

## Korosi Logam pada *Engine Coolant*

Rusnaldy<sup>1,\*</sup>, dan Berkah Fajar T.K<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip  
Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

\*rusnaldy@undip.ac.id

### Abstrak

Korosi pada komponen mesin oleh *coolant* adalah masalah yang sangat penting pada beberapa industri, tidak terkecuali di industri otomotif. Ada banyak jenis *coolant* yang dijual di pasaran yang tentu saja juga akan bervariasi pengaruhnya terhadap korosi logam pada komponen mesin. Pada studi ini dipelajari korosi pada logam baja, kuningan dan aluminium pada tiga jenis *engine coolant* yang tersedia di pasaran. Ketiga jenis *coolant* yang digunakan pada studi ini adalah *coolant X* yang merupakan *coolant* berbasis *ethylene glycol*, *coolant Y* yang merupakan *coolant* berbasis *propylene glycol* dan *coolant Z* yang merupakan *coolant* berbasis air dan berisi *aliphatic carboxylates* sebagai *corrosion inhibitor* serta berisi juga *nitrite* dan *molybdate* sebagai *secondary inhibitors*. Studi korosi dilakukan melalui percobaan simulasi dengan rangkain pengujian sebagai data pendukung analisa korosi yang terjadi pada *coolant* selama simulasi tersebut dilakukan, seperti pengukuran presipitat yang terbentuk, pengukuran pH, pengukuran *metal content*, pengukuran *reserved alkaly* dan pengukuran laju korosi. Proses simulasi terhadap ketiga jenis *coolant* dilakukan dengan cara menempatkan *coolant* pada bejana kaca yang masing-masing bejana diisi *coolant* sebanyak 4,5 liter, temperatur operasional sebesar 90° yang dicapai dengan menggunakan kompor yang dapat divariasikan temperaturnya dan kecepatan pengadukan sebesar 3000 rpm. Ketiga jenis logam ditempatkan secara bersamaan pada masing-masing bejana dengan cara digantung. Pada bagian atas bejana kaca ditutup *styrofoam* dan *aluminium foil* untuk mengurangi proses penguapan *coolant* yang terlalu cepat. Proses simulasi dilakukan selama 180 jam. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa ketiga jenis *coolant* memiliki laju korosi terhadap logam kuningan dan baja yang cukup rendah yaitu di bawah 1 mpy, namun memiliki laju korosi yang cukup tinggi pada logam Al yaitu sebesar 3 – 3,5 mpy. Laju korosi terbesar pada logam Al terjadi pada *coolant X*.

**Kata kunci** : Korosi, *engine coolant*, proses simulasi, *metal content*, *reserved alkaly*

### Pendahuluan

Tujuan dari sistem *engine cooling* adalah untuk menghilangkan panas yang berlebih yang disebabkan oleh mesin yang sedang beroperasi dan untuk mengontrol temperatur logam dalam batas-batas yang aman. Jika temperatur logam tidak dikontrol dengan sistem pendingin yang memadai, maka proses pelumasan pada mesin akan menjadi rusak dan dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada mesin.

Air adalah fluida yang efektif untuk mentransfer panas, namun air membeku pada temperatur yang terlalu tinggi (0°C) dan mendidih pada temperatur yang terlalu rendah (100°C) serta dapat menyebabkan korosi pada logam di dalam *cooling systems* [1]. Berbagai jenis alkohol dan *glycol* dapat digunakan sebagai *antifreezes* dan efektif menurunkan titik beku air. Namun *glycol* dapat menaikkan titik didih air sementara alkohol menurunkannya, sehingga hanya *coolant* berbasis *glycol* yang direkomendasikan oleh pembuat *engine* [2].

Sementara itu korosi pada *engine* dapat dikontrol dengan menambahkan inhibitor pada *coolant* berbasis *glycol*.

Pada studi kali ini akan dipelajari pengaruh ketiga *engine coolant* yang tersedia di pasaran yaitu *coolant X* yang merupakan *coolant* berbasis *ethylene glycol*, *coolant Y* yang merupakan *coolant* berbasis *propylene glycol* dan *coolant Z* yang merupakan *coolant* berbasis air dan berisi *aliphatic carboxylates* sebagai *corrosion inhibitor* serta berisi juga *nitrite* dan *molybdate* sebagai *secondary inhibitors*. Data dari hasil pengujian ini semoga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang ingin mengetahui performan dari *engine coolant* yang dijual di pasaran.

## Metodologi Penelitian

### Pengujian Korosi

Material benda kerja yang digunakan pada pengujian ini adalah logam-logam yang umum dijual dipasaran seperti aluminium murni, kuningan dan baja karbon rendah. Pengujian korosi dilakukan untuk melihat pengaruh masing-masing *coolant* terhadap laju korosi dari 3 spesimen logam (baja, kuningan dan aluminium). Spesimen benda uji berukuran 0,5 x 40 x 100 mm. Sebelum dicelup ke dalam masing-masing bejana yang berisi *coolant* berbeda saat proses simulasi berlangsung, setiap spesimen dibersihkan terlebih dahulu dan kemudian ditimbang beratnya. Kemudian spesimen di letakkan ke masing-masing bejana yang berisi *coolant* yang berbeda untuk proses simulasi selama 180 jam. Setelah itu masing-masing spesimen dikeluarkan dari bejana, kemudian produk korosi yang terdapat pada masing-masing spesimen logam dibersihkan dan dikeringkan. Setelah itu dihitung laju korosinya (mils per year atau mpy) dengan menggunakan rumus berdasarkan standar ASTM G1 [3]:

$$Lajukorosi = \frac{K.W}{d.A.T}$$

dimana:

K = Konstanta,  $3,45 \times 10^6$

W = Berat yang hilang (g)

d = Densitas spesimen ( $\text{g/cm}^3$ )

A = Luas permukaan spesimen ( $\text{cm}^2$ )

T = Waktu pengujian (jam)

Berat yang hilang didapatkan dengan cara menghitung selisih antara berat awal spesimen sebelum proses simulasi dengan berat spesimen setelah proses simulasi dengan menggunakan timbangan digital yang memiliki ketelitian hingga 1 miligram.

### Proses Simulasi & Pengukuran

Proses simulasi terhadap ketiga jenis *coolant* dapat dilihat pada gambar 1. Ketiga jenis *coolant* ditempatkan pada bejana kaca yang masing-masing bejana diisi *coolant* sebanyak 4,5 liter. Kemudian bejana tersebut diletakkan pada sebuah rak perlengkapan simulasi dimana temperatur operasional sebesar  $90^\circ$  dicapai dengan menggunakan pengontrol temperatur kompor yang dapat divariasikan temperaturnya. Sementara proses pengadukan *coolant* dilakukan dengan menggunakan motor yang juga dapat divariasikan kecepatannya. Pada simulasi ini kecepatan pengadukan adalah sebesar 3000 rpm. Pada bagian atas bejana kaca ditutup *styrofoam* dan *aluminium foil* untuk mengurangi proses penguapan *coolant* yang terlalu cepat. Proses simulasi dilakukan selama 180 jam dan setelah 180 jam diamati pula perubahan fisik yang terjadi.

Untuk pengukuran presipitat yang terbentuk, pH *coolant*, *metal content* dan *reserved alkalinity*, pengambilan sampel *coolant* untuk pengukuran-pengukuran tersebut dilakukan untuk setiap periode tertentu dan sampel diletakkan ke dalam botol-botol kaca untuk kemudian dilakukan pengukuran pada sampel dari dalam masing-masing botol.

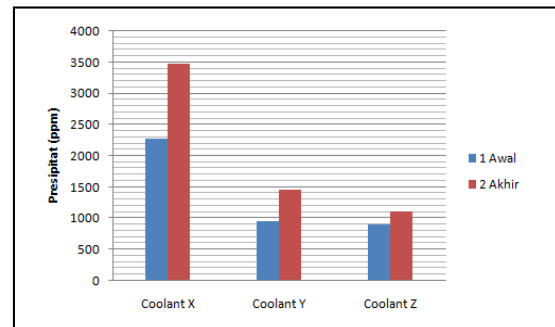


Gambar 1. Proses simulasi *coolant*

### Hasil dan Analisa

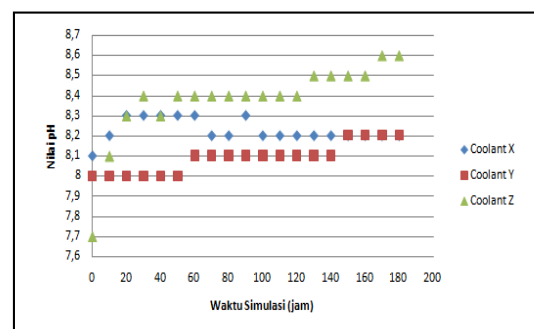
Pengukuran presipitat ditujukan untuk mengetahui seberapa besar endapan yang dihasilkan setelah proses simulasi berlangsung. Endapan yang dihasilkan dapat bersifat asam. Endapan juga dapat berasal dari produk korosi logam yang ikut dicelupkan ke dalam coolant selama proses simulasi berlangsung. Dari hasil pengukuran (lihat gambar 2) pada sampel awal *coolant* (sebelum proses simulasi dilakukan) ketiga jenis *coolant* telah memiliki presipitat yang cukup besar, yaitu sebesar 2280,960 dan 900 ppm untuk berturut-turut coolant X, Y dan Z. Setelah proses simulasi dilakukan selama 180 jam, terjadi peningkatan jumlah presipitat menjadi sebesar 3480, 1460 dan 1120 untuk berturut-turut coolant X, Y dan Z. Terlihat bahwa jumlah presipitat pada coolant X meningkat lebih besar dibanding pada coolant Y dan Z. Peningkatan ini nantinya ada kaitannya dengan laju korosi dari masing-masing logam. Dari gambar 8, terlihat bahwa logam aluminium memiliki laju korosi yang terbesar dimana korosi terbesar terjadi pada coolant X.

Pengukuran pH dilakukan sebagai indikasi adanya perubahan coolant selama digunakan. Coolant yang mengandung glycol terutama, jika senyawa glycol tersebut pecah maka coolant akan berubah menjadi bersifat asam dan akan menurunkan pH dari coolant tersebut. Umumnya engine coolant memiliki pH rata-rata sebesar 8,48 dengan standar deviasi sebesar 0,62.



Gambar 2. Jumlah presipitat yang terdapat pada *coolant* sebelum dan sesudah proses simulasi

Hasil pengukuran pH pada ketiga jenis coolant dapat dilihat pada gambar 3. Dari hasil pengukuran ketiga jenis coolant tersebut terlihat bahwa coolant Z memiliki nilai peningkatan pH yang paling tinggi dengan nilai pH sekitar 8,1 – 8,6. Informasi dari Product Data Sheet, hasil tes pH untuk coolant X adalah 8,5 dan untuk coolant Z adalah 8,3. Nilai peningkatan pH coolant masih dalam batas yang wajar. Sementara coolant X dan Y juga mengalami peningkatan pH meski tidak sebesar coolant Z. Semua jenis coolant relatif stabil dengan bertambahnya waktu proses simulasi dan bertambahnya kandungan presipitat pada coolant akibat adanya reaksi korosi dengan logam. Sehingga hasil pengukuran ini dapat diterima.



Gambar 3. Perubahan nilai pH pada coolant selama 180 jam proses simulasi

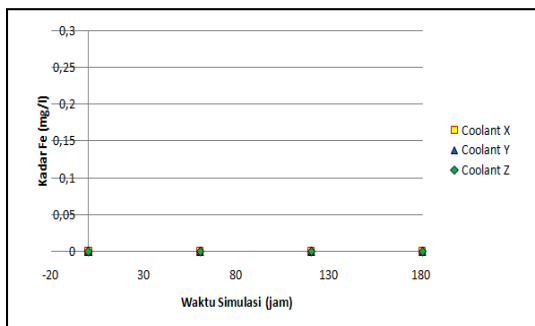
Pada proses simulasi, 3 jenis logam (baja, kuningan dan aluminium) dicelupkan ke dalam ketiga jenis coolant. Tujuan dari hal ini adalah untuk melihat pengaruh jenis

*coolant* terhadap korosi pada ketiga jenis logam tersebut. Produk korosi yang dihasilkan dapat larut dalam *coolant* atau tidak larut.

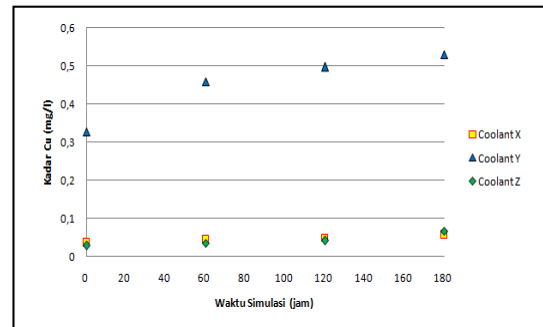
Hasil pengukuran *metal content* untuk ketiga jenis logam ini dapat dilihat pada gambar 4-6. Pada gambar 4, Kadar Fe pada setiap *coolant* yang terukur sangat kecil yaitu di bawah 0,4 mg/l atau 0,4 ppm. Semua kadar Fe yang terukur mengindikasikan bahwa produk korosi yang dihasilkan larut dalam ketiga jenis *coolant*.

Gambar 5 adalah hasil pengukuran untuk kadar Cu. Dari hasil pengukuran terlihat bahwa peningkatan kadar Cu terjadi pada *coolant* Y dengan bertambahnya waktu proses simulasi, sementara kadar Cu relatif stabil pada *coolant* X dan Z. Dari jumlah kadar Cu yang terukur mengindikasikan bahwa produk korosi larut dalam *coolant* X dan Z dan tidak terlarut pada *coolant* Y.

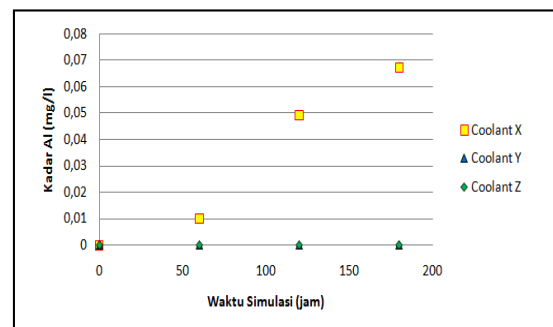
Gambar 6 adalah hasil pengukuran untuk kadar Al. Dari gambar dapat dilihat bahwa pada awal-awal proses simulasi hampir semua *coolant* dapat melarutkan produk korosi dari logam Al. Dengan berjalannya waktu, setelah 100 dan 180 jam berlangsungnya proses jumlah kadar Al pada *coolant* X semakin besar dan tidak lagi dapat terlarut dalam *coolant*. Sementara pada *coolant* Y dan Z produk korosi Al dapat terlarut.



Gambar 4. Kadar Fe pada *coolant* selama 180 jam proses simulasi



Gambar 5. Kadar Cu pada *coolant* selama 180 jam proses simulasi



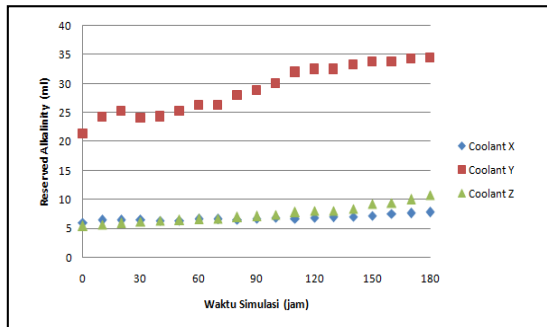
Gambar 6. Kadar Al pada *coolant* selama 180 jam proses simulasi

*Reserved alkalinity* (RA) adalah ukuran yang menunjukkan kemampuan *coolant* untuk mentolerir adanya kontaminan yang disebabkan oleh asam (acid) atau kemampuan *coolant* untuk menjaga pH *coolant* dalam range yang diinginkan walaupun terdapat kontaminan yang disebabkan oleh asam. Pengukuran RA dilakukan berdasarkan standar ASTM D1121 [4].

RA untuk *engine coolant* biasanya bernilai 6,10 dengan standar deviasi sebesar 2,51. Hasil pengukuran RA awal pada setiap *coolant* terlihat bahwa *coolant* Y memiliki RA yang terbesar dan *coolant* X dan Z memiliki RA yang kecil. Setelah proses simulasi selama 180 jam, semua *coolant* mengalami peningkatan nilai RA. Peningkatan terbesar dialami oleh *coolant* Y dan peningkatan terkecil dialami oleh *coolant* X

Dari hasil ini terlihat bahwa *coolant* X yang mengandung *ethylene glycol* dan *coolant* Z yang mengandung *aliphatic carboxylates* sebagai *corrosion inhibitor*

serta berisi juga *nitrite* dan *molybdate* sebagai *secondary inhibitors* memiliki kemampuan terbaik untuk tetap menjaga tingkat alkalinity dari *coolant* akibat adanya pengendapan unsur-unsur logam atau produk korosi yang terjadi pada *coolant*.



Gambar 7. Perubahan *reserved alkaly* pada *coolant* selama 180 jam proses simulasi

Pengujian laju korosi bertujuan untuk melihat pengaruh jenis *coolant* terhadap laju korosi dari 3 jenis logam, yaitu baja, kuningan (brass) dan aluminium. Pada pH *coolant* yang rendah laju korosi pada logam akan semakin besar, sehingga disarankan agar *coolant* memiliki pH sama dengan atau di atas 7. Namun pH yang tinggi bisa juga berakibat buruk terutama pada korosi logam aluminium. Pada pH tinggi lapisan film pada logam aluminium akan larut yang mengakibatkan laju korosi pada logam tersebut meningkat.

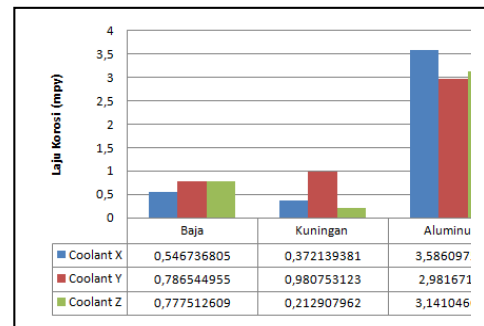
Pada gambar 8 terlihat bahwa logam aluminium adalah logam yang paling berat mengalami korosi pada ketiga jenis *coolant*.

Untuk logam baja, korosi terendah terjadi pada *coolant* X, sementara pada *coolant* Y dan Z laju korosinya relatif sama.

Untuk logam kuningan, korosi terendah terjadi pada **coolant** Z. Dan tertinggi pada *coolant* Y. Laju korosi pada tembaga dan paduannya akan dipercepat dengan kehadiran oksigen atau ammonia sebagai zat yang korosif.

Dari hasil pengujian laju korosi terlihat bahwa logam kuningan (brass) mengalami

tingkat korosi yang paling ringan di *coolant* Z, sementara logam Aluminium memiliki tingkat korosi yang paling parah pada ketiga jenis *coolant*. Laju korosi pada logam baja dan kuningan pada ketiga jenis *coolant* cukup rendah yaitu masih di bawah 1 mpy. Sementara laju korosi pada logam aluminium di ketiga jenis *coolant* berkisar di angka 3 hingga 3,5 mpy.



Gambar 8. Laju korosi pada logam setelah 180 jam dalam *coolant*

## Kesimpulan

Ketiga jenis *coolant* memiliki laju korosi terhadap logam kuningan dan baja yang cukup rendah yaitu di bawah 1 mpy, namun memiliki laju korosi yang cukup tinggi pada logam Al yaitu sebesar 3 mpy. Laju korosi terbesar pada logam Al terjadi pada *coolant* X. Namun demikian *coolant* X memiliki kemampuan terbaik untuk tetap menjaga tingkat alkalinity dari *coolant* akibat adanya pengendapan unsur-unsur logam atau produk korosi yang terjadi pada *coolant*.

## Referensi

- [1] J.A. Lima, G.R. Otterman, editors, Manual on selection and use of engine coolants and cooling system chemical, 4th edition, ASTM, Philadelphia, 1989.
- [2] Roy E. Beal, editor, STP 1192-Engine Coolant Testing, 3rd Volume, ASTM, 1993.
- [3] ASTM G1, Standard practice for preparing, cleaning and evaluating

corrosion test specimens, ASTM International, USA, 1995.

[4] ASTM D1121 – 07, Standard Test Methods for Reserve Alkalinity of Engine Coolant and Antirusts, ASTM International, Usa, 2007.