



## **Optimalisasi Pemasangan MGPS di KRI untuk Mempertahankan Kondisi Sistem Air Laut**

### **Optimization of KRI MGPS Installation to Sustain the Seawater System Condition**

**Irwan Risdianto, Hendriman Putra\*, Arya Delano, Ferry Supriady**

Akademi Angkatan Laut, Bumimoro, Morokrembangan, Surabaya, Jawa Timur, 60178, Indonesia

\*Penulis korespondensi, Surel: hendrimanputra@gmail.com

Paper received: 01-04-2024; revised: 17-05-2024; Accepted: 30-06-2024; Published: 30-06-2024

#### **Abstract**

The seawater system is a vital part of the system that supports the performance of the KRI machinery. The functions of the seawater system include engine cooling, fire extinguishing systems, air conditioning systems, and fresh rooms. By all means, these vital system requires intensive maintenance to create a balanced system in the KRI. In conventional seawater piping systems, several problems come from underwater life, damaging seawater systems' equipment. Corrosion caused by underwater biota growth can reduce seawater system pipes' service life. Marine Growth Prevention System (MGPS) is the solution to this problem since MGPS can reduce and inhibit the growth of pipe corrosion and even kill underwater biota that breeds in seawater piping systems. The working principle of MGPS is based on the electrolysis process where copper, iron, or aluminum is used as the anode. The anode is placed on the sea chest or where seawater flows in a system in pairs. This anode is supplied with current and controlled by a control unit installed in an integrated manner in the Machinery Control Room. When in operation, these anodes produce ions which the water flow in the pipes and machinery systems will carry away. These ions will coat the surface of the pipe to make it more resistant to corrosion and kill harmful marine life in the pipe. A well-maintained piping system will optimize all machining performance at KRI so that ship maintenance costs will be much more efficient and the ship's service life will be longer.

**Keywords:** anode; KRI; Corrosion; Marine Growth Prevention System (MGPS)

#### **Abstrak**

Sistem air laut adalah bagian sistem yang amat vital yang menunjang kinerja permesinan di KRI. Fungsi sistem air laut antara lain sebagai pendingin mesin, system pemadam kebakaran, system pendingin ruangan, dan fresh room. Tentunya sistem yang amat vital ini memerlukan pemeliharaan yang intensif supaya tercipta keseimbangan system di Kapal perang Republik Indonesia (KRI). Pada sistem pemipaan air laut konvensional, ada beberapa permasalahan yang datang dari hayati bawah laut dimana sangat merusak peralatan yang berhubungan dengan sistem air laut. Korosi yang ditimbulkan oleh pertumbuhan biota bawah laut ini dapat mengurangi usia pakai pipa system air laut. *Marine Growth Prevention System* (MGPS) adalah solusi dari permasalahan ini. Dimana MGPS ini dapat mengurangi korosi pipa dan dapat menghambat pertumbuhan bahkan membunuh biota bawah laut yang berkembang-biak di dalam system pemipaan air laut. Prinsip kerja MGPS adalah atas dasar proses elektrolisis dimana tembaga, besi atau aluminium digunakan sebagai anodanya. Anoda ini ditempatkan pada sea chest atau di tempat dimana air laut mengalir pada sebuah system secara berpasangan. Anoda ini disuplai arus serta dikendalikan oleh sebuah unit kontrol yang dipasang secara terintegrasi pada *Machinery Control Room*. Pada saat dioperasikan, anoda-anoda ini memproduksi ion yang akan terbawa oleh aliran air di dalam pipa dan sistem permesinan. Ion inilah yang nantinya melapisi permukaan pipa supaya lebih tahan terhadap korosi serta membunuh biota laut merugikan yang hidup di dalam pipa. Sistem pemipaan yang terpelihara dengan baik akan mengoptimalkan seluruh kinerja permesinan di KRI sehingga biaya pemeliharaan kapal pun akan jauh lebih hemat, dan usia pakai kapal akan semakin panjang.

**Kata kunci:** anoda; KRI; korosi; *Marine Growth Prevention System* (MGPS)

## 1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan yang terdiri dari 17.499 pulau besar dan kecil, dengan luas laut yang menjadi tanggung jawab Indonesia sekitar 5,9 juta km<sup>2</sup> (Kemaritiman, 2019), berada pada posisi silang strategis antara dua benua yaitu Asia dan Australia serta diantara dua samudera yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) yang begitu luas dan posisi yang strategis tersebut diperlukan adanya suatu pertahanan dan pengamanan oleh seluruh komponen bangsa untuk menjaga kedaulatan dan keutuhan wilayah NKRI. Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut (TNI AL) sebagai salah satu komponen utama pertahanan negara memiliki tanggung jawab untuk menjaga kedaulatan, keutuhan wilayah NKRI terutama di wilayah perairan dari segala bentuk ancaman.

Kapal perang Republik Indonesia (KRI) sebagai salah satu komponen Sistem Senjata Armada Terpadu (SSAT) adalah alat utama sistem persenjataan (Alutsista) yang keberadaannya sangat penting dan sebagai ujung tombak dari sistem pertahanan dan keamanan wilayah laut Indonesia (Rachmat, 2014). Hal itu memerlukan upaya yang konkret untuk menjaga dan meningkatkan kesiapan nilai kondisi teknis kapal dalam rangka penyiapan operasi. Terlebih apabila melihat kondisi dan usia KRI yang dimiliki TNI AL maka rata-rata usia KRI sudah tua dan dalam kondisi yang tidak memadai. Sehingga diperlukan adanya sistem perawatan KRI yang memadai untuk menghemat biaya perawatan dan memperpanjang usia pakai KRI guna melindungi wilayah perairan NKRI yang luas dan strategis.

Jika kita berbicara mengenai kesiapan teknis KRI dalam operasi, maka secara tidak langsung juga membicarakan mengenai kesiapan kondisi permesinan KRI (Agus Setyo Hartono, 2021). Kondisi permesinan yang bagus sangat berkaitan erat dengan sistem pendinginnya, dalam hal ini sistem air laut KRI. Sistem air laut pada KRI merupakan sistem yang amat vital. Selain menjadi pendingin utama pada mesin pendorong pokok, sistem ini juga bertanggung jawab atas sistem pendinginan (*refrigeration*) AC dan sistem pemadam kebakaran yang juga sangat diperlukan oleh KRI. Sistem air laut yang tidak lancar, dapat mempengaruhi kinerja sistem-sistem lain yang berhubungan erat dengan sistem air laut. Untuk itu diperlukan perawatan yang amat intensif menimbang dari fungsinya yang begitu penting dalam menunjang kinerja sistem permesinan lain pada KRI.

Pada umumnya, kerusakan yang sering terjadi pada sistem air laut di KRI adalah pada sistem perpipaannya. Sistem perpipaan ini sangat rentan terhadap korosi, baik itu disebabkan karena kadar garam pada air laut itu sendiri, atau karena biota laut yang hidup dan berkembangbiak di dalam pipa tersebut, seperti tiram atau kerang yang dapat menyumbat sistem air laut. Walaupun sudah dipasang filter pada sea chest atau *kingstone*, tapi ternyata tetap saja tiram masuk dan berkembang biak di dalamnya. Hal ini terjadi karena kondisi filter yang sudah rusak karena jarangnya dilakukan pembongkaran terhadap sea chest yang terletak di bawah garis air. Tentunya untuk melakukan pemeliharaan bawah garis air, diperlukan proses docking yang biayanya amat mahal dan tidak bisa setiap saat dilakukan.

Kini telah ditemukan alat untuk mengatasi masalah korosi dalam sistem perpipaan ini. *Marine Growth Prevention System* (MGPS) adalah hasil riset para ahli yang mengembangkan

proses elektrolisis sebagai sarana untuk melindungi pipa dari proses korosi. Dengan menggunakan sepasang anoda yang di pasang pada tiap-tiap *sea chest* dan filter, pipa dapat terlindungi karena hasil reaksi katodik yang melepas ion-ion positif yang mampu memberikan perlindungan terhadap sistem perpipaan dari serangan korosi atau pencemaran oleh biota laut yang merugikan (Susilowati & Sumardiyanto, 2018). Dengan alat ini, maka sistem perpipaan air laut pada KRI akan bertahan lebih lama tanpa harus melakukan *docking* untuk proses perawatan, atau melakukan proses pembongkaran pipa yang begitu rumit jika mengalami kerusakan. Sehingga dapat lebih menghemat waktu serta biaya perawatan dan memperpanjang usia pakai KRI guna melindungi wilayah perairan NKRI yang luas dan strategis.

Tujuan penulisan ini adalah untuk menjelaskan sistem kerja MGPS pada sistem air laut KRI, serta memberikan masukan bagi pimpinan TNI AL dalam menentukan kebijakan untuk melaksanakan pemasangan MGPS pada sistem air laut pada tiap-tiap KRI agar sistem permesinan KRI bekerja lebih optimal dan maksimal serta dapat menghemat biaya pemeliharaan KRI.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif analisis dan kepustakaan. Analisis deskriptif merupakan analisis data penelitian dengan melakukan pengujian hipotesis (Sugiyono & Lestari, 2021). Subjek yang diuji adalah KRI TNI AL.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Teori Korosi

Korosi adalah penurunan mutu atau degradasi logam dan paduannya karena reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Khusus pada logam besi, korosi disebut juga karat. Faktanya bahwa hampir tidak ada logam yang kebal terhadap serangan korosi, hanya saja tiap-tiap logam mempunyai ketahanan korosi yang berbeda-beda (Zhang, 2019). Korosi pada umumnya menimbulkan banyak dampak negatif, antara lain: a) penurunan mutu logam; b) penyebab utama kerusakan logam (keropos, rapuh dan bocor/berlubang); c) menurunkan produktivitas kerja; d) biaya perawatan dan pengoperasian membengkak.

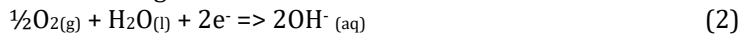
Korosi dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu korosi basah (korosi terjadi bila terdapat cairan elektrolit) dan korosi kering (korosi terjadi tanpa adanya cairan elektrolit, biasanya terjadi pada kondisi lingkungan temperatur tinggi) (Yunus, 2019). Korosi karena proses elektrokimia terjadi secara langsung tanpa aliran listrik. Korosi yang terjadi pada logam akan menyebar secara merata ke permukaan logam. Logam yang berada di alam bebas akan bereaksi secara natural dengan udara (oksigen) untuk membentuk korosi. Korosi ini terjadi karena atom-atom oksigen bergabung dengan atom-atom besi membentuk lapisan-lapisan oksida pada permukaan logam dalam waktu yang konstan dan terjadi secara perlahan-lahan. Berkaratnya besi dan baja tidak terjadi dalam proses oksidasi yang sederhana, diperlukan juga udara dan air (udara lembab). Jika besi atau baja berada di tempat kering, maka akan susah untuk berkarat. Sebaliknya bila berada pada lingkungan lembab, besi atau baja akan mudah berkarat, dan reaksi pembentukan karatnyaapun akan terjadi lebih cepat.

Selanjutnya, proses reaksi kimia pembentukan karat pada besi terpapar pada Figur 1.

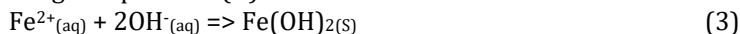
Figur 1. Oksidasi besi



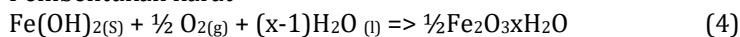
Reduksi oksigen



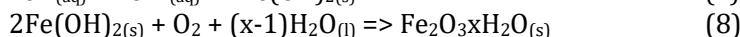
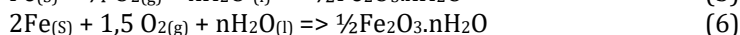
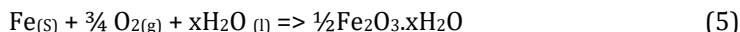
Pengendapan besi (II) hidroksida



Pembentukan karat



Reaksi secara keseluruhan



Dengan kata lain, proses korosi pada besi tidak akan pernah berhenti melainkan berlangsung secara berkesinambungan dan korosi akan menyerang lapisan logam secara konstan karena dibawah permukaan logam yang terkorosi akan selalu terdapat pengulangan reaksi korosi hingga akhirnya logam tersebut terkorosi seluruhnya.

### 3.2. Teori Perlindungan Katodik (*Cathodic Protection*)

Perlindungan Katodik adalah suatu usaha untuk mengurangi proses korosi pada suatu logam dengan cara memasukkan secara paksa arus listrik searah atau dengan cara memasang anoda yang di korbakan sehingga logam yang dilindungi akan bersifat katodik (Sirait, 2020). Biasanya anoda yang dikorbakan adalah dari unsur logam magnesium, alumunium, atau seng yang memiliki sifat lebih reaktif daripada baja atau besi karena memiliki potensial elektroda lebih besar. Sehingga secara alamiahpun jika logam-logam tersebut ditempatkan dalam kondisi lingkungan yang sama, maka anoda tersebut yang mengalami korosi terlebih dahulu.

Suatu logam dikatakan bersifat katodik apabila logam tersebut hanya mengalami reaksi reduksi. Sedangkan reduksi itu sendiri adalah sebuah reaksi dimana suatu atom mendapat tambahan elektron. Jika suatu atom atau dalam hal ini logam terjadi proses reduksi, maka logam tersebut akan semakin menebal karena mendapat tambahan-tambahan elektron. Oleh karena itu, logam yang dilindungi harus bersifat katodik karena jika logam tersebut masih bersifat anodik, maka logam akan mengalami oksidasi dan kehilangan elektron sehingga logam akan semakin berkurang massanya dan mengalami pengeroposan atau korosi. Dalam hal ini perlindungan katodik yang digunakan untuk melindungi sistem perpipaan pada KRI adalah dengan menggunakan anoda tumbal. Logam yang bersifat lebih reaktif daripada baja (Al, Mg, Zn) dialiri listrik sehingga logam tersebut bersifat *anodic* dan mengalami korosi lebih aktif daripada pipa atau baja itu sendiri. Sehingga sebelum logam anoda tumbal tersebut sepenuhnya terkorosi, maka logam yang terlindungi (besi atau baja) tidak akan terkorosi.

### 3.3. Teori Korosi Air Laut (*Marine Corrosion*)

Korosi air laut pada dasarnya sama dengan korosi yang terjadi pada media lainnya. Perbedaan yang nampak hanya pada lingkungan/fluida yang menyebabkan reaksi elektrokimia (Gan et al., 2022). Dalam prosesnya, terdapat lima faktor yang mempengaruhi laju

korosi antara lain kadar garam, kadar oksigen, kadar keasaman (pH), temperatur, dan biota pencemar.

### 3.3.1. Kadar Garam

Pada proses korosi air laut, kandungan unsur Cl dalam NaCl memegang peran penting dalam proses pembentukan karat (Gan et al., 2022). Unsur Cl begitu reaktif sehingga lapisan film pada logam Fe dapat terkikis dengan sendirinya pada saat terjadi kontak langsung. Pengikisan permukaan logam Fe ini dapat menyebabkan permukaan logam yang tergerus menjadi *anodic*, sehingga pada gerusan ini terjadi reaksi korosi. Sedangkan, hampir seluruh permukaan dalam pipa bersentuhan langsung dengan air laut. Sehingga dapat dipastikan seluruh permukaan logam mengalami penggerusan yang berujung pada kebocoran pipa karena pengeroposan. Proses korosi ini disebut juga proses *autocatalytic*.

### 3.3.2. Kadar Oksigen

Tingginya kandungan oksigen dalam air laut akan mempermudah terbentuknya karat pada pipa, karena gugus hidroksil yang terkandung dalam air laut tersebut berjumlah besar. Dalam proses korosi, gugus hidroksil akan berikatan dengan ion besi membentuk endapan besi oksida yang selanjutnya akan berikatan dengan H<sub>2</sub>O untuk membentuk karat. Maka proses pembentukan karat pada air laut yang mengandung lebih banyak oksigen daripada udara bebas akan berlangsung jauh lebih mudah.

### 3.3.3. Kadar Keasaman (pH)

Kadar keasaman (pH) pada permukaan air laut relative bernilai lebih dari 8 pada umumnya (Susana, 2009). Di sini juga terdapat konsentrasi ion karbonat relatif yang sangat tinggi dan hampir selalu jenuh dengan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang mengakibatkan terjadinya pengendapan jenuh deposit pada permukaan logam. Pengendapan deposit ini terbentuk karena kaitannya dengan proses fotosintesis dan oksidasi biokimia. Rumus reaksinya adalah:



Oksigen terlarut menguraikan CH<sub>2</sub>O sebagai molekul karbohidrat menjadi CO<sub>2</sub> yang dapat menurunkan pH air laut dan menurunkan kejenuhan terhadap karbonat. Memang pengaruh pH sangat kecil terhadap laju korosi, namun pada hubungannya terhadap pembentukan endapan deposit mempunyai pengaruh yang harus dipertimbangkan. Pengendapan kerak umumnya terjadi pada pH yang lebih tinggi dimana ion OH<sup>-</sup> selama proses reaksi reduksi dari oksigen terlarut.

### 3.3.4. Temperatur

Temperatur air laut pada iklim tropis relative hangat, dimana dalam hal ini dapat memicu percepatan laju korosi. Seiring semakin cepatnya pergerakan partikel dalam suhu yang relative hangat, maka semakin cepatlah reaksi pembentukan karat dalam partikel besi sebagai penyusun utama pipa. Saat suhu air laut naik, maka pemuatan akan terjadi. Perluasan permukaan pipa ini dapat membuat rentan lapisan film yang melindungi besi. Sehingga dapat

dengan mudah tertembus oleh ion oksigen dan klorida yang terkandung di dalam air laut untuk membentuk karat pada permukaan pipa.

### 3.3.5. Biota Pencemar

Pada temperatur, tekanan, dan Ph yang tepat, biota laut akan sangat cepat berkembang biak. Mengacu pada penelitian para ahli, bahwa pada sistem perpipaanlah tempat yang sangat ideal bagi biota laut untuk berkembang-biak adalah suatu fakta yang mutlak. Pada saat kapal berlayar, air laut digunakan untuk beberapa sistem di dalamnya, untuk kemudian dibuang lagi ke laut setelah digunakan (Sari et al., 2017). Namun bagaimanapun, air laut mengandung beberapa organisme yang dapat terbawa masuk pada sistem air laut, yang pada akhirnya berkembang-biak di dalamnya. Saat mikroorganisme ini mati, maka sisa-sisa mineral yang tersisa pada bangkainya akan membentuk lapisan film yang selanjutnya menjadi “makanan” bagi mikroorganisme lain, yang pada akhirnya dapat memaksimalkan perkembangbiakan organisme tersebut. Mineral inilah yang juga menyebabkan korosi lokal dan korosi merata pada pipa.

### 3.4. Sistem Kerja *Marine Growth Prevention System*

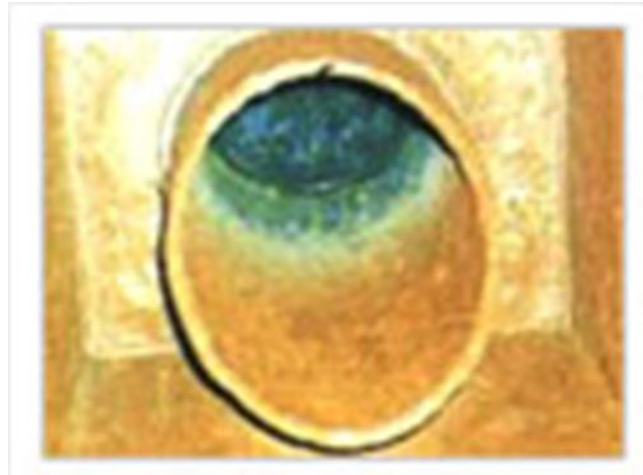
Sepasang anoda dipasang pada *Sea Chest* atau sistem *heat exchanger*. Anoda ini dihubungkan oleh kabel dengan panel control (220V) yang mengalirkan arus listrik ke anoda. Karena anoda kelebihan muatan elektron, maka hal ini menyebabkan tembaga dan aluminium melepaskan ion negatifnya. Ion-ion ini terbawa dalam arus air laut yang mengalir dalam pipa dan membuat kondisi lingkungan yang tidak ramah terhadap biota pencemar tersebut untuk berkembang-biak. Larva-larva biota tersebut akan mati karena kondisi pH yang tidak memungkinkan untuk berkembang biak dan akhirnya dibuang lagi ke laut. Ion dari aluminium membentuk aluminium hidroksida melapisi lapisan pipa dan secara signifikan mencegah korosi. Nilai potensial elektroda yang lebih kecil dari unsure Fe dapat menyebabkan menempelnya aluminium hidroksida pada lapisan permukaan dalam pipa. Sehingga permukaan pipa yang harusnya secara langsung bersentuhan dengan air laut, dilindungi oleh lapisan film aluminium hidroksida. Proses korosipun dapat dikurangi secara signifikan yang pada akhirnya pipa akan menjadi lebih bersih dengan usia pakai lebih lama serta dapat menghemat biaya pemeliharaan.

Terdapat beberapa manfaat penggunaan MGPS sebagai system proteksi antikarat yaitu 1) jumlah arus yang keluar menuju anoda dapat diatur untuk menyesuaikan kemungkinan intensitas korosi; 2) volume batang anoda dapat diketahui dan dipantau; 3) sistem alarm jika arus terlalu rendah atau terjadi hubungan pendek; 4) indikator polaritas pada anoda dilengkapi alarm; 5) alarm pemantau struktur pemasangan; dan 6) dapat dihubungkan dengan sistem manajemen listrik kapal (Widada et al., 2022).

Pada Gambar 1 ditunjukkan pipa terkorosi dan terkena tiram, Gambar 2 adalah pipa dengan MGPS, Gambar 3 adalah rangkaian MGPS, dan Gambar 4 adalah skema pemasangan MGPS.



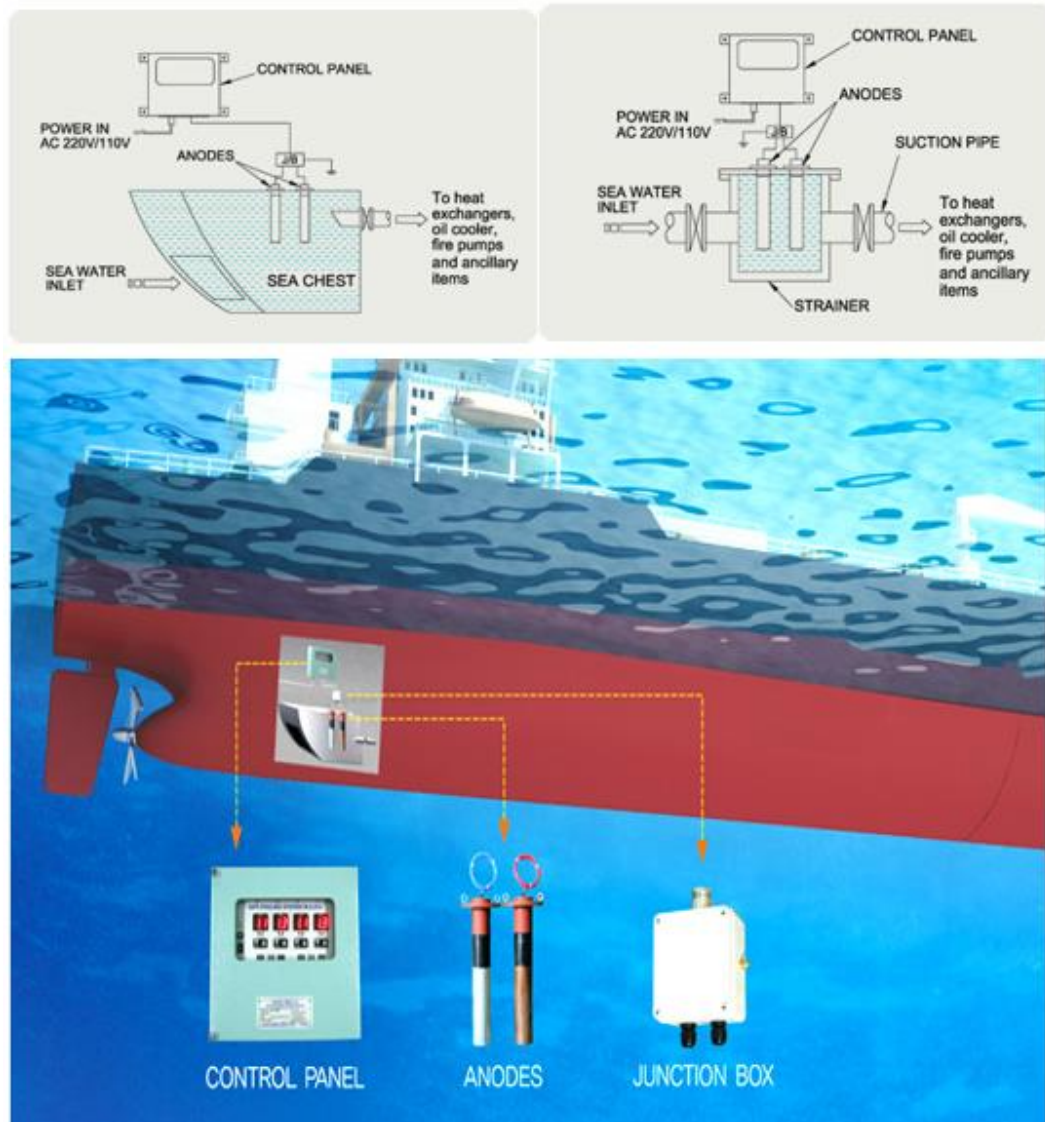
Gambar 1. Pipa Terkorosi dan Terkena Tiram



Gambar 2. Pipa dengan MGPS



Gambar 3. Rangkaian MGPS



Gambar 4. Skema Pemasangan MGPS

### 3.5. Kondisi Saat Ini

Saat ini, MGPS hanya dipasang pada KRI kelas SIGMA dan LPD Korea. Padahal, fungsi MGPS yang amat penting ini sangat dibutuhkan terutama oleh KRI yang kondisinya amat tua. Sistem perpipaan yang berkarat dan kotor serta rumit amat sering dijumpai pada KRI yang berusia lebih dari 15 tahun. Dengan kondisi KRI yang semakin tua, maka akan semakin susah pula cara merawat KRI tersebut. Jika terjadi kerusakan terhadap pipa, maka akan amat sukar untuk diperbaiki, melihat rumitnya sistem perpipaan pada KRI yang sudah tua. Hal ini akan sangat menguras waktu dan tenaga. Dengan kerusakan sedikit saja pada pipa, seperti kebocoran karena korosi, bisa saja berujung pada pengangkatan seluruh sistem perpipaan karena posisi pipa yang amat sukar dijangkau. Terlebih jika terjadi peristiwa penyumbatan *sea chest* karena pencemaran organisme laut, maka diperlukan perawatan secara *docking* yang akan lebih banyak lagi memakan waktu terutama biaya. Hal ini akan menyebabkan kurang maksimalnya fungsi KRI sebagai pelindung teritori laut Indonesia karena KRI tidak menempati pos dimana seharusnya KRI itu ditempatkan melainkan harus mengalami perbaikan.

### 3.6. Kondisi yang Diharapkan

Menindaklanjuti dari beberapa pertimbangan di atas, maka penulis berharap *Marine Growth Prevention System* (MGPS) agar terpasang pada seluruh KRI. Menimbang kegunaan MGPS sangat banyak, selain dapat mengatasi problem korosi serta pencemaran pipa oleh tiram dan organisme lainnya, MGPS sendiri dapat menjaga ketahanan kondisi pipa layaknya pipa baru, karena permukaan dalam pipa dilapisi oleh ion katoda yang keluar dari batang katoda MGPS yang terbawa dan menempel pada pipa karena aliran air laut yang masuk (Widada et al., 2022). Dengan kondisi pipa yang bersih dan bebas dari korosi serta pencemar, maka aliran air dalam pipa akan menjadi lancar. Aliran air laut dalam pipa yang memiliki fungsi asasi sebagai pendingin sistem permesinan sangat dibutuhkan keberadaannya oleh mesin. Tidak hanya pada MPK saja, tapi juga dibutuhkan oleh sistem Refrigeran, sanitasi, AC ruangan serta sistem darurat seperti sistem pemadam kebakaran.

Jika biota laut menyumbat aliran pipa atau pipa mengalami penipisan yang menyebabkan kebocoran atau kerusakan, maka air laut yang seharusnya mengalir ke dalam mesin sebagai pendingin akan berkurang debitnya. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan fatal terhadap mesin. Jika mesin mengalami kerusakan, maka KRI tidak akan dapat berjalan dengan baik. Terlebih jika terjadi overheating yang parah pada mesin, maka mesin bisa terbakar dan dapat menyebabkan bahaya terhadap KRI khususnya bahaya kebakaran dengan kemungkinan terburuk yaitu tenggelam. Jika hal ini terjadi, negara akan mengalami kerugian material yang amat besar hanya karena sebuah sistem air laut yang salah perawatan dimana seharusnya masih bisa teratasi dengan penggunaan MGPS ini.

Dengan banyaknya jumlah KRI, maka tidak akan jadi masalah jika kita dapat menangani dan merawatnya dengan sistem, metode dan piranti yang tepat, yaitu dengan menggunakan MGPS. Dengan terjaganya kondisi sistem air laut dengan baik, maka secara otomatis fungsi sistem air laut akan terjaga dengan baik pula. Dalam hal ini, korelasinya yaitu usia pakai KRI akan lebih panjang karena keseluruhan sistem di dalamnya bekerja saling mendukung dengan baik. Sehingga, mesin akan lebih awet dan daya pakai mesin tidak berkurang secara signifikan seiring berjalannya waktu dan frekuensi seringnya mesin dibebani. Dalam hal ini negara dapat menghemat biaya perawatan yang seharusnya dapat dialokasikan untuk hal lain yang lebih bermanfaat. Oleh karena itu, penulis berharap agar MGPS dapat dipasang pada seluruh KRI agar perawatan KRI lebih efektif dan efisien.

## 4. Simpulan

Pada umumnya, kerusakan yang sering terjadi pada sistem air laut di KRI adalah pada sistem perpipaannya. Sistem perpipaan ini sangat rentan terhadap korosi, baik itu disebabkan karena kadar garam pada air laut itu sendiri, atau biota laut yang hidup dan berkembangbiak di dalam pipa tersebut, seperti tiram atau kerang yang dapat menyumbat sistem air laut. Walaupun sudah dipasang filter pada *sea chest* atau *kingstone*, ternyata tetap saja tiram masuk dan berkembang biak di dalamnya. Hal ini terjadi karena kondisi filter yang sudah rusak akibat jaranganya dilakukan pembongkaran terhadap *sea chest* yang terletak di bawah garis air. Tentunya untuk melakukan pemeliharaan bawah garis air, diperlukan proses *docking* yang biayanya amat mahal dan tidak bisa setiap saat dilakukan. Untuk itu diperlukan sebuah sarana yang praktis, murah dan efektif untuk melaksanakan pemeliharaan sistem perpipaan ini tanpa harus menguras banyak waktu dan tenaga yaitu dengan memasang alat *Marine Growth*

*Prevention System* (MGPS) pada *sea chest* atau *kingstone* KRI yang sangat efektif untuk mencegah korosi dan membunuh biota laut perusak sistem air laut.

Setelah melaksanakan evaluasi atas jarangya penggunaan MGPS pada sistem perpipaan air laut, dan menimbang buruknya kondisi pipa air laut pada kebanyakan KRI, maka penulis menyarankan bagi pimpinan TNI AL dalam menentukan kebijakan untuk melaksanakan pemasangan MGPS pada sistem air laut pada tiap-tiap KRI agar sistem permesinan KRI bekerja lebih optimal serta dapat menghemat biaya pemeliharaan KRI dan dapat mendukung kesiapan operasi KRI secara menyeluruh dalam rangka menjaga keamanan wilayah laut Republik Indonesia. Diharapkan teknologi MGPS disikapi secara positif oleh industri strategis dalam negeri sehingga dapat diproduksi sendiri. Mengingat manfaat strategis dari peralatan tersebut bagi Indonesia yang merupakan negara kepulauan terbesar didunia, maka sampai saat ini MGPS hanya diproduksi di luar negeri.

### Daftar Rujukan

- Agus Setyo Hartono. (2021). Pembentukan Komponen Cadangan sebagai Amanat PP No.3 Tahun 2021 dan UU No.23 Tahun 2019 Tentang PSDN. *WIRA Media Informasi Kementerian Pertahanan*, 56–63.
- Gan, Y. X., Chang, Y., Chen, C. C., Li, M., Gan, J. B., & Li, J. (2022). Seawater Corrosion of Copper and Its Alloy Coated with Hydrothermal Carbon. *Coatings*, 12(6), 1–12. <https://doi.org/10.3390/coatings12060798>
- Kemaritiman, K. K. (2019). *Rencana Strategi Deputy Bidang Koordinasi Infrastruktur*. <https://maritim.go.id/konten/unggah/2019/06/Rencana-Strategi-Deputy-Bidang-Koordinasi-Infrastruktur.pdf>
- Rachmat, A. N. (2014). Tantangan dan Peluang Perkembangan Teknologi Pertahanan Global Bagi Pembangunan Kekuatan Pertahanan Indonesia. *Jurnal Transformasi Global*, 1(2), 199–212.
- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A., & Guntur, G. (2017). Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 22(1), 1–9. <https://doi.org/10.17977/um017v22i12017p001>
- Sirait, D. S. (2020). Analisa Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban Pada Jaringan Pipa Onshore Stasiun Penerima Gas Pagar Dewa. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(3), 47. <https://doi.org/10.22441/jtm.v8i3.5025>
- Sugiyono, & Lestari, P. (2021). *Metode Penelitian Komunikasi (Kuantitatif, Kualitatif, dan Cara Mudah Menulis Artikel pada Jurnal Internasional)*. ALFABETA. [http://eprints.upnyk.ac.id/27727/1/Buku Metode Penelitian Komunikasi.pdf](http://eprints.upnyk.ac.id/27727/1/Buku_Metode_Penelitian_Komunikasi.pdf)
- Susana, T. (2009). Tingkat keasaman (pH) dan oksigen terlarut sebagai indikator kualitas perairan sekitar muara sungai Cisadane. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 5(2), 33. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v5i2.675>
- Susilowati, S. E., & Sumardiyanto, D. (2018). Penerapan Marine Growth Prevention System ( MGPS ) pada Pengoperasian Kapal untuk Menghambat Laju. *Jurnal Teknologi*, 10(2), 95–102.
- Widada, H., Tantomo, A. L., & Fauzan, R. (2022). Mengoptimalkan Perawatan Marine Growth Prevention System (MGPS) Guna Kelancaran Sistem Pendinginan Air Laut dan Kondensasi di Kondensor Utama. *E-Journal Marine Inside*, 4(December), 20–32. <https://doi.org/10.56943/ejmi.v4i2.43>
- Yunus, A. (2019). Korosi Logam dan Pengendaliannya. *Jurnal POLIMESIN*, 9(1), 847.
- Zhang, H. (2019). Study on the Influence of Galvanic Corrosion on Ship Structural Materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 252(2), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/252/2/022015>