

MODEL DAN FORMULASI PENCEGAHAN, PEMERIKSAAN DAN PENANGANAN KERUSAKAN BANGUNAN BETON BERTULANG DAN BAJA AKIBAT KOROSI AIR LAUT DAN BIOTA LAUT

Henry Hartono¹⁾, Endang Mastuti W.²⁾, dan Tuti Rahayu³⁾

¹⁾ Dosen Tetap Jurusan Teknik Sipil, FT. UMS

²⁾ Dosen Tetap Jurusan Teknik Kimia, FT. UNS

³⁾ Dosen Tetap Jurusan Biologi, FKIP UMS

ABSTRAK

Munculnya penelitian ini diawali adanya kesadaran peneliti mengenai keberadaan negara Indonesia yang merupakan negara kepulauan, yaitu terdiri lebih dari 10.000 buah pulau yang menyebar dari wilayah Sabang hingga Merauke. Diantara pulau-pulau tersebut, banyak dibangun prasarana transportasi berupa jembatan beton / komposit antara bahan beton dan baja serta banyak dibangun pelabuhan laut maupun dermaga yang saat ini banyak mengalami kerusakan, sehingga memerlukan suatu perbaikan dan perawatan yang rutin. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui dengan tepat penyebab terjadinya kerusakan secara rinci, juga mengetahui mekanisme terjadinya proses kerusakan bangunan beton bertulang dan baja oleh air laut dan biota laut, serta mendapatkan metode yang efektif untuk pencegahan terjadinya kerusakan bangunan beton bertulang dan baja. Cara pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji beton bertulang dan baja yang dibiarkan terendam dalam air laut, baik di laut maupun di laboratorium. Hasil yang diperoleh adalah model dan suatu formula tentang pencegahan, dan mekanisme proses terjadinya kerusakan bangunan beton bertulang dan baja yang disebabkan oleh air laut dan biota laut; mendapatkan identifikasi penyebab terjadinya kerusakan dan mendapatkan pula atau merencanakan / mengupayakan metode yang dapat mencegah terjadinya kerusakan pada bangunan beton bertulang dan baja yang disebabkan oleh korosi air laut dan biota laut, serta penanganan kerusakan bangunan beton bertulang dan baja.

Kata Kunci: *Bangunan beton bertulang, baja, korosi air laut dan biota laut.*

ABSTRACT

The resear is originated by the writer's intention to know the location of Indonesia as the archipelago country, consisting of more than 10,000 island spreading from Sabang to Merauke. Among the islands, there are many transportation tools building like composite bridge of concrete and steel and harbor which have damaged, so that it needs routine repair and maintenance. The study aims to know the details causes of damage and to know damage process mechanism of concrete building by sea water and biota. It purposes to get effective method to prevent damage of the building. The study is conducted by making test-item of concrete steel building submerging in the sea water and in the laboratory. The result of the study shows that: 1) the test-item seems to be adhered by sea biota like plankton, food of sea

biota, which can damage the concrete building; 2) the duration of study is five months, so the damage of concrete building has not seen yet, however, the type of sea biota adhering the composite is analyzed. Therefore, the concrete surface is being damaged, so when it is adhered by sea biota which can damage the concrete building. On that counterpart, it may cause corrosion like the case of stake in Suramadu Bridge. (The concrete is adhered by planktons and sea biota, which may damage the concrete. Besides, by secreting certain enzyme, the concrete can be benign and corrosion); 3) the effective method to prevent damage on concrete building is performed by having coating (with certain chemicals) in order that the concrete can be protected in certain periods; 4) the concrete quality of concrete pressure submerging in the water, obviously lower than the quality of concrete which is not submerged, because sea water is worse than the other water in unifying agents contained in concrete/Portland Cement; 5) either concrete quality or agents layering certain coating, obviously better than the quality of concrete or agent which has no coating layer. It is caused by the coating has certain chemicals which can tighten concrete or steel agents; 6) by using SEM method, concrete which has coating seems to have surface protection, so that it can endure the sea water and biota.

Keywords: *concrete building, steel, sea water corrosion and sea biota.*

PENDAHULUAN

Negara Indonesia yang merupakan suatu negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 17.508 pulau, 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. Untuk menunjang kegiatan perbaikan dan perawatan bangunan prasarana transportasi yang berupa jembatan maupun suatu pelabuhan laut atau dermaga diperlukan suatu penelitian yang akurat, agar dapat ditentukan langkah-langkah pencegahan supaya tidak terjadi kerusakan dan sekaligus juga dapat ditentukan tindakan perbaikan yang harus dilaksanakan untuk mengatasi kerusakan yang terjadi.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimana mekanisme proses terjadinya kerusakan bangunan beton bertulang dan baja oleh air laut dan biota

laut?, (2) jenis bahan apakah yang dapat dipakai untuk pencegahan terjadinya kerusakan bangunan beton bertulang dan baja?, (3) bagaimana menangani kerusakan bangunan beton bertulang dan baja akibat korosi air laut dan biota laut?, dan (4) model dan formulasi apakah yang dapat diperoleh berkaitan dengan kegiatan pencegahan, pemeriksaan dan penanganan kerusakan bangunan beton bertulang dan baja akibat korosi air laut dan biota laut?

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengetahui dengan tepat penyebab terjadinya kerusakan suatu bangunan prasarana, (2) mengetahui mekanisme proses terjadinya kerusakan bangunan beton bertulang dan baja oleh air laut dan biota laut, (3) mendapatkan jenis bahan tertentu untuk pencegahan kerusakan, (4) mendapatkan metode yang efektif untuk penanganan kerusakan bangunan beton bertulang dan baja, dan (5) mendapatkan model dan formulasi yang terkait dengan pencegahan, pemeriksaan dan penanganan kerusakan dan biota laut.

Penelitian sejenis pernah dilakukan oleh Budiono et al (2000) tentang pengaruh korosi terhadap tulangan baja pada kekuatan balok beton bertulang, hasil penelitiannya menunjukkan penurunan kekuatan mencapai 54,28% pada balok beton bertulang dengan mutu beton $f_c^1 = 30$ MPa, cara pelaksanaan penelitian ini terendam dalam air laut dan air biasa/normal. Hasil penelitian yang diperoleh adalah:

1. Benda uji nampak tertempeli oleh biota laut jenis plankton yang merupakan makanan bagi biota laut yang dapat merusak bahan bangunan beton.
2. Mengingat waktu pelaksanaan penelitian hanya 5 (lima) bulan, kerusakan bahan beton belum nampak, tetapi, jika jenis biota laut yang menempel pada beton terkupas, maka permukaan bahan beton tersebut menjadi rusak, sehingga jika nantinya tertempeli oleh biota laut yang dapat merusak bangunan beton, pada bagian-bagian tersebut pasti mengalami keropos beton seperti halnya yang terjadi pada tiang pancang di Jembatan Suramadu. (Bahan beton tertempeli plankton, tertempeli pula biota laut yang dapat merusak bahan beton, dan dengan mengeluarkan enzim tertentu beton dapat diperlunak sehingga mengalami keropos beton)
3. Metode yang efektif untuk pencegahan terjadinya kerusakan pada bahan beton bertulang, yaitu dengan mengadakan pelapisan (*coating* dengan bahan kimia jenis tertentu) sehingga benar-benar bahan beton dapat terlindungi dalam waktu tertentu pula.
4. Kualitas beton terutama kuat tekan beton yang terendam air laut, ternyata lebih rendah dari kualitas beton yang tidak terendam air laut, karena air laut lebih jelek dari air biasa dalam mempersatukan bahan-bahan yang terkandung

dalam Portland Cement/beton.

5. Kualitas beton maupun bahan yang berlapis bahan *coating* tertentu, ternyata lebih baik dari pada kualitas beton maupun bahan yang tidak berlapis *coating*, hal ini dikarenakan bahan *coating* mengandung bahan kimia tertentu yang dapat memperkeras bahan beton maupun baja.
6. Dengan menggunakan metode SEM, bahan beton yang permukaannya berlapis *coating*, nampak suatu lapisan yang melindungi permukaan bahan beton tersebut, sehingga lebih tahan terhadap serangan air laut maupun biota laut.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

1. Beton

Benda uji penelitian yang terbuat dari beton terdiri dari: (1) benda uji beton berbentuk silinder, ukuran $\varnothing 15$ cm, $h = 30$ cm dengan $f_c' = 30$ MPa, (2) benda uji beton bertulang dengan sistem *prestressed*, berupa potongan-potongan tiang pancang (tanpa *Coating*) dengan $h = 30$ cm, $\varnothing 15$ cm, (3) benda uji beton bertulang dengan sistem *prestressed* dengan *coating*, berupa potongan-potongan tiang pancang (*prestressed*) dengan $h = 30$ cm, $\varnothing 15$ cm, (4) benda uji beton bertulang berupa balok beton ukuran 20 cm x 25 cm x 50 cm. (tanpa *coating*), dan (5) benda uji beton bertulang berupa balok beton dengan *coating*. Ukuran 20 cm x 25 cm x 50 cm.

2. Baja

Pipa baja yang biasanya digunakan sebagai pondasi tiang pancang diteliti kuat tarik dan modulus elastisitasnya. Jumlah benda uji 3 x 3, Ukuran baja untuk penelitian di laboratorium : lebar 3 cm, panjang

20 cm, tebal 5 mm. Benda uji baja yang direndam dalam bak air di laboratorium (pengujian korosi) dengan ukuran \varnothing 15 cm, h = 30 cm, tebal 5 mm.

3. Air Laut

Secara umum air laut terdiri dari banyak unsur (NaCl, KCl, MgCl dan sebagainya), namun unsur yang terbanyak kandungannya adalah NaCl (biasanya kandungan NaCl maksimum dalam air laut adalah (3-4%). Dalam penelitian ini digunakan variasi kandungan NaCl di laboratorium : 2, 5%; 3% dan 3, 5%.

4. Biota Laut

Biota laut yang hidup di daerah Tropis (Romimohtarto, Juwana, 1999 dan Widharto 2001) adalah : Bakteri *Anaerobik* (*Sulfate Reducing bacteria*), *Teredo* dan *Barnacle*.

Jenis biota laut adalah sebagai berikut: (1) mikroorganisme (*Desulfobrio*, *Clostridia*, *Pseudomonas* dan sebagainya), (2) jamur (*Aspergillus*, *Pinicillium*, *Torula* dan lain lain), (3) jenis-jenis *Barnacles*, jenis kerang-kerangan, udang-udangan, remis dan lain-lain, dan (4) ganggang laut, *anemon* dan lain-lain

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yaitu kegiatan percobaan yang bertujuan untuk mengetahui dengan tepat penyebab terjadinya kerusakan pada bangunan beton bertulang dan baja serta mengetahui mekanisme proses terjadinya kerusakan sehingga dapat diperoleh metode yang efektif untuk pencegahan dan dapat diperoleh pula teknik perbaikan yang tepat untuk mengatasi kerusakan yang terjadi.

Penelitian ini dirancang dalam lima tahap sebagai berikut:

Tahap I: persiapan, menyusun dengan

mempelajari beberapa literature dan jurnal dari penelitian terkait.

Tahap II: mempersiapkan bahan susun beton dan baja, sekaligus merancang dan membuat benda uji berupa silinder beton, balok beton, potongan tiang pancang serta potongan pipa baja.

Tahap III: perendaman benda uji di laboratorium dan di laut.

Tahap IV: pengujian benda uji di laboratorium.

Tahap V: Analisis data dan pembahasan hasil penelitian disertai pencocokan dengan hipotesis penelitian yang telah dibuat, sekaligus membuat kesimpulan dan saran

Cara Kerja

1. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini:

- Identifikasi kerusakan struktur beton dan baja akibat korosi air laut
- Identifikasi kerusakan struktur beton dan baja akibat biota laut
- Pelaksanaan penelitian di laut (pantai) dan dilaboratorium

2. Penyiapan bahan beton

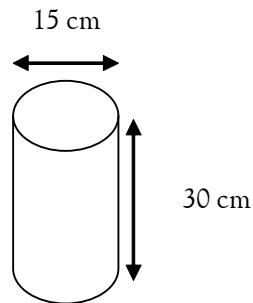
(semua bahan penyusun beton harus memenuhi persyaratan tertentu dalam SKSNI)

- Jenis bahan penyusun beton:
 - Air
 - Semen
Semen Portland yang digunakan adalah jenis II atau V, dibuat oleh PT. Semen Gresik.
 - Agregat halus (pasir)
 - Agregat Kasar
- Komposisi beton (dirancang berdasarkan metode SKSNI-90)
- Cara Pembuatan beton (berdasarkan metode SKSNI-90)

d. Bahan Uji Beton

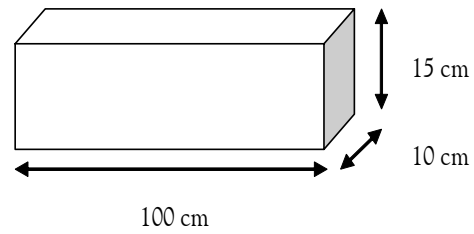
1) Jenis Beton

- Benda uji Silinder Normal
- Benda uji tarik
- Benda uji balok beton ukuran (10 cm x 15 cm x 100 cm)



Gambar 2. Benda uji silinder normal

Gambar 3. Benda uji tarik



Gambar 4. Benda uji balok beton bertulang ukuran (10 cm x 15 cm x 100 cm)

2) Cara pengujian

- Uji kuat tekan beton dengan Universal Testing Machine
- Uji kuat tarik beton Universal Testing Machine
- Uji Modulus Elastisitas dengan *Universal Testing Machine*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pelaksanaan penelitian maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Hasil pemeriksaan uji desak/tekan silinder beton

Tabel 3. Hasil uji tekan silinder beton h= 30 cm, ϕ 15 cm, umur 2 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Kuat tekan 2 bulan	Rata-rata	
			Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	306.33		
2.	Tanpa <i>coating</i>	290.8	290.8	2.51
3.	Tanpa <i>coating</i>	275.44		
4.	Dengan <i>coating</i>	290.88		
5.	Dengan <i>coating</i>	293.48	292.60	28.67
6.	Dengan <i>coating</i>	293.46		

Tabel 4. Hasil uji tekan silinder beton h= 30 cm, ϕ 15 cm, umur 3 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Kuat tekan 3 bulan	Rata-rata	
			Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	294.88		
2.	Tanpa <i>coating</i>	283.09	289.38	28.36
3.	Tanpa <i>coating</i>	290.16		
4.	Dengan <i>coating</i>	297.24		
5.	Dengan <i>coating</i>	287.81	290.95	28.51
6.	Dengan <i>coating</i>	287.81		

Tabel 5. Hasil uji tekan silinder beton h= 30 cm, ϕ 15 cm, umur 4 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Kuat tekan 4 bulan	Rata-rata	
			Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	283.14		
2.	Tanpa <i>coating</i>	280.78	283.92	27.82
3.	Tanpa <i>coating</i>	287.86		
4.	Dengan <i>coating</i>	294.93		
5.	Dengan <i>coating</i>	290.21	292.57	28.67
6.	Dengan <i>coating</i>	292.57		

Tabel 6. Hasil uji tekan silinder beton h= 30 cm, ϕ 15 cm, umur 4 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Kuat tekan 4 bulan	Rata-rata	
			Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i> /normal	309.09		
2.	Tanpa <i>coating</i> /normal	306.73	311.45	30.52
3.	Tanpa <i>coating</i> /normal	318.52		

Dari Tabel 2 sampai dengan Tabel 6, kuat tekan beton silinder yang direndam dalam air laut mengalami pengurangan kuat tekan, jika dibandingkan kuat tekan beton normal yang direndam dalam air biasa, karena air biasa dapat lebih mempersatukan bahan semen yang satu dengan bahan semen lainnya, jika dibandingkan

dengan air laut.

Demikian juga kuat tekan beton yang berlapis bahan *coating*, kuat tekannya lebih tinggi dari pada kuat tekan beton yang tidak ber*coating*. Hal ini disebabkan dari bahan *coating* tersebut mengandung suatu bahan kimia yang dapat memperkeras bahan beton.

2. Hasil pemeriksaan kuat tarik belah

Tabel 7. Hasil uji tarik belah silinder beton $h = 30$ cm, $\phi 15$ cm, umur 28 hari

No.	Kondisi Permukaan	Kuat Tarik Belah 28 hari	Rata-rata	
			Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	76.43		
2.	Tanpa <i>coating</i>	67.94	72.66	7.12
3.	Tanpa <i>coating</i>	73.60		
4.	Dengan <i>coating</i>	67.94		
5.	Dengan <i>coating</i>	76.43	73.60	7.21
6.	Dengan <i>coating</i>	76.43		

Tabel 8. Hasil uji tarik belah silinder beton $h = 30$ cm, $\phi 15$ cm, umur 2 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Kuat Tarik Belah 2 bulan	Rata-rata	
			Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	56.63		
2.	Tanpa <i>coating</i>	66.93	62.64	6.14
3.	Tanpa <i>coating</i>	64.35		
4.	Dengan <i>coating</i>	61.78		
5.	Dengan <i>coating</i>	64.35	63.50	6.22
6.	Dengan <i>coating</i>	64.35		

Tabel 9. Hasil uji tarik belah silinder beton $h = 30$ cm, $\phi 15$ cm, umur 3 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Kuat Tarik Belah 3 bulan	Rata-rata	
			Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	54.26		
2.	Tanpa <i>coating</i>	51.90	54.26	5.32
3.	Tanpa <i>coating</i>	56.62		
4.	Dengan <i>coating</i>	63.70		
5.	Dengan <i>coating</i>	56.62	60.55	5.93
6.	Dengan <i>coating</i>	61.34		

Tabel 10. Hasil uji tarik belah silinder beton h = 30 cm, ϕ 15 cm, umur 4 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Kuat Tarik Belah 4 bulan	Rata-rata	
			Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	56.67	55.10	5.40
2.	Tanpa <i>coating</i>	54.31		
3.	Tanpa <i>coating</i>	54.31		
4.	Dengan <i>coating</i>	59.03	60.60	5.94
5.	Dengan <i>coating</i>	56.67		
6.	Dengan <i>coating</i>	66.10		

Tabel 11. Hasil uji tarik belah silinder beton h = 30 cm, ϕ 15 cm, umur 4 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Kuat Tarik Belah 4 bulan	Rata-rata	
			Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i> /normal	61.39	61.39	6.02
2.	Tanpa <i>coating</i> /normal	59.03		
3.	Tanpa <i>coating</i> /normal	63.75		

Dari Tabel 7 sampai dengan Tabel 11, kuat tarik belah beton silinder yang direndam air biasa lebih tinggi dari kuat tarik belah beton silinder yang direndam dalam air laut, kecuali kuat tarik belah beton silinder yang direndam dalam air laut.

Umur rendaman satu bulan lebih tinggi dari kuat tarik beton silinder yang direndam dalam air biasa, karena bahan Trikalsium Silikat (C_3S) atau $3CaO.S_iO_2$ yang ada dalam Portland Cement dapat berpengaruh besar terhadap pengerasan semen/beton.

3. Hasil pemeriksaan uji lentur balok beton bertulang

Tabel 12. Hasil uji lentur balok beton bertulang ukuran 10cm x 15cm x 100cm umur 28 hari

No.	Kondisi Permukaan	Modulus of Rupture $\sigma_{MR} = PL/bh^2$		Rata-Rata	
		Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	380,70	37,33	373,14	36,59
2.	Tanpa <i>coating</i>	371,63	36,44		
3.	Tanpa <i>coating</i>	367,10	36,00		
4.	Dengan <i>coating</i>	394,29	38,67	391,27	38,37
5.	Dengan <i>coating</i>	385,23	37,78		
6.	Dengan <i>coating</i>	394,29	38,67		

Tabel 14. Hasil uji lentur balok beton bertulang ukuran 10cm x 15cm x 100cm umur 3 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Modulus of Rupture $\sigma_{MR} = PL/bh^2$		Rata-Rata	
		Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	339,91	33,33		
2.	Tanpa <i>coating</i>	330,84	32,44	336,89	33,04
3.	Tanpa <i>coating</i>	339,91	33,33		
4.	Dengan <i>coating</i>	344,44	33,78		
5.	Dengan <i>coating</i>	339,91	33,33	342,93	33,63
6.	Dengan <i>coating</i>	344,44	33,78		

Tabel 15. Hasil uji lentur balok beton bertulang ukuran 10cm x 15cm x 100cm umur 4 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Modulus of Rupture $\sigma_{MR} = PL/bh^2$		Rata-Rata	
		Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i>	335,37	32,89		
2.	Tanpa <i>coating</i>	344,44	33,78	336,89	33,04
3.	Tanpa <i>coating</i>	330,84	32,44		
4.	Dengan <i>coating</i>	339,91	33,33		
5.	Dengan <i>coating</i>	348,97	34,22	341,42	33,48
6.	Dengan <i>coating</i>	335,37	32,89		

Tabel 16. Hasil uji lentur balok beton bertulang ukuran 10cm x 15cm x 100cm umur 4 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Modulus of Rupture $\sigma_{MR} = PL/bh^2$		Rata-Rata	
		Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa
1.	Tanpa <i>coating</i> /normal	344,44	33,78		
2.	Tanpa <i>coating</i> /normal	344,44	33,78	342,93	33,63
3.	Tanpa <i>coating</i> /normal	339,91	33,33		

Dari Tabel 12 sampai dengan Tabel 16, kuat lentur balok beton bertulang yang direndam dalam air laut lebih rendah dari pada kuat lentur balok beton bertulang yang direndam dalam air biasa, karena air biasa dapat lebih mempersatukan bahan semen yang satu dengan bahan semen

lainnya, kecuali kuat lentur balok beton bertulang untuk umur rendaman satu bulan, unsur C₃S/Trikalsium Silikat berpengaruh besar pada proses pengerasan setmen/beton pada umur beton 28 hari sampai dengan 48 hari.

4. Hasil pemeriksaan uji tarik plat baja

Tabel 17. Hasil uji tarik plat baja ukuran 3cm x 30cm x 5mm umur 28 hari

No.	Kondisi Permukaan	Beban (kN)		σ_{luluh}		Rata-Rata MPa
		Leleh	Maksimum	Kgf/cm ²	MPa	
1.	Tanpa <i>coating</i>	80,00	84,00	5970,43	585,50	627,23
2.	Tanpa <i>coating</i>	86,00	88,00	6837,08	670,49	
3.	Tanpa <i>coating</i>	82,00	83,00	6380,28	625,69	
4.	Dengan <i>coating</i>	95,00	97,00	7931,71	777,83	742,9
5.	Dengan <i>coating</i>	91,00	94,00	7334,67	719,29	
6.	Dengan <i>coating</i>	94,00	99,00	7459,71	731,55	

Tabel 18. Hasil uji tarik plat baja ukuran 3cm x 30cm x 5mm umur 2 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Beban (kN)		σ_{luluh}		Rata-Rata MPa
		Leleh	Maksimum	Kgf/cm ²	MPa	
1.	Tanpa <i>coating</i>	83,00	88,00	6230,35	610,99	619.31
2.	Tanpa <i>coating</i>	85,00	89,00	6863,00	673,03	
3.	Tanpa <i>coating</i>	81,00	84,00	5852,30	573,91	
4.	Dengan <i>coating</i>	92,00	93,00	6785,53	665,43	669.06
5.	Dengan <i>coating</i>	94,00	97,00	6865,99	673,32	
6.	Dengan <i>coating</i>	93,00	95,00	6815,90	668,41	

Tabel 19. Hasil uji tarik plat baja ukuran 3cm x 30cm x 5mm umur 3 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Beban (kN)		σ_{luluh}		Rata-Rata MPa
		Leleh	Maksimum	Kgf/cm ²	MPa	
1.	Tanpa <i>coating</i>	84,00	89,00	6227,02	610,66	628,64
2.	Tanpa <i>coating</i>	81,00	83,00	6122,59	600,42	
3.	Tanpa <i>coating</i>	83,00	84,00	6881,35	674,83	
4.	Dengan <i>coating</i>	91,00	94,00	7184,17	704,53	690,54
5.	Dengan <i>coating</i>	92,00	93,00	6601,21	647,36	
6.	Dengan <i>coating</i>	91,00	96,00	7339,31	719,74	

Tabel 20. Hasil uji tarik plat baja ukuran 3cm x 30cm x 5mm umur 4 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Beban (kN)		σ_{luluh}		Rata-Rata MPa
		Leleh	Maksimum	Kgf/cm ²	MPa	
1.	Tanpa <i>coating</i>	81,00	83,00	6016,00	589,97	590,04
2.	Tanpa <i>coating</i>	83,00	87,00	5934,97	582,02	
3.	Tanpa <i>coating</i>	82,00	83,00	6099,15	598,12	
4.	Dengan <i>coating</i>	89,00	93,00	6564,27	643,73	644,94
5.	Dengan <i>coating</i>	89,00	91,00	6680,73	655,16	
6.	Dengan <i>coating</i>	91,00	93,00	6484,74	635,94	

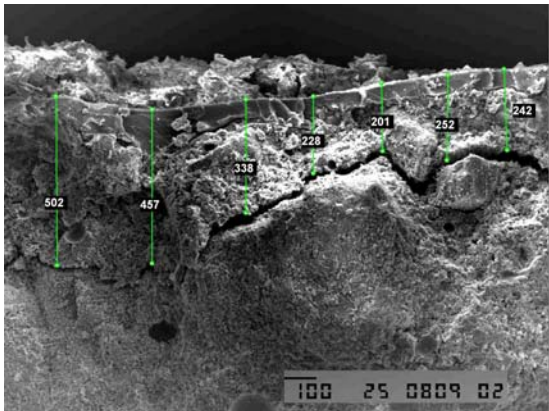
Tabel 21. Hasil uji tarik plat baja ukuran 3cm x 30cm x 5mm umur 4 bulan

No.	Kondisi Permukaan	Beban (kN)		σ_{luluh}		Rata-Rata MPa
		Leleh	Maksimum	Kgf/cm ²	MPa	
1.	Tanpa <i>coating</i> /normal	91,00	94,00	6440,62	631,61	638,44
2.	Tanpa <i>coating</i> /normal	94,00	95,00	6370,38	624,72	
3.	Tanpa <i>coating</i> /normal	92,00	97,00	6719,91	659,00	

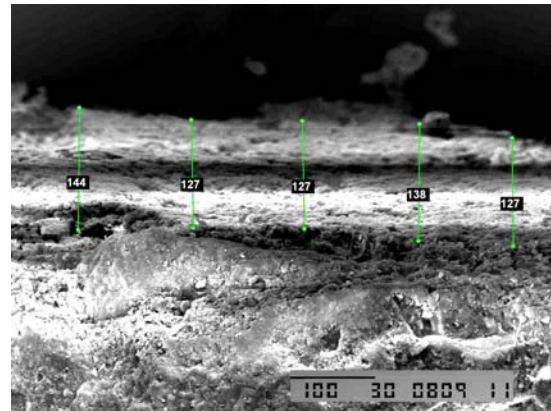
Dari Tabel 17 sampai dengan Tabel 21, kuat tarik plat baja yang direndam dalam air laut hampir sama dengan kuat tarik plat baja yang direndam dalam air biasa, kecuali plat baja yang berlapis bahan *coating*, kuat

tariknya lebih tinggi dari kuat tarik plat baja yang direndam dengan air biasa, karena dalam bahan *coating* ada suatu kandungan bahan kimia yang berpengaruh terhadap kualitas baja.

5. Hasil penelitian menggunakan metode SEM:



Gambar. 10. Benda uji beton bercoating



Gambar. 11. Benda uji beton tanpa *coating*

Dari Gambar 1 dan Gambar 2, nampak benda uji beton berlapis bahan kimia tertentu yaitu berupa suatu *coating* yang melindungi permukaannya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Benda uji nampak tertempel oleh biota laut jenis plankton yang merupa-

kan makanan bagi biota laut yang dapat merusak bahan bangunan beton.

2. Mengingat waktu pelaksanaan penelitian hanya 5 (lima) bulan, kerusakan bahan beton belum nampak, tetapi, jika jenis biota laut yang menempel pada beton terkupas, maka permukaan bahan beton tersebut menjadi rusak, sehingga jika nantinya tertempel oleh biota laut yang dapat merusak bangunan beton, pada bagian-bagian tersebut pasti mengalami keropos beton seperti

- halnya yang terjadi pada tiang pancang di Jembatan Suramadu. (Bahan beton tertempel plankton, tertempel pula biota laut yang dapat merusak bahan beton, dan dengan mengeluarkan enzim tertentu beton dapat diperlunak sehingga mengalami keropos beton)
3. Metode yang efektif untuk pencegahan terjadinya kerusakan pada bahan beton bertulang, yaitu dengan mengadakan pelapisan (*coating* dengan bahan kimia jenis tertentu) sehingga benar-benar bahan beton dapat terlindungi dalam waktu tertentu pula.
 4. Kualitas beton terutama kuat tekan beton yang terendam air laut, ternyata lebih rendah dari kualitas beton yang tidak terendam air laut, karena air laut lebih jelek dari air biasa dalam mempersatukan bahan-bahan yang terkandung dalam Portland Cement/ beton.
 5. Kualitas beton maupun bahan yang berlapis bahan *coating* tertentu, ternyata lebih baik dari pada kualitas beton maupun bahan yang tidak berlapis *coating*, hal ini dikarenakan bahan

coating mengandung bahan kimia tertentu yang dapat memperkeras bahan beton maupun baja.

6. Dengan menggunakan metode SEM, bahan beton yang permukaannya ber*coating*, nampak suatu lapisan yang melindungi permukaan bahan beton tersebut, sehingga lebih tahan terhadap serangan air laut maupun biota laut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Atas terselesaikannya laporan penelitian dan penulisan artikel publikasi ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Pimpinan Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional beserta semua staf.
2. Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UMS beserta semua staf.
3. Semua pihak yang membantu pelaksanaan penelitian dan pembuatan laporan ini

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 2005. *Barnacles Reproduction and Life Cycles*. <http://www.mesa.edu>. Akses ; 1 Februari 2005.
- _____, 2006, *Site dedicate to corrosion of all form*, <http://www.corrosion-doctors.org/>. Akses; 27 Desember 2006.
- Budiono, B.; Sugiri, S.; Munaf, D.R. dan Henry, H., 2000. Pengaruh Baja Korosi Baja Tulangan Pada Kekuatan Balok Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil* Vol 7 No. 1 Januari. pp: 21-28
- Cole I.S., Ganther W.D., Furman S.A., 1999. *Factors Affecting Atmospheric Corrosion in Tropical Australia*. Proceedings of the 11th Asian – Pacific Corrosion Control Conference Volume 2. 1 – 5 November 1999. Ho Chi Minh City, Vietnam. pp: 590 -597.

- Dahuri, R., 1998. *Pendekatan Ekonomi-Ekologis Pembangunan Pulau-Pulau Kecil Berkelanjutan*. Dalam Edyanto, CB.H., Ridlo, R., Naryanto, H.S. dan Setiadi, B. (Eds.). Prosiding Seminar dan Lokakarya Pengelolaan Pulau-Pulau Kecil di Indonesia. Kerjasama Depdagri, Dir. Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Kawasan, TPSA, BPPT dan Coastal Resources Management Project, USAID. hal. B32 – B42
- Dahuri, R., Rais, J.M., Ginting S.P. dan Sitepu, M.J., 1995. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Daily, Steven F. dan Kendal, K. 1998. *Cathodic Protection for New Reinforced Concete Structures in Aggressive Environment*. Material Performance, Vol. 38, No. 1., January, An official NACE International Publication, USA, pp 19-26
- De, V., 1999. Corrosion of Carbon Steel in Natural Seawater in Nhatrang Bay. Proceedings of the 11th Asian – Pacific Corrosion Control Conference Volume 2. 1 – 5 November 1999. Ho Chi Minh City, Vietnam. pp: 961 - 965.
- Faber, John, Mead, dan Frank, 1965. Reinforcement Concrete. ELBS ed., *The English Language Book Society and E & FN*. Spon LTD., pp: 1-6
- Felui, S. Morcillo, M. dan Chico, B., 1999. Effect of Distance from Sea on Atmospheric Corrosion Rate. *Corrosion – The Journal of Science and Engineering*, Vol. 55, No 9, September, NACE International – The Corrosion Society. pp: 883-891
- Fontana, Mars G., 1986. *Corrosion Ebgineering*. 3rd Ed. McGraw Hill Book Company. pp: 372-373, 499-502.
- Hausmann, D.A., 1998. *A Probability Model of Steel Corrosion in Concrete*. *Material Performance*, Vol 37, No. 10, October. An Official NACE International Publication, USA. pp: 64-68
- Hidayat, A. R., 2004. *Prinsip Dasar Terjadinya Korosi*. Jakarta: Peneliti Puslit KIM –LIPI. pp: 1
- <http://www.instrumentasi.org/modules.php?name=News&file=article&sid>
- Irawati N., Subarkah A., Sujoko S.U, dan Asvaliantina V., 2000. Simulasi Numerik Kawasan Pantai Dengan Adanya Struktur Bangunan Pantai. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, V2. n7, Oktober 2000, pp: 53-56
- Kajijama, F dan Okamura, 1999, *Evaluating Cathodic Protection Reliabilty on Steell Pipe in Microbially Active Soils*. Japan : Tokyo Gas Co. Ltd. Pp. 74-79.
- Kennet, R.T.; dan Chamberlain, J., 1991. *Korosi: untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering*, John Wiley and Son, New York.
- Metha, P.Kumar, 1991. *Concrete in Marine Environment*. Elsevier Applied Science, London and New York, pp: 77-85

- Pariatmono, 2000. Kajian Kekuatan Tekan Dan Tarik Bahan Beton. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, V2. N6, September 2000, hal. 48-60
- Romimohtarto, K. dan Juwana, S., 1999. *Biologi Laut: Ilmu pengetahuan tentang Biota Laut*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi - LIPI
- Suhendro, B. 2001. *Metode Pelaksanaan Proyek Gedung Bertingkat (High Rise Building)*, Proceedings Kursus Singkat “Perancangan Campuran, Evaluasi dan Rehabilitasi Struktur Beton”, 3 – 4 September 2001, Yogyakarta.
- Taheri, A., Breugel, K.V., 1999^a. *Numerical Simulation of Chloride Penetration in Concrete Subjected to Hars Marine Environment*. Proceedings of the 11th Asian – Pacific Corrosion Control Conference Volume 2. 1 – 5 November 1999. Ho Chi Minh City, Vietnam. pp: 629 – 638.
- Taheri, A., Breugel, K.V., 1999^b. *Effect of Tropical Environment on Corrosion on steel in Marine Concrete Structures*. Proceedings of the 11th Asian – Pacific Corrosion Control Conference Volume 2. 1 – 5 November 1999. Ho Chi Minh City, Vietnam. pp: 619 – 627.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. *Bahan Bangunan*, Teknik Sipil, FT. UGM, Yoyakarta
- Triwiyono, A. 2006. *Korosi Beton Bertulang Akibat Air Laut*, Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Pascasarjana UGM, Yoyakarta.
- Widharto, S., 2001. *Karat dan Pencegahannya*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita. pp: 1,57-58