

PENGGUNAAN SISTEM LAPIS LINDUNG JENIS *POLYURETAN* UNTUK APLIKASI DI DAERAH MARITIM

Ronald Nasoetion

Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI
Kawasan Puspiptek Serpong, Gedung 470, Tangerang 15314
E- mail : rnasoetion@yahoo.com

Masuk tanggal : 16-10-2012, revisi tanggal : 05-11-2012, diterima untuk diterbitkan tanggal : 19-11-2012

Intisari

PENGGUNAAN SISTEM LAPIS LINDUNG JENIS *POLYURETAN* UNTUK APLIKASI DI DAERAH MARITIM. Lingkungan laut (*marine*) sudah dikenal sebagai lingkungan yang sangat agresif terhadap serangan korosi pada logam. Banyak struktur logam terutama baja, yang terpasang dekat dengan lingkungan laut yang terkorosi seperti struktur bangunan industri, tiang pancang, sarana transportasi laut. Ditinjau dari segi ekonomi hal ini sangat merugikan dan membahayakan khususnya di daerah maritim. Usaha yang dilakukan untuk menanggulangi masalah tersebut di atas adalah antara lain dengan menggunakan lapis lindung (*coating*) yang fungsinya memisahkan logam dan lingkungan yang korosif. Salah satu jenis lapis lindung yang dilakukan penelitiannya adalah dari jenis polyuretan. Hasil penelitian dari 2 jenis produk yang ada di pasaran menunjukkan bahwa jenis polyuretan yang diekspos dengan pengujian laboratorium yaitu uji kabut garam (*salt spray test*), uji kelembaban (*humidity test*) dan UV test selama 168, 336 dan 504 jam serta diekspos di lapangan selama 91 dan 433 hari. Pengujian serta pengamatan seperti blistering, cracking, bending, rusting, impact, adhesion, creepage, chalking, hardness dan color changes. Hasil menunjukkan bahwa jenis polyuretan cocok sebagai salah satu pengendali korosi untuk lingkungan maritim.

Kata kunci : Lingkungan laut, Korosif , Lapis lindung, Polyuretan, Salt spray test, Humidity test, UV test, Pengujian

Abstract

USING *POLYURETAN* TYPE FOR COATING SYSTEM AT MARITIM ENVIRONMENT. *Marine environment has an aggressive corrosion condition that will attack metals easily. There are many steel structures near marine environment such as plant structure, concrete pile, marine transportation and other that were corroded. This condition is disadvantage and dangerous if we take a look from economic side. Surface coating was used to prevent metal surface from corrosive environment. Either one of coating type for this research was used polyuretan. Two kinds of polyuretan products were examined by using salt spray test, humidity test and UV test for exposure times; 168, 336 and 504 h and field test was exposed for 91 and 433 days. Several examinations and evaluations for blistering observation, cracking, bending, rusting, impact, adhesion, creepage, chalking, hardness and color changes has been done. The result shows that polyuretan is suitable for prevention of metal in marine environment.*

Keywords : Marine, Corrosive, Coating, Polyuretan, Salt spray test, UV test, Testing

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim dimana hampir 60 % dari kepulauan yang ada dikelilingi oleh lautan. Indonesia juga mempunyai iklim tropis dengan kelembaban dan curah hujan yang tinggi. Kondisi tersebut menjadikan Indonesia sangat rawan terhadap serangan korosi,

terutama pada sarana transportasi yang beroperasi di laut serta bangunan-bangunan yang berada di tepi pantai maupun di tengah lautan.

Lingkungan laut merupakan lingkungan yang sangat agresif ditinjau dari sisi korosi, karena memberikan laju korosi yang tinggi pada logam. Lingkungan laut yang mengandung uap air, garam,

polusi serta daerah *splash zone* dikenal daerah yang memiliki laju korosi yang tinggi dimana masalah-masalah korosi akan meningkat seiring dengan meningkatnya agresivitas lingkungan.

Korosi yang terjadi di lingkungan laut tersebut mengakibatkan struktur yang terbuat dari logam menjadi menipis, berlubang yang akhirnya terjadi perambatan retakan, perubahan dari sifat mekanik dan sifat fisik yang dapat menyebabkan kegagalan struktur secara tiba-tiba dan mengurangi efisiensi perpindahan panas, serta membuat penampilan menjadi buruk.

Ditinjau dari segi ekonomi fenomena korosi yang terjadi tersebut menimbulkan kerugian secara langsung maupun tidak langsung. Kerugian secara langsung seperti biaya untuk mengganti material-material logam atau alat-alat yang rusak akibat korosi, biaya pengerjaan untuk penggantian material-material logam tersebut, biaya untuk pengendalian korosi dan biaya tambahan untuk membuat konstruksi dengan logam yang lebih tebal (*over design*).

Korosi di daerah maritim tidak bisa dihilangkan sama sekali, hanya bisa dikendalikan laju korosinya. Salah satu usaha untuk mengendalikan korosi adalah memisahkan logam dan lingkungan yang korosif dengan menggunakan lapis lindung (*coating*). Mengingat lingkungan maritim merupakan lingkungan yang rawan terhadap korosi, maka di butuhkan lapis lindung (*coating*) yang mempunyai ketahanan yang baik untuk menanggulangi korosi, karena tidak sedikit kegagalan *coating* terjadi karena kesalahan pemilihan lapis lindung.

Polyuretan merupakan salah satu jenis cat yang dapat diaplikasikan di lingkungan marine. Pemilihan jenis tersebut karena *polyuretan* merupakan salah satu yang paling fleksibel dari semua lapis lindung, mulai dari yang relatif *simple lacquer-type coating* melalui kinerja tinggi pelapis otomotif *high build* lapisan *elastomer* tahan kimia.

LATAR BELAKANG TEORI

Pengendalian Korosi Menggunakan Lapis Lindung

Penggunaan lapis lindung telah lama dilakukan untuk aplikasi dekorasi dan protektif. Semua sarana transportasi, seperti kereta, kapal, mobil, kapal terbang, struktur terpendam bawah tanah, seperti tanki, pipa minyak dan gas, struktur *offshore*, struktur besi dan semua peralatan logam membutuhkan penggunaan lapis lindung untuk tujuan tersebut di atas.

Perlindungan korosi pada struktur di atas dan di bawah tanah menggunakan *protective coating* yang merupakan salah satu metode yang paling ampuh. Dengan mengaplikasikan lapis lindung yang memiliki sifat *high resistivity*, seperti *epoxy*, *vinyl*, *chlorinated rubber*, dan lain-lain, laju aliran arus listrik pada permukaan logam akan terhambat. Dan ketebalan lapis lindung yang tinggi, ketahanan terhadap arus listrik pun juga tinggi. Meningkatnya ketahanan listrik dari logam menggunakan lapis lindung menawarkan metode yang paling bagus untuk metode pencegahan korosi.

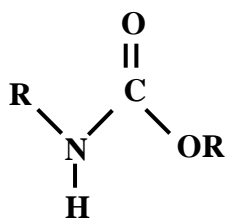
Lapis lindung yang baik harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut^[1]:

- Derajat adhesi yang tinggi pada permukaan logam.
- Porositas lapis lindung minimum.
- Ketahanan terhadap aliran elektron.
- Ketebalan yang cukup.
- Laju difusi ion yang rendah, seperti Cl^- dan H_2O .

Polyuretan

Polyuretan merupakan salah satu lapis lindung yang paling fleksibel dari semua jenis, mulai dari aplikasi yang relatif sederhana, kinerja tinggi pada pelapis otomotif dan tahan terhadap bahan kimia. *Polyuretan* biasanya dibentuk oleh reaksi alkohol (R - OH) dengan isosianat (R - NCO) untuk membentuk *uretan*, atau

karbonat, strukturnya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur uretan ^[1-2]

Polyurethan biasanya terdiri dari dua komponen yang harus dicampur bersama sesaat sebelum pengaplikasian. Salah satu komponen pada umumnya berisi suatu *polyol*, sementara yang lain berisi isosianat.

Kelompok isosianat sangat reaktif, dan *di* - atau *poly*fungsi isosianat dapat digunakan untuk *cross-link* sejumlah resin yang memiliki gugus fungsi hidrogen aktif. Isosianat dapat juga bereaksi dengan alifatik dan aromatik primer amina, *phenolic*, asam karboksilat, amina sekunder, urea dan air. Tidak semua reaksi ini mengakibatkan pembentukan hubungan uretan, dan karenanya *coating* secara teknis bukan uretan. Contoh klasik mengenai hal ini adalah '*moisture cure urethane*', yang sama sekali bukan uretan tetapi sebenarnya sebuah polyurea.

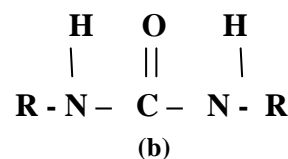
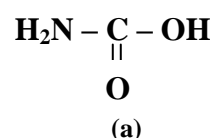
Ketika suatu diol bereaksi dengan diisosianat, menghasilkan polimer linier, berdasarkan rantai uretan. Jika terdapat air, uretan dapat bereaksi dengan isosianat untuk membentuk asam carbamic (Gambar 2a). Asam carbamic tidak stabil dan mudah terurai untuk membentuk amina dan karbon dioksida. Karena amina sangat reaktif terhadap kelompok isosianat, uretan akan bereaksi membentuk *disubstituted urea* (Gambar 2b).

Meskipun reaksi dari isosianat dengan air lebih lambat daripada reaksi isosianat dengan kelompok hidroksil primer, laju reaksi isosianat dengan amina primer lebih cepat dari reaksi hidroksil isosianat - primer. Namun, laju reaksi relatif dapat berubah dengan konsentrasi yang berbeda,

suhu dan katalis, yang membuat studi pelapis seperti semua menjadi menarik.

Reaksi di atas semua terjadi pada suhu kamar, dan dapat dipercepat oleh penggunaan katalis seperti amina tersier dan senyawa organotin. Isosianat juga dapat bereaksi dengan asam karboksilat, tapi pada suhu tinggi, untuk membentuk amida.

Isosianat digunakan dalam lapis lindung, biasanya dibagi menjadi dua jenis, yaitu aromatik dan alifatik ^[1].



Gambar 2. (a) Struktur asam carbamic; (b) Struktur umum dari *disubstituted urea* ^[1]

Dari Tabel 1 di bawah terlihat bahwa uretan mempunyai ketahanan yang baik di dalam beberapa lingkungan yang korosif. Ini adalah dasar pemilihan jenis *polyuretan* digunakan untuk penelitian ini.

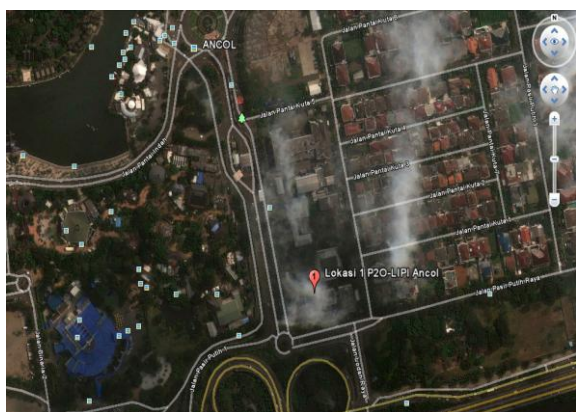
Tabel 1. Ketahanan beberapa jenis cat pada lingkungan yang berbeda^[1]

Jenis cat	NILAI KETAHANAN TERHADAP							
	Asam	Basa	Garam	Pelarut	Air	Cuaca	Oksidasi	Abrasi
Dasar minyak	1	1	6	2	7	10	1	4
Alkyd	6	6	8	4	8	10	3	6
Chlorinated rubber	10	10	10	4	10	8	6	6
Coal tar epoxy	8	8	10	7	10	4	5	4
Catalyzed epoxy	9	10	10	9	10	8	6	6
Silicone alkyd	4	3	6	2	8	9	4	4
Vinyl	10	10	10	5	10	10	10	7
Uretan	9	10	10	9	10	8	9	10
Zn (inorganic)	1	1	5	10	5	10	10	10

Keterangan : 1 : Paling jelek
10 : Paling baik

PERCOBAAN

Percobaan untuk penelitian ini di lakukan di laboratorium dan lapangan. Untuk penelitian laboratorium dilakukan di laboratorium Korosi Puslit Metalurgi-LIPI, sedangkan untuk lapangan dilakukan di daerah yang dianggap dekat dengan tepi pantai yaitu di Pusat penelitian Oceanografi (P2O), LIPI Ancol (Gambar 3).



Gambar 3. Lokasi penelitian di lapangan, Pusat Penelitian Oceanografi-LIPI Ancol

Percobaan di laboratorium menggunakan alat uji salt spray, humidity dan UV dengan waktu ekspos 168, 336 dan 504 jam. Percobaan di lapangan dilaksanakan di Pusat Penelitian Oceanografi (P2O) LIPI, Ancol, sampel di ekspos dengan menggunakan rak selama 91 dan 433 hari.

Pembuatan Sampel

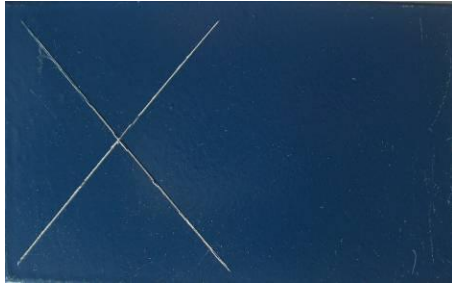
Sampel yang digunakan dalam percobaan pada penelitian ini adalah pelat baja karbon rendah sesuai dengan standar ASTM A 36 dengan ketebalan 1 mm dan 2 mm. Pelat baja karbon rendah dibuat persegi dengan ukuran 75 x 150 mm. Foto pelat baja karbon rendah yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



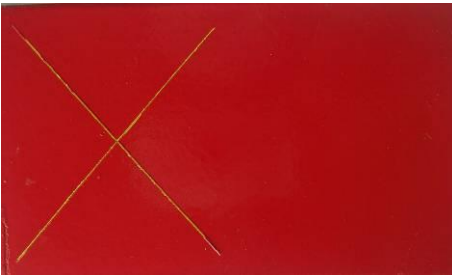
Gambar 4. Sampel penelitian berupa pelat baja karbon ASTM A 36

Sampel untuk Penelitian

Sampel yang dipersiapkan untuk penelitian di laboratorium maupun lapangan diberi lapis lindung *polyuretan* yang diproduksi oleh 2 produsen. Kedua sampel ditandai dengan sampel A dan B seperti terlihat pada Gambar 5.



(a)



(b)

Gambar 5. Sampel untuk pengujian menggunakan produk poliuretan yang berbeda, dengan kode sampel; (a) A, dan (b) B

Persiapan Permukaan

Proses persiapan permukaan sebelum aplikasi *coating* pada pelat baja karbon rendah ASTM A 36 dilakukan proses *blasting* dengan menggunakan alat *abrasive finishing equipment*.

Material abrasif untuk *blasting* menggunakan pasir silika (*silica sand*) dan *brown aluminium oxide* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 2.

Hasil proses *blasting* dengan menggunakan pasir silika ukuran 60 mesh mendapatkan anchor sekitar 25 μm . Profil yang dihasilkan sesuai dengan yang dipersyaratkan dalam material safety data sheet (MSDS) dari cat jenis *Polyuretan* yang akan digunakan yaitu sebesar Sa.2½. Alat uji bantu untuk pemeriksaan secara visual dengan pembesaran 5x (kekasaran permukaan material logam/substrate) menggunakan *keane-tator* dan *KTA surface profile*.

Pada pengujian adhesi hasilnya dapat *Pull Off* (PO) artinya seluruh lapis lindung saat ditarik menggunakan *dolly* yang direkatkan pada lapis lindung tertarik sampai ke *substrate*, yang diharapkan pada pengujian ini adalah *pull off* untuk mengetahui seberapa besar daya adesinya. *No pull off* (NPO) menunjukkan bahwa lapis lindung tidak ikut tertarik. Sedangkan bila terjadi *delamination* (Del) ini mengartikan bahwa lapis lindung yang tertarik adalah antara *primer* dan bagian atasnya (*top coat*) jadi tidak sampai ke *substrate*.



Pembuatan Rak

Rak percobaan untuk memasang sampel material di lapangan terbuat dari bahan baja karbon dan *polyethylene* (PE). Gambar 6 menunjukkan rak untuk penyimpanan sampel di lapangan.



Gambar 6. Rak percobaan sebagai tempat penyimpanan pelat baja karbon ASTM A 36

Tabel 2. Karakteristik silica sand dan aluminium oxide sebagai material abrasif untuk pengujian abrasif pada sampel pelat baja karbon rendah ASTM A 36

Karakteristik	Silica Sand	Brown Aluminium Oxide
Type	Naturally Occuring	Manufactured
Shape	Angular	Angular
Hardness	5 – 6 Mohs	9 Mohs
Bulk Density (Kg/m ³)	1600	2400
Specific Gravity (g/cc)	2,8	3,9 – 3,94
Comparative Recyclability	Low	Medium
Typical Chemical Composition	Al ₂ O ₃ : max 0,80% Fe ₂ O ₃ : max 0,08% SiO ₂ : min 98%	Al ₂ O ₃ : >94,0% Fe ₂ O ₃ : <0,16% TiO ₂ : <3,6% SiO ₂ : <1,3% CaO : <0,5%
Picture		

HASIL PERCOBAAN

Percobaan Laboratorium

Hasil percobaan di laboratorium terhadap pelat baja karbon rendah ASTM A36 menggunakan alat uji kabut garam (*salt spray*) untuk ketebalan pelat 207 dan 286 mikron ditunjukkan pada Tabel 3. Teramati sampel A mengalami inisiasi retakan setelah dilakukan evaluasi kekuatan pelapisan (*coating*) menggunakan uji impak dan adanya retakan setelah uji tekuk (*bending*) pada waktu ekspos 504 jam sedangkan sampel B tidak mengalami kerusakan.

Sedangkan daya adhesi terkuat dimiliki oleh sampel A sebesar 2,8 MPa kondisi Pull Off.

Hasil percobaan di laboratorium terhadap pelat baja karbon rendah ASTM A36 menggunakan alat uji kabut garam (*salt spray*) untuk ketebalan pelat 212 dan 334 mikron ditunjukkan pada Tabel 4. Teramati adanya blistering pada sampel B pada seluruh waktu ekspos. Hasil bending menunjukkan delaminasi pada sampel A, sedangkan untuk hasil impak terlihat adanya inisiasi retakan pada kedua sampel (Tabel 4).

Hasil percobaan di laboratorium terhadap pelat baja karbon rendah ASTM A36 menggunakan alat uji ultra violet

(UV) untuk ketebalan pelat 246 dan 436 mikron ditunjukkan pada Tabel 5. Terjadi retak pada sampel A setelah bending, sedangkan inisiasi retakan timbul pada kedua sampel setelah uji impak pada waktu ekspos 504 jam (Tabel 5).

Tabel 6 menunjukkan hasil evaluasi dengan blister, crack, rust, impact, bending, creepage dan adhesi terhadap pelat baja karbon rendah setelah diekspos di lapangan pada waktu ekspos 91 dan 433 hari.

Tabel 3. Hasil percobaan di laboratorium dengan alat uji salt spray terhadap sampel pelat baja karbon rendah ASTM A36 ketebalan rata-rata 207 dan 286 mikron dengan menggunakan dua jenis poliuretan (kode A dan B)

Kode sampel	Waktu Ekspos (Jam)	Tebal rata2 (µm)	Evaluasi					
			Blistering	Cracking	Rust %	Bending	Impact	Adhesion [MPa]
A	168	286	No	No	No			
B		207	No	No	No			
A	336	286	No	No	No			
B		207	No	No	No			
A	504	286	No	No	No	Crack	8 cm Initial crack	2,8 PO 3,5 NPO
B		207	No	No	No	No Crack	6 cm Initial crack	1,7 PO 1,6 PO

Catatan : Pengujian Bending, Impact dan Adhesion dilakukan pada waktu ekspos terakhir (504 jam)

Tabel 4. Hasil percobaan di laboratorium dengan alat uji salt spray terhadap sampel pelat baja karbon rendah ASTM A36 dengan ketebalan 212 dan 334 mikron menggunakan dua jenis poliuretan (kode A dan B)

Kode sampel	Waktu Ekspos (jam)	Tebal rata-rata (µm)	Evaluasi					
			Blistering	Cracking	Rusting %	Bending	Impact	Adhesion [MPa]
A	168	334	No	No	No			
B		212	6-few	No	No			
A	336	334	No	No	No			
B		212	6-medium	No	No			
A	504	334	No	No	No	Del	7 cm Initial crack	3,5 PO 2,8 NPO
B		212	6-medium	No	No	No Crack	7 cm Initial crack	1,2 PO 1,4 PO

Catatan : Pengujian Bending, Impact dan Adhesion dilakukan pada waktu ekspos terakhir (504 jam)

Tabel 5. Hasil percobaan di laboratorium dengan alat uji Ultra Violet (UV) terhadap sampel pelat baja karbon rendah ASTM A36 menggunakan dua jenis poliuretan dengan ketebalan 246 (sampel B) dan 436 mikron (sampel A)

Kode sampel	Waktu Ekspos (jam)	Tebal Rata-Rata (µm)	Evaluation									
			Blister	Crack	Rust %	Chalk	Color change	Bend	Impact	Hardness	Adhesion MPa	
A	168	436	No	No	No	No	No					
B		246	No	No	No	No	No					
A	336	436	No	No	No	No	No					
B		246	No	No	No	No	No					
A	504	436	No	No	No	No	No	Crack	8 cm Initial crack	H (Primer) HB (Top)	2,95 N PO 3,9 NPO	
B		246	No	No	No	No	No	No crack	6 cm Initial crack	HB (Prim) HB (Top)	1,2 PO 1,4 PO	

Catatan : Pengujian Bending, Impact , Hardness dan Adhesion dilakukan pada waktu ekspos terakhir (504 jam)

Tabel 6. Hasil percobaan di lapangan terhadap sampel pelat baja karbon rendah ASTM A36 menggunakan dua jenis poliuretan dengan ketebalan 453 (sampel A) dan 266 mikron (sampel B)

Kode sampel	Waktu Ekspos (hari)	Tebal rata-rata (μm)	Evaluasi							
			Blister	Crack	Rust %	Impact	Bending	Creepage		Adhesion MPa
								mm	RN	
A	91	453	No	No	No	7 cm Initial crack	crack	0	10	-3,1 del Top-Und 3,0 del Top-Und
B		266	No	No	No	6 cm Initial crack	No crack	0	10	-30 PO -3,0 PO
A	433	453	No	No	No	7 cm Initial crack	crack	0	10	-3,0 del Top-Und -2,9 del Top-Und
B		266	No	No	No	5 cm Initial crack	No crack	4	5	-2,9 PO -2,8 PO

PEMBAHASAN

Pengujian dengan *Salt Spray Test*

Blistering, terjadi karena preparasi permukaan yang kurang baik sehingga masih ada udara ataupun produk korosi yang terperangkap di bawah lapis lindung tersebut. Selain itu bisa juga disebabkan bila lapisan cat paling atas yang akan mengering lebih cepat dan lapisan bawahnya masih banyak mengandung solvent akan menguap. Uap solvent tersebut akan terjebak di bawah lapisan yang telah kering dan mendesak lapisan tersebut sehingga menjadi gelembung^[3].

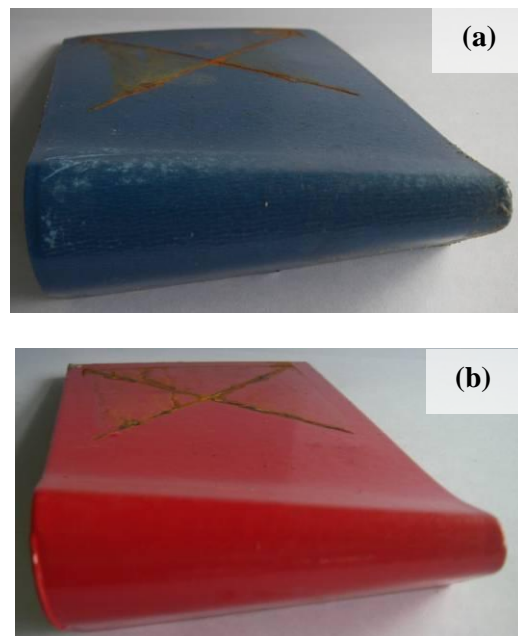
Cracking, terjadi retak/pecah sampai ke substrat, hal ini terjadi karena formula cat yang kurang baik dan terjadi pemuaiian substrat oleh karenanya dibutuhkan lapis lindung yang elastis^[3].

Rusting, proses *salt spray* adalah simulasi untuk lingkungan yang agresif (Cl) hingga untuk lapis lindung yang ketebalan tertentu dan kurang baik maka produk korosi (*rust*) terjadi.

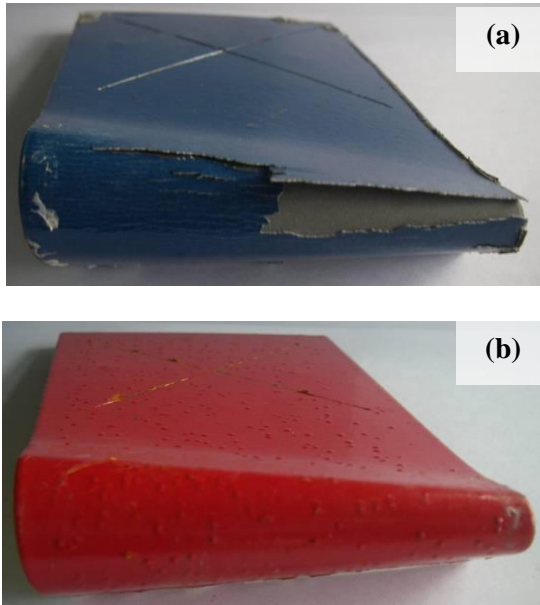
Dari pengujian dengan *salt spray* dengan ketebalan lapis lindung A = 286 μm dan B = 207 μm terlihat bahwa ketahanan terhadap *rusting* setelah

diekspos selama 168, 336 dan 504 jam sangat baik.

Untuk proses *bending* seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil bending setelah *salt spray test* selama 504 jam pada pelat baja karbon rendah ASTM A36 hasil coating poliuretan untuk : (a) Sampel A; (b) Sampel B



Gambar 8. Hasil bending setelah uji kelembaban (*humidity test*) selama 504 jam pada pelat baja karbon rendah ASTM A36 hasil coating poliuretan untuk; (a) Sampel A, dan (b) Sampel B

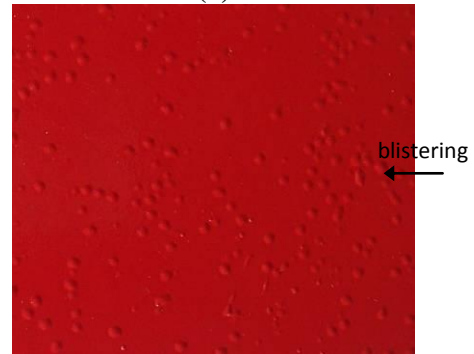
Pada hasil pengujian *bending* terhadap pelat baja karbon rendah ASTM A36 yang telah dilapis dengan poliuretan dari hasil pengujian dengan *salt spray* (Gambar 7) maupun pengujian *humidity* (Gambar 8) dan *UV test* (Gambar 10) menunjukkan bahwa untuk sampel A terjadi *crack* sedangkan pada sampel B tidak terjadi *crack*. Hal ini disebabkan karena selain daya adhesi dari lapis lindung A (antara *primer* dan *substrate*) kurang baik juga dimungkinkan oleh elastisitasnya yang kurang baik.

Pengujian dengan Humidity Test

Pengujian *humidity* ini memang dilakukan pada kondisi kelembaban yang tinggi ($\pm 90\%$). Pada pengujian baik pada *salt spray* maupun *UV test* (Gambar 10) tidak terjadi adanya *blistering* akan tetapi pada *humidity test* teramati sampel B mengalami *blistering* (Gambar 9). Terjadinya *blistering* dipengaruhi oleh kecepatan difusi dari uap air ke permukaan logam, dimana hal ini dipengaruhi oleh ketebalan lapisan dan tingkat kepadatan lapisan.

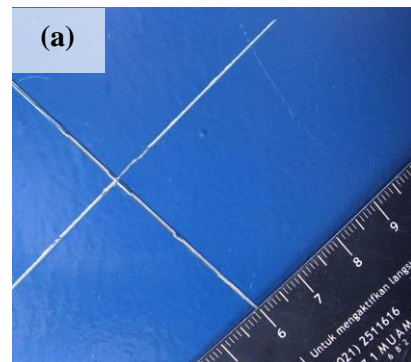


(a)

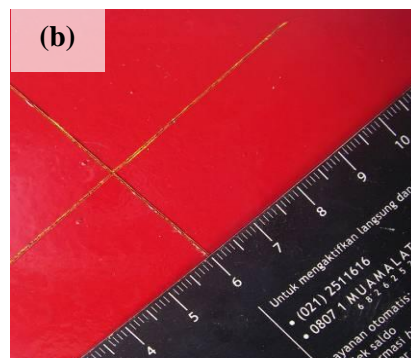


(b)

Gambar 9. Hasil pengujian *humidity test* pada pelat baja karbon rendah ASTM A36 hasil coating dengan poliuretan pada waktu ekspos 504 jam. (a) Sampel A, (b) Sampel B

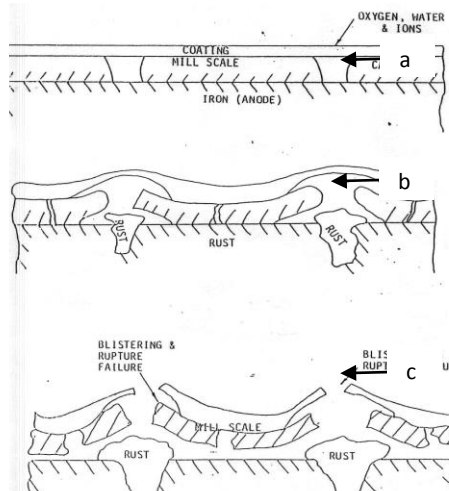


(a)



(b)

Gambar 10. Hasil pengujian UV test di laboratorium pada pelat baja karbon rendah hasil coating dengan poliuretan pada waktu ekspos 504 jam untuk (a) Sampel A; (b) Sampel B



Gambar 11. Mekanisme terjadinya *blistering*^[3]

Mekanisme terjadinya blistering ditunjukkan pada Gambar 11. Dari ilustrasi blistering pada Gambar 11a, pada awalnya lapis lindung yang dilakukan pada *substrate* karena preparasi permukaan kurang sempurna maka saat pelapisan masih ada udara yang terperangkap ataupun pelapisan yang tidak sempurna. Hal ini menyebabkan pada *substrate* terjadi daerah anoda dan katoda. Kondisi ini menyebabkan terbentuknya produk korosi hingga terlihat menggelembung akibat desakan produk korosi (Gambar 11b). Produk korosi ini semakin lama semakin besar volumenya sehingga lama kelamaan lapis lindung akan pecah (Gambar 11c).

Pengujian dengan UV Test

Percobaan di Lapangan

Gambar 12 menunjukkan pelat baja karbon rendah hasil coating dengan poliuretan saat diekspos di lapangan.



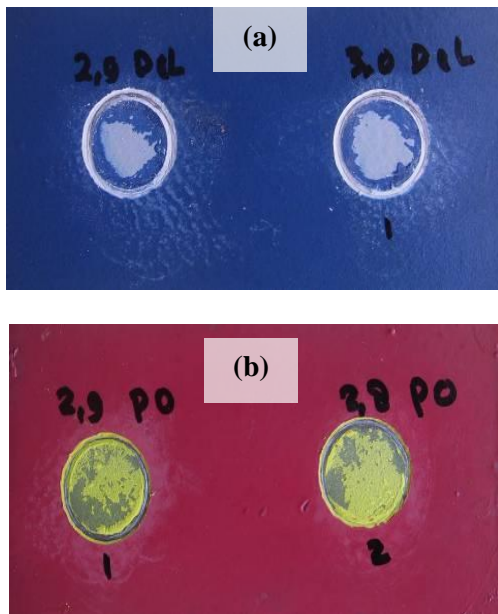
Gambar 12. Pelat baja karbon rendah ASTM A36 hasil coating poliuretan tersusun dalam rak penelitian di lapangan

Hasil pengujian di lapangan berbeda dengan di laboratorium karena lingkungan luar dipengaruhi oleh beberapa faktor, khususnya pengotor-pengotor baik dari industri maupun kendaraan bermotor. Akan tetapi dari pengujian selama 91 dan 433 hari penampilan dari kedua jenis lapis lindung *polyuretan* ini menunjukkan hasil yang baik.

Hal ini dimungkinkan karena lapis lindung *polyuretan* berfungsi sebagai *barrier effect* yaitu dapat menciptakan rintangan atau hambatan yang kuat untuk memisahkan permukaan material dengan air dan oksigen.

Selain itu untuk mengetahui pengaruh atmosfer terhadap *polyuretan* maka pengujian mekanik dan fisik dibutuhkan untuk mengetahui mekanisme degradasi secara kimiawi sehingga hasilnya dapat dievaluasi.

Adhesion Test Hasil Pengujian di Lapangan



Gambar 13. Hasil adhesion test pada pelat baja karbon rendah ASTM A36 hasil coating poliuretan setelah diekspos di lapangan dengan waktu ekspos 91 dan 433 hari untuk; (a) Sampel A, (b) Sampel B

Sebelum diekspos di lapangan Adhesion untuk sampel A = 4,0 del primer dan 3,0 del top/primer sedangkan sampel B = 3,3 del primer dan 2,6 del primer. Setelah dilakukan pengujian di lapangan sampel A = 3,3 del dan 3,0 del sedangkan sampel B = 2,9 PO dan 2,8 PO (Gambar 13).

KESIMPULAN

Dari percobaan yang dilakukan baik di laboratorium dan di lapangan maka dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Lapis lindung jenis polyuretan yang diekspos pada salt spray test untuk waktu 168, 336 dan 504 jam menunjukkan penampilan yang baik terlihat tidak terjadi blistering, cracking maupun rusting
2. Lapis lindung jenis polyuretan yang diekspos pada UV test untuk waktu 168, 336 dan 504 jam menunjukkan penampilan yang baik terlihat tidak

terjadi blistering, cracking maupun rusting

3. Lapis lindung jenis polyuretan yang diekspos pada humidity test untuk waktu 168, 336 dan 504 jam menunjukkan penampilan yang baik untuk sampel A akan tetapi sampel B terlihat adanya blistering sedangkan untuk cracking maupun rusting tidak terjadi.
4. Untuk ke tiga pengujian di laboratorium terlihat pada bending test, sampel A terjadi crack sedangkan pada sampel B tidak terjadi crack.
5. Lapis lindung jenis polyuretan yang diekspos di lapangan untuk waktu 91 dan 433 hari menunjukkan penampilan yang baik terlihat tidak terjadi blistering, cracking maupun rusting.
6. Lapis lindung jenis polyuretan yang digunakan dalam penelitian ini secara umum cocok untuk lingkungan maritim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Drs. Sundjono dan rekan-rekan di Bidang Konservasi Bahan – Pusat Penelitian Metalurgi LIPI untuk diskusi dan bantuannya hingga terlaksana penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Charles G. Munger. 1984. „Corrosion Prevention by Protective Coatings”, NACE, Houston Texas.
- [2] Denny A. Jones. 1992. „Principles and Prevention of Corrosion”, Macmillan Publishing Company, New York.
- [3] ASM Handbook. „Corrosion”, ASM International, Vol. 13.

RIWAYAT PENULIS

Ronald Nasoetion, Alumni Akademi Geologi dan Pertambangan jurusan Metalurgi lulus tahun 1977. Melanjutkan pendidikan S1 di Institut Teknologi Bandung jurusan Metalurgi, lulus S1 tahun 1984 dan lulus S2 jurusan Rekayasa Korosi tahun 1994. Sejak tahun 1977 sampai dengan sekarang bekerja di Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI, Serpong.