

Daya Inhibisi Korosi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) terhadap Kawat *Thermal* NiTi Ortodonti (*Corrosion Inhibition of Starfruit Leaves Extract (Averrhoa bilimbi L.) on Thermal NiTi Orthodontic Wire*)

Irdian Devi Saputri¹, Rudy Joelijanto², Leliana Sandra Devi Ade Putri²

¹Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember

²Bagian Ortodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember

Jalan Kalimantan 37 Jember 62181

e-mail korespondensi: irdiansaputri@yahoo.com

Abstract

Orthodontic wire can corrode in oral cavity. Corrosion can affect human body and feature of orthodontic wire. One way to reduce corrosion rate is using inhibitor. Natural ingredients extract inhibitor is usually preferred because it's not harmful to environment. One of natural ingredients that can be used is starfruit leaves. This study was aimed to determine the corrosion inhibition of starfruit leaves extract on Thermal NiTi orthodontic wire. This study was an experimental laboratory research. Samples was 12 Thermal NiTi orthodontic wire which had been prepared and then divided into control group, 600 ppm group and 1000 ppm group. Then samples were measured by using a potentiostat. Results of Kruskal Wallis test and Mann-Whitney test showed a significant difference between groups. The conclusion from this research was there were starfruit leaves extract have corrosion inhibition on thermal NiTi orthodontic wire.

Keyword: corrosion inhibiton, starfruit leaf extract, thermal NiTi orthodontic wire

Abstrak

Kawat ortodonti dapat mengalami korosi di rongga mulut. Korosi dapat berpengaruh buruk bagi tubuh manusia dan sifat dari kawat ortodonti. Salah satu cara mengurangi laju korosi adalah dengan pemakaian inhibitor. Inhibitor yang didapat dari ekstrak bahan alam biasanya lebih dipilih karena tidak berbahaya bagi lingkungan, salah satunya adalah daun belimbing wuluh. Penelitian ini bertujuan mengetahui daya inhibisi korosi ekstrak daun belimbing wuluh terhadap kawat *thermal* NiTi ortodonti. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris. Jumlah sampel adalah 12 kawat *thermal* NiTi ortodonti yang telah dipreparasi kemudian dibagi menjadi kelompok kontrol, kelompok 600 ppm dan kelompok 1000 ppm. Selanjutnya sampel diukur laju korosinya menggunakan potensiostat. Hasil pada uji *Kruskal Wallis* diperoleh nilai 0.022 serta pada uji *Mann-Whitney* diketahui bahwa terdapat perbedaan bermakna antara beberapa kelompok. Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah ekstrak daun belimbing wuluh memiliki daya inhibisi korosi terhadap kawat *thermal* NiTi ortodonti.

Kata Kunci: daun belimbing wuluh, daya inhibisi korosi, kawat *thermal* NiTi ortodonti

Pendahuluan

Kawat ortodonti adalah salah satu komponen aktif pada perawatan ortodonti cekat. Fungsi kawat ini adalah untuk menggeser gigi dalam berbagai pergerakan gigi seperti tipping, bodily, torque, rotational, atau pergerakan gigi ke vertikal [1]. Berbagai jenis bahan kawat gigi

digunakan dalam perawatan maloklusi [2]. Salah satunya adalah *thermal* NiTi [3].

Kawat ortodonti tersebut ditempatkan di rongga mulut dibawah berbagai macam pengaruh seperti fluktuasi suhu, saliva, makanan yang mengandung asam, minuman berkarbonasi, ataupun penggunaan produk yang mengandung fluoride seperti pasta gigi dan obat

kumur. Kombinasi dari berbagai hal tersebut dapat menimbulkan korosi [4]. Korosi dapat diartikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya [5]. Korosi terjadi ketika terdapat kehilangan ion pada logam secara langsung kedalam suatu lautan atau hilangnya lapisan permukaan secara progresif [4].

Korosi dapat menyebabkan permukaan kawat ortodonti menjadi kasar, melemahkan pemakaian kawat ortodonti, terjadinya pelepasan elemen dari metal atau paduannya yang dapat menghasilkan perubahan warna pada jaringan lunak disekitarnya, serta reaksi alergi dari beberapa pasien [2].

Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi laju korosi, salah satunya dengan pemakaian inhibitor [6]. Inhibitor korosi sendiri didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit kedalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam [7].

Selama bertahun-tahun, berbagai inhibitor disintesis, dipilih dari suatu senyawa yang sudah ada, ataupun didapat dari ekstrak bahan alam. Inhibitor yang didapat dari ekstrak bahan alam biasanya lebih dipilih karena bersifat nontoksik, dan tidak mengandung logam berat sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan [8].

Tanaman belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) adalah salah satu tanaman obat yang populer di masyarakat Indonesia sehingga mudah diperoleh. Daun belimbing wuluh ini mengandung tanin [9]. Selain itu belimbing wuluh juga mengandung flavonoid [10].

Aplikasi tanin dalam bidang korosi sudah digunakan cukup luas [11]. Hasil beberapa penelitian menunjukkan, tanin sebagai inhibitor korosi [12, 13, 7, 8, 14]. Selain tanin, inhibisi korosi pada permukaan logam juga dapat terjadi dengan pemberian flavonoid [15].

Berdasarkan uraian diatas maka penulis ingin meneliti apakah ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) memiliki daya inhibisi korosi terhadap kawat *Thermal* NiTi ortodonti.

Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Adapun rancangan penelitian yang digunakan *The Post Test Only Control Group Design*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2013 di Laboratorium Biologi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember, Laboratorium Botani dan Kultur Jaringan

Fakultas MIPA Universitas Jember dan Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Sampel adalah kawat ortodonti *Thermal* NiTi berpenampang segi-empat dengan sisi penampang 0,019 x 0,025 inchi atau sama dengan 0,48 x 0,64 mm dengan panjang 14,5 cm (145mm). Selanjutnya dibagi menjadi 3 kelompok yang terdiri dari 1 kelompok control dan 2 kelompok perlakuan. Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap, yaitu tahap preparasi sampel, tahap pembuatan ekstrak daun belimbing wuluh, dan tahap pengukuran laju korosi.

Pada tahap preparasi sampel diawali dengan menghubungkan kawat ortodonti *Thermal* NiTi dengan kabel tembaga inti tunggal dengan cara disolder. Setelah disolder bagian sambungan sampel kemudian dibingkai menggunakan resin yang dicetak dengan cetakan dari pipa. Bagian yang akan kontak dengan media dibiarkan terbuka. Tahap selanjutnya adalah pembuatan ekstrak daun belimbing wuluh yang kemudian diencerkan menjadi konsentrasi 600 ppm dan 1000 ppm.

Tahap yang ketiga adalah pengukuran laju korosi. Untuk pengujian laju korosi pada kelompok kontrol, tabung uji hanya diisi saliva buatan, dan untuk dua kelompok yang lain ditambahkan ekstrak daun belimbing wuluh sebesar 600 ppm dan 1000 ppm sebanyak 2ml. Kawat tembaga inti tunggal yang sudah berikatan dengan spesimen dihubungkan pada alat potensiostat kemudian *software* dari potensiostat tersebut dijalankan. Data diolah dengan Analisis *Tafel* untuk mendapatkan arus korosi, selanjutnya dikonversi untuk mendapatkan nilai laju korosi. Nilai laju korosi tersebut yang menunjukkan apakah ekstrak daun belimbing memiliki daya inhibisi korosi terhadap kawat *thermal* NiTi ortodonti atau tidak.

Hasil Penelitian

Hasil penelitian berupa nilai rata-rata laju korosi kawat *thermal* NiTi ortodonti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai laju korosi kawat *thermal* NiTi ortodonti setelah dilakukan pengukuran menggunakan Potensiostat.

Nilai Laju Korosi (mpy)		
Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 3
0.01	0.0083	0.0085
0.0141	0.0097	0.0083
0.0165	0.0101	0.0065
0.0105	0.0103	0.0069
0.0125	0.0096	0.0075
±0.0030	±0.0009	±0.0010

*Kelompok 1 = kontrol

*Kelompok 2 = ekstrak 600 ppm

*Kelompok 3 = ekstrak 1000 ppm

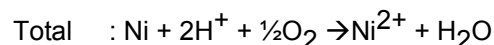
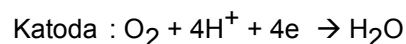
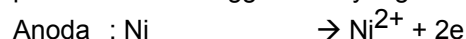
Laju korosi kawat *thermal* NiTi ortodonti pada kelompok tanpa penambahan ekstrak daun belimbing wuluh memiliki rata-rata laju korosi yang paling tinggi, kemudian mengalami penurunan berturut-turut pada kelompok perlakuan ekstrak daun belimbing wuluh dengan konsentrasi 600 ppm dan 1000 ppm. Dari hasil pengukuran didapatkan semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun belimbing wuluh yang digunakan maka semakin kecil pula laju korosi pada kawat *thermal* NiTi ortodonti.

Pada penelitian ini dilakukan analisis data yang diawali dengan uji normalitas menggunakan *Kolmogorov-Smirnov*. Hasil pengujian didapatkan nilai signifikansi 0.435. Nilai tersebut lebih besar dari 0.05 sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa data pada terdistribusi secara normal. Selanjutnya dilakukan uji homogenitas dengan menggunakan *Levene's test*. Hasil dari uji homogenitas didapatkan nilai signifikansi 0.005 sehingga dapat diartikan data yang didapatkan pada penelitian ini adalah tidak homogen karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05. Berdasarkan hasil kedua uji di atas maka data hasil penelitian ini selanjutnya dianalisis menggunakan uji statistik nonparametrik *Kruskal Wallis*. Pada uji *Kruskal Wallis* yang telah dilakukan diperoleh nilai $\alpha < 0,05$ yaitu 0,022. Hal ini dapat diartikan bahwa ada beda bermakna dari salah satu atau lebih kelompok perlakuan. Kemudian dilakukan uji *Mann-Whitney* untuk mengetahui kelompok sampel yang memberikan perbedaan bermakna. Dari

hasil uji *Mann-Whitney* diketahui bahwa terdapat perbedaan bermakna antara kelompok perlakuan konsentrasi 600 ppm dengan kelompok perlakuan konsentrasi 1000 ppm serta kelompok kontrol dan kelompok perlakuan konsentrasi 1000 ppm dengan nilai $P < 0.05$.

Pembahasan

Kawat *thermal* NiTi ditempatkan di rongga mulut dibawah berbagai macam pengaruh seperti fluktuasi suhu, saliva, makanan yang mengandung asam, minuman berkarbonasi, ataupun penggunaan produk yang mengandung fluoride seperti pasta gigi dan obat kumur. Berbagai hal tersebut dapat menimbulkan korosi [4]. Salah satu logam penyusun kawat *thermal* NiTi yang dapat terlepas adalah Ni [16]. Berikut ini adalah reaksi korosi dari Ni ketika berada pada keadaan rongga mulut yang bersifat asam:



Ketika terjadi korosi, ion Ni pada kawat *thermal* NiTi dapat terlepas secara progresif kedalam cairan rongga mulut. Ni yang memiliki presentasi terbesar sebagai unsur penyusun pada kawat *thermal* NiTi tersebut dapat bersifat karsinogenik, mutagenik, sitotoksik, serta alergik bagi tubuh manusia [16]. Korosi yang terjadi pada kawat *thermal* NiTi juga dapat menyebabkan permukaan kawat menjadi kasar, sehingga lama kelamaan akan rapuh dan mempengaruhi kekuatan kawat tersebut [2]. Namun laju korosi pada kawat dapat dikurangi dengan pemberian Inhibitor korosi.

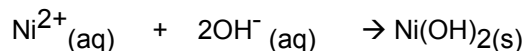
Pada penelitian ini digunakan inhibitor korosi dari ekstrak daun belimbing wuluh. Kemudian untuk mengetahui daya inhibisi korosi ekstrak daun belimbing wuluh terhadap kawat *thermal* NiTi maka dilakukan pengukuran laju korosi kawat *thermal* NiTi menggunakan potensiostat.

Penurunan laju korosi terjadi pada kawat *thermal* NiTi ortodonti yang direndam dalam ekstrak daun belimbing wuluh. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh memiliki daya inhibisi korosi terhadap kawat *thermal* NiTi ortodonti. Ekstrak daun belimbing wuluh memiliki kemampuan menghambat korosi yang berbeda tergantung konsentrasi yang digunakan. Rata-rata laju korosi yang paling tinggi terdapat pada kelompok kontrol kemudian berturut-turut

kelompok dengan penambahan konsentrasi ekstrak daun belimbing wuluh 600 ppm diikuti oleh ekstrak daun belimbing wuluh 1000 ppm yaitu sebesar 0.0125 mpy, 0.0096 mpy dan 0.0075 mpy.

Penurunan laju korosi yang terjadi pada pada kawat *thermal* NiTi ortodonti disebabkan karena adanya inhibitor korosi logam berupa senyawa organik dari ekstrak daun belimbing wuluh yaitu tanin dan flavonoid. Penurunan laju korosi pada logam karena adanya senyawa organik tersebut sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Hermawan *et al.* [12] yang menunjukkan bahwa tanin dari ekstrak kulit buah kakao berperan dalam penurunan laju korosi baja, kemudian juga telah dilaporkan oleh Nasution *et al.* [17] tentang peran tanin ekstrak kulit manggis dalam penurunan laju korosi pada baja. Penelitian lain yang menunjukkan penurunan laju korosi karena adanya senyawa organik dari suatu tanaman adalah penelitian Al-qudah [15] yang menunjukkan bahwa Flavonoid berperan dalam proses inhibisi korosi pada logam.

Inhibisi korosi dari senyawa organik tanin dan flavonoid ekstrak daun belimbing wuluh pada kawat *thermal* NiTi ortodonti dapat terjadi dengan dua mekanisme, yaitu pembentukan lapisan pasif dan proses adsorpsi. Pada proses pembentukan lapisan pasif, tanin akan membentuk senyawa kompleks yang stabil saat bereaksi dengan ion logam Ni(II). Gugus hidroksil (OH) dari tanin akan bereaksi dengan ion Ni yang terlepas setelah terjadinya korosi [18] Seperti halnya tanin, gugus hidroksil flavonoid juga akan membentuk senyawa kompleks dengan ion Nikel [19]. Berikut ini reaksi yang dapat terjadi pada ion Ni dengan gugus hidroksil pada tanin dan flavonoid:



Hasil reaksi ion Ni dan gugus hidroksil tersebut menghasilkan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ yang akan membentuk lapisan pasif di berada permukaan logam. Lapisan pasif adalah lapisan protektif yang terbentuk pada permukaan logam yang akan menciptakan kondisi pasif logam. Pada kondisi pasif, logam kehilangan reaktivitas reaksi logam terhadap korosi tertentu sehingga terjadi peningkatan ketahanan korosi logam [20].

Mekanisme inhibisi korosi selanjutnya adalah mekanisme inhibisi korosi berdasarkan proses adsorpsi. Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar

fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi. Adsorpsi terjadi karena setiap molekul pada permukaan mempunyai gaya sisa yang membentuk tegangan permukaan. Akibatnya molekul pada permukaan mempunyai energi bebas yang lebih besar dari pada molekul di bawah permukaan. Karena permukaan selalu berusaha mendapatkan energi bebas serendah mungkin maka permukaan akan menyerap massa yang tegangan permukaannya lebih rendah untuk menurunkan energi bebasnya [21].

Permukaan kawat *thermal* NiTi yang berada dalam lingkungan rongga mulut akan selalu diselimuti molekul air yang teradsorpsi. Mekanisme inhibisi korosi dari senyawa organik ekstrak daun belimbing wuluh terjadi secara fisika dengan penggantian molekul air yang teradsorpsi di permukaan kawat *thermal* NiTi oleh molekul senyawa organik [15]. Setelah terjadi adsorpsi maka permukaannya kawat *thermal* NiTi akan tertutup lapisan senyawa organik ekstrak daun belimbing wuluh dan di tempat ini mulai terjadi proses inhibisi korosi [21].

Lapisan pasif $\text{Ni}(\text{OH})_2$ maupun adsorpsi senyawa organik ekstrak daun belimbing wuluh tidak selamanya dapat melindungi kawat *thermal* NiTi dari serangan korosi. Lapisan pasif $\text{Ni}(\text{OH})_2$ dapat rusak akibat adanya ion agresif dalam lingkungan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ tersebut. Hal ini menyebabkan reaksi korosi kembali terjadi. Sama halnya dengan molekul senyawa organik ekstrak daun belimbing wuluh teradsorpsi pada permukaan kawat *thermal* NiTi. Senyawa organik tersebut teradsorpsi melalui adsorpsi secara fisika. Ikatan yang terjadi adalah ikatan van der Waals yang lemah. Adsorpsi fisika bersifat reversibel, sehingga semua molekul yang teradsorpsi secara fisik dapat lepas kembali dengan naiknya temperatur atau penurunan tekanan [21]. Sehingga untuk menjaga agar daya inhibisi senyawa organik ekstrak daun belimbing wuluh tetap melindungi permukaan kawat *thermal* NiTi dari korosi, maka konsentrasi minimum dari ekstrak daun belimbing wuluh harus selalu ada di lingkungan kawat *thermal* NiTi tersebut [22].

Simpulan dan Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa Ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memiliki

daya inhibisi korosi terhadap kawat thermal NiTi ortodonti.

Saran dari penelitian ini yang pertama adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui biokompabilitas ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) sebagai inhibitor korosi kawat thermal NiTi ortodonti pada rongga mulut. Kedua, perlu dilakukan uji bahan pada kawat thermal NiTi ortodonti sebelum dan sesudah diuji korosi untuk mengetahui ion logam yang terlepas ketika terjadi korosi, kemudian yang ketiga yaitu perlu dilakukan penambahan variasi konsentrasi ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) untuk mengetahui konsentrasi yang efektif sebagai inhibitor korosi pada kawat thermal NiTi ortodonti.

Daftar Pustaka

- [1] Phulari, Basavaraj Subhachandra. *Orthodontics: Principles and Practice*. JP Medical Ltd. 2011.
- [2] Chaturvedi, T.P & Upadhyay, S.N. An Overview of Orthodontic Material Degradation in Oral Cavity. *Indian J Dent Res*. 2010. Vol. 21(2): 275-284
- [3] Gatto, Matarese, Bella, Nucera, Borsellino & Cordasco. *Load-deflection characteristics of superelastic and thermal nickel-titanium wires*. 2011. Eur J Orthod.
- [4] House, Sernetz, Dymock, Sandy, & Ireland. Corrosion of Orthodontic Appliances—Should We Care?. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* . 2008. Vol.133: 584-92
- [5] Haryono, Gogot., Sugiarto, Bambang., Farid, Hanima Dan Tanoto, Yudi. Ekstrak Bahan Alam Sebagai Inhibitor Korosi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. 2010. ISSN 1693 – 4393
- [6] Lusdiana, Yonna & Handani, Sri. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh (*Camelia Sinensis*) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW. *Jurnal Fisika Unand*. 2012. Vol. 1(1): 12
- [7] Rahim, Afidah A. & Kassim, Jain. Recent Development of Vegetal Tannins in Corrosion Protection of Iron and Steel. *Recent Patents on Materials Science*. 2008. Vol. 1(3): 225
- [8] Benali, Benmehdi, Hasnaoui, Selles, & Salghi. Green Corrosion Inhibitor: Inhibitive Action of Tannin Extract of *Chamaerops Humilis* Plant for The Corrosion of Mild Steel in 0.5M H₂SO₄. *Journal Mater Environment Science*. 2013. Vol. 4(1) : 127-138
- [9] Wijayakusuma, Hembing & Dalimartha, Setiawan. *Ramuhan Tradisional untuk Pengobatan Darah Tinggi*. Jakarta: Niaga Swadaya. 2006.
- [10] Tim KEHATI. *Tumbuhan Untuk Pengobatan*. Grasindo: Jakarta. 2008.
- [11] Haslim, Alfonsius Billy Joe. "Studi Inhibisi Korosi Baja Api-5L (ASTM A53) Dalam Air Formasi (Connate Water) Dengan Ekstrak Kulit Buah Sawo Manilkara Zapota Menggunakan Metode Polarisasi". Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Univesitas Indonesia. 2012.
- [12] Hermawan, Nasution, & Hasibuan. Penentuan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2012. Vol. 1(2) : 31-33
- [13] Zelinka, S.L & Stone. D.S. The Effect of Tannins and pH on the Corrosion of Steel in Wood Extracts. *Materials and Corrosion*. 2011. Vol.62 (8) : 739-744
- [14] Oki, Charles, Alaka, & Oki. Corrosion Inhibition of Mild Steel in Hydrochloric Acid by Tannins from *Rhizophora Racemosa*. *Materials Sciences and Applications*. 2011. Vol.2: 592-595
- [15] Al-Qudah, Mahmoud A. Inhibition of Copper Corrosion by Flavonoids in Nitric Acid. *E-Journal of Chemistry*. 2011. Vol. 8(1):326-332
- [16] Eliades, T., Athanasiou, A.E. In Vivo Aging of Orthodontic Alloys: Implications for Corrosion Potential, Nickel Release, and Biocompatibility. *Angle Orthodontics*. 2002. Vol. 72(3): 222–237.
- [17] Nasution, Hermawan, & Hasibuan. Penentuan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja menggunakan Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L.*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2012. Vol. 1(2) : 48
- [18] Gunawan, Bourdo Shawn., Saini, Viney., Biris, Alexandru S. dan Viswanathan, Tito. Novel Microwave-Assisted Synthesis of Nickel/Carbon (Ni/C) Nanocomposite with Tannin as the Carbon Source. *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 2011. Vol.31: 345–356
- [19] Symonowicz, Marzena dan Kolanek, Mateusz. Flavonoids and their properties to form chelate complexes. *Biotechnol Food Sci*. 2012. Vol. 76 (1), 35-41

- [20] Jang, HeeJin., Park, ChanJin, dan Kwon, HyukSang. Photoelectrochemical analysis on the passive film formed on Ni in pH 8.5 buffer solution. *Electrochimica Acta*. 2005. Vol. 50: 3503–3508
- [21] Adamson dan Gast. *Physical Chemistry Of Surface*, Sixth Edition. New York: John Wiley And Sons Inc. 1997.
- [22] Pramana , Rachmad Indra. “Studi Ekstrak Daun Beluntas (*Pluchea Indica* Less.) Sebagai Inhibitor Korosi Ramah Lingkungan Terhadap Baja Karbon Rendah Di Lingkungan 3,5% NaCl”. Tidak Diterbitkan. Tesis. Depok: Fakultas Teknik Departemen Metalurgi Dan Material Korosi Universitas Indonesia. 2012.