

PENERBIT : HANG TUAH UNIVERSITY PRESS  
ISBN: 978-602-5595-50-9

# KOROSI DI LINGKUNGAN LAUT

**Penulis:**

Dr. Dwisetiono, S.T., M.MT.

Dr.Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.

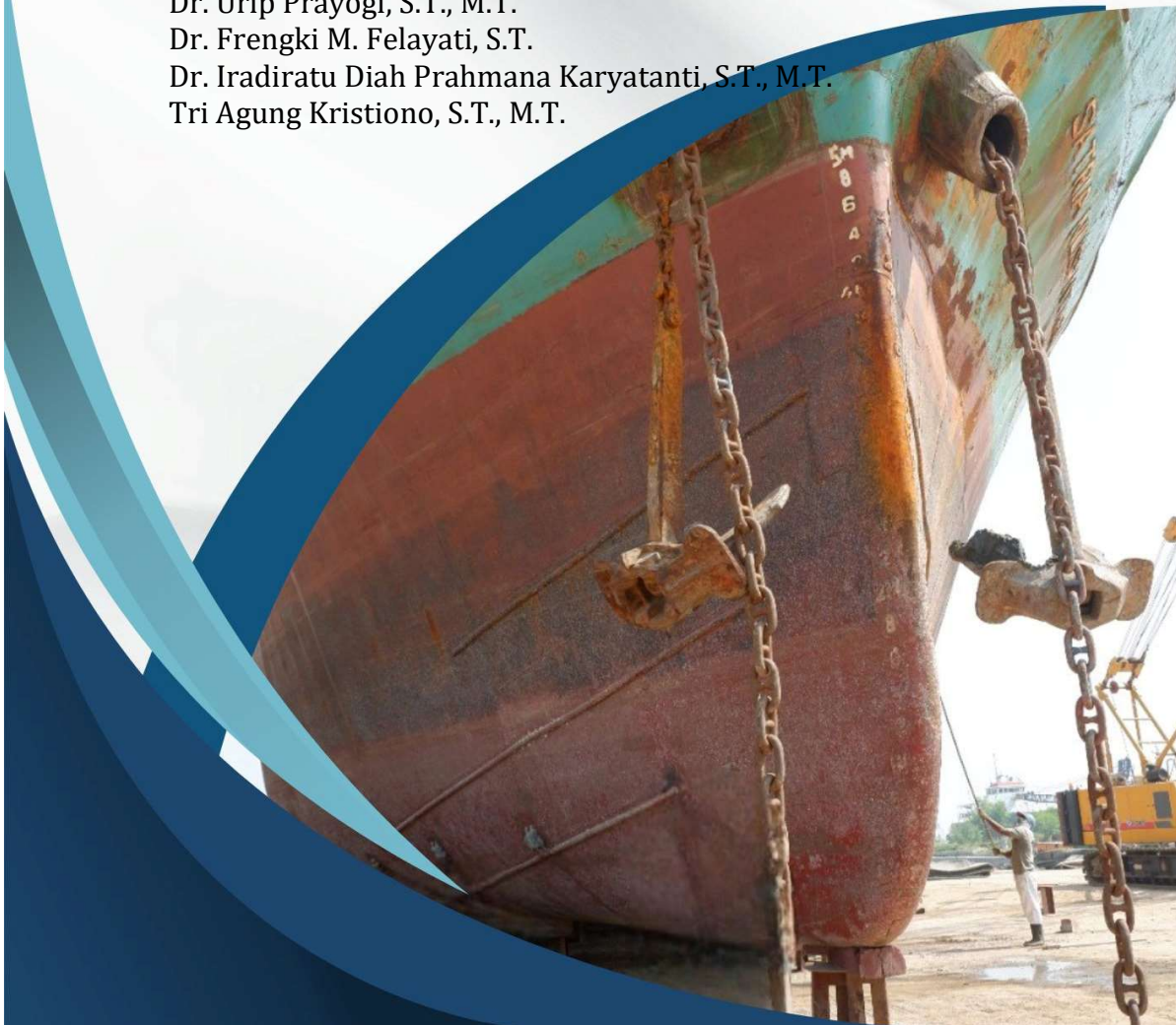
Dr. Arif Winarno, S.T., M.T.

Dr. Urip Prayogi, S.T., M.T.

Dr. Frengki M. Felayati, S.T.

Dr. Iradiratu Diah Prahmana Karyatanti, S.T., M.T.

Tri Agung Kristiono, S.T., M.T.



**Kosongkan (balik cover)**

# KOROSI DI LINGKUNGAN LAUT

Dr. Dwisetiono, S.T., M.MT.  
Dr.Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.  
Dr. Arif Winarno, S.T., M.T.  
Dr. Urip Prayogi, S.T., M.T.  
Dr. Frengki M. Felayati, S.T.  
Dr. Iradiratu Diah Prahmana Karyatanti, S.T., M.T.  
Tri Agung Kristiono, S.T., M.T.



Hang Tuah University Press  
2024

# KOROSI DI LINGKUNGAN LAUT

ISBN: 978-602-5595-50-9

Hak penerbitan pada HANG TUAH UNIVERSITY PRESS. Bagi mereka yang ingin memperbanyak sebagian isi buku ini dalam bentuk atau cara apapun harus mendapatkan izin tertulis dari penulis dan penerbit HANG TUAH UNIVERSITY PRESS.

## **Penulis:**

Dr. Dwisetiono, S.T., M.MT.

Dr.Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.

Dr. Arif Winarno, S.T., M.T.

Dr. Urip Prayogi, S.T., M.T.

Dr. Frengki M. Felayati, S.T.

Dr. Iradiratu Diah Prahmana Karyatanti, S.T., M.T.

Tri Agung Kristiono, S.T., M.T.

## **Reviewer:**

Dr. Ali Azhar, S.T., M.T.

## **Editor:**

Dr. Muhammad Taufiqurrohman, S.T., M.T.

## **Desain sampul:**

Dr. Dwisetiono, S.T., M.MT.

Muhammad Dzikri Akbar Bahtiar



## **Penerbit:**

HANG TUAH UNIVERSITY PRESS

Jl. Arif Rahman Hakim 150, Sukolilo, Surabaya Telp. (031) 5946261

E-mail: [uht.press@hangtuah.ac.id](mailto:uht.press@hangtuah.ac.id)

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

All Right Reserved

Cetakan I, \_\_\_\_\_ 2024

## KATA PENGANTAR

---

---

Korosi masih menjadi suatu perhatian dalam dunia industri. Prosesnya yang bersifat alami dan spontan membuat kita harus selalu waspada terhadap fenomena korosi ini. Apalagi di dunia maritim, dimana lingkungan atmosfernya sangatlah berpengaruh terhadap terjadinya korosi.

Sebagai negara maritim, dimana kapal masih menjadi moda transportasi yang diandalkan, dan banyaknya bangunan-bangunan lepas pantai, tentunya membuat kita harus lebih fokus dalam pengendalian korosi. Ancaman korosi pada kapal dan bangunan laut beserta sistem-sistem di dalamnya yang terbuat dari logam, tentunya agak berbeda dengan ancaman korosi pada bangunan-bangunan di darat, karena kapal beroperasi pada atmosfer laut.

Buku ini sangat menarik karena membahas mengenai korosi yang khusus dan sering terjadi pada lingkungan laut. Pembahasannya dengan kalimat yang mudah dimengerti, mulai dari mengapa kita harus konsen terhadap korosi, atmosfer kelautan yang sangat mem-promote terjadinya korosi, berbagai korosi di lingkungan laut serta upaya-upaya dalam mengendalikan laju korosi di lingkungan laut.

Buku ini memperkaya literasi mengenai pengetahuan tentang korosi, khususnya korosi di lingkungan laut.

Surabaya, Mei 2024  
Dr. Ali Azhar, S.T., M.T.

## **PRAKATA**

---

Puji dan syukur kami panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Rahmat dan Perkenan-Nya buku ini dapat terselesaikan.

Buku yang berjudul Korosi di Lingkungan Laut ini menyajikan tentang betapa pentingnya memberikan perhatian khusus mengenai fenomena korosi yang sering terjadi, khususnya pada konstruksi atau kapal yang memang direncanakan untuk beroperasi pada lingkungan laut dengan atmosfer yang sangat korosif. Berbagai macam korosi dan penyebabnya serta upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan dan juga untuk merawat atau memelihara jika terjadi serangan korosi dipaparkan dalam buku ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam buku ini, karena itu dengan rendah hati penulis menerima setiap masukan yang bertujuan untuk menyempurnakan buku ini. Penulis sangat berharap bahwa buku ini dapat memberi manfaat dan kontribusi yang berarti kepada semua pihak yang berkepentingan.

Surabaya, Mei 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

---

---

KATA PENGANTAR.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB 1 KOROSI DAN ASPEK EKONOMI .....	1
A.    Pendahuluan.....	1
B.    Aspek Keuangan Korosi .....	1
C.    Logam .....	3
BAB 2 KOROSI DAN BENTUKNYA.....	11
A.    Pendahuluan.....	11
B.    Korosi Galvanis.....	11
C.    Korosi Batas Butir.....	14
D.    Korosi Intergranular.....	15
E.    Korosi Celah (Crevice Corrosion).....	16
F.    Korosi Sumuran (Pitting Corrosion).....	19
G.    Korosi Erosi (Erosion Corrosion) .....	21
H.    Korosi pada temperatur tinggi.....	23
I.    Korosi Panas (Hot Corrosion) .....	25
J.    Marine Corrosion (Sea Water Corrosion).....	25
BAB 3 MARINE ENVIRONMENT.....	27
A.    Daerah Pasang Surut (Splash Zone).....	27
B.    Air Laut.....	28
C.    Temperatur Air Laut.....	30
D.    Dissolved Gases .....	30
E.    Hydrogen Sulphide dan Ammonia.....	31
F.    Carbon Dioxide .....	32
G.    Konduktivitas Listrik.....	33
H.    pH Air Laut .....	33

I.	Calcareous Scales .....	34
J.	Fouling.....	35
K.	Kedalaman Laut.....	36
L.	Kecepatan arus air laut.....	37
BAB 4 PENGENDALIAN KOROSI DI LINGKUNGAN LAUT.....		39
A.	Pendahuluan .....	39
B.	Desain .....	39
C.	Lapisan pelindung untuk pekerjaan baja (Protective coating for steelwork).....	53
D.	Paint Coating.....	60
E.	Paint Application.....	63
F.	Metallic Coatings .....	64
BAB 5 PENGECATAN UNTUK PEMELIHARAAN .....		69
A.	Pendahuluan .....	69
B.	Kebutuhan akan Pemeliharaan.....	69
C.	Faktor-faktor yang mempengaruhi pemeliharaan .....	70
D.	Perencanaan Pemeliharaan.....	71
E.	Perawatan konstruksi baja yang dicat.....	72
BAB 6 CATHODIC PROTECTION .....		75
A.	Pendahuluan .....	75
B.	Aplikasi Perlindungan Katodis.....	75
C.	The Practical Application of Cathodic Protection.....	76
D.	Perlindungan katodis pada kapal.....	79
BAB 7 LAPISAN PELINDUNG KAPAL.....		83
A.	Pendahuluan .....	83
B.	Lapisan Pelindung untuk Bangunan (Kapal) baru.....	84
C.	Pemeliharaan Sistem Lapisan Pelindung Kapal.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....		92
BIOGRAFI PENULIS.....		94



## DAFTAR GAMBAR

---

Gambar 1.1. Proses pembekuan logam.....	4
Gambar 1.2. Kristalisasi Logam.....	5
Gambar 1.3. Berbagai cacat atom tunggal.....	7
Gambar 1.4. Dislokasi tepi.....	8
Gambar 1.5. Dislokasi ulir.....	8
Gambar 1.6. Cacat bidang – Batas butir .....	9
Gambar 1.7. Cacat bidang – Twinning.....	10
Gambar 2.1. Sel korosi basah sederhana.....	12
Gambar 2.2. Deret galvanik.....	13
Gambar 2.3. Korosi galvanis.....	14
Gambar 2.4. Pengamatan metalografi korosi batas butir.....	15
Gambar 2.5. Intergranular corrosion.....	16
Gambar 2.6. Skema terjadinya crevice corrosion pada baja .....	17
Gambar 2.7. Crevice corrosion .....	18
Gambar 2.8. Skema terjadinya pitting corrosion.....	20
Gambar 2.9. Pitting Corrosion .....	21
Gambar 2.10. Korosi erosi .....	23
Gambar 3.1. Zona pada marine environment.....	28
Gambar 3.2. Pengaruh kedalaman laut terhadap laju korosi baja karbon.....	37
Gambar 4.1. Entrapment of water.....	40
Gambar 4.2. Desain non entrapment .....	41
Gambar 4.3. Corrosion at ground level .....	42
Gambar 4.4. Beberapa kemungkinan serangan crevice dan alternatif metode pengendaliannya.....	43
Gambar 4.5. Aliran air dalam pipa harus lancar.....	44
Gambar 4.6. Easily Replaceable parts.....	45
Gambar 4.7. Access for maintenance (a) Konstruksii. (b) Pipa. ....	46
Gambar 4.8. Desain tanki (a) buruk. (b) baik .....	47
Gambar 4.9. Requirements of coating .....	55
Gambar 4.10. Pengelupasan cat yang umum terjadi pada millscale pada marine atmosphere .....	56
Gambar 4.11. Pitting pada baja yang sebagian tertutup millscale dan terendam air laut.....	57
Gambar 4.12. Gambar lapisan penampang galvanis hot-dip, dengan perkiraan persentase seng dan besi dalam setiap lapisannya. ....	66

Gambar 6.1. Sel korosi dengan proteksi katodik impression current method.....	76
Gambar 7.1. Area of protection on ships .....	83

## DAFTAR TABEL

---

Tabel 1.1. Taksiran Biaya akibat Korosi .....	1
Tabel 2.1. Ketahanan logam dan paduan terhadap crevice corrosion ....	18
Tabel 3.1. Kandungan garam dalam air laut lepas.....	29
Tabel 3.2. Resistivitas berbagai jenis air .....	33
Tabel 4.1. Efek surface preparation pada umur coating (125 µm paint system) .....	56
Tabel 4.2. Standard for surface cleanliness di beberapa negara .....	59
Tabel 4.3. Rate of paint application .....	64
Tabel 7.1. Lapisan pelindung yang dianjurkan untuk kapal.....	85
Tabel 7.2. Lapisan pelindung untuk non cargo.....	87

## BIOGRAFI PENULIS

---



**Dwisetiono** lahir di Kupang 14 Maret 1972, lulus dari SMAK St. Louis 1 Surabaya pada tahun 1991, kemudian melanjutkan pendidikan sarjana (S1) di Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan bidang keahlian Metalurgi. Pendidikan Magister (S2) diselesaikan pada tahun 2004 di Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada Program Studi Magister Manajemen Teknologi, sedangkan Pendidikan Doktor diselesaikan di Sekolah Pascasarjana Universitas Brawijaya pada Program Doktor Ilmu Lingkungan pada tahun 2023. Pernah bekerja sebagai praktisi Mechanical Engineering antara tahun 1997-2005. Sejak tahun 2005 hingga sekarang menjadi Dosen tetap pada Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hang Tuah Surabaya. Fokus riset mengenai material kelautan, keandalan sistem dan manajemen resiko. Saat ini menjadi anggota Asosiasi Pengelasan Indonesia (API) dan Persatuan Insinyur Indonesia (PII).

**e-mail: [dwisetiono@hangtuah.ac.id](mailto:dwisetiono@hangtuah.ac.id)**



**Kriyo Sambodho** saat ini bekerja sebagai Dosen pada Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Ia memiliki latar belakang yang kuat dalam Penelitian Bencana karena ia telah menghabiskan sekitar 10 tahun di Institut Penelitian Pencegahan Bencana, Universitas Kyoto, Jepang. Ia juga memperoleh gelar master dan doktoral dari Universitas Kyoto. Fokus penelitiannya mencakup rekayasa geoteknik lepas pantai, lingkungan lepas pantai, dan juga mitigasi bencana. Ia aktif mengikuti kuliah umum yang digagas Kementerian Kelautan dan Perikanan untuk memberikan edukasi kepada masyarakat di wilayah pesisir Jawa Timur terkait mitigasi bencana.

**e-mail: [sambodho@its.ac.id](mailto:sambodho@its.ac.id)**



**Arif Winarno** lahir di Lamongan, Jawa Timur pada 13 Juli 1976 dan menyelesaikan pendidikan tingkat atas di SMA Negeri Sukodadi Lamongan pada tahun 1994. Selanjutnya menempuh pendidikan program strata 1 (S-1) di Universitas Hang Tuah, Surabaya dengan Program Studi Teknik Sistem Perkapalan. Tahun 2008 menyelesaikan Pendidikan strata 2 (S-2) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS), Program Studi Teknologi Kelautan dengan Bidang Keahlian Teknik Sistem Pengendalian Kelautan. Sebagai dosen tetap Program Studi Teknik Sistem Perkapalan mulai tahun 2002 sampai sekarang, serta sebagai konsultan pengawas pembangunan kapal baru. Sejak tahun 2018 tergabung dalam asosiasi Persatuan Insinyur Indonesia (PII). Guna meningkatkan kompetensinya, maka pada tahun 2023 telah menyelesaikan Pendidikan Strata 3 (S-3) Program Doktor Ilmu Lingkungan di Universitas Brawijaya. Bidang keahlian yang ditekuni hingga saat ini marine pollution, ship resistance and fluids machinery.

**e-mail: [arif.winarno@hangtuah.ac.id](mailto:arif.winarno@hangtuah.ac.id)**



**Urip Prayogi** lahir di Blitar tahun 1977, lulus dari SMAN 1 Srengat Blitar pada tahun 1996, kemudian melanjutkan pendidikan sarjana (S1) di Jurusan Sistem Perkapalan Universitas Hang Tuah Surabaya lulus tahun 2001. Pendidikan Magister (S2) diselesaikan tahun 2004 di Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada Program Studi Magister Teknik Sistem Perkapalan, sedangkan Pendidikan Doktor diselesaikan di Sekolah Pascasarjana Universitas Brawijaya pada Program Doktor Ilmu Lingkungan diselesaikan tahun 2023. Pernah menjad tenaga ahli desain kapal pelayaran rakyat dengan bahan baku komposit dan laminating dalam rangka pengembangan teknologi kapal untuk mendukung optimalisasi logistik barang dan konektifitas di seluruh kepulauan Indonesia. Sejak tahun 2001 menjadi Dosen tetap pada Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hang Tuah Surabaya hingga saat ini. Saat ini menjadi anggota Persatuan Insinyur Indonesia (PII).  
**e-mail: [yogi@hangtuah.ac.id](mailto:yogi@hangtuah.ac.id)**



**Frengki Mohamad Felayati** adalah seorang akademisi dan praktisi di bidang Teknik Sistem Perkapalan. Saat ini, ia menjabat sebagai Dosen di Universitas Hang Tuah, Surabaya sejak tahun 2022. Frengki memiliki latar belakang pendidikan dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, di mana ia meraih gelar S1 dalam Teknik Sistem Perkapalan pada tahun 2015 dan gelar S3 dalam Ilmu Teknik Kelautan pada tahun 2022 dengan studi percepatan Doktor PMDSU Batch 3. Sebagai seorang peneliti, Frengki pernah menjadi *visiting researcher* di University of Manitoba, Kanada. Selain itu, saat ini aktif dalam berbagai penelitian kolaborasi dalam berbagai pihak. Fokus penelitiannya terutama pada *marine power plant*, penggunaan bahan bakar berbasis hidrogen, dan upaya penurunan emisi gas buang, dan pengembangan teknologi sistem perkapalan.  
**e-mail: [frengki@hangtuah.ac.id](mailto:frengki@hangtuah.ac.id)**



**Iradiratu Diah Prahmana Karyatanti**, lahir 17 juni 1977 di Bondowoso. Lulus SMAN 2 Bondowoso tahun 1996, S1 di Prodi Teknik Elektro Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Tahun 2002 melanjutkan S2 di Teknik Elektro Institut Tekbologi Sepuluh Nopember (ITS). Tahun 2019 kuliah S3 di Universitas Brawijaya. Sejak tahun 2004 menjadi pengajar di Universitas Hang Tuah sampai saat ini dan aktif meneliti di bidang Power system, mesin listrik, monitoring dan control motor.  
**e-mail: [iradiratu@hangtuah.ac.id](mailto:iradiratu@hangtuah.ac.id)**



**Tri Agung Kristiyono** lahir di Malang 11 Oktober 1978, lulus dari SMAN Batu Malang pada Tahun 1996, kemudian melanjutkan pendidikan sarjana (S1) di Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Hang Tuah (UHT). Sejak Tahun 2002 menjadi Dosen tetap pada Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Hang Tuah hingga saat ini. Pendidikan Magister Teknik (S2) diselesaikan di Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada Program Studi Teknik Produksi dan Material Kelautan pada tahun 2010, Pernah sebagai tenaga ahli Pengawasan pembangunan kapal perintis 750 GT, 1200 GT, Dirjen Perhubungan Laut, Kementerian Perhubungan RI Tahun 2014-2018. Pada saat ini sedang menempuh Program Doktorat pada Sekolah Pascasarjana Universitas Brawijaya. Juga menjadi anggota Asosiasi Pengelasan Indonesia (API) dan Persatuan Insinyur Indonesia (PII).  
**email: [tri.agung@hangtuah.ac.id](mailto:tri.agung@hangtuah.ac.id)**

# SINOPSIS

Korosi adalah gejala destruktif pada logam yang terjadi secara spontan atau alamiah. Korosi membawa dampak ekonomi dan lingkungan yang harus mendapat perhatian secara khusus. Lingkungan laut adalah lingkungan dengan atmosfer yang sangat mem-promote terjadinya proses korosi. Konstruksi laut, baik kapal maupun bangunan lepas pantai beserta seluruh sistem di dalamnya yang terbuat dari logam sangat terancam dengan kondisi tersebut karena beroperasi pada atmosfer laut. Untuk itu kapal dan semua konstruksi laut harus didesain sedemikian rupa sehingga laju korosi yang terjadi dapat dikendalikan dan berada dalam kategori acceptable rate, selain itu juga harus cukup mudah dalam perawatan/pemeliharannya (easy to maintenance).



**Penerbit:**  
HANG TUAH UNIVERSITY PRESS  
Jl. Arif Rahman Hakim 150, Sukolilo, Surabaya  
Telp. (031) 5946261  
E-mail: uht.press@hangtuah.ac.id

ISBN 978-602-5595-50-9

