

# **PENGARUH *OIL SPILL DISPERSANT* TERHADAP KOROSI PADA STRUKTUR BAJA KONSTRUKSI DI LINGKUNGAN AIR LAUT**

**Rahardjo Binudi\* dan Sundjono**

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material - LIPI  
Gedung 470, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan  
E-mail : \*rbinudi@yahoo.com

Masuk tanggal : 10-06-2014, revisi tanggal : 04-07-2014, diterima untuk diterbitkan tanggal : 18-07-2014

Intisari

**PENGARUH *OIL SPILL DISPERSANT* TERHADAP KOROSI PADA STRUKTUR BAJA KONSTRUKSI DI LINGKUNGAN AIR LAUT.** *Oil spill dispersant* (OSD) adalah bahan kimia dispersan yang sekarang banyak digunakan untuk pengendalian tumpahan petroleum pada eksplorasi sumur minyak dan gas di anjungan lepas pantai. Bahan kimia ini cenderung mempunyai potensi korosi terhadap struktur baja. Telah dilakukan pengujian efek korosifitas dari beberapa jenis OSD yaitu sampel A, B, C dan D terhadap bahan konstruksi baja dengan metoda pencelupan berdasarkan kehilangan berat. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa baik sampel A maupun sampel D tidak bersifat korosif terhadap baja, dengan laju korosi masing-masing 0 mpy, dibandingkan sampel C dengan laju korosi rata-rata sebesar 1,35 mpy. Sedangkan sampel B bersifat sangat korosif terhadap baja dengan laju korosi rata-rata sebesar 11,42 mpy.

*Kata kunci : Oil spill dispersant, Air laut, Bahan kimia, Baja, Korosi*

Abstract

**EFFECT OF *OIL SPILL DISPERSANT* AGAINST CORROSION IN STEEL STRUCTURE CONSTRUCTION IN SEA WATER ENVIRONMENT.** *Oil spill dispersant* (OSD) is dispersant chemical which the present most used to control oil spill at oil and gas well of exploration offshore. This chemical has corrosion potentially trend toward carbon steel structure. The corrosion effect of oil spill dispersants i.e. samples A, B, C and D to carbon steel have been carried out with immersion testing method based on loss weight. From the results of corrosion testing showed that neither sample A nor sample D are not corrosive to carbon steel, which corrosion rate are 0 mpy, respectively, compared the sample C with an average corrosion rate mpy at 1.35. While the sample B corrosive to metal corrosion rate of steel with an average of corrosion rate 11.42 mpy.

*Keywords : Oil spill dispersant, Sea water, Chemicals, Steel, Corrosion*

## **PENDAHULUAN**

Semakin bertambah jumlah penduduk dunia dan semakin menipis sumber petroleum (*crude oil*), maka sekarang perhatian dunia untuk mendapatkan petroleum baru dipusatkan pada sumber cadangan yang lokasinya sulit terjangkau (*less-accessible supplies*), seperti eksplorasi dan produksi sumur minyak-gas lepas pantai (*offshore*) di laut dalam. Petroleum adalah campuran dari senyawa-senyawa hidrokarbon yang sangat bervariasi baik jenis maupun sifat fisik dan kimia tergantung dari formasi geologi. Peningkatan eksplorasi dan produksi petroleum dari sumber sumur-sumur

minyak-gas yang ada di lepas pantai akan memperbesar kemungkinan terjadinya tumpahan petroleum, seperti selama fasa eksplorasi dan ekstraksi, atau pada saat aktivitas di unit penyaluran, penimbunan dan pengkapalan. Sumber-sumber potensial dari tumpahan minyak meliputi peledakan sumur (*well blowouts*) selama eksplorasi petroleum pada dasar laut, kebocoran tangki timbun atau kebocoran pipa saluran petroleum pada dasar laut<sup>[1]</sup>.

Dampak dari tumpahan petroleum dapat menyebabkan pencemaran terhadap ekosistem. Hal ini dapat mengakibatkan gangguan terhadap lingkungan akuatik seperti biota-biota laut (plankton, terumbu karang, tumbuhan-tumbuhan dasar laut dan

sejenisnya) bahkan bisa menyebabkan kematian binatang-binatang laut, ikan-ikan dan sejenisnya atau burung-burung laut<sup>[2-4]</sup>.

Oleh karena itu diperlukan penanggulangan yang memadai dan tepat untuk mereduksi dampak lingkungan dari tumpahan petroleum. Ada beberapa metoda untuk menghilangkan lapisan petroleum pada permukaan air diantaranya adalah metoda mekanik dan kimia. Metoda kimia menggunakan bahan kimia *oil spill dispersant* (OSD) telah menjadi metoda umum, yang sekarang ini semakin meningkat penggunaannya.

Bahan-bahan OSD alternatif yang akan digunakan untuk penanggulangan tumpahan petroleum ada 4 sampel yaitu : sampel A; B; C; dan D, dengan spesifikasi produk *Dispersant Oil Ratio* (DOR) masing-masing adalah DOR 1:40; DOR 1:50; DOR 1: (40-100); DOR (50-100) : 1000.

Persyaratan-persyaratan yang harus diperhatikan dalam penggunaan bahan kimia OSD, disamping efektivitasnya untuk mendispersikan petroleum; efek lainnya yang lebih diutamakan adalah sifat toksisitas yang sangat rendah; tidak cenderung menimbulkan buih-buih dan juga tidak bersifat korosif terhadap baja.

Untuk mengetahui unjuk kerja dan karakteristik dari masing-masing bahan kimia OSD tersebut, telah dilakukan uji di laboratorium Pusat Penelitian Metalurgi dan Material LIPI, Serpong.

Salah satu uji dari empat jenis *oil spill dispersant* (sampel A; B; C; dan D) adalah uji efek korosivitas terhadap baja dilakukan dengan metoda pencelupan (*immersion*) berdasarkan kehilangan berat<sup>[5-6]</sup>.

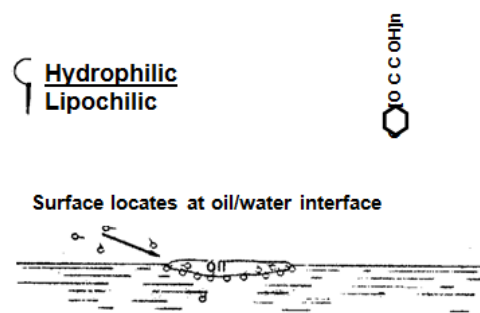
## Latar Belakang Teori

### Karakteristik *Oil Spill Dispersant*.

*Oil spill dispersant* terdiri dari tiga komponen utama : surfaktan, pelarut dan aditif. Surfaktan adalah komponen aktif yang dapat menurunkan tegangan permukaan pada bidang batas antara oil dan air sehingga dapat mempercepat dispersi tumpahan petroleum. Molekul-molekul

surfaktan tersusun dari gugus hidropilik yang mudah larut dalam air dan gugus lipopilik yang mudah larut dalam hidrokarbon. Surfaktan mempunyai kemampuan untuk mengorientasi gugus-gugusnya dalam bidang batas, dimana gugus-gugus lipopilik terikat dengan grup hidrokarbon dalam petroleum dan gugus-gugus hidropilik terikat dengan air (Lihat Gambar 1)<sup>[7]</sup>.

Komponen-komponen penting lainnya dari dispersan adalah aditif, yang berfungsi untuk stabilisasi dan mencegah partikel-partikel petroleum melepaskan diri dari bidang batas antara petroleum dan air.



Gambar 1. Ilustrasi tampilan dispersan pada permukaan air atau oli<sup>[7]</sup>

## Komposisi, Fungsi dan Efektivitas Dispersan<sup>[8-10]</sup>

### A. Komposisi Dispersan

1. Dispersan diformulasi sebagai cairan yang mengandung satu atau lebih surfaktan dan satu atau lebih pelarut organik.
2. Pelarut organik merupakan wahana (*carrier*) dari surfaktan-surfaktan padatan atau cairan kental.
3. Formulasi dispersan terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon dan senyawa-senyawa eter glikol atau senyawa-senyawa alkohol.
4. Komposisi surfaktan sangat bervariasi : 10% - 50% volume.

### B. Fungsi Dispersan

Pada saat petroleum masuk ke dalam lingkungan air, tumpahan petroleum akan menyebar secara horizontal pada

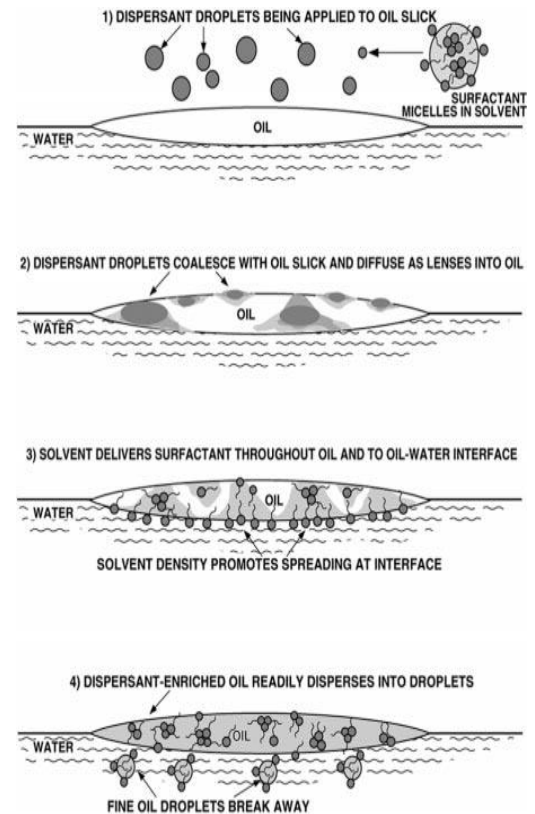
permukaan air. Penyebaran bervariasi dengan tegangan permukaan pada batas antara petroleum dan air. Semakin tinggi tegangan permukaan (tegangan permukaan antara petroleum dan air), semakin kurang penyebarannya. Dengan bantuan dispersan, tegangan permukaan dari petroleum menurun sehingga penyebaran tumpahan petroleum lebih mudah (lihat Gambar 2).

### C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Dispersan

Ada beberapa faktor-faktor penting yang dapat mempengaruhi pada efisiensi dispersan seperti :

1. Komposisi kimia dari produk dispersan
2. Metoda aplikasi atau uji.
3. Komposisi dan sifat-sifat dari petroleum yang akan didispersikan
4. Besaran dari energi pencampuran (*mixing energy*) dalam sistem atau uji
5. Perbandingan dispersan terhadap petroleum (*dispersant:oil ratio, DOR*)

Hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan bahan kimia OSD yang diizinkan untuk penanggulangan tumpahan petroleum adalah bahan-bahan kimia yang mempunyai efektivitas dispersi baik, tidak bersifat toksik terhadap biota laut, tidak membentuk *foaming* atau stabilitas *foaming* nya rendah serta tidak bersifat korosif pada konstruksi-konstruksi baja yang ada disekitarnya.



**Gambar 2.** Mekanisme dispersan pada permukaan air<sup>[11]</sup>

### Proses Korosi Logam

Dalam sebagian besar situasi, baja karbon menjadi perhatian utama karena baja tersebut sangat rentan terhadap serangan korosi. Suatu pemahaman dari proses korosi pada struktur baja yang akan dirubah menjadi sekumpulan karat adalah sangat penting. Karat pada permukaan baja terjadi secara proses elektrokimia melalui reaksi logam tersebut dengan lingkungan. Perubahan baja menjadi oksida besi merupakan proses elektrokimia dengan disertai pembebasan sejumlah kecil arus listrik.

Persyaratan terbentuknya karat (besi oksida) pada permukaan baja: ada anoda, katoda, elektrolit dan rangkaian arus listrik tertutup. Dalam sel korosi, anoda adalah elektroda negatif dimana korosi (proses oksidasi) terjadi, sebaliknya katoda adalah elektroda positif dimana proses reduksi (proses korosi tidak terjadi). Elektrolit, umumnya larutan adalah suatu konduktor ionik. Sedangkan rangkaian arus listrik tertutup adalah aliran arus listrik yang

mengalir melalui logam itu sendiri dan larutan elektrolit.

Dalam hampir setiap keadaan, semakin besar korosifitas lingkungan, semakin cepat karat terjadi. Sebaliknya, semakin rendah korosifitas lingkungan akan menurunkan konduktivitas dan proses oksidasi logam<sup>[12]</sup>.

Proses korosi secara elektrokimia merupakan ilustrasi dari sel korosi mikro pada permukaan baja yang akan menghasilkan karat bilamana arus mengalir dari anoda ke katoda.

Elektroda-elektroda tersebut bereaksi satu dengan lainnya dalam lingkungan elektrolit, karena baja bukan material yang homogen. Kedua elektroda mempunyai perbedaan potensial elektrik, bilamana struktur baja terekspos dalam elektrolit dan dijenuhkan dengan oksigen. Dalam kondisi ini, sirkuit elektrik internal terjadi melalui logam yang bersifat sangat konduktif dan sirkuit elektrik eksternal melalui elektrolit. Pada anoda, ion besi bergerak ke permukaan logam dan bereaksi dengan elektrolit membentuk karat. Arus listrik yang relatif kecil mengalir dari anoda ke katoda. Pada katoda terjadi penerimaan arus atau elektron, mengakibatkan perubahan oksigen dalam elektrolit menjadi ion OH<sup>-</sup>. Pada permukaan logam arus dibawa oleh ion-ion terlarut. Pada permukaan baja dimana daerah anoda mengalami korosi, sedangkan daerah katoda pada permukaan baja tidak terkorosi. Daerah katoda tidak mengalami perubahan karena fungsinya hanya untuk melengkapi proses korosi yaitu proses reduksi oksigen menjadi ion OH<sup>-</sup>.

Reaksi kimia sebagai berikut<sup>[13]</sup> :

Pada anoda :  $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$  (oksidasi)

Pada katoda :  $H_2O + O_2 + 2e \rightarrow 2OH^-$  (reduksi)

Produk reaksi (ion  $Fe^{2+}$ ) dari proses oksidasi bergabung dengan produk reaksi (ion  $OH^-$ ) dari reaksi reduksi membentuk karat pada anoda :

$2Fe^{2+} + 4OH^- + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$  (karat)

## PROSEDUR PERCOBAAAN

### Data Teknis Bahan Kimia *Oil Spill Dispersant* (OSD)

Empat jenis bahan kimia *oil spill dispersant* (OSD) yang telah dilakukan pengujian adalah berbentuk cairan dengan spesifikasi sebagai berikut :

#### a. Sampel OSD : A

pH	11,6
Odor	Clear
Flash Point	None
Rinse Ability	Completely
Type Clear	Water Soluble Degreaser
Active Ingridients	Detergent, builders, soluble solvent
Degreasing Efficiency	Excellent
Stability (hot or cold)	Excellent
Ferrous metal	None
Non-ferrous metal	None
Density	8,34 lbs/gal (1,045 g/cm <sup>3</sup> )

#### b. Sampel OSD : B

pH	5,8 after pH diluting with water the dilute product will be considerably
Physical form	Liquid
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1,020
Viscosity	25 second 9din cup 0-4°C
Color	Transparant or yellow fish
Spesific mass	1018 kg/m <sup>3</sup>
qqf higher	< 0 °C solidification
Vapor pressure	23 mbar/2300 Pa
Exploison limit	N.A
Flash point	N.A
Flammability limits	N.A
Auto Ignition	N.A

Temperature	
Shelf life	3 year
Mac value	N.A

c. Sampel OSD : C

Appearance and odor	Clear
pH	8,3
Specific gravity (H <sub>2</sub> O)	1,0067
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1,010
Boiling point	None
Solubility in water	Soluble
Vapor pressure	Not determined

d. Sampel OSD : D

Form and color	Clear yellow liquid
Specific gravity	1,06±0,75
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1,025
pH	13,1
Corrositivity	Non corrosive
Crude oil yang diuji berasal dari	Lapangan Langsa
Media uji	Larutan sintesis air laut (3,5% NaCl)

**Prosedur Percobaan Uji Celup (Immersion Test)**

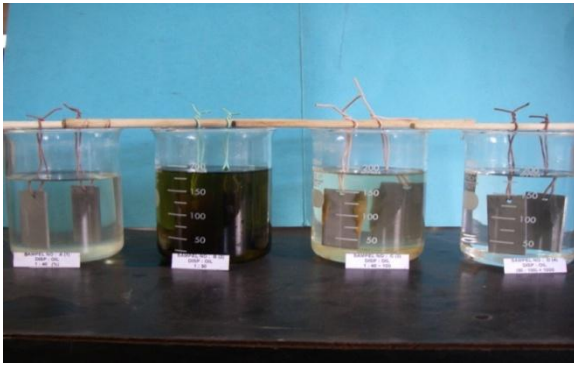
Uji celup berdasarkan standar ASTM G31-72 (*laboratory, immersion corrosion testing of metal*), dilakukan untuk mengetahui dampak korosi pada material baja selama proses pengendalian tumpahan minyak.

**Prinsip Pengujian**

- Siapkan spesimen uji dari material baja ST 37, dengan ukuran ± 50 x 18 x 2,50 mm.
- Ratakan bagian-bagian kasar pada bagian pinggir spesimen uji dari hasil pemotongan dengan mesin potong, selanjutnya permukaan spesimen diampelas dengan kertas ampelas ukuran 800 mesh.
- Hilangkan kotoran-kotoran seperti minyak berat, kerak oksida, dan produk

korosi yang terdapat pada permukaan spesimen uji.

- Timbang masing – masing spesimen uji.
- Masukkan spesimen-spesimen uji ke dalam beaker gelas yang berisi masing-masing 200 ml larutan terdiri campuran larutan 3,5 % NaCl dan bahan kimia *oil spill dispersant* :A, B, C dan D dengan spesifikasi produk DOR masing-masing adalah DOR 1:40; DOR 1:50; DOR 1: (40-100); DOR (50-100) : 1000 ( lihat Gambar 3)
- Biarkan spesimen uji terekspos dalam beaker gelas yang berisi masing-masing campuran larutan 3,5 % NaCl dan bahan kimia *oil spill dispersant* :A, B, C dan D selama perioda waktu 7 hari.
- Setelah akhir pengujian dalam perioda tersebut, ambil spesimen uji dan ambil foto kemudian cuci dengan air kran yang mengalir, bilas dengan aseton dan keringkan.
- Amati perubahan yang terjadi pada permukaan spesimen uji seperti : perubahan warna, kekusaman, etsa, noda karat dan korosi lokal.
- Bersihkan produk korosi bila terbentuk pada permukaan spesimen uji setelah pengeposan dengan larutan asam plus inhibitor.
- Bilas dengan air keran dan netralkan dengan larutan alkali, kemudian dibilas dengan air.
- Bilas dengan aseton dan keringkan, kemudian timbang spesimen uji.
- Hitung kehilangan berat dan laju korosinya.



**Gambar 3.** Uji celup pada produk dengan DOR 1:40; DOR 1:50; DOR 1: (40-100); DOR (50-100) : 1000

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pengaruh korositifitas dari 4 jenis bahan kimia dispersan OSD terhadap material logam baja dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengukuran laju korosi baja dengan metoda pencelupan (*immersion*) dalam larutan bahan kimia OSD pada Tabel 1 setelah diekspos selama 168 jam menunjukkan bahwa sampel A dan D dengan harga pH masing-masing; pH 11,6 dan pH 13,1 tidak mengalami korosi dan laju korosinya masing-masing 0 mpy. Ini menunjukkan bahwa bahan kimia OSD sampel A dan D tidak menyebabkan korosi terhadap baja. Untuk larutan bahan kimia OSD sampel C dengan harga pH 8,3baja mengalami sedikit korosi dengan laju korosi rata-rata 1,35 mpy termasuk kategori *low corrosion*. Sedangkan untuk larutan bahan kimia OSD sampel B dengan harga pH 5,8 baja terkorosi dengan jelas dan laju korosi rata-rata sebesar 11,42 mpy termasuk kategori *fairly low corossion* (Tabel 2).

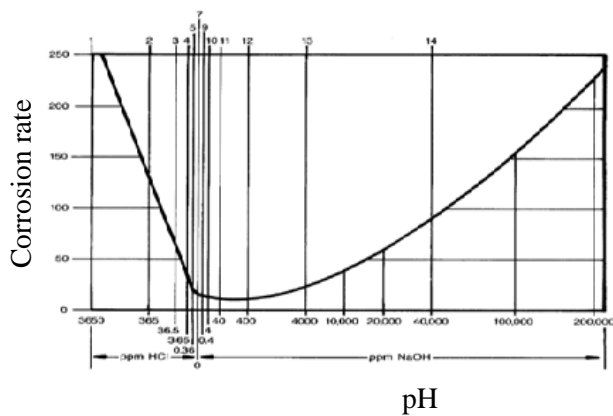
**Tabel 1.** Hasil uji laju korosi logam baja setelah ekpose selama 168 jam dalam larutan dispersan (OSD) pada temperatur kamar

Media	pH	Berat (gr)		Area (mm <sup>2</sup> )	Laju Korosi (mpy)	Waktu Ekspos	Katagori
		Awal	Akhir				
Sampel A	11,6	10,6680	10,6680	1855,7	0	7 hari	Tidak terjadi korosi
		10,3287	10,3287	1802,4	0		Tidak terjadi korosi
Sampel B	5,8	10,4454	10,3729	1809,5	10,45		Korosi cukup redah
		10,7320	10,6640	1852,5	12,39		Korosi cukup rendah
Sampel C	8,3	10,8028	10,7930	1860,8	1,37		Korosi rendah
		10,6325	10,6231	1852,0	1,32		Korosi rendah
Sampel D	13,1	10,7060	10,7060	1838,8	0		Tidak terjadi korosi
		10,4549	10,4548	183,8	0		Tidak terjadi korosi

Laju korosi baja sangat dipengaruhi oleh harga pH dari media larutan, semakin rendah harga pH (bersifat asam pH < 7) dari media larutan, baja semakin cenderung mudah terserang korosi. Sedangkan dalam media larutan bersifat alkali pH > 7, baja semakin imun tidak mudah terkorosi. Hal ini disebabkan dalam larutan alkali, lapisan pasif yang stabil terbentuk pada permukaan baja, yang mana lapisan pasif ini bersifat sebagai lapisan penghalang (*barrier*) yang dapat menghambat atau menurunkan aksi korosi selanjutnya seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.

**Tabel 2.** *Qualitative categorized of carbon steel*<sup>[14]</sup>.

Rate in Mills Penetration Per Year (mpy)	Categorized
1.0 max.	<i>Very low corrosion</i>
10.0 max.	<i>Low corrosion</i>
20.0 max	<i>Fairly low corrosion</i>
50.0 max.	<i>High corrosion</i>
Rates over 50	<i>Excessive corrosion</i>



**Gambar 4.** Pengaruh pH larutan terhadap korosi baja<sup>[15]</sup>

Hasil pengujian pengaruh larutan bahan kimia dispersan (OSD) terhadap penampilan baja dapat dilihat dalam Gambar 6 dan Gambar 7.

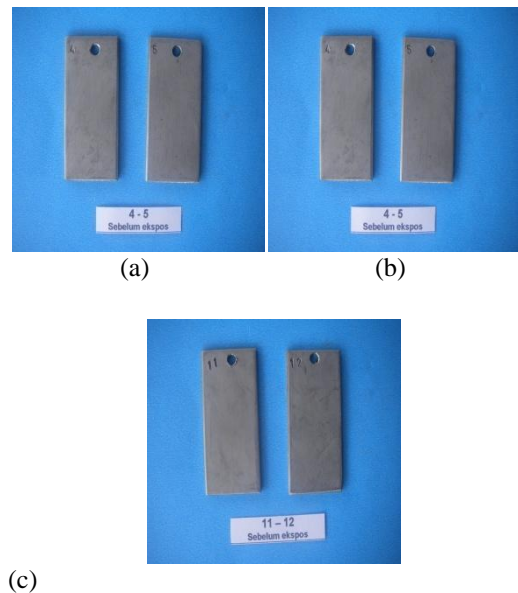
**Tabel 3.** Pengaruh masing-masing larutan bahan kimia OSD terhadap penampilan logam baja pada temperatur kamar.

Pengamatan	Waktu ekspos ( 168 jam)			
	OSD no: A (1)	OSD no: B (2)	OSD no: C (3)	OSD no: D (4)
Perubahan warna	-	+++	+	-
Kekusaman	-	+++	+	-
Etsa	-	+++	+	-
Noda karat	-	+++	+	-
Korosi lokal	-	+++	+	-

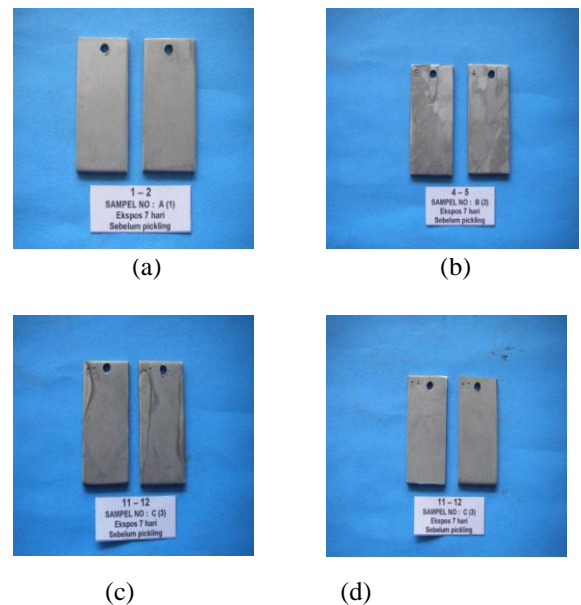
Keterangan : + tingkat terjadinya korosi ; - tidak terjadi korosi

Hasil pengamatan secara visual dari *immersion corrosion test* dalam larutan bahan kimia dispersan (OSD) terhadap penampilan permukaan logam baja setelah diekspos selama 168 jam pada temperatur ruangan untuk sampel A dengan pH 11,8 dan sampel D dengan pH 13,1 tidak teramati adanya pembentukan noda-noda karat, perubahan warna, kekusaman, etsa dan korosi lokal. Untuk sampel C pH 8,3 teramati adanya sedikit pembentukan noda-noda karat, perubahan warna, kekusaman, etsa dan korosi lokal. Sedangkan dalam larutan sampel B pH 5,8 sangat jelas

teramati adanya pembentukan noda-noda karat, perubahan warna, kekusaman, etsa dan korosi lokal (Gambar 6 dan 7).

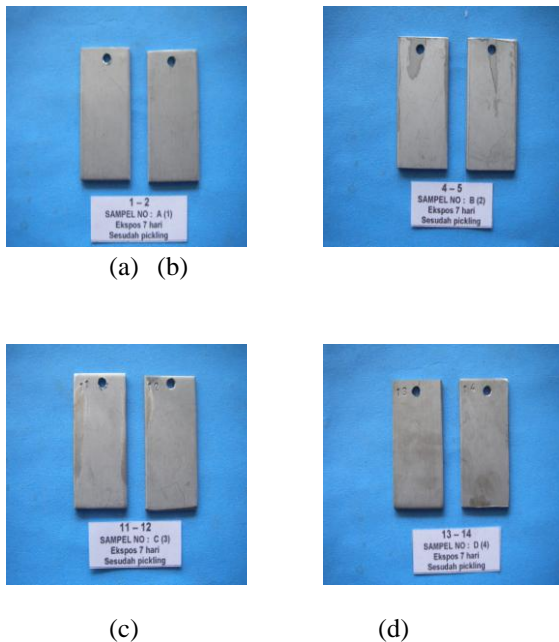


**Gambar 5.** Pengujian Korosivitas (waktu ekspos 168 jam) dan penampilan benda uji baja sebelum diekspos dalam larutan dispersan (OSD) untuk: (a) sampel A, (b) sampel B, dan (c) sampel C



**Gambar 6.** Penampilan benda uji logam baja setelah diekspos selama 168 jam dalam larutan dispersan (OSD) untuk: (a) sampel A, (b) sampel B, (c) sampel C, dan (d) sampel D





**Gambar 7.** Penampilan benda uji logam baja setelah diekspose selama 168 jam dalam larutan dispersan (OSD) dan lapisan karat dibersihkan dengan proses cuci asam untuk; (a) sampel A, (b) sampel B, (c) sampel C, dan (d) sampel D

## KESIMPULAN

Dari hasil-hasil uji korosifitas bahan kimia *oil spill dispersant* (OSD) terhadap baja dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Bahan kimia OSD baik Sampel A; maupun sampel D; dengan harga pH masing pH 11,6 dan pH 13,1 tidak korosi terhadap baja dengan laju korosi masing-masing 0 mpy.
- Bahan kimia OSD sampel C dengan harga pH 5,8 mengakibatkanbaja mengalami sedikit korosi denganlaju korosi rata-rata 1,35 mpy termasuk katagori *low corrosion*.
- Bahan kimia OSD sampel B; bersifat korosif terhadap baja dengan laju korosi rata-rata sebesar 11,42 mpy termasuk katagori *fairly low corossion*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shata, Ashmaa Ali . 2010., „Recovery of Oil Spills by Dispersants in Marine Arctic Regions”. *Research*
- [2] American Petroleum Institute (API). 2000., „Environmental Considerations for Marine Oil Spill Response”. API Publishing Services, Washington D.C.
- [3] Engelhardt F. R. 1983., „Petroleum Effects on Marine Mammals”. *Aquatic Toxicology*, vol. 4, 199.
- [4] Koyama Jiro and Kukano Akira. 2004. „Toxicity of Heavy Fuel Oil, Dispersant, and Oil-Dispersant Mixtures to Marine Fish”. *Pagrus Major, Fisheries Sci*, vol 70 pp. 587-595.
- [5] ASTM. 1989., „Immersion Test for Laboratory Imersion Testing of Metals”. ASTM G31, PA, Philadelphia.
- [6] ASTM. 2003., „Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens”. ASTM G1, PA, West Conshohocken.
- [7] Lindgren Charlotte, Lager Helene, Fejes Jonas. 2001. „Oil Spill Dispersants – Risk Assessment for Swedish Waters”. IVL Swedish Environmental Research Institute, Sweden.
- [8] Valsaraj, Kalliat T. 2011., „Oil Spill Dispersants : Efficacy and Design”. Cain Department of Chemical Engineering Louisiana State University Baton Rouge, Los Angeles.
- [9] Fingas Merv, Wang Zhendi, Fieldhouse Ben and Smith Paula. 2004. ” Chemical Characteristics of An Oil and the Relationship to Dispersant Effectiveness”. Emergencies Science and Technology Division, Environment Canada, Environmental Technology Centre, Ottawa.
- [10] Fingas Merv, Wang Zhendi, Fieldhouse Ben, Sigouin Lise and Landriault M. 1999., „Analytical

*Spring 2010.* Department of Mathematics and Natural Sciences Faculty of Science and Technology University of Stavanger. Stavanger.



- Procedures for Dispersant Effectiveness Testing". Environmental Technology Centre Environment Canada, Ottawa Ontario, pp. 231-241.
- [11] Fiocco Robert J. and Lewis Alun. 1999., "Oil Spill Dispersants". *Pure Appl. Chem.*, vol. 71, No. 1, pp. 27-42.
- [12] Revie R. Winston and Uhlig Herbert H. 2008., "Corrosion and Corrosion Control". 4<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken New Jersey.
- [13] Ahmad Zaki, Macdonald D. 2012., "Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control". Second Edition, Elsevier Science and Technology.
- [14] Shreir, U., "Corrosion". 1978. Vol.11, Newnes Butterworth, London.
- [15] General Electric. 2013 ., "Water Industries Ltd". Hand Book Water Treatment, General Electric, Connecticut.

