

## PENGARUH SUHU DAN CURING AIR LAUT TERHADAP BETON FC' 30 MPa DENGAN AGREGAT KASAR BATU PANTAI

Marguan Fauzi<sup>1)</sup>, Norma Puspita<sup>2)</sup>, Muhammad Al Iswana<sup>3)</sup>

<sup>1), 2), 3)</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indo Global Mandiri

Jl. Jendral Sudirman No.629 Km.4 Palembang 30129, Sumatera Selatan, Indonesia.

Email : [marguan.fauzi@uigm.ac.id](mailto:marguan.fauzi@uigm.ac.id), [norma.puspita@uigm.ac.id](mailto:norma.puspita@uigm.ac.id), [muhammad.aliswana@gmail.com](mailto:muhammad.aliswana@gmail.com)

### ABSTRACT

Combustion temperature, seawater chemical compound content in the immersion process, and the strength of coastal stones as coarse aggregates in concrete are factors that can affect the compressive strength of concrete. This also results in changes in the microstructure of the concrete due to the influence of temperature, saltwater compounds, and the strength of coastal stones as coarse aggregates. The purpose of this study was to determine the influence of temperature, seawater curing, and beach stones as coarse aggregates on the changes in the fc '30 MPa concrete microstructure which will be analyzed using SEM photos (Scanning Electron Microscope). This research is divided into several stages, namely testing the material, making the test object, testing the compressive strength and analyzing the test results. This study used cylindrical specimens with 4 variations of testing, including normal PDAM water curing concrete, seawater curing normal concrete, PDAM water curing beach stone aggregate concrete, and seawater curing beach stone aggregate concrete with an oven temperature of 100 °C, 150 °C, 200 °C for 3 hours and without oven temperature for comparison. From the test results, it is found that the average compressive strength of concrete at the age of 28 days has decreased in the compressive strength value after being in the oven. Meanwhile, the results of microscopic analysis on the SEM photos show that the presence of cavities in the concrete structure due to the influence of heat. The immersion of seawater results in salt crystallizing inside the concrete cavity and partially closing the pores of the concrete cavity, thus slowing down the cement binding process and reducing the strength of the concrete which has an effect on the decrease in the compressive force of the concrete.

**Keywords :** Temperature, Curing, Concrete, Microstructure

### ABSTRAK

Temperatur pembakaran, kandungan senyawa kimia air laut pada proses perendaman, dan kekuatan batu pantai sebagai agregat kasar pada beton merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Hal ini juga mengakibatkan perubahan struktur mikro beton akibat pengaruh suhu, senyawa air garam, dan kekuatan batu pantai sebagai agregat kasar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur, curing air laut, dan agregat kasar batu pantai terhadap perubahan struktur mikro beton fc '30 MPa yang akan dianalisis menggunakan foto SEM (Scanning Electron Microscope). Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu pengujian material, pembuatan benda uji, pengujian kuat tekan dan analisis hasil pengujian. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan 4 variasi pengujian yaitu beton water curing normal PDAM, beton normal curing air laut, beton agregat batu pantai curing air PDAM, dan beton agregat batu pantai curing air laut dengan suhu oven 100 °C, 150 °C, 200 °C selama 3 jam dan tanpa suhu oven sebagai pembandingan. Dari hasil pengujian diketahui bahwa kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari mengalami penurunan nilai kuat tekan setelah di oven. Sedangkan hasil analisis mikroskopis pada foto SEM menunjukkan adanya rongga pada struktur beton akibat pengaruh panas. Perendaman air laut mengakibatkan garam mengkristal di dalam rongga beton dan menutup sebagian pori-pori rongga beton, sehingga memperlambat proses pengikatan semen dan menurunkan kekuatan beton yang berpengaruh pada penurunan gaya tekan beton.

**Kata Kunci :** Temperatur, Obat, Beton, Mikrostruktur

## 1. Pendahuluan

Pembangunan konstruksi yang berdekatan dengan laut khususnya ditepi pantai pada pelaksanaannya sering mengalami kendala. Mulai kebutuhan bahan sampai Permasalahan teknis lainnya. Untuk itu penggunaan batu pantai sebagai pengganti agregat kasar sebagai alternatif pengganti material yang berasal dari gunung dan sungai yang semakin menipis, dengan menggunakan batu pantai tersebut apakah mutu beton masih dapat tercapai mutunya atau tidak.

Pada umumnya sebagian besar wilayah yang berada di daerah pesisir tidak bisa menghindari kontak air laut secara langsung terhadap konstruksi. Terutama pada wilayah yang memiliki karakteristik sebagai daerah rawa yang dekat dengan laut, akan ada pengaruh pada kekuatan beton, seperti konstruksi pemecah gelombang, tiang (*pier*) dermaga yang terendam air laut dan pembangunan konstruksi gedung, jembatan yang menggunakan air setempat yang mengandung senyawa kimia dan tingkat keasaman yang berbeda sehingga perlu diketahui seberapa besar pengaruh air laut dan air rawa terhadap karakteristik beton.

Pada pekerjaan konstruksi bangunan bisa saja mengalami resiko bencana, jika terjadi kebakaran bangunan pada pemukiman atau bangunan gedung bertingkat. Panas (temperatur) efek dari kebakaran tersebut dapat berpengaruh beton. Retakan pada beton dapat terjadi dari perbedaan koefisien muai antara pasta semen dan agregat. Lamanya durasi waktu saat kebakaran terjadi dapat berpengaruh pada penurunan kuat tekan beton.

Pada beton normal yang mengalami peningkatan suhu diatas 200° C yang menjalar ke dalam beton efek dari durasi kebakaran akan mengalami kerusakan beton, dengan terlihatnya retakan pada permukaan beton, dan berkorelasi menurunnya nilai kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik dan kuat lekatan berkisar 50-60%, jika suhu mencapai 1000° C kerusakan akan bertambah 10-30%.

Berdasarkan penjelasan diatas kami topik yang kami ambil adalah, bagaimana pengaruh penggunaan agregat kasar batu pantai, suhu dan *curing* air laut terhadap struktur dan kuat tekan beton akan terlihat dengan menggunakan foto SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan pengujian kuat tekan.

### Beton

Beton termasuk bahan konstruksi yang memiliki ketahanan dan kekuatan yang tinggi, dan mampu bertahan terhadap pengaruh penguasan atau pelapukan hampir kesemua kondisi keadaan lingkungan. Konstruksi beton pada umumnya mempunyai sifat utama yaitu memiliki kuat tekan yang tinggi dan rendah pada kuat tariknya, mutu beton bisa berkualitas baik dan beragam bila dibuat

dengan cara yang baik sesuai dengan standar dan spesifikasinya.

Menurut SNI 2847-2013, beton (*concrete*) terdiri dari campuran semen portland (PC) atau semen hidraulis, agregat kasar, agregat halus, air, dan bisa ditambahkan bahan tambah (*admixture*) sesuai dengan kebutuhannya. Bahan tambah bisa berbentuk cairan, bubuk, yang mengandung zat kimia, atau bahan buangan non kimia. Untuk membuat kuat tekan beton yang direncanakan diperlukan desain campuran untuk menentukan jumlah proporsi bahan penyusun yang dibutuhkan. Proses pembuatan beton dilakukan dengan cara mencampurkan Agregat kasar, agregat halus, semen, air, dengan atau tanpa bahan tambah tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur secara homogen dengan komposisi desain untuk menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan rencana.

### Pengaruh Temperatur terhadap Beton

Kebakaran terjadi merupakan reaksi kimia dari *combustible material* dengan oksigen yang dikenal dengan reaksi pembakaran dan menghasilkan panas. Efek panas dari pembakaran ini diteruskan ke massa beton/mortar dengan dua macam mekanisme yakni pertama secara radiasi yaitu pancaran panas diterima secara langsung pada permukaan beton. Pancaran panas akan sangat potensial, jika suhu sumber panas relatif tinggi. Cara kedua penyebaran panas secara konveksi melalui udara panas yang bergerak dan bersinggungan dengan permukaan beton. Panas yang dipindahkan akan semakin meningkat dan bertambah banyak bila tiupan angin semakin kencang.

Menurut Wahyuni, E dan Angraini, R. (2010) perubahan temperatur yang cukup tinggi seperti kebakaran akan berpengaruh terhadap elemen-elemen struktur. Pada proses tersebut terjadi siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian yang menyebabkan adanya perubahan fase fisis dan kimiawi secara kompleks. Sehingga kualitas atau kekuatan struktur beton ini akan terpengaruh dan menyebabkan beton menjadi getas. Tingkat kegetasan beton adalah porositas. Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya faktor air semen yang digunakan, maka porositas juga akan semakin besar. Porositas pada beton menyebabkan meningkatnya kegetasan pada beton dan semakin besar penurunan mutu beton ketika terjadi kebakaran.

### Sifat Beton pada Temperatur Tinggi

Kekuatan struktur beton pada bangunan yang mengalami kebakaran akan dipengaruhi oleh variasi temperatur pemanasan, durasi pemanasan, dan perilaku pembebanan. Jenis dan ukuran agregat dalam campuran beton mengalami perubahan sifat kimiawi pada

temperatur yang tinggi. Warna beton yang terbakar dapat menunjukkan tingkat kebakaran (Sidik, 2010).

Tabel 1. Hubungan antara Suhu, Warna, dan Kondisi Beton Terbakar

Suhu 0°C-300°C	Warna Normal	Kondisi Beton Tidak mengalami penurunan kekuatan
300°C-600°C	Merah Jambu	Mengalami Penurunan kekuatan
600°C-900°C	Putih Keabu-abuan	Tidak mempunyai kekuatan lagi
>900°C	Kuning muda	Tidak mempunyai kekuatan lagi

Sumber: Sidik, 2010

Perubahan warna beton dari abu-abu tua (normal) ke merah-merah bata bila terbakar pada suhu 300°C - 600°C, beton mengalami penurunan kekuatan 0 - 50%. Warna abu-abu terjadi pada beton pasca bakar 600°C - 900°C dan kekuatan sisa 5 - 15%.

## 2. Metode Penelitian

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Indobeton di Jalan Soekarno Hatta, Talang Kelapa, Kecamatan Alang-Alang Lebar, Palembang Sumatera Selatan. Pengujian dilakukan berdasarkan standar Nasional Indonesia (SNI).

### Bahan

Batu split yang digunakan sebagai agregat kasar berasal dari Bojonegoro dan batu pantai yang digunakan sebagai agregat kasar berasal dari Lampung. Untuk proses perawatan (*Curing*) benda uji menggunakan air laut yang berasal dari daerah Lampung.

### Mix Design

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan 4 variasi pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis variasi pengujian

Jenis Variasi Pengujian	Jumlah Benda Uji (Buah)				Total (Buah)
	Tanpa Temperatur	Temperatur (°C)			
		100	150	200	
BN	3	3	3	3	12
BN-CL	3	3	3	3	12
BP	3	3	3	3	12
BP-CL	3	3	3	3	12

Keterangan:

BN = Beton Normal *Curing* Air PDAM

BN-CL = Beton Normal *Curing* Air Laut

BP = Beton Batu Pantai *Curing* Air PDAM

BP-CL = Beton Batu Pantai *Curing* Air Laut

## Metode Analisa

Menguji menganalisis serta menghubungkan data hasil pengujian kuat tekan beton dengan hasil analisa SEM terhadap pengaruh suhu, curing air laut, serta agregat batu pantai terhadap beton dan perubahan mikrostruktur beton pada umur 28 hari.

Dari hasil pengujian diperoleh kesimpulan tentang pengaruh suhu, curing air laut, dan agregat batu pantai terhadap kuat tekan dan perubaham mikrostruktur pada beton FC' 30 MPa.

Analisa Kuat Tekan Beton, Analisa tentang hasil kuat tekan beton yaitu :

- Analisa Kuat Tekan Terhadap Pengaruh Suhu.
- Analisa Kuat Tekan Terhadap *Curing* Air Laut.
- Analisa Kuat Tekan terhadap Agregat Batu Pantai.

Analisa Hasil Foto SEM (*Scanning Electron Microscope*).

Analisa tentang hasil foto SEM yaitu untuk mengetahui apa saja perubahan yang terjadi pada mikrostruktur beton akibat dari pengaruh suhu, *curing* air laut, serta batu pantai sebagai agregat kasar.

## 3. Pembahasan

### Kandungan Air Perendaman (*Curing*)

Dalam penelitian ini, air untuk perawatan curing beton menggunakan air dari air laut yang memiliki senyawa garam dengan pH 8,23. Hasil analisis kimiawi air dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Senyawa Kimia Air Laut

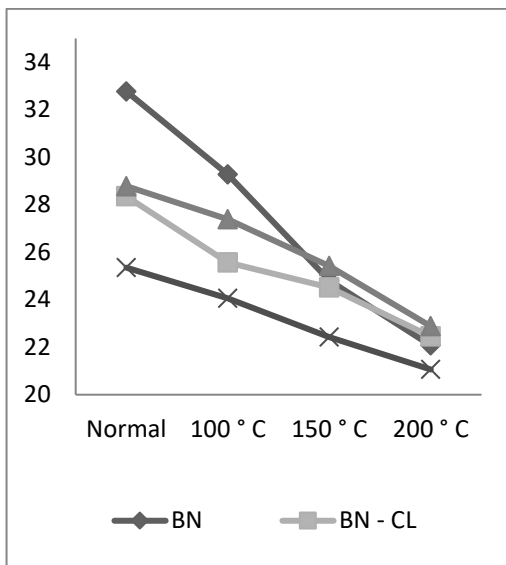
Characteristic	Unit	Result
<b>A. Physical</b>		
Temperature	°C	24,3
Total Dissolve Solid (TDS)	mg/L	26000
Color	TCU	10
<b>B. Chemical</b>		
pH	-	8,23
Sulfate (So4)	mg/L	8900
Chloride (CL)	mg/L	303,74
Natrium (Na)	mg/L	8970,25
Calsium (Ca)	mg/L	136,74
Magnesium (Mg)	mg/L	868,20
Pottassium (K)	mg/L	237,30

Sumber: Hasil penelitian laboratorium, 2020

**Analisa Kuat Tekan Beton**

Setelah pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan beton berdasarkan umur yang telah ditentukan yaitu 28 hari. Ada 3 jenis variasi pengujian pada penarikan analisa, yaitu analisa kuat tekan terhadap pengaruh suhu, analisa kuat tekan terhadap *curing* air laut, dan analisa kuat tekan terhadap agregat batu pantai.

**1. Analisa Kuat Tekan terhadap Pengaruh Suhu**



Grafik 1. Hasil Kuat Tekan Beton akibat Pengaruh Suhu

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan Beton akibat Pengaruh Suhu

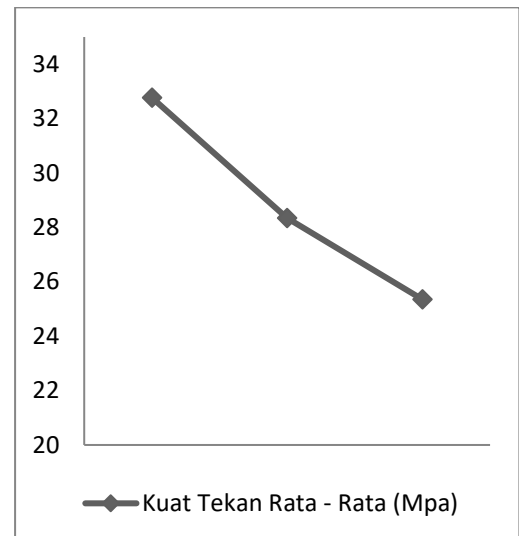
No	Jenis Variasi	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)			
		Norma l	100° C	150° C	200° C
1	BN	32,77	29,27	24,81	22,07
2	BN-CL	28,35	26,56	24,52	22,45
3	BP	28,78	27,38	25,42	22,88
4	BP-CL	25,32	24,06	22,42	21,06

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Dari Grafik 1 dan Tabel 4 dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata pada setiap jenis variasi mengalami penurunan. Semakin besar suhu pada proses pengovenan beton, maka semakin rendah nilai kuat tekannya. Pengaruh panas terhadap beton mengakibatkan proses penguapan air dari dalam beton sehingga terjadi pengurangan berat beton pada kondisi setelah di oven. Durasi waktu pengovenan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi pengurangan kekuatan beton. Selain itu akibat dari suhu tinggi pengovenan pada beton kemungkinan mengakibatkan senyawa semen terhadap ikatan penyusun beton melemah sehingga beton tidak

mencapai kekuatan maksimal dan pada akhirnya kuat tekan beton tidak tercapai.

**2. Analisa Kuat Beton terhadap Pengaruh *Curing* Air Laut**



Grafik 1. Hasil Kuat Tekan Beton akibat Pengaruh *Curing* Air Laut

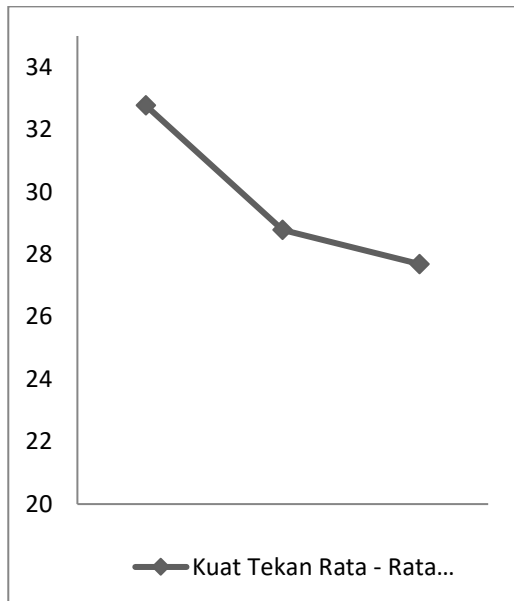
Tabel 5. Hasil Kuat Tekan Beton akibat Pengaruh *Curing* Air Laut

No	Jenis Variasi	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	BN	32,27
2	BN-CL	28,35
3	BP-CL	25,32

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Dari Grafik 2 dan Tabel 5 dapat dilihat bahwa pada kondisi normal kuat tekan rata-rata beton normal *curing* air PDAM 32,77 MPa, kuat tekan rata-rata beton normal *curing* air laut adalah 28,35 MPa, dan kuat tekan rata-rata beton agregat batu pantai *curing* air laut adalah 25,35 Mpa. Untuk beton kondisi normal kuat tekan yang didapat melebihi  $f_c$  30 MPa sehingga mutu beton tercapai. Untuk variasi beton dengan *curing* air laut, kuat tekan yang didapat tidak mencapai  $f_c$  30 Mpa sehingga mutu beton tidak tercapai. Hal ini diakibatkan oleh pengaruh kimia air laut dimana reaksinya akan menghambat perkembangan beton. Reaksi tersebut digolongkan sebagai bagian dari serangan sulfat ringan oleh air laut yang mengakibatkan beton tampak menjadi keputih-putihan.

3. Analisa Kuat Tekan Beton terhadap Pengaruh Agregat Batu Pantai



Grafik 3. Hasil Kuat Tekan Pengaruh Agregat

Tabel 6. Hasil Kuat Tekan Beton terhadap Agregat Batu Pantai

No	Jenis Variasi	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	BN	32,77
2	BP-CL	28,78
3	BP-CL	25,32

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Dari Grafik 3 dan Tabel 6 dapat dilihat bahwa pada kondisi normal kuat tekan rata-rata beton normal *curing* air PDAM 32,77 MPa, kuat tekan rata-rata beton agregat batu pantai *curing* air PDAM adalah 28,78 MPa, dan kuat tekan rata-rata beton agregat batu pantai *curing* air laut adalah 25,35 Mpa. Untuk beton kondisi normal kuat tekan yang didapat melebihi  $f_c$  30 MPa sehingga mutu beton tercapai. Untuk variasi beton dengan penggantian agregat batu pantai, kuat tekan yang didapat tidak mencapai  $f_c$  30 Mpa sehingga mutu beton tidak tercapai. Hal ini dikarenakan penggunaan agregat batu pantai tidak memenuhi persyaratan keausan. Hasil pengujian abrasi pada agregat batu pantai mencapai 40,4 % sehingga tidak memenuhi standar pengujian ( $\leq 30$  %). Agregat kasar yang memenuhi persyaratan sangat berpengaruh terhadap tercapainya nilai kuat tekan beton, sehingga hasil nilai kuat tekan yang tidak tercapai merupakan sebagian besar pengaruh dari penggunaan agregat batu pantai.

**Analisa SEM terhadap Mikrostruktur Beton**

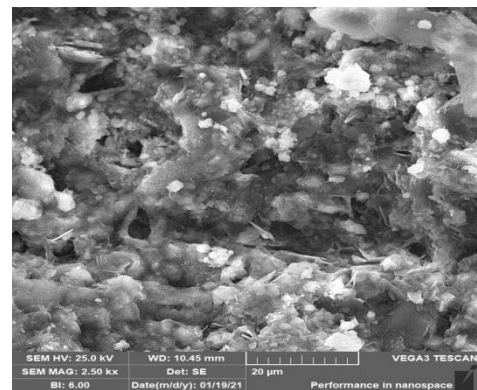
Pengamatan perubahan mikrostruktur pada beton akibat pengaruh suhu, *curing* air laut, serta agregat batu pantai dilakukan dengan analisa foto *scanning electron*

*microscope* (SEM). Jenis variasi benda uji yang akan dianalisa adalah beton agregat batu pantai *curing* air laut dan beton agregat batu pantai *curing* air PDAM masing-masing dengan suhu pengovenan 200° C.

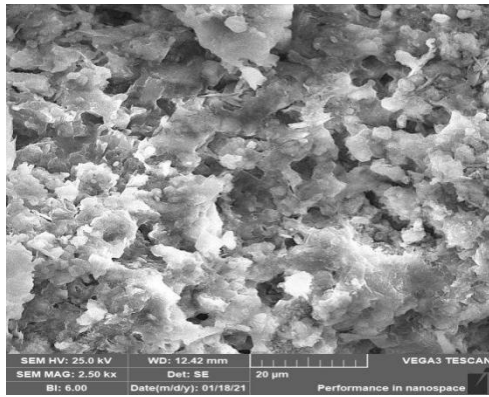
Berdasarkan hasil uji kuat tekan rata-rata beton dari masing-masing variasi pengujian, bahwa kuat tekan beton mengalami penurunan nilai kuat tekan setelah dioven. Semakin besar suhu pengovenan pada beton, maka semakin rendah nilai kuat tekan yang tercapai. Selain itu penggunaan variasi *curing* air laut dan agregat batu pantai pada beton juga mengalami kondisi yang sama yaitu tidak tercapainya nilai kuat tekan beton. Nilai rata-rata kuat tekan beton dengan suhu pengovenan 200° C untuk variasi beton agregat batu pantai *curing* air PDAM adalah 22,88 MPa dan untuk variasi beton agregat batu pantai *curing* air laut adalah 21,06 MPa. Tidak tercapainya nilai kuat tekan dari hasil pengujian disebabkan oleh berbagai faktor berdasarkan penarikan analisa sebelumnya.

Pengaruh suhu, kandungan air laut dan kekuatan agregat batu pantai secara tidak langsung menjadi faktor utama yang mempengaruhi dan memberikan dampak yang spesifik terhadap tercapainya atau tidak tercapainya nilai kuat tekan beton sehingga menunjukkan adanya perubahan pada mikrostruktur beton. Hasil investigasi mikroskopi dan informasi visual dari penelitian laboratorium akan banyak memperjelas bagaimana dan apa saja perubahan mikrostruktur yang terjadi pada beton sehingga korelasi hubungan pengamatan dan penarikan analisa dari berbagai faktor diatas akan dibuktikan dengan analisa foto SEM. Berikut ini perbandingan hasil foto SEM mikrostruktur beton berdasarkan perbesarannya.

1. SEM Beton dengan Perbesaran 2500 x

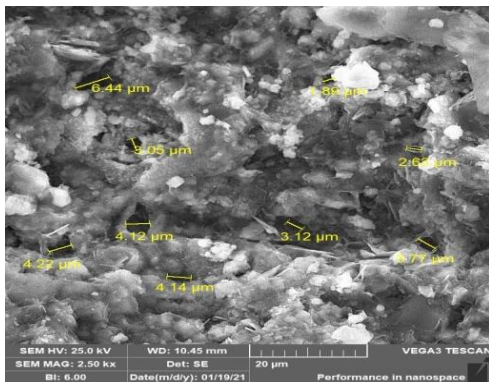


Gambar 2. SEM Beton Agregat Batu Pantai *Curing* Air PDAM

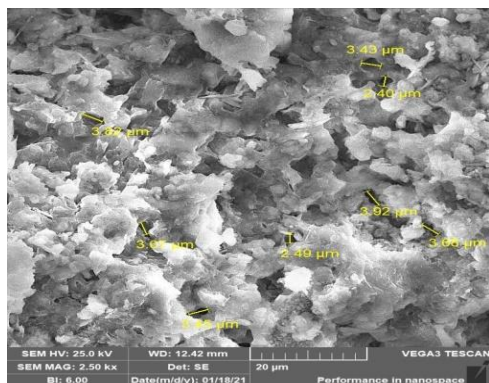


Gambar 3. SEM Beton Agregat Batu Pantai *Curing* Air Laut

2. SEM Beton Ukuran Pori Perbesaran 2500 x



Gambar 4. SEM Beton Agregat Batu Pantai *Curing* Air PDAM

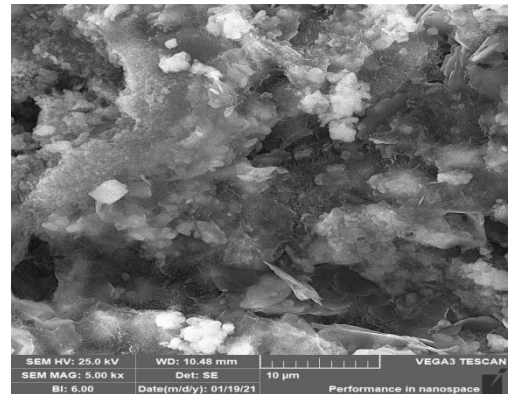


Gambar 5. SEM Beton Agregat Batu Pantai *Curing* Air Laut

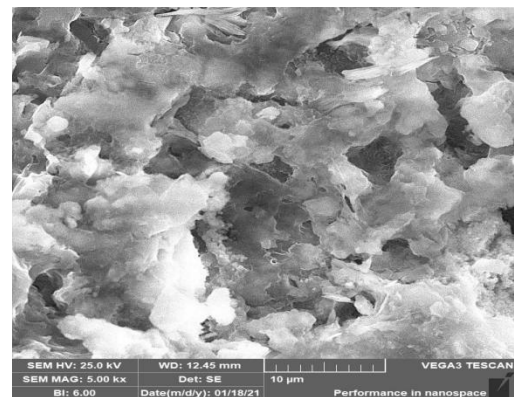
Gambar 3 dan Gambar 4 hasil foto SEM pada kondisi *curing* air PDAM terlihat rongga-rongga pada struktur beton dengan rata-rata ukuran pori 3,71  $\mu\text{m}$ , ukuran terkecil pori 1,89  $\mu\text{m}$  dan ukuran terbesar pori 6,44  $\mu\text{m}$ . Gambar 5 hasil foto SEM pada kondisi *curing* air laut terlihat rongga-rongga pada struktur beton dengan rata-rata ukuran pori 3,21  $\mu\text{m}$ , ukuran terkecil pori 2,40  $\mu\text{m}$  dan ukuran terbesar pori 3,92  $\mu\text{m}$ . Karena beton mengalami peningkatan suhu pada saat pengovenan, air

yang terkandung dalam pori-pori dan kapiler beton yang menguap menghasilkan rongga-rongga.

2. SEM Beton dengan Perbesaran 5000 x



Gambar 6. SEM Beton Agregat Batu Pantai *Curing* Air PDAM



Gambar 7. SEM Beton Agregat Batu Pantai *Curing* Air Laut

Hasil perbandingan foto SEM diatas menunjukkan mikrostruktur permukaan beton dengan jenis ukuran perbesaran 2500x dan 5000x. Sudah mulai terlihat perubahan yang terjadi bahwa struktur beton memiliki banyak rongga. Hal ini bisa terjadi akibat suhu panas yang diterima beton pada saat proses pengovenan sehingga air yang mengisi pori-pori pada beton mengalami penguapan.

Pada Gambar 1,2,3 & 4 hasil foto SEM kondisi *curing* air PDAM dapat dilihat permukaan struktur yang berwarna putih merupakan senyawa kandungan semen yang ikut terkelupas (*spalling*). Sehingga dapat dikatakan bahwa pengaruh suhu pada beton mengakibatkan penguapan air pada kapiler pori-pori beton dan pemuaiian ikatan pasta semen yang mengakibatkan nilai kuat beton tidak tercapai.

Pada Gambar 5 & 6 hasil foto SEM kondisi *curing* air laut terlihat lebih banyak permukaan struktur berwarna keputih-putihan. Perendaman beton (*curing*) air laut

selama 28 hari menyebabkan kandungan garam mengendap ke dalam struktur beton. Berdasarkan data hasil penelitian air laut (tabel 2), kandungan sulfat ( $\text{SO}_4$ ) 8900 mg/L dan natrium (Na) 8970,25 mg/L merupakan senyawa kimia yang paling dominan terkandung dalam air laut. Kandungan senyawa kimia garam dari proses perendaman air laut akan bereaksi secara kimiawi dengan ikatan beton yang mengakibatkan garam mengkristal di dalam rongga beton dan menutup sebagian rongga pori-pori beton, sehingga memperlambat proses pengikatan semen dan mengurangi kekuatan beton. Kristalisasi garam inilah yang berwarna keputih-putihan pada hasil analisa foto SEM.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh suhu pada proses pengovenan beton, kandungan kimia air laut pada proses *curing* beton selama 28 hari, dan kekuatan batu pantai sebagai agregat kasar pada beton sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton yang mengakibatkan nilai kuat tekan beton melemah dan beton tidak mencapai mutu  $f_c' 30$  MPa.
2. Hasil analisa foto SEM terhadap perubahan mikrostruktur beton menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton yang tidak mencapai  $f_c' 30$  MPa disebabkan oleh pengaruh suhu tinggi pada beton akibat proses penguapan dan kehilangan air sehingga terdapat rongga – rongga pada struktur beton, selain itu kandungan senyawa kimia garam dari proses perendaman air laut selama 28 hari pada beton akan bereaksi secara kimiawi dengan ikatan beton yang mengakibatkan garam mengkristal dalam rongga beton dan menutup sebagian rongga pori-pori beton sehingga memperlambat proses pengikatan semen, merusak struktur beton dan mengurangi kekuatan beton. Pada temperatur suhu pengovenan  $200^\circ\text{C}$  kondisi *curing* air PDAM terlihat rongga-rongga pada struktur beton dengan rata-rata ukuran pori  $3,71 \mu\text{m}$ , ukuran pori terkecil  $1,89 \mu\text{m}$  dan ukuran pori terbesar  $6,44 \mu\text{m}$ . Sedangkan pada temperatur suhu pengovenan  $200^\circ\text{C}$  kondisi *curing* air laut terlihat rongga-rongga pada struktur beton dengan rata-rata ukuran pori  $3,21 \mu\text{m}$  ukuran pori terkecil  $2,40 \mu\text{m}$  dan ukuran pori terbesar  $3,92 \mu\text{m}$ .

#### Daftar Pustaka

Hani'a, Audiyati Ishmata. 2019. *Analisa Penggunaan Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) sebagai Additive pada Semen Tipe II dan Tipe V terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi  $FC' 50$  MPa*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri Palembang.

- Sibarani, Roni Lunggu. 2017. *Pengaruh Batu Karang sebagai Pengganti Agregat Kasar terhadap Sifat Mekanik Beton dengan Bahan Tambah Superplasticizer*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Volume 16 : 2.
- Rakhman, Ade Kurnia. 2018. *Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Karakteristik Beton yang Menggunakan Water Reducer dan Retarder*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Ahmad, Irma Aswani., Taufieq, Nur Anny Suryaningsih., dan Aras, Abdul Hamid. 2009. *Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.
- Khadavi., Rita, Eva., dan Rahman, Dhafin Fadhlur. 2017. *Perbandingan Perawatan Beton menggunakan Air Laut dan Air Tawar terhadap Nilai Kuat Tekan Beton*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bung Hatta Padang.
- Mulyono, Slamet Budi., dan Prayitno, Nadia. 2015. *Studi Pengaruh Air Payau dalam Mix design Beton untuk Pembuatan Konstruksi Dermaga Akibat Rendaman Air Laut*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, Volume 7 : 1.
- Syamsuddin, Ristinah, Wicaksono, Agung., dan M, Fauzan Fazairin. 2011. *Pengaruh Air Laut pada Perawatan (Curing) Beton terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton dengan Variasi Faktor Air Semen dan Durasi Perawatan*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Volume 5 : 2.
- Setyowati, Edhi Wahyuni. 2016. *Pengaruh Perubahan Mikrostruktur Beton Akibat Suhu Tinggi terhadap Lebar Retak Balok Beton Bertulang*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Volume 10 : 2.
- Remigildus C, Elia , Nini, 2014. *Kajian Kuat Tekan Beton Pasca Bakar dengan dan Tanpa Perendaman Berdasarkan Variasi Mutu Beton* Jurnal Teknik Sipil Universitas FST Undana Volume 3. No.2
- Karisa, Edhi, Eko, Suryo, 2016. *Struktur mikro pada beton dengan limbah batu onyx sebagai pengganti agregat kasar*. Naskah Publikasi Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.