

Efektivitas Ekstrak Daun Belimbing Wuluh sebagai Bahan Inhibitor Korosi pada Kawat Ortodonsi Berbahan Dasar Nikel-Titanium
(*Effectiveness of Bilimbi Leaves Extract as Corrosion Inhibitor on Nickel-Titanium Orthodontic Wire*)

Putri Avnita Machfudzoh, Muhammad Nurul Amin, Leliana Sandra Deviadie Putri
Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
e-mail : m_nurul_amin.fkg@unej.ac.id

Abstract

The use of Nickel-Titanium (NiTi) wire on fixed orthodontic appliance, have been reported to have negative effects. Corrosion of NiTi alloy will reduce the niti wire power and flexibility, as well as allow the release of nickel ions and have the potensial to cause hipersensitivity reaction. Therefore, it is necessary to reduce the corrosion of NiTi wire. One of the options of reducing corrosion processes is by giving a corrosion inhibitor such as extract of bilimbi leaf. It has active content that can stabilize the nickel ions and form a passive layer outside the wire so that the corrosion can be inhibited. The aim of this study is to determine the bilimbi leaf extract's effectiveness as an inhibitor of corrosion on Nickel-Titanium wire. This research used 3 groups of treatment with 12 NiTi wires tested in artificial saliva that divided by a group without the addition of inhibitor (Group 1), group 2 with 600 ppm inhibitor (Group 2), and group 3 with 1000 ppm inhibitor (Group 3). Samples were tested by dipped in the artificial saliva tube that was connected with the Potensiostat to determine corrosion rate value. One way anova and Tukey HSD tests showed that there was significant difference in each treatment group, with $p=0,000$ ($p<0,05$). The conclusion was bilimbi leaves extract can inhibits the corrosion of NiTi wire and the highest effectiveness is 67,997%.

Keywords: bilimbi leaves extract, corrosion inhibitor, Nickel-Titanium orthodontic wire

Abstrak

Kawat ortodonsi berbahan dasar Nikel-Titanium (NiTi) pada perawatan ortodonsi cekat menyebabkan dampak negatif. Korosi *alloy* pada kawat NiTi menyebabkan terlepasnya ion Nikel ke dalam tubuh dan menimbulkan reaksi hipersensitivitas serta berdampak negatif pada kekuatan dan fleksibilitas kawat, sehingga perlu upaya untuk mengurangi korosi dengan bahan inhibitor korosi, salah satu bahan yang dapat digunakan adalah ekstrak daun belimbing wuluh. Ekstrak daun belimbing wuluh diketahui memiliki kandungan aktif yang dapat menstabilkan ion pada permukaan kawat dan membentuk lapisan pasif sehingga korosi dapat dihambat. Penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas ekstrak daun belimbing wuluh sebagai bahan inhibitor korosi pada kawat ortodonsi berbahan dasar Nikel-Titanium. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris dengan menggunakan 3 kelompok perlakuan pada 12 kawat NiTi yang diuji dalam saliva buatan dengan pembagian kelompok tanpa penambahan inhibitor (kelompok 1), dengan penambahan inhibitor 600 ppm (kelompok 2), dan dengan penambahan inhibitor 1000 ppm (kelompok 3). Sampel diuji dengan cara dicelupkan dalam tabung larutan saliva buatan yang terhubung dengan alat *Potensiostat* untuk mengetahui nilai laju korosinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antarkelompok ($p<0,05$). Disimpulkan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh mempunyai kemampuan menginhibisi korosi pada kawat NiTi dengan efektivitas tertinggi sebesar 67,997%.

Kata kunci: ekstrak daun belimbing wuluh, inhibitor korosi, kawat ortodonsi Nikel-titanium

Pendahuluan

Perawatan ortodonsi dikategorikan menjadi 2 macam, yaitu dengan penggunaan piranti cekat dan piranti lepasan. Piranti ortodonsi lepasan merupakan piranti yang didesain agar dapat dipasang dan dilepas oleh pasien. Piranti ortodonsi cekat merupakan piranti yang lebih efektif dalam memperbaiki kasus maloklusi yang lebih rumit [1].

Komponen utama pada piranti ortodonsi cekat adalah braket, *auxillary*, dan kawat ortodonsi (*archwire*) [2]. Kawat ortodonsi berfungsi sebagai panduan untuk menggerakkan gigi pada gerakan tertentu sesuai dengan desain kawat itu sendiri [3]. Saat ini berbagai jenis *archwire* telah beredar di pasaran, diantaranya kawat stainless steel, cobalt-chromium, beta-titanium dan nikel-titanium (NiTi). Kawat NiTi biasanya digunakan pada perawatan awal (*initial archwire*) berbagai kasus maloklusi [4].

Kawat NiTi memiliki keunggulan yang unik yaitu *shape memory* dan superelastisitas yang sangat baik dibandingkan dengan kawat ortodonsi berbahan lain. Sifat superelastis membuat kawat dapat menahan regangan agar tidak terjadi deformasi, sedangkan sifat *shape memory* berkaitan dengan ketahanan transformasi temperatur [4].

Kawat NiTi merupakan perpaduan antara 55% nikel, 44-45% titanium dan 1% unsur lain seperti tembaga, besi, dan kobalt [5]. Paduan beberapa unsur logam ini dimaksudkan untuk mengubah sifat mekanis suatu logam agar sesuai dengan kebutuhan, namun perubahan struktur yang terjadi akan mengakibatkan perbedaan potensial yang dapat mempengaruhi terjadinya korosi logam [6].

Pada sebuah material kawat gigi yang berbahan dasar *alloy*, korosi diartikan dengan terlepasnya ion dari *alloy* karena kecenderungan unsur-unsurnya untuk kembali pada bentuk aslinya di alam. Perubahan-perubahan biologis seperti temperatur dan pH, serta gesekan baik antara satu komponen dengan komponen lainnya ataupun dengan gigi geligi selama perawatan yang terjadi di dalam rongga mulut, dimana terdapat saliva sebagai suatu lingkungan elektrolit juga turut mempengaruhi kecepatan pelepasan elemen logam. Pada penelitian sebelumnya saat kawat NiTi, braket dan tube dimasukkan ke dalam saliva buatan, terjadi pelepasan dari unsur logam nikel. Hal itu disebabkan oleh adanya arus galvanis yang timbul akibat adanya interaksi dalam suatu larutan elektrolit antara dua atau lebih logam yang berbeda [7].

Korosi akan memperlemah kekuatan dari *archwire* dan memicu kekasaran permukaan. Selain itu unsur logam nikel yang terlepas dapat menimbulkan efek buruk dalam tubuh, baik itu

berupa reaksi hipersensitivitas, pemicu kanker, dan tentunya bersifat toksik [8].

Terjadinya korosi tidak dapat dihindari, namun laju korosi ini dapat dikurangi. Pengurangan laju dari proses korosi dapat dilakukan dengan proteksi katodik, proteksi anodik, pelapisan (*coating*), dan penambahan inhibitor [9]. Inhibitor korosi terdiri dari inhibitor anorganik dan organik (*green inhibitor*). Inhibitor anorganik antara lain arsenat, kromat, silikat, dan fosfat yang merupakan jenis bahan kimia yang mahal, berbahaya, dan tidak ramah lingkungan, sehingga akan memberi efek buruk bila berinteraksi langsung dengan tubuh manusia. Oleh karena itu saat ini sedang dikembangkan penggunaan bahan organik yang lebih alami untuk dijadikan bahan inhibitor korosi yang lebih aman dan biokompatibel dengan tubuh [10].

Menurut hasil penelitian Asdim (2007) telah didapatkan bahwa senyawa antioksidan dalam ekstrak kulit buah manggis dapat menghambat reaksi korosi baja dalam larutan garam. Senyawa antioksidan adalah senyawa pemberi elektron. Antioksidan bekerja dengan mendonorkan elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan, sehingga menyebabkan terhambatnya aktivitas dari senyawa oksidan tersebut. Kandungan zat antioksidan seperti polifenol, tanin, alkaloid, saponin, minyak atsiri, dan asam amino mempunyai banyak unsur N, O, P, S yang dapat membentuk senyawa kompleks sulit larut dengan ion logam yang mampu menghambat korosi pada logam [11].

Salah satu bahan alam yang banyak mengandung zat antioksidan dan berpotensi digunakan sebagai inhibitor korosi adalah daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*). Jumlah daun belimbing wuluh yang melimpah dan sangat mudah didapat bahkan dari pekarangan-pekarangan rumah di Indonesia yang seringkali tidak dimanfaatkan secara maksimal.

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian untuk meneliti efektivitas ekstrak daun belimbing wuluh sebagai bahan inhibitor korosi pada kawat ortodonsi berbahan dasar nikel-titanium.

Metode Penelitian

Daun belimbing wuluh dibersihkan, kemudian diangin-anginkan di udara terbuka. Daun yang telah kering di haluskan hingga menjadi serbuk. Kemudian direndam pelarut etanol 70% sampai 3 hari. Selanjutnya disaring dan di uapkan pelarutnya menggunakan *rotary evaporator*. Untuk kembali menguapkan pelarut yang tersisa digunakan *waterbath*, hasil akhir didapatkan ekstrak kental daun belimbing wuluh. Ekstrak kemudian dibuat menjadi 2

macam konsentrasi yaitu 600 ppm dan 1000 ppm dengan cara melarutkan ekstrak ke dalam saliva buatan.

Semua kelompok diuji dalam larutan saliva buatan. Kelompok 1 diuji tanpa penambahan inhibitor. Kelompok 2 diuji dengan penambahan inhibitor 600 ppm, dan kelompok 3 diuji dengan penambahan inhibitor 1000 ppm.

Kawat Nikel-Titanium dibentuk melengkung hingga ujungnya bertemu, kemudian disambungkan dengankawat tembaga inti tunggal dengan cara disolder. Bagian sambungan kemudian ditutup dengan resin sehingga tersisa bagian yg tidak tertutup sepanjang 14cm. Setelah resin mengeras bagian luar dirapikan dengan ampelas dan mesin penghalus.

Tabung uji yang telah berisi larutan uji dihubungkan dengan alat Potensiostat dan komputer. Sampel dicelupkan dalam larutan sampai semua bagian kawat yang tidak tertutup resin tercelup. Kemudian software dijalankan hingga pengujian selesai yang ditandai grafik tafel berhenti berjalan. Hasil pengujian ditunjukkan dalam satuan *mills per year* (mpy)

Besar nilai efektivitas inhibitor dapat diketahui dengan rumus penghitungan efektivitas inhibitor (EI%) sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas inhibitor (IE\%)} = \frac{X_a - X_b}{X_a} \times 100\%$$

dimana: X_a = rata-rata laju korosi tanpa inhibitor

X_b = rata-rata laju korosi dengan inhibitor

[12]

Hasil

Data hasil penelitian yang telah dilakukan selanjutnya dihitung rata-ratanya tiap kelompok dan kemudian diuji dengan pengujian statistik dan dilakukan penghitungan efektivitas inhibitor. Hasil pengujian statistik adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil uji laju korosi pada kawat NiTi, perhitungan efektivitas inhibitor, dan uji statistik

Kelompok	Rata-rata Laju Korosi (mpy)	Efektifitas Inhibitor (%)	p
1	0,316±0,019	-	
2	0,227±0,017	28,237	0,000
3	0,101±0,011	67,997	

Keterangan:

Kelompok 1 : tanpa inhibitor

Kelompok 2 : dengan inhibitor 600 ppm

Kelompok 3 : dengan inhibitor 1000 ppm

Dari hasil penelitian yang telah disajikan didapatkan bahwa rata-rata nilai laju korosi pada kelompok 1 atau sampel yang diuji dalam saliva buatan tanpa penambahan inhibitor ekstrak daun belimbing wuluh adalah paling besar (0,316 mpy) bila dibandingkan dengan nilai laju korosi pada kelompok 2 atau sampel yang diuji dengan penambahan inhibitor korosi ekstrak daun belimbing wuluh sebesar 600 ppm (0,227 mpy). Sedangkan sampel yang diuji dengan penambahan inhibitor sebesar 1000 ppm (kelompok 3) memiliki nilai rata-rata laju korosi paling kecil dibandingkan kelompok yang lain yaitu sebesar 0,101 mpy. Penghitungan efektivitas dari 2 macam konsentrasi yang berbeda juga menunjukkan perbedaan. Pada penambahan inhibitor sebesar 1000 ppm menunjukkan efektivitas sebesar 67,997%, sedangkan pada penambahan inhibitor 600 ppm menunjukkan efektivitas yang lebih kecil yaitu 28,237%. Hasil uji beda One way anova menunjukkan $p=0,000$ ($p<0,05$) yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan dari rata-rata nilai laju korosi semua kelompok.

Setelah diuji beda dan mendapatkan hasil yang signifikan maka perlu dilakukan uji lanjutan dengan uji *Tukey HSD* untuk mengetahui signifikansi perbedaan antara masing-masing kelompok.

Tabel 2. HSD nilai rata-rata laju korosi antarkelompok

Kelompok	1	2	3
1	-	*	*
2	*	-	*
3	*	*	-

Keterangan: * Terdapat perbedaan yang bermakna

Berdasarkan uji lanjutan *Tukey HSD* antara satu kelompok dengan kelompok lainnya memiliki nilai $p = 0,000$ yang berarti $p < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut signifikan.

Pembahasan

Penelitian ini menguji efektivitas ekstrak daun belimbing wuluh sebagai inhibitor korosi pada kawat ortodonsi berbahan dasar nikel titanium. Pengukuran laju korosi dapat dilakukan dengan banyak metode, antara lain metode kehilangan berat (*weight loss*), pengukuran hambatan, elektrokimia, dan Tafel. Berdasarkan penelitian sebelumnya telah diketahui kelemahan dari metode *weight loss* adalah memerlukan waktu yang lama, terutama untuk bahan yang memiliki sifat mulia seperti Nikel Titanium, sedangkan pengukuran laju korosi dengan pengukuran hambatan memiliki juga kekurangan yaitu laju korosi sering tidak terukur dengan baik dan

akurat, sehingga pada penelitian kali ini peneliti menggunakan metode Tafel karena secara kuantitatif dan kualitatif metode ini mempunyai ketelitian paling baik dibandingkan metode lainnya [13].

Pengujian sampel pada penelitian ini dilakukan dengan cara menghubungkan sampel yang telah dipreparasi pada alat potensiostat dalam keadaan terendam larutan uji masing-masing, yaitu 4 sampel dalam saliva buatan (Kelompok 1), 4 sampel dalam saliva buatan dengan penambahan ekstrak daun belimbing wuluh 600 ppm (kelompok 2), dan 4 sampel dalam saliva buatan dengan penambahan ekstrak daun belimbing wuluh 1000 ppm (kelompok 3). Setelah itu dilakukan pengujian sampel satu per satu melalui komputer yang terhubung dengan alat potensiostat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar rata-rata laju korosi pada kelompok 1 lebih besar bila dibandingkan dengan laju korosi rata-rata kelompok 2. Sedangkan besar rata-rata laju korosi pada kelompok 2 lebih besar bila dibandingkan dengan laju korosi rata-rata kelompok 3.

Penurunan laju korosi pada kelompok dengan penambahan inhibitor disebabkan karena adanya senyawa aktif dalam ekstrak daun belimbing wuluh seperti tanin, saponin, alkaloid, dan flavonoid yang mengandung gugus fungsi $-C=O$, $O-H$, dan $C=C$ yang berfungsi sebagai antioksidan sehingga dapat menjadi pasangan untuk elektron bebas pada permukaan logam ([14]. Senyawa kompleks ini akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan logam [15].

Setelah dilakukan analisis data menggunakan uji beda *One way anova* dan uji lanjutan *Tukey HSD*, hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan antara satu kelompok dengan kelompok lain, dengan hasil rata-rata laju korosi yang paling kecil adalah pada kelompok 3, yang mendapat perlakuan pemberian bahan inhibitor 1000 ppm. Sedangkan hasil rata-rata laju korosi yang paling besar terdapat pada kelompok 1 dengan tanpa pemberian inhibitor. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Siagian (2010), Hussin dan Kasim (2011), dan Mejeha (2010) yang mengungkapkan bahwa semakin besar konsentrasi inhibitor maka semakin efektif dalam menurunkan laju korosi suatu material logam [16, 17,18].

Efektivitas ekstrak daun belimbing wuluh pada penelitian ini adalah sebesar 28,237% pada penggunaan 600 ppm dan 67,997% pada penggunaan ekstrak sebesar 1000 ppm. Perbedaan pemberian konsentrasi bahan inhibitor pada uji korosi dapat mempengaruhi laju korosi kawat ortodonsi nikel titanium. Menurut Rosliza dalam Siagian (2010), semakin tinggi konsentrasi inhibitor, bagian logam yang tertutupi oleh senyawa aktif dari bahan inhibitor

korosi semakin meningkat karena senyawa kompleks yang terbentuk juga semakin meningkat dan akan lebih efektif dalam membentuk lapisan pasif pada permukaan logam sehingga nilai efektivitas semakin tinggi. Lapisan pasif tersebut berfungsi sebagai pengontrol laju korosi dengan cara menjadi pemisah antara logam dengan lingkungan, tanpa bereaksi ataupun menghilangkan ion-ion agresif yang ada dalam lingkungan tersebut [16].

Kandungan aktif dalam ekstrak daun belimbing wuluh yang digunakan memang beragam dan hampir semuanya mengandung unsur oksigen, sulfur, dan nitrogen sehingga sulit untuk ditentukan komponen mana yang berperan paling baik dalam menghambat laju korosi atau mungkin juga semua kandungan dapat menghambat laju korosi kawat NiTi bersama-sama [14]. Ikatan yang terjadi pada peristiwa adsorpsi inhibitor korosi pada permukaan logam merupakan suatu ikatan *physisorbtion* atau jenis adsorpsi yang melekat melalui gaya *Van der Waals* yaitu ikatan antarmolekul yang lemah [16].

Menurut Siagian (2010) adsorpsi yang terjadi pada inhibitor ekstrak daun belimbing wuluh terjadi antara ion pada permukaan kawat NiTi dengan gugus aktif yang ada dalam senyawa-senyawa aktif dalam ekstrak daun belimbing wuluh. Proses ini dapat dijelaskan dengan metode Henderson – Kisliuk. Molekul dari senyawa aktif dalam ekstrak daun belimbing wuluh melupakan adsorbate atau molekul yang nantinya akan terakumulasi di permukaan logam dan membentuk lapisan tipis yaitu ikatan antara ion nikel dan gugus $-OH$ membentuk nikel oxide yang lebih stabil dan dapat menghalangi interaksi logam dengan lingkungannya [16]. Lapisan tersebut menempel secara horizontal membentuk suatu struktur di permukaan logam dan terorientasi tegak lurus dengan permukaan logam.

Proses inhibisi suatu inhibitor korosi bersifat reversible sehingga untuk menjaga agar lapisan pelindung yang ada di permukaan logam tetap dapat selalu ada maka konsentrasi minimum harus selalu berada dalam lingkungan logam [19]. Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Hussin dan Kassim (2011) menunjukkan pada penambahan konsentrasi yang tepat maka inhibitor akan semakin efektif dalam menghambat korosi, namun apabila konsentrasi inhibitor korosi yang ditambahkan terlalu besar maka daya inhibisinya justru akan menurun. Hal ini disebabkan pada penambahan inhibitor dengan konsentrasi terlalu besar akan menyebabkan tertariknya kembali molekul inhibitor di permukaan logam ke dalam lingkungan larutannya. Melemahnya interaksi logam dan inhibitor akan menyebabkan molekul inhibitor pada permukaan logam akan digantikan oleh molekul air ataupun ion lain dari

lingkungan yang akan menurunkan efek pelindung dari inhibitor korosi [17].

Pada penelitian ini pemakaian inhibitor korosi 600 ppm dan 1000 ppm masih merupakan konsentrasi optimum yang dapat menurunkan nilai laju korosi kawat ortodonsi berbahan Nikel-Titanium. Pemilihan konsentrasi inhibitor korosi yang tepat sangat diperlukan mengingat korosi terjadi pada pemakaian kawat ortodonsi yang berada dalam rongga mulut manusia.

Kawat ortodonsi NiTi memiliki kandungan 55% nikel, 44-45% titanium dan 1% unsur lain seperti tembaga, besi, dan kobalt [5]. Lingkungan rongga mulut dengan berbagai perubahan kondisinya sangat memungkinkan terjadinya biodegradasi logam dan hilangnya stabilisasi ion logam. Kandungan saliva yang memiliki komponen ion Cl^- , asam organik dari dekomposisi sisa makanan serta kebiasaan buruk bernafas lewat mulut sehingga menambah $1m^3$ udara dalam 2 jam dengan potensial sulfur dioksida diadanya juga meningkatkan resiko korosi yang terjadi pada alat ortodonsi yang terbuat dari logam [20].

Ion nikel yang terlepas ke dalam tubuh dapat berkontak dan dapat memicu sensitisasi dari sistem imun tubuh manusia. Berdasarkan penelitian sebelumnya pemakaian piranti ortodonsi cekat berpengaruh signifikan terhadap naiknya kadar nikel di dalam saliva dan serum dengan jumlah kadar nikel yang cukup untuk menyebabkan suatu respon sitotoksik seperti hipersensitivitas yang ditandai dengan inflamasi tambahan pada patogenesis penyakit oral yang ditunjukkan oleh munculnya berbagai parameter imunologis [21]. Menurut penelitian Faccioni (2003) pada 55 pasien ortodonsi cekat terdapat peningkatan nikel sebanyak 3,4% yang dapat merangsang kerusakan DNA pada mukosa rongga mulut [22]. Oleh karena itu pemakaian bahan inhibitor korosi yang dapat mengurangi korosi dan pelepasan ion nikel sangat diperlukan.

Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh terbukti memiliki daya inhibisi korosi terhadap kawat ortodonsi berbahan dasar Nikel-Titanium. Efektivitas inhibisi ekstrak daun belimbing wuluh terbesar adalah 67,997% yang diperoleh pada konsentrasi inhibitor 1000 ppm.

Pada penelitian ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi konsentrasi lebih banyak untuk mengetahui konsentrasi paling optimum yang dapat menginhibisi korosi pada kawat NiTi, dan juga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai

biokompabilitas bahan inhibitor korosi ekstrak daun belimbing wuluh pada tubuh manusia.

Daftar Pustaka

1. Foster TD. Buku Ajar Ortodonsi Edisi III. Alih Bahasa oleh drg. Lilian Yuwono. 1999
2. Rahardjo P. Ortodonti Dasar. Surabaya: Airlangga University Press; 2009
3. Susetyo B. Praktek Ortodonti Alat Cekat. Jakarta: Binarupa Aksara; 1998.
4. Williams JK, Cook PK, Isaacson KG, Thom AR. Alat-Alat Ortodonti Cekat : Prinsip dan Praktek. Alih bahasa oleh drg. Budi Susetyo. Jakarta: EGC. 2000.
5. Images Scientific Instrument [Internet]. Nitinol History; 2011 [cited 20 Oktober 2013]. Available from: <http://www.imagesco.com/articles/nitinol/02.html>
6. Brantley WA, Eliades T. Orthodontic material, Thieme Stuttgart, New York. 2001
7. Hwang, C.J., Shin, J.S., Cha, J.Y. Metal Release from Stimulated Orthodontic Appliance. Am j. orthod. Dentofac. Orthop. 2001; 120 (4):383-391
8. Lee, Huang, Lin, Chen, Chou, dan Huang. Corrosion Resistance of Different Nickel-Titanium Archwires in Acidic Fluoride-containing Artificial Saliva. The Angle Orthodontist. 2010; Vol. 80, No. 3: 547-553
9. Sharmin E, Ahmad S, Zafar F. Renewable Resources in Corrosion Resistance. Corrosion Resistance, Dr Shih (Ed.), 2012; InTech
10. Sharma MR dan Chaturvedi TP. 2008. An Overview of biocompatibility of Orthodontic Materials. International Scientific Journals from Jaypee [internet]. 2008 [cited 7 Oktober 2013]. Available from: <http://www.jaypeejournals.com/>
11. Asdim. Penentuan Efisiensi Inhibisi Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana L.*) pada Reaksi Korosi Baja Dalam Larutan Asam. Jurnal Gradien. 2007; Vol.3 No.2: 273-276
12. Febrianto, Sunaryo GR, Butarbutar SL. Analisa Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Korosi pada Pipa Sekunder Reaktor RSG-GAS. Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir. 2010; 615-620
13. Farmajanti ER. Penentuan Laju Korosi Tembaga dalam Aqua Regia Menggunakan Metode Pengukuran Hambatan, Uji Berkurangnya Berat dan Polarisasi sebagai Bahan Pembelajaran Korosi Berbasis E-Learning. Tesis. Institut Teknologi Bandung,

- Bandung; 2008.
14. Wan Nik, Zulkifli, Rosliza, dan Rahman. Lawsonia Inermis as Green Inhibitor for Corrosion Protection of Aluminium Alloy. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER). 2011; Vol. 1 Issue. 2: 723-728
 15. Hermawan S, Nasution YRA, Hasibuan R. Penentuan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*). Jurnal Teknik Kimia USU. 2012; Vol. 1, No. 2 :31-33
 16. Siagian FR, Sulistijono, Susanti D. Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor terhadap Laju Korosi dan Perilaku Aktif Pasif Stainless Steel AISI 304 dalam Media Air Laut Buatan. 2010 [cited 15 Agustus 2013]; Available from: <http://digilib.its.ac.id/>
 17. Hussin MH dan Kassim MJ The Corrosion Inhibition and Adsorption Behavior of Uncaria Gambir Extract on Mild Steel in 1 M HCl. Material Chemistry and Physics. 2011; Vol. 125, Issue 3 :461-468
 18. Mejeha, Uroh, Oksoma, dan Alozie. The Inhibitive Effect of Solanum melongena L. Leaf Extract on The Corrosion of Aluminium in Tetraoxosulphate (VI) Acid. African Journal of Pure and Applied Chemistry. 2010; Vol. 4 : 158-165
 19. Pramana RI. Studi Ekstrak Daun Beluntas (*Pluchea Indica Less.*) sebagai Inhibitor Korosi Ramah Lingkungan terhadap Baja Karbon Rendah di Lingkungan 3,5% NaCl. Tesis. Universitas Indonesia, Jakarta. 2012
 20. Aryani, Irma. Perbandingan Tingkat Ketahanan Korosi Beberapa Braket Stainless Steel Ditinjau dari Lepas Ion Cr dan Ni. Thesis. Universitas Indonesia Jakarta. 2012
 21. Indriyanti, Ratna. 2009. Efek Korosi Dental Alloy terhadap Parameter Immunologis Tinjauan Inflamasi Gusi Setelah Pemasangan SSC. 2009 [cited 2 Desember 2013]. Available from: <http://repository.unpad.ac.id/>
 22. Faccioni, Franceschetti, Cerpelloni, Fracasso. In Vivo Study on Metal Release from Fixed Orthodontic Appliances and DNA Damage in Oral Mucosa Cells. Am. J Orthod Dentofacial Orthop. 2003. Vol. 125: 43-51