

**PENGARUH CAT ANTIFOULING TEMBAGA OKSIDA TERHADAP SIFAT MORTAR
BERBASIS SEMEN DENGAN PERENDAMAN AIR LAUT**

JURNAL ILMIAH



Oleh :

RIZKY FEBRIAN SUTRISNO

123.18.010

PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL

FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN

INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG

202

**PENGARUH CAT ANTIFOULING TEMBAGA OKSIDA TERHADAP SIFAT MORTAR
BERBASIS SEMEN DENGAN PERENDAMAN AIR LAUT**

RIZKY FEBRIAN SUTRISNO¹, ANDRIE HARMAJI²

PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI, INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG

EMAIL : rizky.bossun@gmail.com

ABSTRAK

Tembaga oksida atau *Cuprous Oxide* adalah senyawa anorganik dengan rumus Cu_2O . Padatan hitam tersebut adalah salah satu dari dua oksida stabil dari tembaga, Cu_2O (tembaga oksida) sebagai zat aktif anti biota yang selanjutnya disebut dengan lapis lindung cat antifouling.

Dengan menggunakan perendaman air laut dengan beberapa variasi campuran cat dan tembaga oksida 2.5, 5, 7.5, 10 dan *copper film*. Pada percobaan ini melakukan pembuatan mortar 5 cm x 5 cm x 5cm, bertujuan untuk pengaplikasian cat antifouling lalu perendaman air laut dengan umur 7 hari dan 28 hari. Di analisis menggunakan uji tekan dan uji SEM.

Pada penelitian ini Penambahan Cat antifouling pada mortar mempengaruhi penurunan yang diakibatkan perendaman air laut lebih lama untuk turun kekuatannya dibandingkan dengan yang tidak di *coating* dikarenakan air laut memiliki sifat fisik maupun kimia air laut dapat pula disebabkan oleh penempelan biota laut.

KATA KUNCI : Tembaga oksida, Cat *antifouling*, mortar, air laut

ABSTRACT

Copper oxide or Cuprous Oxide is an inorganic compound with the formula Cu_2O . The black solid is one of two stable oxides of copper, Cu_2O (copper oxide) as an anti-biota active substance, hereinafter referred to as antifouling paint protection layer.

By using sea water immersion with several variations of a mixture of paint and copper oxide 2.5, 5, 7.5, 10 and copper film. In this experiment, 5 cm x 5 cm x 5 cm was made of mortar,

aiming to apply antifouling paint and then soaking in seawater for 7 days and 28 days. In the analysis using the pressure test and SEM test.

In this study, the addition of antifouling paint to the mortar affected the decrease caused by soaking seawater for longer to decrease its strength compared to the uncoated because seawater has physical and chemical properties of seawater, which can also be caused by the attachment of marine biota.

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan suatu negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 17.508 pulau dengan garis pantai sepanjang 81.000 km.

Untuk memperlancar roda perekonomian, maka antara satu pulau dengan pulau lainnya, banyak dibangun prasarana transportasi berupa jembatan beton atau jembatan komposit antara bahan beton dan baja, serta banyak pula dibangun pelabuhan laut maupun dermaga yang saat ini banyak mengalami kerusakan, sehingga memerlukan suatu perbaikan dan perawatan yang rutin.

Peristiwa korosi atau degradasi komponen beton dan baja jembatan di lingkungan laut, selain disebabkan oleh faktor-faktor atmosferik dan sifat fisik maupun kimia air laut dapat pula disebabkan oleh penempelan biota laut.

Beberapa biota yang hidup di laut ada yang mengembangkan cara hidupnya dengan menempel pada benda-benda yang terendam air laut baik untuk sementara maupun permanen misalnya pada perahu dan tiang dermaga atau berupa besi misalnya kapal, beton penyangga jembatan atau jalan, dalam

istilah biologi dinamakan organisme sessilis.

Beton yang ditemplei teritip, akan menjadi lebih rapuh dibandingkan dengan beton yang tidak ditemplei, hal tersebut diakibatkan oleh terbentuknya lingkungan asam di sekitar beton akibat proses metabolisme teritip, seperti diketahui lingkungan asam akan berpengaruh terhadap lemahnya ikatan hidrolis semen dengan air sehingga menyebabkan beton menjadi rapuh. kondisi tersebut akan semakin diperparah oleh adanya difusivitas air laut dan abrasi beton yang diakibatkan oleh arus air laut, sehingga laju penetrasi ion-ion klorida ke dalam beton menjadi semakin cepat, yang apabila mencapai tulangan beton dapat menyebabkan terjadinya karat pada tulangan.

Salah satu cara penanggulangan yang paling banyak dilakukan saat ini adalah dengan menggunakan cat antifouling yaitu cat yang mengandung senyawa biosida yang biasanya terdiri dari senyawa cupric oxide yang bersifat anti mikroba, cat jenis ini umumnya diaplikasikan pada kapal laut dan akan aktif apabila kapal laut tersebut bergerak, tipe antifouling dinamis, tidak akan bekerja secara efektif apabila

diaplikasikan pada struktur bangunan bawah jembatan karena jembatan bersifat statis, sehingga perlu dicari formula cat antifouling yang dapat bekerja efektif pada struktur statis serta yang bersifat ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini akan dianalisis hasil dari variasi tembaga oksida pada campuran cat terhadap mortar dengan uji tekan dan uji SEM untuk mengamati morfologi dari sampel.

B. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 ALAT DAN BAHAN

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah alat pengaduk semen, tempat untuk sampel perendaman, timbangan pencetak mortar, alat uji tekan dan alat uji SEM.

Bahan yang digunakan adalah air laut, semen, air, pasir, cat tembok, Cu₂O bubuk dan *copper film*.

2.2 PROSEDUR PERCOBAAN

2.2.1 PEMBUATAN SAMPEL

Sampel yang digunakan yaitu beton dengan bentuk seperti kubus dengan sisi 5 cm x 5 cm x 5 cm, dibutuhkan untuk satu variantnya yaitu 1100 g pasir, 400 g semen dan 200 mL air, satu variant 6 sampel.

Dibuat sebanyak 7 variant dengan variant seperti berikut :

1. No coating
2. Coating
3. Coating + Cu₂O 2.5
4. Coating + Cu₂O 5
5. Coating + Cu₂O 7.5
6. Coating + Cu₂O 10
7. Cu₂O Film

Dengan percobaan 2 sampel untuk 7 hari pencelupan air laut, lalu 2 sampel untuk 28 hari pencelupan air laut, 2 sampel untuk dibelah dan 2 sampel lagi untuk disimpan.

Pertama melakukan pengecoran kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm dengan cetakan mortar, pertama dibuat dulu setengah variant karena cetakan hanya bias membuat 3 sampel dahulu dengan semen sebanyak 200 g pasir 550 g lalu air 100 mL, Lalu dibuat setengah lagi variant dengan komposisi yang sama yaitu semen sebanyak 200 g lalu pasir 550 g dan air 100 mL.

Lalu dilakukan coating menggunakan cat sebanyak 10 mL dan tembaga oksida sesuai variant yang dibutuhkan yaitu 2.5, 5, 7.5, 10 dan Cu₂O *film*.

2.2.2 PENCELUPAN DALAM AIR LAUT

Penelitian tentang pencelupan dalam air laut berfungsi untuk mengetahui apakah mortar yang dibuat bisa terlindungi dari biota laut terhadap laju kerusakan struktur mortar,

jenis dan karakteristik biota laut penempel serta uji coba penanganan dengan menggunakan lapis lindung cat yang mengandung biosida Cu₂O (tembaga oksida) sebagai zat aktif anti biota yang selanjutnya disebut dengan lapis lindung cat antifouling.

2.2.3 UJI TEKAN

Pengujian uji tekan dilakukan untuk mengetahui tekanan mortar apakah yang sudah direndam dalam air laut mengalami perubahan sesuai dengan variant yang di gunakan. Jika beton yang hendak diuji sudah disiapkan dengan baik, selanjutnya siapkan alat uji kuat tekan beton. Alat ini secara khusus dirancang untuk menguji kuat tekan pada beton. Letakkan beton yang akan diuji tepat pada bagian tengah mesin uji.

Operasikan mesin uji dengan penambahan beban yang konstan antara 2 Kg/cm² sampai dengan 4 Kg/cm² per detik. Uji beban ini terus dilakukan sampai beton uji hancur. Catat dengan baik beban maksimum selama pengujian dilakukan. Catat pula kondisi beton uji dan gambar bentuk pecahannya.

Dari data tersebut, selanjutnya bisa dihitung kuat tekan beton dengan menggunakan rumus P/A (Kg/cm²). Dalam rumus ini, P adalah beban maksimum dengan

satuan Kg. Sedangkan A adalah luas penampang benda uji dengan satuan Cm².

Uji kuat tekan beton umumnya dilakukan pada beton usia 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Kemudian hasil uji diambil dari nilai rata-rata paling tidak 2 beton yang diuji. Dengan cara ini, dapat diperoleh hasil yang akurat.

Dengan melakukan uji kuat tekan beton melalui cara yang benar dan cermat, maka kegagalan struktur bangunan bisa dihindari. Dengan cara ini, beton yang digunakan dalam proses pembangunan memiliki kualitas yang sama atau paling tidak mendekati perencanaan dicari densitas.

2.2.4 UJI SEM

Pengujian dilakukan untuk melihat morfologi struktur mortar setelah di lakukan perendaman air laut dan uji tekan mortar. Untuk mengetahui apakah hasil dari yang tidak di *coating*, *coating* + Cu₂O 10 dan *copper film* lebih baik yang mana. Dilakukan perbesaran 1000x, 5000x dan 10000x.

1. Menyiapkan spesimen yang akan di uji.
2. Mengamplas sebagian permukaan spesimen yang akan di uji sampai terlihat serat yang ada.
3. Memotong spesimen sesuai ukuran pada mesin foto pengujian SEM.

4. Melakukan coating pada permukaan spesimen yang akan di uji dengan emas atau platina.

5. Meletakkan spesimen yang sudah siap diuji kedalam mesin foto pengujian SEM.

6. Melakukan Pengujian.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 PENGARUH TEMBAGA OKSIDA PADA MORTAR SETELAH PENCAMPURAN

Dilihat setelah perendaman air laut warna mortar menjadi biru, pada semen terdapat sulfur bereaksi dengan *copper oksida* CuSO₄, karena terjadinya Serangan sulfat adalah salah satu dari beberapa mekanisme kimia kerusakan beton. Paparan struktur beton di lingkungan sulfat dapat menyebabkan perubahan kimia, mikro, dan fisik yang merugikan dalam matriks beton, yang mengakibatkan kerusakan serius dan pengurangan masa pakai.

Penggantian sebagian semen dengan terak merupakan salah satu metode yang efisien untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan sulfat. Dalam makalah ini kinerja terak tembaga yang terkandung dalam beton dalam larutan sulfat diselidiki. Berkaitan dengan hal tersebut, dilakukan studi eksperimental yang meliputi pengukuran ekspansi, penurunan kuat tekan

dan analisis mikrostruktur dalam larutan sulfat pada beton yang dibuat dengan mengganti 0%, 5%, 10% dan 15% semen dengan limbah terak tembaga.

Hasil penelitian ini menekankan efektivitas penggantian terak tembaga dalam meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan sulfat. Itu dapat membuat sampel lebih kuat karena ada uji yang naik dan turun diakibatkan perlindungan dari CuSO₄ pada serangan sulfat yang mengakibatkan mortar bewarna biru.

3.2 PENGARUH CAT ANTIFOULING PADA MORTAR DENGAN UJI TEKAN

Setelah dilakukannya perendaman air laut selama 7 dan 28 hari, masuk ke proses uji tekan untuk mengetahui aplikasi dari tembaga oksida. Setelah di dapat data dari bab sebelumnya data uji tekan di rubah ke satuan MPa.

Sa mp el	B er at (g)	Lu as bid an g tek an (c	Be ba n ma ks (kg)	Kuat tekan (Kg/c m ²)	Vol um e kub us	Uji den sitas (kg/ m ³)
----------------	--------------------------	---	---------------------------------------	--	-----------------------------	--

		m^2)				
No Co atin g 7 hari	22 9	22. 5	20 23. 8	89.94 66666 7	125	0.18 32
No Co atin g 28 hari	22 0	22. 5	17 12. 9	76.12 88888 9	125	0.17 6
Co atin g 7 hari	25 4	25	21 14. 8	84.59 2	125	0.20 32
Co atin g 28 hari	24 4	24	19 30. 9	80.45 41666 7	125	0.19 52
Co atin g + Cu 20 2.5 + 7 hari	22 3	22. 5	18 04	80.17 77777 8	125	0.17 84

Co atin g + Cu 20 2.5 + 28 hari	24 9	25	17 35. 8	69.43 2	125	0.19 92
Co atin g + Cu 20 5 + 7 hari	22 1	22	13 60	61.81 81818 2	125	0.17 68
Co atin g + Cu 20 5 + 28 hari	24 6	24	16 45. 3	68.55 41666 7	125	0.19 68
Co atin g + Cu 20 7.5	23 6	25	19 24. 3	76.97 2	125	0.18 88

+ 7 hari						
Coating + Cu 2O 7.5 + 28 hari	25	25	19	77.72	125	0.20
	3		43.	8		24
			2			
Coating + Cu 2O 10 + 7 hari	24	25	17	69.87	125	0.19
	6		46.	6		68
			9			

Tabel 3.1 Tabel hasil uji tekan

Metode uji densitas, nilai kuat tekan dan juga persentase penyerapan air dilakukan pada semua sampel yang telah dibuat. Pertama menghitung densitas masing masing sampel dengan cara menentukan densitas campuran beton segar dan memberikan beberapa persamaan untuk menghitung volume produksi dalam beton untuk mengetahui densitas dicari dahulu volume dari beton berbentuk kubus dengan rumus :

$$V = S \times S \times S$$

$$V = 5 \times 5 \times 5$$

$$V = 125 \text{ cm}^3$$

Setelah volume beton dari masing-masing sample diketahui baru dihitung nilai densitasnya dengan menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan densitas pada beton campuran normal dengan massa isi beton sebesar 229 gram atau 0.229 Kg sehingga besar densitas dari salah satu sampel beton adalah :

$$\rho = \frac{229}{125} \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = 1.832 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = 0.1832 \text{ Kg/cm}^3$$

Dari perhitungan tersebut nilai pada tabel ini maka di dapat nilai paling besar didapat pada sampel *coating* perendaman air laut 7 hari dengan nilai 0.2032 lalu nilai paling kecil di dapat pada sampel *no coating* perendaman air laut 28 hari. Tujuan pengujian Densitas adalah untuk menentukan kepadatan beton segar dan untuk mengetahui apakah nilai Densitas beton sebenarnya sudah memenuhi nilai Densitas beton rencana.

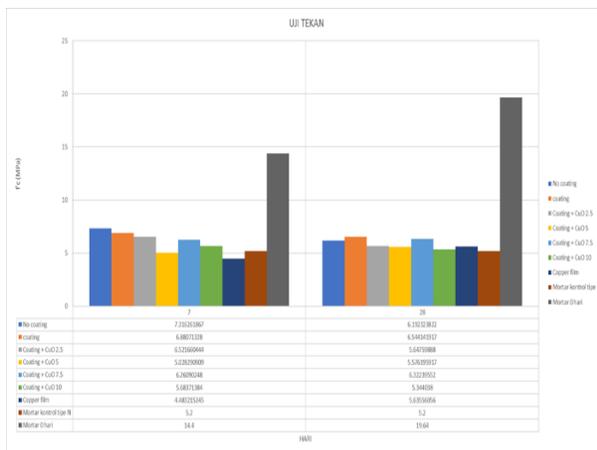
Lalu dirubah menjadi satuan MPa :

Sampel	f'c (MPa)
No Coating 7 hari	7.316261867
No Coating 28 hari	6.192323822
Coating 7 hari	6.88071328
Coating 28 hari	6.544141917
Coating + Cu2O 2.5 + 7 hari	6.521660444

Coating + Cu2O 2.5 + 28 hari	5.64759888
Coating + Cu2O 5 + 7 hari	5.028290909

Tabel 3.2 Hasil uji tekan jadi MPa

Terlihat dari hasil yang didapat beberapa nilai yang naik dan turun diakibatkan *copper oxide* dengan CuSO₄. Menggunakan perbandingan dengan Mortar tipe N SNI 03-6825-2002 dengan tekanan 5.2 MPa dibandingkan dari hasil yang paling baik sekitar 7 MPa.



Gambar 3.1 Grafik uji tekan

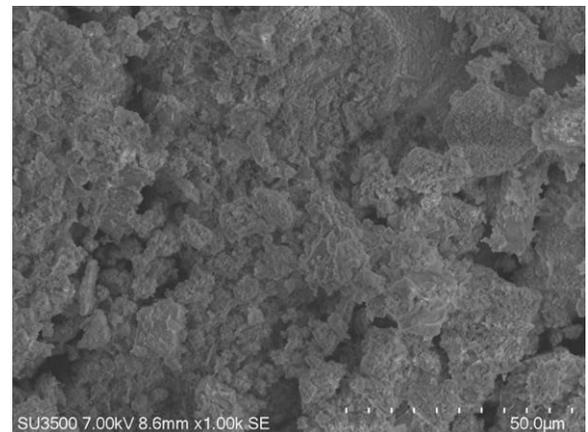
Penggunaan cat *antifouling* yang dapat mempengaruhi dari yang no coating sampai penggunaan copper film perbandingan dengan yang 7 hari dan 28 hari kalau uji tekan nilainya turun tapi ada juga yang nilainya naik. Pada pencampuran cat dengan Cu2O 5 dan 7.5 terjadi yang mengakibatkan nilai tekan yang naik, nilai yang turun dikarenakan

senyawa dari tembaga oksida masih bisa tembus terhadap air laut dibandingkan dengan nilai yang naik terlindungi karena bereaksinya CuSO₄ dengan *copper*.

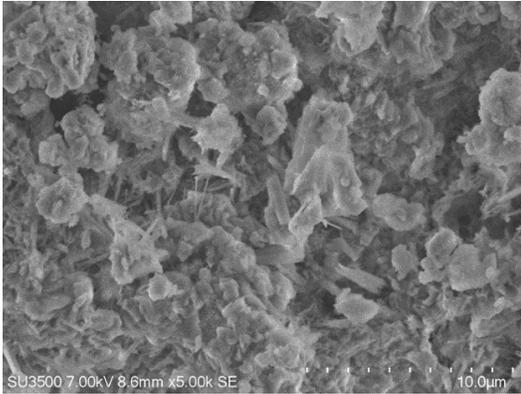
3.3 ANALISIS MORFOLOGI SEM

Pada pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi setelah dilakukannya perendaman air laut dan uji tekan, berikut gambar hasil dari pengujian SEM dari sampel mortar no coating, coating + Cu2O 10 dan copper film dilakukan perbesaran sebanyak 3 dengan perbesaran 1000x, 5000x dan 10000x.

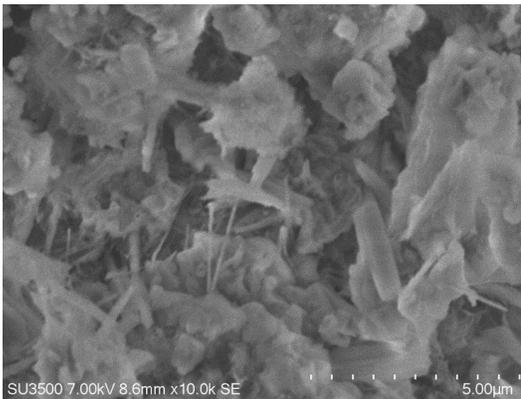
a. No Coating



Gambar 3.2 Perbesaran 1000x



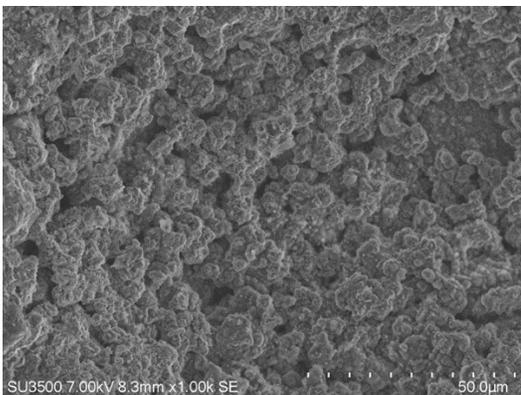
Gambar 3.3 perbesaran 5000x



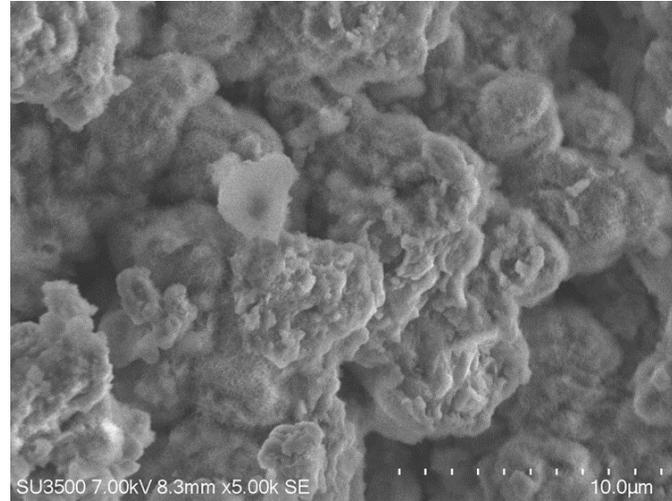
Gambar 3.4 perbesaran

10000x

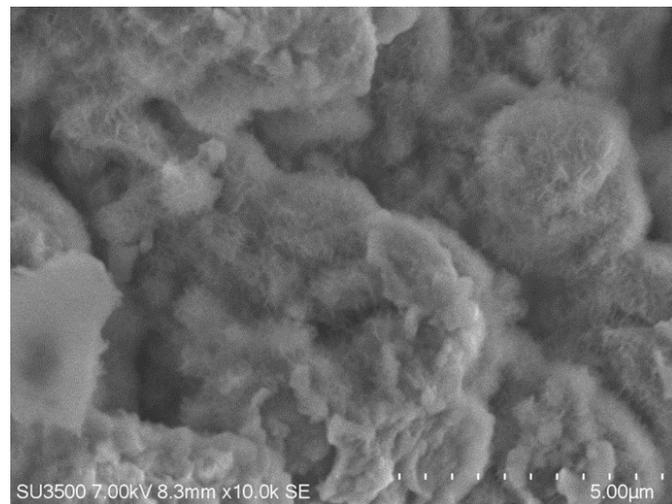
b. Coating + Cu₂O 10



Gambar 3.5 perbesaran 1000x



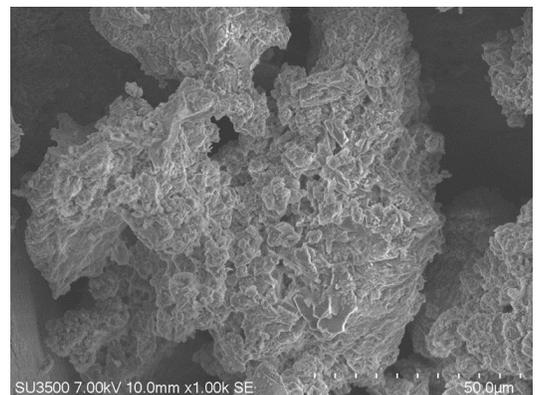
Gambar 3.6 perbesaran 5000x



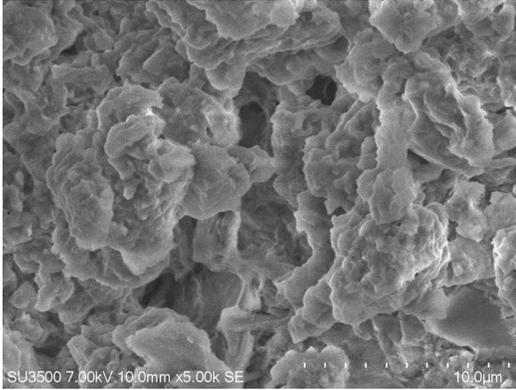
Gambar 3.7 perbesaran

10000x

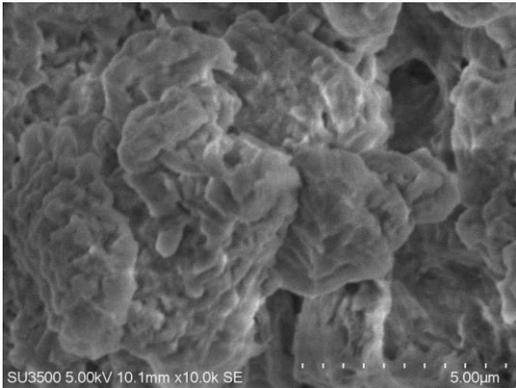
c. *Copper film*



Gambar 3.8 perbesaran 1000x



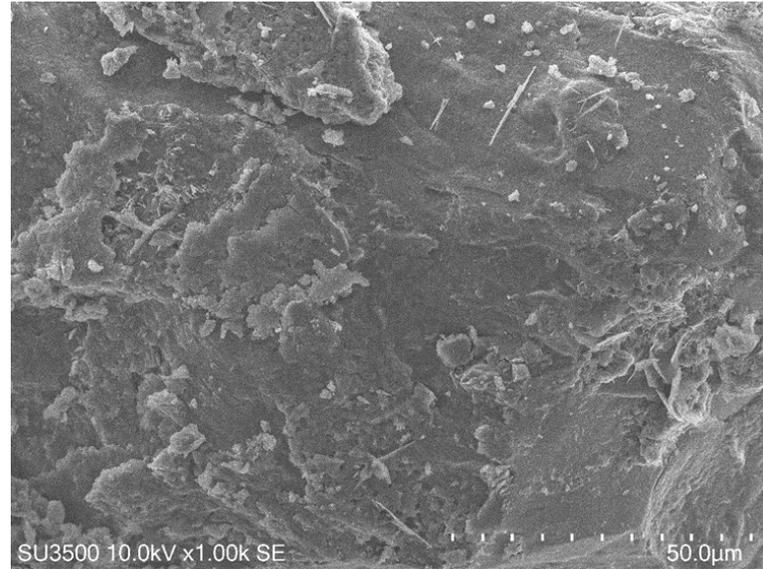
Gambar 3.9 perbesaran 5000x



Gambar 3.10 perbesaran 10000x

Pada sampel mortar tidak di cat terlihat banyak sekali terbentuknya ettringite akibat reaksi kimia antara unsur kalsium di dalam beton dengan garam sulfat dari luar. Sama seperti karat pada besi, ettringite yang terjadi menyebabkan pengembangan volume beton sehingga menyebabkan massa beton terdesak dan pecah, CaOH_2 (CH) itu produk sisa semen yg tidak bereaksi itu mengakibatkan penurunan kekuatan pada beton secara jauh. Pada sampel mortar yang menggunakan cat *antifouling* dan *copper film* tidak terlalu banyak terbentuknya kristal

ettringite, akan tetapi perbedaan penggunaan cat dengan *copper film* terlihat pada jarak porositas pada copper film lebih besar dibandingkan dengan cat *antifouling*.



Terlihat pada SEM mortar kontrol terdapat SCH yang banyak, Kalsium silikat hidrat (atau C-S-H) adalah produk utama hidrasi semen Portland dan terutama bertanggung jawab atas kekuatan dalam bahan berbasis semen.. Ini telah dipelajari secara intensif selama beberapa dekade. CSH dapat diperoleh dengan hidrasi C3S dan -C2S atau dengan pengendapan dari larutan berair yang mengandung garam Ca dan ion silikat. CSH memiliki berbagai komposisi kimia.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

1. Penambahan Cat antifouling pada mortar mempengaruhi penurunan

yang diakibatkan perendaman air laut lebih lama untuk turun kekuatannya dibandingkan dengan yang tidak di *coating* dikarenakan air laut memiliki sifat fisik maupun kimia air laut dapat pula disebabkan oleh penempelan biota laut.

2. Dari hasil SEM bisa di dapatkan alasan kenapa uji tekan yang tidak di *coating* menurun lebih jauh dibandingkan dengan yang di *coating* terlihat turun yang tidak terlalu signifikan, itu diakibatkan konsentrasi tegangan sehingga kekuatan mortar rendah
3. Penambahan Cu_2O atau menggunakan *copper film* di dapat hasil lebih baik menggunakan Cu_2O dikarenakan celah dari *copper film* lebih besar dibandingkan dengan Cu_2O yang mengakibatkan kekuatan pada Cu_2O lebih besar dibandingkan dengan *copper film*

4.2 SARAN

1. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dengan penambahan cat *antifouling* bisa membuat kekuatan mortar menurun secara perlahan dibandingkan dengan yang tidak di cat yang kekuatannya menurun jauh,

maka penambahan cat *antifouling* dapat diterapkan di lapangan dalam pengecatan beton jembatan laut.

2. Dalam membuat sampel dianjurkan menggunakan cetakan yang mudah dilepas agar hasil sampel presisi
3. Dalam pencampuran antar cat dengan Cu_2O lebih merata agar dapat menghasilkan hasil yang lebih baik

Saat perendaman sampel dalam air laut memilih tempat untuk merendam sample yang lebih besar

E. DAFTAR PUSTAKA

1. Ompère, C., Bellon-Fontaine, M.N., Bertrand ,P., Costa, D., Marcus, P., Poleunis ,C., Pradier, C-M., Rondot, B. and Walls, M.G. (2001). Kinetics of conditioning layer formation on stainless steel immersed in seawater *Biofouling*, 17(2): 129-145.
2. Darsono, P. dan Hutomo, M. 1983. Komunitas Biota Penempel di Perairan Suralaya, Selat Malaka. *Jurnal Oseanologi di Indonesia* 16 : 29 – 41.

3. Lynn Jackson. (2008). Marine Biofouling: An Assesment of Risk and Management Initiatives. UNEP Regional Seas Programme. 68 pp. ASTM D 3623-78(a) (2012),” Standard Test Method for Testing Antifouling Panels In Shallow Submergence”.
4. BSN. 2002b. SNI 03–6825-2002 (Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil). BSN, Jakarta.
5. Prasetyo, Y. 2011. Scanning Electron Microscope dan Optical Emission Spectroscope.<http://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanning-electron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectroscope-oes>.
6. BSN. 2000. SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal). BSN, Jakarta.
7. BSN. 2002a. SNI 03–2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton. Untuk Bangunan Gedung). BSN, Jakarta.