

Pengaruh Ortofosfat dan Klorinasi Terhadap Korosi dan Mikroorganisme pada *Cooling Water System* di Unit Utilitas-2 PT. Pupuk Iskandar Muda

Herri Supriadi¹, Muhammad Zaki², Syaubari²

¹ Program Studi Magister Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala Darussalam Banda Aceh 23111, Indonesia

² Jurusan Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh 23111, Indonesia

Koresponden: herri.supriadi@pim.co.id

ABSTRACT

Corrosion inhibitors and the growth of microorganisms that occur in the cooling water system can affect water quality, which causes an effect on the process temperature and temperature of the equipment. This study aims to study the effect of orthophosphate and chlorination on corrosion and microorganisms on cooling water systems, using materials such as 85% water basin cooling tower, orthophosphate [H₃PO₄] as 60% corrosion inhibitor, calcium hypochlorite [Ca(OCl)] as a disinfectant dissolved into water so that it becomes hypochlorite acid (HOCl). The fixed variable used is operating time every 3 hours, atmospheric cooling tower pressure, pump pressure 15 kg/cm², feed temperature 30°C, reverse temperature 40°C, and 25 liter basin volume. The independent variables were orthophosphate (H₃PO₄) concentration of 85%: 12, 15, 18, 21, and 24 ppm, then the concentration of calcium hypochlorite [Ca(OCl)₂] 60%: 53, 57, 61, 65, and 69 ppm. The results showed that the lowest corrosion value of orthophosphate corrosion inhibitor was 0.0199 grams, the highest value of microorganisms was 1000, the lowest pH value was 3.39 and the lowest residual chlorine value was 0.09 ppm while the highest use of calcium hypochlorite was 0.12 grams, the highest value of microorganisms is 0, the lowest pH value is 3.39 and the highest residual value of chlorine is 0.86 ppm in the cooling water system.

Keywords: orthophosphate, calcium hypochlorite, corrosion, microorganisms, cooling water systems

ABSTRAK

Penghambat korosi (*corrosion inhibitor*) dan pertumbuhan mikroorganisme yang terjadi pada *cooling water system* dapat mempengaruhi mutu air yang dapat menyebabkan berpengaruh pada temperatur proses maupun temperatur peralatan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh ortofosfat dan klorinasi terhadap korosi dan mikroorganisme pada *cooling water system*, dengan menggunakan bahan-bahan yaitu air basin *cooling tower*, ortofosfat [H₃PO₄] 85% sebagai *corrosion inhibitor*, dan kalsium hipoklorit [Ca(OCl)₂] 60% sebagai desinfektan yang dilarutkan ke dalam air sehingga menjadi asam hipoklorit (HOCl). Variabel tetap yang digunakan adalah waktu operasi setiap 3 jam, tekanan menara pendingin atmosfer, tekanan pompa 15 kg/cm², temperatur umpan 30°C, temperatur balik 40°C, dan volume basin 25 liter. Variabel bebas adalah konsentrasi ortofosfat (H₃PO₄) 85% : 12, 15, 18, 21, dan 24 ppm, kemudian konsentrasi kalsium hipoklorit [Ca(OCl)₂] 60% : 53, 57, 61, 65, dan 69 ppm. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa yaitu penggunaan *corrosion inhibitor* ortofosfat nilai korosi terendah yaitu 0,0199 gram, nilai mikroorganisme tertinggi yaitu 1000, nilai pH terendah yaitu 3,39 dan nilai residu klorin terendah yaitu 0,09 ppm sedangkan penggunaan kalsium hipoklorit nilai korosi tertinggi yaitu 0,12 gram, nilai mikroorganisme tertinggi yaitu 0, nilai pH terendah yaitu 3,39 dan nilai residu klorin tertinggi yaitu 0,86 ppm pada sistim air pendingin.

Kata kunci : ortofosfat , kalsium hipoklorit, korosi, mikroorganisme, sistim air pendingin

PENDAHULUAN

Air pendingin (*cooling water*) adalah air yang digunakan untuk mengatur temperatur, baik temperatur proses maupun temperatur peralatan. Proses pendinginan air dilakukan dengan cara mengontakkan air dengan udara sebagai penyerap (*scrubber*) panas sehingga sebagian uap panas pada air akan menguap.

Pendesinfektan mikroorganisme di dalam air pendingin sebaiknya dilakukan secara intensif dengan menambahkan klorin dalam jumlah yang tepat sehingga dapat mengoksidasi bahan-bahan organik dan amonia sebelum akhir tersedia residu klorin 0,2-1,5 ppm. Hal ini dilakukan untuk mencegah mikroorganisme berkembang

pesat. Akibat penggunaan klorin yang berlebih menyebabkan terjadinya korosi yang berakibat pada kebocoran pada pipa alat alat penukar panas dan cooler. Untuk mengatasi masalah ini, digunakan penghambat korosi berupa orthoposfat. Karena bahan penghambat korosi ini juga berfungsi sebagai nutrisi yang sangat baik bagi perkembangan mikroorganisme maka penggunaannya di dalam sistem air pendingin perlu diperhitungkan secara akurat. (Okazaki M, 1985).

Korosi didefinisikan tidak hanya sebagai oksidasi destruktif bahan logam, tetapi juga degradasi bahan bukan logam dan bahan ini kehilangan fungsi karena interaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungan. Korosi sering terjadi dan mengakibatkan bencana yang tak terhitung banyaknya dan mengakibatkan kerugian hingga ratusan miliar dolar setiap tahunnya (Song dan Xie, 2018).

Laju korosi harus di tekan untuk mencapai hemat energi. Faktor yang mempengaruhi, diantaranya: laju alir fluida korosif, konsentrasi oksidator, temperatur, dan pH. Satuannya adalah mm/th (SI) atau mill/year (mpy, standar *British*). Tingkat ketahanan suatu material terhadap korosi umumnya memiliki nilai laju korosi antara 1 – 200 mpy (Afandi , 2015).

Laju korosi dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Zuchry dan Magga, 2017).

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{\rho.A.T} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

K = Konstanta (3,45. 106)

W = kehilangan berat (gr)

ρ = massa jenis (gr/cm³)

A = Luas Permukaan (cm²)

T = waktu (jam)

Penggunaan penghambat korosi pada air pendingin dengan sistim resirkulasi terbuka untuk dapat mengontrol oksigen dalam air dan kandungan garam-garam. *Inhibitor* korosi telah digunakan dalam ruang lingkup yang lebih luas dan banyak operasi pabrik,

namun bergantung pada keberhasilan penerapannya (Balonis , 2018).

Jenis-jenis penghambat korosi antara lain, Ortofosfat, Fospat dan Polifospat. Senyawa posfat merupakan zat aktif yang ditambahkan ke dalam sistem air pendingin sebagai pencegah dan penghambat korosi. Pada umumnya senyawa posfat dalam air dalam bentuk ortofosfat (PO₄³⁻) (Daniels , 2013).

Menurut Singh, 1980 ada beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi dari klorin. Faktor-faktor ini berpengaruh satu sama lain sehingga tidak dapat dilihat hanya pada salah satu faktor saja.

Mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik pada sistim air pendingin, khususnya sirkulasi terbuka (*open recirculation*). Kontaminasi mikroorganisme juga menyebabkan *biofouling* dan korosi peralatan pada infrastruktur di pengaturan industri lain termasuk tangki penyimpanan di sekitar, sistem distribusi air, kapal, perangkat medis, dan fasilitas penyimpanan limbah (Li , 2018). Meskipun beberapa mikroorganisme cenderung mati pada temperatur tinggi, tetapi sisa mikroba tetap mengotori permukaan logam. Mikroorganisme khusus, seperti tipe *sulfate-reduction* dan *generate corrosive hydrogen sulfide* menyebabkan pemutusan *pitting attack* (Hafni, 2003).

Sistem air pendingin memberikan metode yang dapat diandalkan untuk mengontrol suhu pada proses industri. Secara umum, panas yang dihasilkan selama proses dipindahkan ke sistem air resirkulasi oleh peralatan penukar panas. Karena tidak mudah untuk mengakses dan menyelidiki kondisi internal dari sistem air pendingin resirkulasi (Ou., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *corrosion inhibitor* ortofosfat dan kalsium hipoklorit terhadap korosi dan mikroorganisme dalam sistem air pendingin, diharapkan dapat memberikan manfaat mengenai informasi dan penanganan

corrosion inhibitor ortofosfat dan kalsium hipoklorit sehingga mampu memberi penyelesaian permasalahan korosi dan mikroorganisme pada sistem air pendingin *Cooling Tower Unit Utilitas-2 PT Pupuk Iskandar Muda*. Penelitian ini juga memberi gambaran awal bagi peneliti-peneliti lain yang ingin melanjutkan penelitian lebih lanjut.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah drum plastik sebagai basin, pompa, *heater*, pipa, dan selang. Adapun alat-alat pelengkap yang digunakan meliputi paku baja karbon yang di gunakan sebagai pendeteksi korosi pada air pendingin, bor, mata bor, pipet volume, *F sock PVC*, *double maple*, kabel listrik, kunci pipa, gergaji besi, lem pipa, alat pembunuh, timbangan analitik, *pH meter*, *Nalco DR/890 Calorimeter* (alat untuk memeriksa residu klorin), *dip slide eassicult combi* (alat untuk memeriksa mikroorganisme).

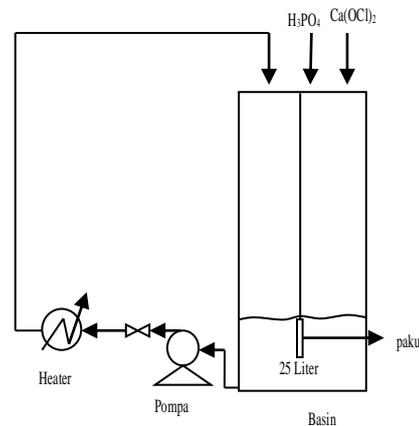
Bahan-bahan yang digunakan yaitu air basin *cooling tower Unit Utilitas-2 PT. PIM*, ortofosfat [H_3PO_4] 85%, sebagai *corrothion inhibitor*. Kalsium hipoklorit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$] 60%, sebagai desinfektan yang di larutkan kedalam air sehingga menjadi asam hipoclorit [HOCl].

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian yaitu variabel tetap dan variabel bebas, variabel tetapnya meliputi waktu operasi setiap 3 jam, tekanan menara pendingin pada tekanan atmosfer, tekanan pompa 15 kg/cm^2 , temperatur umpan 30°C temperatur balik 40°C , dan volume basin 25 liter. Variabel bebas meliputi 2 variabel yaitu konsentrasi ortofosfat [H_3PO_4] 85% : 12, 15, 18, 21, dan 24 ppm, dan konsentrasi kalsium hipoklorit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$] 60% :53, 57, 61, 65, dan 69 ppm.

Prosedur Penelitian

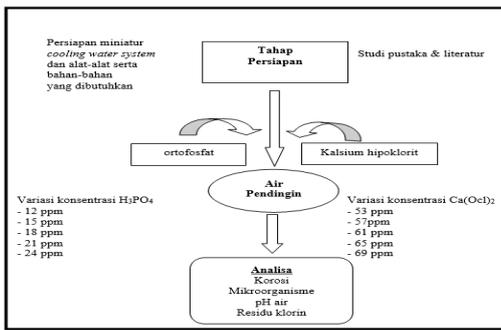
Dalam percobaan ini terlebih dahulu di lakukan rangkaian alat seperti rangkaian berikut



Gambar 1. Rangkaian alat dari sistim penelitian

Setelah tahap persiapan selesai dilanjutkan dengan tahap operasi dengan langkah-langkah percobaan, air basin *cooling tower* dimasukkan pada temperatur 30°C kedalam drum plastik (basin) dengan volume 25 liter yang di sirkulasi dengan pompa melewati *heater* dengan temperatur *return* 40° , paku baja dimasukkan kedalam tabung basin, kemudian dimasukkan [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$] dengan variasi 53, 57, 61, 65, dan 69 ppm dan [H_3PO_4] dengan variasi 12, 15, 18, 21, dan 24 ppm, keemudiann didiampak selama waktu operasi 3 jam.

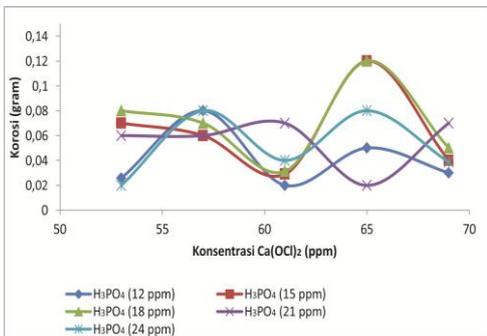
Adapun urutan kerja penelitian yang dilakukan meliputi beberapa tahapan proses kegiatan yang dibuat secara sistimatis dengan skema kerja penelitian untuk memudahkan dalam melaksanakan penelitian. Skema kerja tersebut digambarkan secara skematis pada Gambar 2



Gambar 2 Skema pelaksanaan penelitian pada *cooling water system*

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Korosi



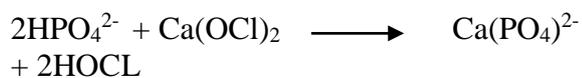
Gambar 3 Grafik hubungan penambahan ortofosfat dan kalsium hipoklorit terhadap korosi pada sistem air pendingin dengan waktu kontak 3 jam.

Pada sistem air pendingin, korosi terjadi karena penambahan kalsium hipoklorit secara berlebih sebagai desinfektan untuk membunuh mikroorganisme patogen di dalam air. Pada Gambar 3, dapat diamati bahwa pada konsentrasi ortofosfat 12 ppm dan konsentrasi kalsium hipoklorit 53 ppm diperoleh berat paku baja karbon yaitu 0,0258 gram. Pada konsentrasi kalsium hipoklorit yang sama, dan pada konsentrasi ortofosfat 15 ppm maka berat paku baja karbon naik menjadi 0,07 gram. Sedangkan korosi terendah diperoleh pada konsentrasi ortofosfat 21 ppm dan pada konsentrasi kalsium hipoklorit 65 ppm diperoleh berat paku baja karbon yaitu 0,0199 gram. Hal ini disebabkan konsentrasi ortofosfat yang tinggi sehingga menyebabkan nilai korosi rendah. Sedangkan peningkatan jumlah kalsium hipoklorit dalam air dapat

menaikkan korosi pada sistem air pendingin dengan korosi tertinggi pada konsentrasi ortofosfat 15 ppm dan konsentrasi kalsium hipoklorit 65 ppm serta konsentrasi ortofosfat 18 ppm dan konsentrasi kalsium hipoklorit 65 ppm yaitu sebesar 0,12 gram.

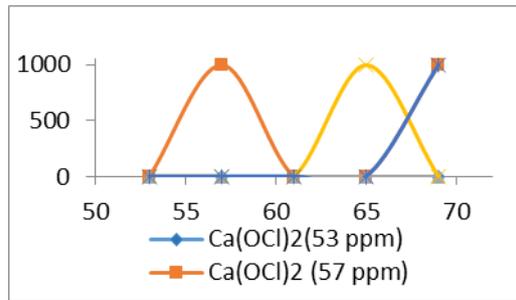
Pada Gambar 3 tersebut dapat kita lihat bahwa nilai korosi naik turun, hal ini disebabkan adanya injeksi dari ortofosfat dan kalsium hipoklorit secara bersamaan dengan masing-masing 5 variasi. Penginjeksian ortofosfat mengakibatkan menurunkan nilai korosi (Febrianto dkk, 1999) sedangkan penginjeksian kalsium hipoklorit menyebabkan naiknya nilai korosi karena senyawa kalsium hipoklorit bersifat korosif (Alaerts dan Sumestri, 1987).

Peristiwa penekanan oksigen pada ion kalsium yang dilakukan oleh ortofosfat secara umum tidak bereaksi dengan ion kalsium. Secara umum ortofosfat tidak bereaksi namun berfungsi sebagai *corrosion inhibitor*, dengan sifat-sifat perlindungan yang diinginkan hanya melalui produk hidrolisis (HPO₄) yaitu pemakaian bersama ion hidroksil pada suatu elektroda mulai dari pereduksi oksigen, yang membawa kalsium posfat pada suatu logam tertentu sesuai dengan reaksinya yaitu :



Perlindungan efek korosi dapat ditingkatkan ketika ion kalsium yang berada dalam larutan elektrolit mengalami peningkatan dalam laju pengadukan. Ion kalsium divalen tidak menyebabkan terjadinya korosi baja yang ditandai dengan meningkatnya Ca(PO₄)₂²⁻. Hal ini dapat diamati bahwa ortofosfat merupakan suatu produk konversi hexametafosfat (HMP). Jika ion logam divalen ada, pengaruh negatif ortofosfat menjadi lemah dan tingginya konsentrasi Ca(PO₄)₂²⁻ yang diperlukan untuk melindungi baja terhadap korosi. (Rozenfeld, I, 1981).

3.2 Mikroorganisme

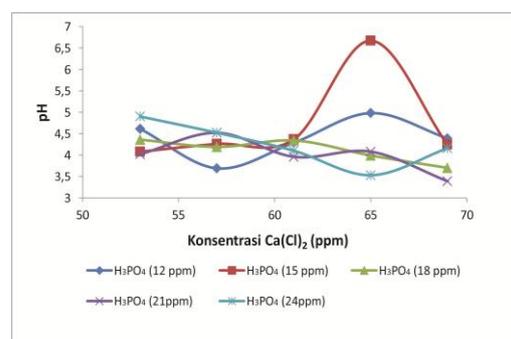


Gambar 4 Grafik hubungan penambahan ortofosfat dan kalsium hipoklorit terhadap pertumbuhan mikroorganisme dengan waktu kontak 3 jam.

Pemberian senyawa kimia berupa senyawa kalsium hipoklorit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ yang berfungsi untuk mereduksi zat organik, mengoksidasi logam, dan sebagai desinfeksi terhadap mikroorganisme (Cita dan Adriyani, 2013).

Pada Gambar 4 dapat diamati bahwa dengan penambahan kalsium hipoklorit dapat mengurangi mikroorganisme dalam air. Akan tetapi dari gambar tersebut juga ada kenaikan jumlah mikroorganisme menjadi 1000 CFU/ml pada konsentrasi ortofosfat 15 ppm dan kalsium hipoklorit 57 ppm yang disebabkan oleh adanya kandungan amonia pada air basin *Cooling Tower* Pabrik Utilitas-2, sehingga mikroorganisme dapat tumbuh di air tersebut, walaupun adanya penambahan kalsium hipoklorit. Pada beberapa data penelitian ini tidak terdapat mikroorganisme baik sebelum operasi maupun setelah operasi 3 jam.

3.3 pH Air



Gambar 5 Grafik hubungan penambahan ortofosfat dan kalsium hipoklorit terhadap perubahan pH dengan waktu kontak 3 jam.

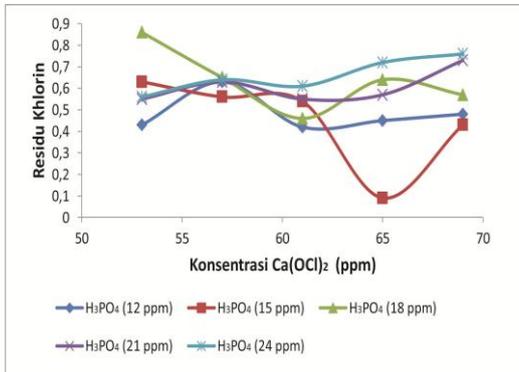
Dari Gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa operasi pH tertinggi pada saat konsentrasi kalsium hipoklorit 65 ppm dan konsentrasi ortofosfat 15 ppm yaitu pH sebesar 6,67 karena pada saat itu air basin *Cooling Tower* Pabrik Utilitas-2 tersebut mengalami gangguan operasional sehingga meningkatkan pH air. Peningkatan pH ini disebabkan adanya kandungan *caustic soda* (NaOH) (Reliantari, 2017).

Sedangkan operasi pH terendah pada saat konsentrasi kalsium hipoklorit 69 ppm dan konsentrasi ortofosfat 21 ppm yaitu pH sebesar 3,39. Penurunan pH pada air disebabkan adanya injeksi dari kalsium hipoklorit dan ortofosfat. Penambahan ortofosfat dan kalsium hipoklorit dapat menurunkan pH air pendingin. Pada konsentrasi ortofosfat 12 ppm dan kalsium hipoklorit dengan konsentrasi 65 ppm diperoleh pH operasi sebesar 4,98 dan pH menurun menjadi 4,39 akibat meningkatnya konsentrasi ortofosfat dan kalsium hipoklorit di dalam air. Penurunan pH akibat ortofosfat dipengaruhi oleh sifat ortofosfat sebagai larutan golongan asam yang sedikit dengan tingkat $\text{pH} < 7$. Penggunaan kalsium hipoklorit menurunkan pH, oleh karena itu pH air pendingin harus dikontrol agar tetap berada pada *range* pH. Tujuan pH dijaga antara 6-7 pada *Cooling Water System* di Unit Utilitas-2 PT Pupuk Iskandar Muda berhubungan dengan distribusi asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-) di dalam air.

Di dalam penelitian ini air pendingin pH 3-6 dapat memperlambat pertumbuhan bakteri karena kondisi yang asam merupakan lingkungan yang buruk bagi perkembangan bakteri. Distribusi dari HOCl dan OCl^- sangat penting untuk dijaga karena HOCl merupakan desinfektan yang paling efektif,

perbandingan desinfektan HOCl dan OCl⁻ adalah 1 : 40-80, (MetCalf dan Eddy, 1995).

3.4 Residu Klorin



Gambar 6 Grafik hubungan konsentrasi kalsium hipoklorit dengan residu klorin pada berbagai variasi ortofosfat dengan waktu kontak 3 jam.

Menurut MetCalf dan Eddy (1995), jumlah klorin teoritis yang dibutuhkan untuk mengoksidasi 1 mg/L NH₃-N menjadi gas nitrogen (N₂) adalah 7,6 mg/L klorin (Cl₂).

Dari Gambar 6 di atas dapat dilihat bahwa residu klorin tertinggi pada saat konsentrasi kalsium hipoklorit 53 ppm dan konsentrasi ortofosfat 18 ppm yaitu residu klorin sebesar 0,86 ppm. Sedangkan residu klorin terendah pada saat konsentrasi kalsium hipoklorit 65 ppm dan konsentrasi ortofosfat 15 ppm yaitu residu klorin sebesar 0,09 ppm. Penambahan ortofosfat dapat menurunkan residu klorin dan penambahan kalsium hipoklorit dapat menaikkan residu klorin pada air pendingin.

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan *corrosion inhibitor* orthoposfat nilai korosi terendah yaitu 0,0199 gram, nilai mikroorganisme tertinggi yaitu 1000 CFU/mL, nilai pH terendah yaitu 3,39 dan nilai residu klorin terendah yaitu 0,09 ppm. Kemudian penggunaan kalsium hipoklorit nilai korosi tertinggi yaitu 0,12 gram, nilai mikroorganisme tertinggi yaitu 0 CFU/mL,

nilai pH terendah yaitu 3,39 dan nilai residu klorin tertinggi yaitu 0,86 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Sumestri, S., 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Afandi, Y.K., Arief, I.S., Amiadji. 2015. *Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan Coating*. Jurnal Teknik ITS: 4 (1),
- Balonis, M., Sant, G., Isgor, O.B., 2018. *Mitigating Steel Corrosion In Reinforced Concrete Using Functional Coatings, Corrosion Inhibitors, And Atomics Simulations*. Journal of cement and concrete.
- Cita, Dian Wahyu dan Adriyani, Retno. 2013. *Kualitas Air dan Keluhan Kesehatan Pengguna Kolam Renang di Sidoarjo*. Journal Kesling Vol.7 No. 1 Juli 2013.
- Daniels, S.L. Spurunger, P.T. Kizilkaya, O. Lytle, D.A. Garno, J.C. 2013. *Nanoscale Surface Characterization of Aqueous Copper Corrosion: Effects of Immersion Interval and Orthophosphate Concentration*. Surface Science.
- Febriyanto, Sriyono dan Hidayati Nur Rahmah. 1999. *Pengaruh Inhibitor Borat dan Fosfat terhadap laju Korosi Inconel 600 dan Inconel 690 dalam Larutan Khlorida*. Prosiding Presentasi Ilmiah Teknologi Kesematan Nuklir-IV. Serpong.
- Hafni, N.K, 2003, *Monitoring dan Kontrol pada Sistim Air Pendingin*, Seminar Teknik Kimia, Bandung.
- Li, Y., Xu, D., Chen, C., Li, X., Jia, R., Zhang, D., Sand, W., Wang, F., Gu, T., 2018. *Anaerobic microbiologically influenced corrosion mechanisms interpreted using bioenergetics and bioelectrochemistry: A review*. J. Mater.

- Sci. Technol. 34, 1713–1718.
- MetCalf and Eddy, 1995, *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*, McGraw-Hill International Edition, Singapore.
- Kazaki, M. 1985, Kurita Water Industries Handbook, Tokyo, Japan. Pandia, Setiady, 1996, *Kimia Lingkungan*, Depdikbud, Jakarta.
- Ou, H.H., Tran, Q.T.P., Lin, P.H., 2018. *A synergistic effect between gluconate and molybdate on corrosion inhibition of recirculating cooling water systems*. Corros. Sci. 133, 231–239.
- Reliantari Ira Fresty, Evanuarini Herly dan Imam Thohari. 2017. *Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap pH, Kadar Protein Putih Telur dan Warna Kuning Telur Pidan*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak, Vol.12 No. 2. Malang
- Singh. G, 1980, *Water Supply and Sanitary Engineering*, Nai Prabat Printing Press, Nai Sarak, New Delhi.
- Song, Z., Xie, Z.H., 2018. *A literature review of in situ transmission electron microscopy technique in corrosion studies*. Micron 112, 69–83.
- Zuchry M., Magga, R., 2017. *Analisis Laju Korosi Dengan Penambahan Pompa Pada Baja Komersil Dalam Media Air Laut*. Jurnal Mekanikal 8, 737–741.