi. Teknik Sipil Universitas Pattimura. Ambon.
- Sonny Wedhanto.2017. *Pengaruh Air Laut Terhadap Kekuatan Tekan Beton Yang Terbuat Dari Berbagai Merek Semen Yang Ada Di Kota Malang*. Jurnal bangunan, vol. 22, no.2, 21-30
- Standards Australia Limited.2018. *AS-3600 Concrete structures*. SAI Global Limited, Sydney, NSW 2001, Australia
- Ristinah Syamsuddin, Agung Wicaksono, Fauzan Fazairin M.2011. *Pengaruh Air Laut Pada Perawatan (Curing) Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton Dengan Variasi Faktor Air Semen Dan Durasi Perawatan*. Jurnal Rekayasa Sipil / Volume 5, No. 2 – 2011 ISSN 1978 – 5658
- Tri Mulyono.2004. *Teknologi Beton*. C.V. Andi Offset, Yogyakarta, Indonesia
- Wisnu Arya Gemilang, dkk.2017. *Kualitas Perairan Teluk Ambon Dalam Berdasarkan Parameter Fisika Dan Kimia Pada Musim Peralihan I*. Jurnal EnviroScience Vol. 13 No. 1, April 2017
- Zaher Kuhail dan Samir Shihada.2003. *Effect of Gaza Seawater on Concrete Strength for Different Exposures*. Journal of The Islamic University of Gaza Vol.11,No.2,P156-17

