

## Korosivitas Isolat Bakteri Bahan Bakar Minyak Terhadap Baja Karbon dalam Lingkungan Kelautan

Johannes Leonard

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Jalan Perintis Kemerdekaan Km.10, Makassar 90225, Indonesia  
E-mail : [johannesleonard55@yahoo.com](mailto:johannesleonard55@yahoo.com)

### Abstrak

Pengujian pertumbuhan isolat bakteri yang menyebabkan pembentukan biofilm dan efek korosivitasnya terhadap material baja karbon st.37 dilakukan dalam kondisi aerob dan anaerob. Uji biokorosi pada material baja karbon tersebut dilakukan dalam medium air laut sintetik dengan dan tanpa isolat bakteri. Waktu perendaman adalah 8 minggu. Pengamatan secara mikroskopik dilengkapi dengan persentase luasan defek berdasarkan Dot Chart ASTM B 537-70 (86) dengan mengasumsikan bahwa tipe kerusakan pada permukaan adalah gabungan semua bentuk korosi dasar metal.

Persentase defek korosi yang terjadi terdistribusi secara tak merata. Persentase defek naik mulai dari awal hingga percobaan selesai, yaitu dari 16% menjadi 27% dalam wadah yang berisi isolat bakteri anaerob, dan dalam wadah berisi isolat bakteri aerob, dari 10% menjadi 17%.

Biofilm berlendir nampak pada permukaan sampel material baja karbon, yang memperlihatkan adanya fasa pembentukan, kestabilan, dan evolusi dalam pertumbuhannya. Terjadinya perubahan warna pada biofilm sebagai tanda adanya suatu bentuk produk korosi. Prosentase defek korosi jika di lihat secara visual atau secara langsung nampak spesimen dalam lingkungan air laut cenderung lebih besar pada kondisi anaerobik dibanding dengan dalam kondisi aerobik.

**Kata kunci :** Air laut sintesis, isolat bakteri, korosi bakteri, biofilm, defek korosi.

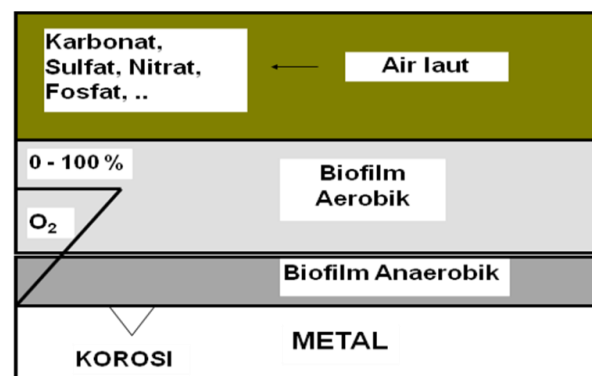
### Pendahuluan

Aplikasi baja karbon rendah di lingkungan dengan kadar ion klorida lebih dari 3% banyak di pakai pada bangunan kapal dan peralatan maritim. Akibat adanya kontak antara lingkungan air laut dengan material tersebut, maka banyak bakteri dalam laut akan melekat pada permukaan metal akan menghasilkan bahan lendir yang akan menahannya dan dapat berbiak didalamnya. Selanjutnya, proses yang terjadi dalam biokorosi dimulai dengan terbentuknya lapisan film dari biopolymer yang dengan cepat menutupi permukaan metal. Film ini terdiri dari protein, polisakarida, dan lipid yang dihasilkan oleh organisme laut. Adanya tegangan permukaan film yang lebih rendah pada permukaan metal, menyebabkan metal lebih cepat terserang oleh mikro-organisme. Proses metabolisme bakteri dalam biofilm akan merusak lapisan film pasif dari metal, yang untuk selanjutnya memicu dan mempercepat terjadinya korosi pada permukaan metal [1].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan korosivitas isolat bakteri melalui

peringkat defek yang terjadi pada plat baja karbon yang digunakan sebagai tangki penampungan bahan bakar dalam lingkungan air laut. Peringkat defek ditentukan berdasarkan Dot Chart ASTM B 537-70 (86).

### Biofilm dan ekologi korosi oleh bakteri



Gambar 1. Pembentukan biofilm

Saat metal berkontak dengan airlaut, aktivitas korosi bakteri dimulai dalam tiga tahapan yaitu proses pembentukan biofilm diikuti

dengan fase kestabilannya, dan dilanjutkan dengan proses evolusinya.

## Metodologi

Untuk memperoleh isolat bakteri yang murni, maka terlebih dahulu dilakukan tahap pertumbuhan dan seleksi bakteri. Maksud dilakukan tahap ini adalah untuk memperoleh bakteri yang mampu hidup dalam kondisi yang hampir sama dengan kondisi asalnya. Simulasi ini dilakukan untuk memperoleh hasil yang mendekati keadaan yang sebenarnya. Prosedur yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap, yaitu pembuatan suspensi dari sampel, tahap prakultur dan tahap kultur yang diinkubasi secara aerob dan anaerob. Pengambilan sampel mikro-organisme dilakukan dengan metoda konvensional. Bahan bakar solar diambil melalui kran pada saat pembersihan tangki.

### Tahap prakultur secara aerob dan anaerob

Suspensi sampel dimasukkan dalam medium prakultur, medium yang digunakan pada tahap ini adalah medium ALS, dengan penambahan larutan  $\text{FeSO}_4$ , fosfat dan solar. Penambahan unsur-unsur ini dimaksudkan agar bakteri dapat memperoleh nutrisi yang dapat mendukung pertumbuhannya, sehingga walaupun ada bakteri yang mengkontaminasi sampel namun tidak dapat menggunakan unsur-unsur dalam media ALS yang telah ditambahkan dengan solar, maka dengan sendirinya bakteri tersebut akan mati pada tahap ini [2,3].

Berdasarkan hasil pengamatan pada fase prakultur terjadi suatu perubahan warna yang pada awalnya bening. Pada sampel A warna medium berubah menjadi agak kuning, sampel B berwarna coklat muda, sampel C berwarna coklat tua dan solar menyebar, sedangkan pada medium kontrol tidak terjadi perubahan warna. Selama inkubasi, medium dikocok dengan menggunakan “rotary shaker” untuk memberikan aerasi bagi pertumbuhan bakteri juga menghomogenkan medium pertumbuhan.

Terjadinya perubahan warna tersebut menunjukkan bahwa bakteri mampu tumbuh dalam medium yang digunakan. Perubahan tersebut mulai nampak setelah diinkubasi selama 3 hari dan pengamatan dilakukan hingga 7 hari untuk pengambilan hasil seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Prakultur secara aerob

Keterangan :

A : prakultur dari sampel A

B : prakultur dari sampel B

C : prakultur dari sampel C

K : prakultur normal (tanpa suspensi sampel)

Pada kondisi anaerob, tahap prakultur ini dilakukan pembiakan bakteri pada medium Broth sulfur. Suspensi sampel sebanyak 1 ml dimasukkan ke medium prakultur lalu diinkubasi selama 7 hari - 14 hari.

Berdasarkan hasil pengamatan terlihat adanya perubahan dimana pada awalnya medium berwarna bening. Perubahan pada sampel A yaitu warna medium menjadi hitam keruh dan ada endapan hitam, sampel B berwarna hitam dan terdapat endapan hitam sedangkan pada sampel C berwarna kuning dan solar menyebar pada bagian permukaan medium. Pada medium kontrol tidak terlihat perubahan warna dan solar tetap merata pada bagian permukaan medium. Perubahan warna prakultur seperti dalam gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Prakultur secara anaerob

Keterangan :

A : Prakultur dari sampel A

B : Prakultur dari sampel B

C : Prakultur dari sampel C

K : Prakultur normal (tanpa suspensi sampel)

Dari hasil tersebut dianggap bahwa dalam sampel A dan B terdapat golongan bakteri sulfur. Hal ini ditandai pada perubahan warna hitam yang dijumpai setelah diinkubasi selama 7 hari - 14 hari dalam inkubator vakum. Pertumbuhan bakteri dalam substrat yang banyak menggunakan sulfur akan menampakkan perubahan warna menjadi kehitam-hitaman setelah diinkubasi selama 7 hari - 14 hari.

Pada tahap ini media yang digunakan adalah medium Broth Sulfur yang mengandung unsur sulfur dan laktat yang cukup banyak. Dari data yang diperoleh dari Laboratorium Pertamina, kandungan sulfur solar adalah sekitar 0,5 %. Sedangkan penambahan unsur garam-garaman dalam medium adalah untuk menyediakan kondisi lingkungan dan substrat yang hampir sama dengan kondisi asalnya.

#### Tahap kultur secara aerob dan anaerob

Setelah terjadi perubahan dalam fase prakultur selanjutnya inokulum bakteri diinokulasi bakteri ke medium kultur dengan menggunakan medium yang sama pada fase prakultur. Inokulum dimasukkan pada medium kultur sebanyak 1 ml selanjutnya diinkubasi selama 3 hari - 7 hari pada suhu kamar (27°C) dan dikocok dengan menggunakan "Rotary Shaker". Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan bakteri yang betul-betul mampu tumbuh pada medium sehingga dapat terseleksi pada fase ini.

Berdasarkan hasil pengamatan, terlihat perubahan warna pada sampel A yang berwarna kuning sampel B berwarna kecoklatan sedangkan pada sampel C berwarna coklat, perubahan ini terjadi setelah kultur diinkubasi selama 3 hari - 7 hari. Perubahan warna tersebut menandakan bahwa dalam medium terjadi pertumbuhan bakteri.

Pada medium kultur tetap dilakukan penambahan solar sebagai salah satu sumber karbon bagi pertumbuhan bakteri dimana solar mengandung unsur C, H, O dan N. Perubahan yang terjadi seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Kultur secara Aerob

Keterangan :

A : Kultur A

B : Kultur B

C : Kultur C

K : Kultur normal (tanpa inokulum)

Setelah terlihat perubahan pada fase ini, selanjutnya dilakukan penanaman pada media agar cawan untuk mendapatkan dan mengamati bentuk morfologi koloni bakteri.

Maksud dilakukannya tahap ini adalah sebagai fase penyeleksian bakteri yang betul-betul mampu hidup dalam medium broth sulfur dalam kondisi anaerob dengan masa inkubasi selama 7 hari - 14 hari.

Dari tahap prakultur, inokulum diinokulasikan ke medium kultur sebanyak 1ml dan ditambahkan solar sebagai sumber karbon bagi bakteri yang mampu menggunakan jenis karbon yang terkandung dalam solar. Hasil yang diperoleh terlihat pada perubahan warna medium pertumbuhan, seperti yang terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Kultur secara anaerob

Keterangan :

A : Kultur A

B : Kultur B

C : Kultur C

K : Kultur normal (tanpa inokulum)

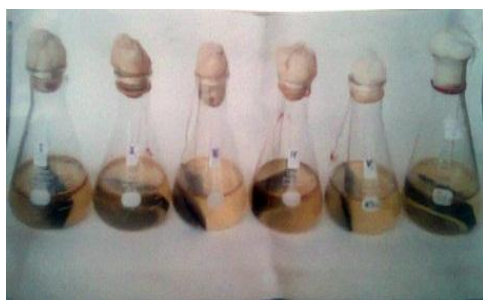
Pertumbuhan bakteri pada kultur A ditandai oleh perubahan warna dari keadaan bening menjadi hitam. Demikian pula yang terjadi pada kultur B, sedangkan pada kultur C perubahan warna menjadi kekuningan. Pada medium kontrol tidak terjadi perubahan warna. Masa inkubasi pada tahap ini adalah 7 hari - 14 hari.

Selanjutnya, percobaan biokorosi untuk material baja karbon. Lempengan-lempengan material ini diuji secara berbeda dengan cara perendaman dalam kotak tembus pandang yang berisi air laut sintetik yang diberi isolat bakteri dengan larutan FeSO<sub>4</sub>, Fosfat, dan solar sebagai bahan pengganti penyuplai kebutuhan nutrisi dan

sumber karbon untuk bakteri menyerupai kondisi yang sebenarnya terdapat di laut. Ini disebut medium perlakuan. Sedang cara perendaman yang lain, yang disebut sebagai medium kontrol untuk pembandingan, adalah dengan perendaman dalam medium air laut sintetik tanpa isolat bakteri. Kedua medium perendaman ini lalu disterilkan dengan menggunakan autoklaf selama 15 menit, tekanan 2 atmosfer, dan suhu 121 °C. Kondisi medium pertumbuhan ini semua berlangsung secara aerob dan untuk menjaga kesterilan, kedua medium ditutup dengan kapas yang telah dibalut dengan kain kasa. Pengamatan terhadap kedua keadaan medium pertumbuhan sampai dipastikan ada perbedaan signifikan antara keduanya. Sampel ini terlebih dulu ditumbuhkan dalam media yang mengandung air laut sintetik, larutan fosfat, larutan FeSO<sub>4</sub>, sebagai nutrisi dan oli sebagai berfungsi sebagai sumber karbon. Jika pada medium prakultur telah menunjukkan pertumbuhan, maka selanjutnya tahap kultur dilakukan dengan cara memindahkan ke dalam erlenmeyer yang berisi air laut sintetik sebanyak 50 ml ditambah dengan larutan fosfat 0,9 ml, oli 5 ml, larutan FeSO<sub>4</sub> 0,2 ml dan ditambah inokulum sebanyak 1 ml lalu diinkubasi selama 7 hari dengan cara diguncang (rotary shaker).

#### Uji Biokorosi dari Isolat Bakteri secara Aerob

Hasil pengujian isolat bakteri pada material metal seperti pada gambar 6 terlihat adanya pembentukan lapisan korosi pada permukaan metal setelah diinkubasi selama 2 minggu - 8 minggu.

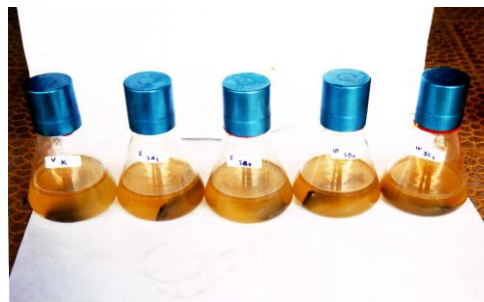


Gambar 6. Pengujian isolat secara aerob

#### Uji Biokorosi dari Isolat Bakteri secara Anaerob

Berdasarkan hasil pengamatan dari pengujian isolat bakteri pada logam yang diinkubasi secara anaerob seperti pada gambar 7,

terlihat adanya perubahan pada warna medium maupun pembentukan lapisan korosi pada permukaan logam uji.



Gambar 7. Pengujian isolat secara anaerob

Material dasar yang digunakan adalah baja plat St. 37, dibuat dalam bentuk spesimen lempengan plat. Pengujian dilakukan selama 8 minggu dengan interval 2 minggu. Pengamatan secara mikroskopik dilengkapi dengan persentase luasan defek berdasarkan Dot Chart ASTM B 537-70 (86) dengan mengasumsikan bahwa tipe kerusakan pada permukaan adalah gabungan semua bentuk korosi basis metal [4].

#### Hasil

Berdasarkan hasil pengujian isolat A1 pada metal I dan isolat B1 pada metal II, medium berubah menjadi berwarna coklat dan lapisan korosi berwarna coklat kemerah-merahan dan nampak berlendir pada permukaan metal. Demikian pula pada pengujian isolat B2 pada metal III, medium berwarna coklat tua dan terdapat lapisan korosi dengan permukaan yang nampak berlendir berwarna coklat kemerah-merahan. Hasil pengujian isolat C1 pada logam IV juga mengalami perubahan, medium menjadi kecoklatan dan terbentuk lapisan korosi dengan permukaan yang nampak berlendir berwarna kecoklatan. Sedangkan pada logam V yang diuji dengan isolat C2 medium berwarna coklat tua dengan lapisan korosi yang berlendir berwarna coklat.

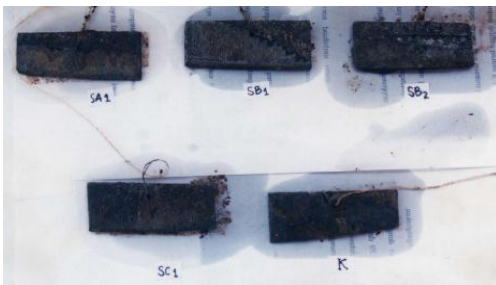
Lapisan korosi yang terbentuk pada permukaan logam yang diuji dengan isolat bakteri yaitu nampak berlendir dan lebih lama untuk mengalami pengeringan. Pembentukan lapisan korosi pada permukaan logam yang nampak berlendir ini disebabkan oleh faktor kemampuan bakteri dalam pembentukan biofilm.



Gambar 8. Hasil uji biokorosi dari isolat bakteri dalam kondisi aerob

Keterangan :

- I : Metal I, diti isolat bakteri A1
- II : Metal II, diuji isolat bakteri B1
- III : Metal III, diuji isolat bakteri B2
- IV : Metal IV, diuji isolat bakteri C1
- V : Metal V, diuji isolat bakteri C2
- K : Metal VI, tanpa isolat bakteri uji



Gambar 9. Hasil uji biokorosi dari isolat bakteri dalam kondisi anaerob

Keterangan :

- SA1 : Metal I dengan isolat bakteri SA1
- SB1 : Metal II, dengan isolat bakteri SB1
- SB2 : Metal III, dengan isolat bakteri SB2
- SC1 : Metal IV, dengan isolate bakteri SC1
- K : Metal V, tanpa isolat bakteri uji

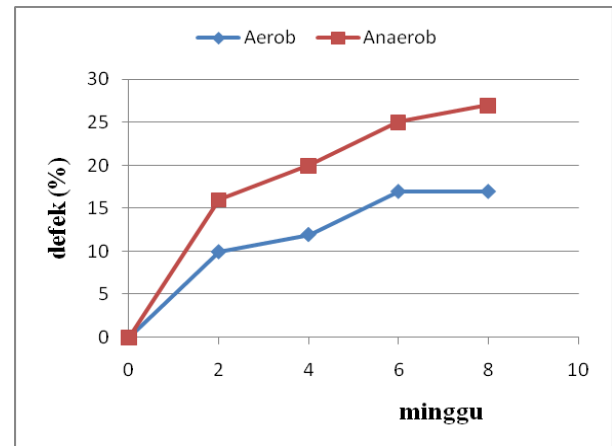
Hasil pengamatan pada gambar 9, setelah diinkubasi selama 8 minggu adalah pada metal I yang diuji dengan isolat SA1 dan pada metal II dengan isolat uji SB1 perubahan warna medium menjadi hitam pekat, lapisan korosi berwarna kehitam-hitaman pada bagian tertentu. Pada logam yang diuji dengan isolat SB2, warna medium berubah menjadi kehitam-hitaman dan lapisan korosi yang terbentuk nampak berlendir berwarna kehitam-hitaman. Sedangkan pada logam yang diuji dengan isolat SC1, medium dan lapisan korosi nampak berlendir dan berwarna kecoklatan.

Perbedaan antara lapisan korosi yang terbentuk dari hasil pengujian isolat - isolat

bakteri dengan korosi yang terbentuk pada logam kontrol yaitu bahwa korosi pada logam yang diuji dengan isolat bakteri nampak berlendir dan lebih lama untuk mengalami pengeringan setelah logam diangkat dari medium uji.

Sedangkan korosi yang terbentuk pada metal kontrol berupa titik-titik berwarna coklat dari tidak nampak berlendir juga cenderung lebih cepat mengalami pengeringan setelah diangkat dari medium. Terbentuknya lapisan korosi yang nampak berlendir disebabkan oleh pembentukan biofilm pada permukaan logam akibat aktivitas bakteri.

Hasil pengujian isolat bakteri secara anaerob mengakibatkan terjadinya perubahan medium menjadi hitam. Hal ini diakibatkan oleh kemampuan bakteri dalam mereduksi sulfur yang terdapat dalam medium.



Gambar 10. Persentase luasan defek

Dalam kedua medium, aerob dan anaerob, evolusi laju persentasi defek dalam gambar 10, nampaknya mempunyai kesamaan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perubahan laju persentasi, seiring dengan waktu perendaman. Namun waktu-waktu kritisnya tak sama dalam kedua medium tersebut. Melihat kecenderungan kenaikan laju defeknya dalam kedua medium, maka dimungkinkan risiko korosi menjadi bertambah. Untuk waktu yang lebih lama, bakteri dapat memodifikasi sifat protektrisnya dengan aktivitas metabolismenya [5]. Persentase defek naik mulai dari awal hingga percobaan selesai, yaitu 10% menjadi 17% dalam kondisi aerob, dan dari 16% menjadi 27% dalam wadah yang berisi isolat bakteri anaerob.

Prosentase korosi jika di lihat secara visual atau secara langsung nampak spesimen dalam lingkungan anaerob cenderung lebih besar di banding dalam lingkungan aerob. Hal ini

berdasarkan perbandingan pembentukan karat, dan noda pada permukaan. Prosentase luasan defek ini dari grafik di atas menunjukkan bahwa tingkat karat yang terjadi pada spesimen yang ditempatkan pada kondisi anaerob lebih tinggi. Dari hasil pengujian pula, nampak terjadi kerusakan berupa perubahan warna, pengikisan permukaan secara merata pada permukaan baja serta kecepatan kerusakan tersebut hampir sama pada semua titik permukaan baja.

Air laut sintetik, dapat dikatakan merupakan pemicu pembentukan dan stabilisasi lapisan pasif. Lapisan ini kurang atau lebih bersifat protektif, tergantung dari waktu lamanya perendaman. Dalam air laut sintetik terokulasi, terdapat pembentukan simultan lapisan pasif dan suatu lapisan biologik. Lapisan biologik ini mula-mula berperan sebagai protektor disebabkan pembentukan metabolit polisakarida yang berupa rantai molekul panjang menutup permukaan dan menghambat transfer materi yang terlibat dalam proses korosi. Tanpa keberadaan bakteri (biofilm), resistansi baja terhadap korosi hanya disebabkan sifat-sifat metalurginya (5). Dalam lingkungan sterilisasi terokulasi, terdapat efek bakteri terhadap biokorosi. Keberadaan bakteri nampaknya menaikkan karakteristik protektif film. Selanjutnya, bentuk bakteri pada permukaan baja dalam lingkungan air laut natural steril, lebih panjang dan ramping dibandingkan dengan yang terdapat pada medium steri inokulasi. Endapan yang terjadi mengandung banyak materi organik yang diperlukan bakteri anaerobik untuk berkembang, yang membuat lapisan film menjadi lebih tebal. Dalam lingkungan ini, kolonisasi bakteri tak terlalu rapat.

## Kesimpulan

1. Laju persentasi defek korosi pada material baja karbon lebih besar dan lebih variatif terjadi dalam sistem dimana kondisi aerob dan anaerob bakteri terlibat dalam proses korosi
2. Distribusi tingkat defek pada plat baja karbon dalam lingkungan anaerob lebih besar dibanding lingkungan aerob.
3. Korosivitas isolat bakteri akan semakin tinggi seiring lamanya waktu perendaman.
4. Diperoleh 9 isolat bakteri dari sampel cairan yang berasal dari tangki penampungan solar di Depot Pertamina Makassar.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada saudara Lettu Laut (T) Susilo Harjuno, saudari Dekolina Hasmaniar, atas bantuan mereka dalam pengambilan data-data penelitian ini.

## Daftar Referensi

- [1]. Rheinheimer, G., 1991, "*Aquatic Microbiology*", 4<sup>th</sup> edition, John Willey and Sons, New York.
- [2]. Robert E. Tatnall, *Experimental Methods in Biocorrosion*, Proc. Of the International Conference on Biologically Induced Corrosion, NACE-8, 1985, pp. 246-253.
- [3]. HARISMA, D., "Isolasi Bakteri Penyebab Biokorosi Pada Tangki Penampungan Solar Di Depot Pertamina Makassar" Skripsi, Jurusan Biologi FMIPA UNHAS, Makassar, 2002, pp. 34-57
- [4]. HAYNES, GARDNER S., BABOIAN, R., "Laboratory Corrosion Test and Standars", ASTM STP 866, 1983, pp. 382 1983.
- [5]. HAZZARD G. F., "The Detection of Micro-organism in Petroleum products, Journal of the Institute of Petroleum", Vol. 53 No. 524, pp. 77-82, 1977.