

**POTENSI *Spirulina platensis* SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA
KARBON TIPE A516 DALAM LARUTAN HCl 0,5 M**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains Program Studi Kimia



Oleh:

Thiya Khairunnisa

1506482

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2019**

**POTENSI *Spirulina platensis* SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA
KARBON TIPE A516 DALAM LARUTAN HCl 0,5 M**

Oleh:

Thiya Khairunnisa

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Thiya Khairunnisa 2019

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang

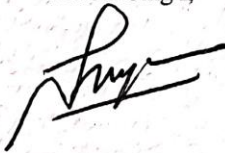
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruh atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

THIYA KHAIRUNNISA

**POTENSI *Spirulina platensis* SEBAGAI INHIBITOR KOROSI
BAJA KARBON TIPE A516 DALAM LARUTAN HCl 0,5 M**

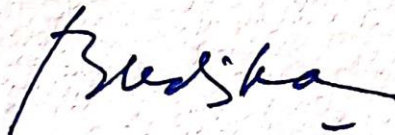
Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I,



Dr. Yayan Sunarya, M.Si.
NIP. 196102081990031004

Pembimbing II,



Dr. Budiman Anwar, M.Si.
NIP. 197003131997031004

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI,



Dr. Hendrawan, M.Si.
NIP. 196309111989011001

ABSTRAK

Proses *pickling* dilakukan untuk menghilangkan karat dan kerak yang menempel pada logam terutama pada peralatan industri dengan menggunakan asam, namun di sisi lain asam yang merupakan agen pengoksidasi dapat mempercepat laju korosi. Proses korosi tidak dapat dicegah namun dapat dikendalikan lajunya, salah satunya dengan penambahan inhibitor korosi. Zat yang berpotensi sebagai inhibitor korosi harus terdiri dari senyawa-senyawa yang mengandung unsur O, N, P, dan S. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi ekstrak *Spirulina platensis* sebagai inhibitor korosi pada baja A516 dalam larutan HCl 0,5 M. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan ekstraksi metode maserasi, analisis fitokimia, analisis FTIR, pengujian laju korosi serta efisiensi inhibisi. Hasilnya menunjukkan bahwa *Spirulina platensis* mengandung golongan senyawa saponin, steroid, dan alkaloid, serta mengandung gugus fungsi hidroksil, karbonil, amina, dan C=C aromatik. Pengujian laju korosi dan efisiensi inhibisi dilakukan dengan metode kehilangan berat dan Spektroskopi Impedansi Elektrokimia (EIS) yang menunjukkan bahwa ekstrak *Spirulina platensis* memiliki potensi yang cukup baik sebagai inhibitor korosi baja A516. Dari metode kehilangan berat diperoleh nilai efisiensi inhibisi dengan konsentrasi inhibitor 250 ppm pada suhu 298 K, 308 K, dan 318 K yang masing-masing senilai 65,90%; 58,29%; dan 50,99%. Sedangkan berdasarkan pengukuran EIS diperoleh nilai efisiensi pada suhu 298 K sebesar 43,92% dan pada suhu 308 K sebesar 31,80%. Proses inhibisi menurun dengan meningkatnya suhu. Proses ekstrak *Spirulina platensis* dalam menginhibisi korosi diduga melalui adsorpsi dimana terbentuknya lapisan protektif pada permukaan logam mengikuti model isotherm Freundlich dengan nilai $-\Delta G^{\circ}_{ads}$ pada suhu 298 K, 308 K, dan 318 K masing-masing sebesar -16,25 kJ/mol, -16,76 kJ/mol, dan -16,32 kJ/mol, sehingga proses adsorpsi yang terjadi merupakan fisisorpsi.

Kata Kunci: Baja Karbon; Korosi; Inhibitor Korosi; *Spirulina platensis*

ABSTRACT

The pickling process is carried out to remove rust and crust attached to the metals, especially on industrial equipment using acids, but on the other hand acids which are oxidizing agents can accelerate the rate of corrosion. Corrosion process cannot be prevented but its speed can be controlled, one of them is by adding corrosion inhibitors. Substances that have the potential as corrosion inhibitors must consist of compounds containing elements O, N, P, and S. This study aims to determine the potential of Spirulina platensis extract as a corrosion inhibitor on A516 steel in 0.5 M HCl solution. maceration, phytochemical analysis, FTIR analysis, corrosion rate testing and inhibition efficiency. The results show that Spirulina platensis contains saponin, steroid and alkaloid compounds, and contains hydroxyl, carbonyl, amine, and C = C aromatic functional groups. Corrosion rate and inhibition efficiency tests were carried out by the weight loss method and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) which showed that Spirulina platensis extract had good potential as a A516 steel corrosion inhibitor. From the method of losing weight obtained the value of inhibition efficiency with an inhibitor concentration of 250 ppm at temperatures of 298 K, 308 K and 318 K, each worth 65,90%; 58,29%; and 50,99%. Whereas based on the measurement of EIS the efficiency value obtained at 298 K was 43,92% and at 308 K it was 31,80%. The inhibition process decreases with increasing temperature. Spirulina platensis extract process in inhibiting corrosion is suspected through adsorption where the formation of a protective layer on the metal surface follows the Freundlich isotherm model with a value of $-\Delta G^{\circ}_{ads}$ at temperatures of 298 K, 308 K and 318 K each of -16,25 kJ / mol, -16,76 kJ / mol, and -16,32 kJ / mol, so the adsorption process that occurs is physisorption.

Keywords: Carbon Steel; Corrosion; Corrosion Inhibitors; Spirulina platensis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Luaran yang Diharapkan	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Baja.....	5
2.1.1 Baja Karbon Tipe A516.....	5
2.1.2 Analisis SEM Baja Karbon dalam HCl dan inhibitor.....	6
2.2 Korosi	6
2.2.1 Jenis-Jenis Korosi	7
2.3 Reaksi Elektrokimia	9
2.3.1 Reaksi Anodik.....	10
2.3.2 Reaksi Katodik.....	10

2.3.3 Elektrolit	10
2.4 Pengendalian Korosi.....	11
2.4.1 Pelapisan Logam.....	11
2.4.2 Proteksi Katodik	11
2.4.3 Inhibitor Korosi.....	11
2.5 Mikroalga <i>Spirulina platensis</i>	12
2.5.1 Analisis FTIR <i>Spirulina platensis</i>	14
2.6 Perhitungan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi	15
2.6.1 Metode Kehilangan Berat (<i>weight loss</i>).....	15
2.6.2 Electrochemical Impedance Spectroscopy	16
2.7 Tinjauan Termodinamika	17
2.7.1 Isoterm Adsorpsi Langmuir	18
2.7.2 Isoterm Adsorpsi Freundlich	18
2.7.3 Isoterm Adsorpsi Temkin	18
BAB III	20
METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2. Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat.....	20
3.2.2 Bahan	20
3.3 Desain Penelitian	21
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	21
3.4.1 Ekstraksi Sampel <i>Spirulina platensis</i>	21
3.4.2 Uji Karakterisasi dan Laju Korosi	22
3.5 Metode Penelitian.....	22
3.5.1 Ekstraksi Sampel <i>Spirulina platensis</i>	22

3.5.2 Karakterisasi Ekstrak <i>Spirulina platensis</i>	22
3.5.2.1 Analisis Fitokimia	22
3.5.2.2 Analisis Gugus Fungsi oleh FTIR	23
3.5.3 Pengukuran Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi.....	23
3.5.3.1 Preparasi Spesimen Baja tipe A516 Grade 60	23
3.5.3.2 Pembuatan Larutan Uji dan Larutan Induk.....	24
3.5.3.3 Uji Kehilangan Berat.....	24
3.5.3.4 Preparasi Spesimen Uji dan Sel Elektrokimia.....	25
3.5.4 Analisis SEM.....	27
BAB IV	28
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Ekstraksi <i>Spirulina platensis</i>	28
4.2 Karakterisasi Ekstrak <i>Spirulina platensis</i>	29
4.2.1 Analisis Fitokimia.....	29
4.2.2 Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR.....	32
4.3 Tingkat Laju Korosi Baja Karbon A516	33
4.3.1 Pengukuran dengan Metode Kehilangan Berat	33
4.4 Potensi Ekstrak <i>Spirulina platensis</i> serta pengaruh suhu sebagai Inhibitor Korosi	35
4.4.1 Pengukuran dengan <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS) ..	38
4.5 Mekanisme Inhibisi Ekstrak <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Baja Tipe A516.....	42
4.6 Analisis Morfologi Permukaan Baja dengan SEM	45
BAB V.....	47
KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47

5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
Abboud, Y., Abourriche, A., Saffaj, T., dkk. (2009). A novel azo dye, 8-quinolinol-5-azoantipyrine as corrosion inhibitor for mild steel in acidic medi. <i>Desalination</i> 237, 175-289.	49
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

Table 2.1. Komposisi Kimia ASTM A516	5
Tabel 2.2. Klasifikasi mikroalga <i>Spirulina</i> sp.....	13
Tabel 2.3. Nilai konstanta berdasarkan satuan Laju Korosi.....	15
Table 3.1. Komposisi kimia dari baja karbon A516 Grade 60.....	24
Tabel 4.1. Hasil skrining fitokimia ekstrak etanol <i>Spirulina platensis</i>	29
Tabel 4.2. Data pita serapan ekstrak <i>Spirulina platensis</i>	33
Tabel 4.3. Data uji kehilangan berat sampel baja karbon tanpa inihibitor.....	34
Tabel 4.4. Data uji kehilangan berat pada suhu 298 K	36
Tabel 4.5. Data uji kehilangan berat pada suhu 308 K	36
Tabel 4.6. Data uji kehilangan berat pada suhu 318 K	37
Tabel 4.7 Pengaruh ekstrak <i>Spirulina platensis</i> terhadap baja karbon A516 berdasarkan impedansi pada suhu 298 K.....	40
Tabel 4.8. Pengaruh ekstrak <i>Spirulina platensis</i> terhadap baja karbon A516 berdasarkan impedansi pada suhu 308 K.....	40
Tabel 4.4. Nilai tetapan Freundlich.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mikrografi SEM tanpa inhibitor (kiri) dan dengan penambahan inhibitor (kanan).....	7
--	---

Gambar 2.2. Skema proses korosi (elektrokimia).....	10
Gambar 2.3. Bentuk mikroalga <i>Spirulina platensis</i>	13
Gambar 2.4. Spektra FTIR dari <i>Spirulina</i>	15
Gambar 2.5. Diagram Nyquist dari pengukuran EIS	17
Gambar 3.1. Elektroda kerja (baja karbon A516)	27
Gambar 3.2 Sel Elektrokimia pada uji EIS	27
Gambar 3.3 Spesimen Baja Karbon uji SEM.....	28
Gambar 4.1 Serbuk <i>Spirulina platensis</i>	29
Gambar 4.2. Ekstrak etanol <i>Spirulina platensis</i>	30
Gambar 4.3 Reaksi pada Saponin	32
Gambar 4.4 Reaksi pada Alkaloid	32
Gambar 4.5. Spektra infra merah ekstrak etanol <i>Spirulina platensis</i>	33
Gambar 4.6 Spesimen baja karbon A516 yang telah dibersihkan	34
Gambar 4.7 Spesimen hasil uji kehilangan berat tanpa inhibitor.....	35
Gambar 4.8 Grafik pengaruh waktu perendaman terhadap laju korosi	36
Gambar 4.9 Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi baja karbon A516.....	38
Gambar 4.10 Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibisi baja karbon A516.....	39
Gambar 4.11 Diagram Nyquist <i>Spirulina platensis</i> terhadap baja karbon pada suhu 298 K.....	40
Gambar 4.12 Diagram Nyquist <i>Spirulina platensis</i> terhadap baja karbon pada suhu 308 K.....	40
Gambar 4.13 Rangkaian listrik ekivalen baja dalam larutan blanko	42
Gambar 4.14 Rangkaian listrik ekivalen baja dalam larutan blanko dengan penambahan ekstrak <i>Spirulina platensis</i>	43

Gambar 4.15 Grafik isoterm Langmuir dari ekstrak <i>Spirulina platensis</i> terhadap baja karbon A516	44
Gambar 4.16 Grafik isoterm Freundlich dari ekstrak <i>Spirulina platensis</i> terhadap baja karbon A516	44
Gambar 4.17 Grafik isoterm Temkin dari ekstrak <i>Spirulina platensis</i> terhadap baja karbon A516.....	45
Gambar 4.18 Morfologi permukaan baja karbon yang direndam dalam HCl 0,5 M.....	47
Gambar 4.19 Morfologi permukaan baja karbon yang direndam dalam HCl 0,5 M dengan inhibitor	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi.....	55
Lampiran 2. Data dan Perhitungan.....	58
Lampiran 3. Data Grafik	62
RIWAYAT HIDUP.....	72

DAFTAR PUSTAKA

- Abboud, Y., Abourriche, A., Saffaj, T., dkk. (2009). A novel azo dye, 8-quinolinol-5-azoantipyrine as corrosion inhibitor for mild steel in acidic medi. *Desalination* 237, 175-289.
- Agustini, T. W., Suzery, M., Sutrisnanto, D., & Ma'ruf, W. F. (2015). Comparative Study of Bioactive Substances Extracted from Fresh and Dried Spirulina sp. *Procedia Enviromental Sciences*, 23, 282-289.
- Ahmad, Z. (2006). *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Ajiriyanto, M. K., Kriswarini, R., Yanlinastuti, Y., & Lestari, D. E. (2018). Analisis korosi pipa pendingin sekunder RSG-GAS dengan teknik electrochemical impedance spectroscopy (EIS). *Urania Jurnal Ilmiah Daur Bahan Nuklir*, 24(2).
- ASTM A516 Boiler Plate. [Online]. Tersedia: www.oakleysteel.co.uk. [26 Juli 2019]
- ASTM Internasional. (2004). *ASTM G31-72: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. United State.
- Bold, H. C. and Michael, J. Wyne. (1985). *Introduction to the algae structure and reproduction*, Second Edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Campanella, L., Russo, M. V., & Avino, P. (2002). Free and total amino acid composition in blue-green algae. *Ann. Chim*, 92(4), 343-352.
- Chawla, S. L. (1993). *Materials selection for corrosion control*. ASM International.
- Chongdar, S., Gunasekaran, P., & Kumar, P. (2005). Corrosion inhibition of mild steel by aerobic biofilm. *Electrochimica Acta*, 50(24), 4655-4665.

- Dillman, P., Watkinson, D., Angelini, E., & Adriaens, A. (Eds.). (2013). *Corrosion and conservation of cultural heritage metallic artefacts*. Elsevier.
- El-Baky, H. H. A., El Baz, F. K., & El-Baroty, G. S. (2008). Characterization of nutraceutical compounds in blue green alga *Spirulina maxima*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(10), 292-300.
- Ergina, E., Nuryanti, S., & Pursitasari, I. D. (2014). Uji Kualitatif Senyawa Metabolit Sekunder Pada Daun Palado (*agave angustifolia*) Yang Diekstrak Dengan Pelarut Air Dan Etanol. *Jurnal Akademika Kimia*, 3(3), 165-172.
- Erhayem, M., Al-Tohami, F., Mohamed, R., & Ahmida, K. (2015). Isotherm, kinetic and thermodynamic studies for the sorption of mercury (II) onto activated carbon from *Rosmarinus officinalis* leaves. *American Journal of Analytical Chemistry*, 6(01), 1.
- Gapsari, F. (2017). *Pengantar Korosi*. Malang: UBMedia.
- Gunasekaran, G., S. Chongdar, S.N. Gaonkar, P. Kumar, *Corros. Sci.* 46 (2004) 1953.
- Haryati, R. (2008). Pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp. dalam skala laboratoris. *Bioma*, 10(1), 19-22.
- Haryono, G., Sugiarto, B., Farid, H., & Tanoto, Y. (2010). Ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuruan" (1)* (pp. 1-6).
- Hermawan, B. (2010). "Ekstrak Bahan Alam sebagai Alternatif Inhibitor Korosi". [Online]. Tersedia: <http://www.Chem-is-try.org>. [28 Oktober 2018]
- Hirata, S., Taya, M., & Tone, S. (1998). Continuous cultures of *Spirulina platensis* under photoautotrophic conditions with change in light intensity. *Journal of chemical engineering of Japan*, 31(4), 636-639.

- Jones, D. A. (1992). *Principles and Prevention of Corrosion*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Kamal, C., & Sethuraman, M. G. (2010). Spirulina platensis - A novel green inhibitor for acid corrosion of mild steel. *Arabian Journal of Chemistry*, 5(2), 155-161.
- Khairurrijal, dan Abdullah, M. (2008). Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2 No. 1.
- Khan, Z., Bhadouria, P., & Bisen, P. S. (2005). Nutritional and therapeutic potential of Spirulina. *Current pharmaceutical biotechnology*, 6(5), 373-379.
- Kumar, S., A.N., Tharini, K., Sethuraman, M.G., 2009. Corrosion inhibitory effect of few piperidin-4-one oximes on mild steel in hydrochloric medium. *Surf. Rev. Lett.* 16, 141–147.
- Kusuma, D. G. D. P., Wiratini, N. M., Wiratama, I. G. L., & Si, M. (2014). Isoterm Adsorpsi Cu^{2+} Oleh Biomassa Rumpun Laut Eucheuma Spinosum. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 2(1).
- Kusumastuti, R., Purwamargapratala, T., Butarbutar, S., Sagino, S., Sriyono, S., & Hafidz, A. (2016). INHIBITION CHARACTER ANALYSIS OF CORROSION INHIBITOR ON CARBON STEEL MATERIALS IN 1M HCL SOLUTION USING THE EIS METHOD. *SIGMA EPSILON-Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir*, 19(1).
- Malgor, R., Heijo, G., Romero, L., & Zinola, C. F. (1998). Electrochemical behavior of iron and copper in a culture solution for Spirulina platensis. *Journal of applied electrochemistry*, 28(12), 1351-1357.
- Morad, M. S., & El-Dean, A. K. (2006). 2, 2'-Dithiobis (3-cyano-4, 6-dimethylpyridine): A new class of acid corrosion inhibitors for mild steel. *Corrosion science*, 48(11), 3398-3412.

- Nandiyanto, A. B. D., Hadirahmanto, Afif T., dkk.. (2017). *Pengantar Sains dan Teknologi Nano*. Bandung: UPI Press.
- Nugrahani, R., Andayani, Y., & Hakim, A. (2016). Skrining Fitokimia dari Ekstrak Buah Buncis (*Phaseolus vulgaris* L) dalam Sediaan Serbuk. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2(1).
- Osick, J. (1983). *Adsorption*. England: Ellis Hardwood Ltd.
- Raja, P. B., & Sethuraman, M. G. (2008). Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media - a review. *Materials letters*, 62(1), 113-116.
- Raja, P. B., Sethuraman, M.G., (2009). Inhibition of corrosion of mild steel in sulphuric acid medium by *Calotropis procera*. *Pig. Res. Tech.* 38, 33–37.
- Rezaei, H. (2016). Biosorption of chromium by using *Spirulina* sp. *Arabian Journal of Chemistry*, 9(6), 846-853.
- Robson, J. (1993). *Steel Pickling: A Profile*. [Online]. Tersedia: https://www3.epa.gov/docs/eia_ip. [10 Agustus 2019]
- Rusnoto. (2006). Pencegahan kerak dan korosi pada air isian ketel uap. *OSEATEK*, 01(13).
- Rustandi, A., Soedarsono, J. W., Febriary, M. C., & Barrinaya, A. (2017). Studi Inhibitor Korosi Berbahan Dasar Imidazoline Dengan Menggunakan Metode Model Adsorpsi. *Prosiding SENATEK 2015*, 1(A), 851-859.
- Sari, N. H. (2018). *Material Teknik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Seker, A., T. Shahwan, A.E. Eroglu, ~ S. Yilmaz, Z. Demirel, M.C. Dalay, J. Hazard. Mater. 154 (2008) 973.
- Septyaningsih, D. (2010). *Isolasi dan identifikasi komponen utama ekstrak biji buah merah (Pandanus conoideus lamk)*. (Doctoral dissertation, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam).

- Shaw, B. A., & Kelly R. G. (2006). What is corrosion? *Interface Electrochemical Society*, 15(1), 24-27.
- Sidiq, M. F. (2011). Analisa Pengendalian Laju Korosi Pada Pipa Minyak Bumi Lepas Pantai. *Jurnal Sain dan Tek. Maritim*, 10(1), 1-12.
- Sirait, P. S., Setyaningsih, I., & Tarman, K. (2019). AKTIVITAS ANTIKANKER EKSTRAK *Spirulina* YANG DIKULTUR PADA MEDIA WALNE DAN MEDIA ORGANIK. *JPHPI*, 22(1).
- Stadler, R.,W. Fuerbeth, K. Harneit, M. Grooters, M. Woellbrink, W. Sand, Electrochim. Acta 54 (2008) 91.
- Sudiarti, T. (2017). ADSORPSI SENYAWA 2, 3-DIFENIL-IMIDAZO [1, 2-A] PIRIDIN SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA KARBON DALAM LARUTAN ELEKTROLIT JENUH KARBON DIOKSIDA. *JURNAL ISTEK*, 10(2).
- Sukardjo. (1990). *Kimia Anorganik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suratno. S. (2016). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Mikroalga *Spirulina platensis* yang Berpotensi sebagai Antibakteri. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 1(2), 26-33.
- Tempkin, M., & Pyzhev, V. (1940). Kinetics of ammonia synthesis on promoted iron catalyst. *Acta Phys. Chim.* 12, 327-356.
- Venkatesan, S., Pugazhendy, K., Sangeetha, D., Vasantharaja, C., Prabakaran, S., & Meenambal, M. (2012). Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic analysis of *Spirulina*. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 3(4), 969-972.
- Wahyuning, A., Sunarya, Y., & Aisyah, S. (2010). Metenamina sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam lingkungan sesuai kondisi pertambangan minyak bumi. *J. Sains dan Teknol. Kim*, 1(1), 17-29.

Yucetepe, A., Saroglu, O., Bildik, F., Ozcelik, B., & Daskaya-Dikmen, C. (2018). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of protein from *Spirulina plantesis* using RSM. *Czech Journal of Food Sciences*, 26(1), 98-108.

Zulfikar, M. A., Bahri, A., & Nasir, M. (2018). STUDI KESETIMBANGAN ADSORPSI ASAM HUMIK PADADUAL NANOFIBER PMMA/PVDF.