

**POTENSI DAN ANALISIS TEKNO-EKONOMI EKSTRAK TANAMAN  
SEBAGAI *GREEN* INHIBITOR PADA BAJA KARBON**

**SKRIPSI**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
di Bidang Kimia



Oleh :

Yeni Nurahmawati

1602471

**PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2020**

**POTENSI DAN ANALISIS TEKNO-EKONOMI EKSTRAK TANAMAN  
SEBAGAI *GREEN* INHIBITOR PADA BAJA KARBON**

Oleh:

Yeni Nurahmawati

1602471

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
di Bidang Kimia

© Yeni Nurahmawati

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang

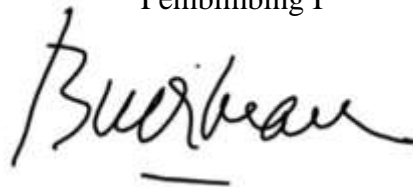
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak  
ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

**YENI NURAHMAWATI**

**POTENSI DAN ANALISIS TEKNO-EKONOMI EKSTRAK TANAMAN  
SEBAGAI *GREEN* INHIBITOR PADA BAJA KARBON**

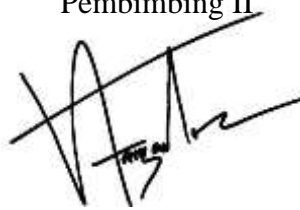
Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. Eng. Asep Bayu Dani Nandiyanto, S.T., M. Eng.  
NIP. 198309192012121002

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI



Dr. Hendrawan, M. Si.  
NIP. 196309111989011001

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**POTENSI DAN ANALISIS TEKNO-EKONOMI EKSTRAK TANAMAN SEBAGAI GREEN INHIBITOR PADA BAJA KARBON**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan yang tidak sesuai dengan etika penulisan karya ilmiah. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya saat ini.

Bandung, Juli 2020

Yang membuat pernyataan,

Yeni Nurahmawati

NIM. 1602471

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmaanirrahiim*

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. Yang telah memberi nikmat, karunia dan ridho kepada penulis. Shalawat dan Salam semoga tetap tercurahkan kepada Baginda alam Nabi Muhammad SAW. yang telah menjadi perantara diciptakannya seluruh makhluk yang ada di alam dunia ini. Beserta keluarga, sahabat, serta kaum muslimin hingga akhir zaman. Skripsi yang berjudul **“POTENSI DAN ANALISIS TEKNO-EKONOMI EKSTRAK TANAMAN SEBAGAI GREEN INHIBITOR PADA BAJA KARBON”** disusun untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga mohon untuk dimaafkan jika terdapat kesalahan dalam skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini atas doa, bantuan dan partisipasinya sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat dimanfaatkan sebaik mungkin demi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bandung, Juli 2020

Penulis,

Yeni Nurahmawati

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari bahwa mulai dari penelitian hingga penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari doa, bantuan, motivasi, dukungan dan partisipasi dari berbagai pihak. Secara khusus penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orangtua (Ibu Nemsih dan Bapak Koswara), kedua saudara (Rika Widianingsih dan M. Arkan Al-Fariq), keponakan (Adeeva Amirah Putri) dan keluarga penulis yang senantiasa mencurahkan kasih sayang, perhatian dan dukungan hingga saat ini kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Budiman Anwar M.Si. dan Bapak Alm. Dr. Yayan Sunarya, M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dan memberi motivasi, yang selalu sabar dan bertanggung jawab mulai dari penelitian hingga selama penelitian hingga menyelesaikan skripsi ini
3. Bapak Dr. Eng. Asep Bayu Dani Nandiyanto, S.T., M. Eng. Selaku dosen pembing II yang telah membimbing dan memberi motivasi kepada penulis dengan penuh sabar dan tanggung jawab
4. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku Ketua Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI dan selaku Dosen Pembimbing Akademik
5. Ibu Fitri Koerunnisa, Ph.D. selaku ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI
6. Seluruh Dosen dan Laboran Program Studi Kimia FPMIPA UPI yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis
7. Sahabat penulis Saskia Teja Widya, Hafizh Arsyari Wahyudi, Dea Bella Dewary Atika Putri dan Syifa Rohadatul 'Aisy yang memberikan warna selama perkuliahan serta tempat berbagi suka dan duka selama perkuliahan, selalu memberi motivasi, bantuan, nasihat dan semangat kepada penulis.
8. Seluruh rekan-rekan seperjuangan Kimia C 2016 FPMIPA UPI

Semoga seluruh partisipasi yang telah diberikan dapat dibalas oleh Alloh SWT. dengan pahala yang tak terhingga. *Aamiin Yaa Rabbal 'Alamin.*

## ABSTRAK

Baja karbon digunakan dalam aplikasi industri, akan tetapi kinerja baja karbon dapat dipengaruhi oleh serangan korosi dalam larutan korosif. Maka dari itu, untuk mengurangi laju korosi ditambahkan inhibitor korosi yang bersifat ramah lingkungan dan harganya relatif murah. Tanaman berpotensi sebagai inhibitor korosi karena mengandung atom N, S, P, O dan memiliki ikatan PEB. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui metode ekstraksi, senyawa aktif, potensi ekstrak tanaman, mekanisme inhibisi, melakukan evaluasi *engineering* dan evaluasi ekonomi produksi larutan inhibitor korosi. Kajian pustaka dilakukan dengan model kajian naratif sebanyak 54 artikel terkait potensi ekstrak tanaman sebagai *green* inhibitor korosi baja karbon dalam medium korosif yang bersumber dari Elsevier, Springer, Wiley, Taylor & Francis dan Heliyon pada kurun waktu 2019-2020. Kata kunci yang digunakan adalah *plant extract*, *corrosion inhibitor*, *carbon steel*, dan *corrosive medium*. Evaluasi ekonomi dilakukan dengan beberapa parameter seperti: GPM (*Gross Profit Margin*), PBP (*Payback Period*), dan CNPV (*Cumulative net present value*) yang didasarkan pada perhitungan matematika sederhana menggunakan Aplikasi Microsoft Excel. Dari analisis review artikel diperoleh bahwa metode ekstraksi yang digunakan adalah metode refluks, ekstrak tanaman mengandung senyawa flavonoid, saponin, tanin, alkaloid dan terpenoid, efisiensi inhibisinya berada pada rentang 55,62% - 99,92%, dan mekanisme inhibisinya berlangsung secara spontan, fisisorpsi, eksotermik, mengikuti isoterm langmuir dan tipe inhibitor yang digunakan adalah campuran. Dari uji kelayakan proyek diperoleh bahwa proyek mengalami kerugian jika pajak yang dibayar lebih dari 50% dan harga jual dan kapasitas produksi kurang dari 90%. Proyek dapat memproduksi larutan inhibitor korosi sebanyak 271.350 L/tahun. Produksi larutan inhibitor korosi dapat memberikan keuntungan hingga 96%. Evaluasi ekonomi menunjukkan hasil yang positif karena periode pengembalian (PBP) terjadi sekitar tahun ke-5, dan keuntungan akan terus meningkat sampai tahun ke-20. Dengan demikian, produksi larutan inhibitor korosi dapat dianggap sebagai proyek yang menguntungkan.

Kata kunci : Ekstrak tanaman, *green* inhibitor korosi, baja karbon, medium korosif dan analisis tekno-ekonomi

## ABSTRACT

*Carbon steel is used in industrial applications, but the performance of carbon steels can be affected by corrosion attacks in corrosive solutions. Therefore, to reduce the rate of corrosion added corrosion inhibitors that are environmentally friendly and the price is relatively cheap. Plants have potential as corrosion inhibitors because they contain N, S, P, O atoms and have PEB bonds. The purpose of this study was to determine the extraction method, active compounds, the potential of plant extracts, inhibition mechanism, engineering evaluation and economic evaluation of the production of corrosion inhibitor solution. Literature study was conducted with a narrative study model of 54 articles related to the potential of plant extracts as carbon steel corrosion inhibitors in corrosive media sourced from Elsevier, Springer, Wiley, Taylor & Francis and Heliyon in the period 2019-2020. The keywords used are plant extract, corrosion inhibitor, carbon steel, and corrosive medium. Economic evaluation is carried out with several parameters such as: GPM (Gross Profit Margin), PBP (Payback Period), and CNPV (Cumulative net present value) which is based on simple mathematical calculations using Microsoft Excel applications. From the review article analysis it was found that the extraction method used was the reflux method, plant extracts containing flavonoid compounds, saponins, tannins, alkaloids and terpenoids, the efficiency of inhibition was in the range of 55.62% - 99.92%, and the mechanism of inhibition took place spontaneously, physisorption, exothermic, following langmuir isotherms and the types of inhibitors used are mixed. From the project feasibility test it was found that the project suffered a loss if the tax paid was more than 50% and the selling price and production capacity were less than 90%. The project can produce 271350 L / year corrosion inhibitor solution. Production of a corrosion inhibitor solution can provide up to 96% profit. Economic evaluations show positive results because the payback period (PBP) occurs around the 5th year, and profits will continue to increase until the 20th year. Thus, the production of a corrosion inhibitor solution can be considered a profitable project.*

*Keywords: Plant extracts, green corrosion inhibitors, carbon steel, corrosive medium, techno-economy analysis*



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Baja Karbon .....	4
2.2.1 Baja karbon rendah ( <i>low carbon steel/mild steel</i> ).....	4
2.2.2 Baja karbon menengah ( <i>medium carbon steel</i> ) .....	4
2.2.3 Baja karbon tinggi ( <i>high carbon steel</i> ) .....	4
2.2 Korosi.....	5
2.2.1 Korosi pada Baja Karbon.....	6
2.2.2 Laju Korosi.....	7
2.2.3 Pengendalian Korosi .....	8
2.3 Inhibitor Korosi.....	9
2.4 Ekstrak Tanaman sebagai <i>Green Inhibitor</i> Korosi.....	13
2.5 Adsorpsi .....	14
2.5.1 Adsorpsi Inhibitor pada Permukaan Logam .....	14
2.5.2 Isoterm Adsorpsi .....	15
2.6 Penentuan Nilai Efisiensi Inhibisi.....	17
2.6.1 Metode <i>Weight Loss</i> (WL).....	17
2.6.2 Spektroskopi Impedansi Elektrokimia.....	17
2.6.3 Polarisasi Potensiodinamik .....	17
2.7 Evaluasi dari sisi teknik .....	18
2.8 Evaluasi ekonomi.....	19

2.8.1 Parameter Dasar Evaluasi Ekonomi.....	19
2.8.2 Biaya Produksi.....	20
2.8.3 Faktor Estimasi Keuangan .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	24
3.2 Desain penelitian.....	24
3.3 Penelusuran artikel rujukan dan seleksi artikel rujukan .....	25
3.4 Deskripsi/Abstraksi Jurnal Rujukan .....	26
3.5 Tahapan pengolahan data.....	32
3.6 Seleksi Artikel.....	32
3.7 Evaluasi <i>engineering</i> dan evaluasi ekonomi.....	32
3.8 Tahapan penarikan kesimpulan.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Metode Ekstraksi .....	35
4.2 Laju Korosi Baja Karbon dalam Medium Korosif .....	42
4.3 Penentuan Efisiensi Inhibisi .....	43
4.4 Mekanisme Inhibisi Korosi.....	47
4.4.1 Isoterm Adsorpsi .....	47
4.4.2 Parameter Termodinamika.....	48
4.4.3 Jenis inhibitor korosi.....	49
4.5 <i>Engineering Perspective</i> .....	56
4.6 Evaluasi Ekonomi .....	58
4.6.1 Kondisi Ideal.....	58
4.6.2 Pengaruh Eksternal.....	59
4.6.3 Pengaruh Internal .....	60
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>64</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia.....	15
Tabel 2.2 Perbedaan berbagai isoterm adsorpsi .....	15
Tabel 3.1 Hasil Analisis Artikel.....	26
Tabel 4.1 Senyawa aktif yang pada bagian biji.....	41
Tabel 4.2 Senyawa aktif pada bagian kulit .....	42
Tabel 4.3 Hubungan antara efisiensi inhibisi dan konsentrasi inhibitor .....	42
Tabel 4.4 Hubungan antara efisiensi inhibisi dan temperatur.....	43
Tabel 4.5 Nilai efisiensi inhibisi dalam medium HCl.....	45
Tabel 4.6 Nilai efisiensi inhibisi inhibitor dalam larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	46
Tabel 4.7 Nilai efisiensi inhibisi inhibitor dalam larutan garam.....	46
Tabel 4.8 Hubungan antara jumlah senyawa yang terekstrak terhadap efisiensi inhibisi.....	46
Tabel 4.9 Keterkaitan antar poin dari hasil review artikel.....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme korosi .....	7
Gambar 2.2 Diagram polarisasi potensiostatik: perilaku elektrokimia logam dalam larutan (a) dengan inhibitor anodik dan (b) tanpa inhibitor .....	11
Gambar 2.3 Ilustrasi efek inhibitor anodik dan mekanisme yang terjadi .....	11
Gambar 2.4 Diagram polarisasi potensiostatik: perilaku elektrokimia logam dalam larutan (a) dengan inhibitor katodik dan (b) tanpa inhibitor .....	12
Gambar 2.5 Ilustrasi efek inhibitor katodik dan mekanisme yang terjadi .....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	25
Gambar 4.1 Metode ekstraksi yang digunakan dalam berbagai penelitian.....	35
Gambar 4.2 Pelarut yang digunakan untuk ekstraksi.....	37
Gambar 4.3 Bagian tanaman yang digunakan dalam penelitian .....	38
Gambar 4.4 Senyawa aktif yang terekstrak dari bagian daun.....	38
Gambar 4.5 Mekanisme donor PEB .....	39
Gambar 4.6 Reaksi kompleksasi antara tanin .....	40
Gambar 4.7 Mekanisme inhibisi logam .....	41
Gambar 4.8 Metode penentuan efisiensi inhibisi.....	44
Gambar 4.9 Medium uji yang digunakan pada uji korosi.....	45
Gambar 4.10 Isoterm adsorpsi dari berbagai penelitian.....	48
Gambar 4.11 Jenis inhibitor korosi dari berbagai penelitian .....	49
Gambar 4.12 Diagram alir pembuatan larutan inhibitor korosi .....	56
Gambar 4.13 Diagram alir proses pembuatan larutan inhibitor korosi.....	57
Gambar 4.14 Kondisi ideal hubungan CNPV/TIC terhadap waktu (tahun) .....	58
Gambar 4.15 Kurva CNPV dengan pengaruh variasi pajak .....	59
Gambar 4.16 Kurva CNPV dengan pengaruh variasi harga jual .....	60
Gambar 4.17 Kurva CNPV dengan pengaruh variasi kapasitas produksi .....	61
Gambar 4.18 Pengaruh biaya bahan baku dan penjualan terhadap GPM .....	61
Gambar 4.19 Analisis PI profit to sales sebagai fungsi harga penjualan, bahan baku, utilitas dan tenaga kerja.....	62
Gambar 4.20 Analisis PI profit to investment sebagai fungsi harga penjualan, bahan baku, utilitas dan tenaga kerja .....	63

## DAFTAR PUSTAKA

- Abod, B. M., Al-Alawy, R. M., Khadom, A. A., & Kamar, F. H. (2019). Experimental and theoretical studies for tobacco Leaf extract as an eco-friendly inhibitor for steel in saline water. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 5(3), 75.
- Adeyemi, A., Oluwaseyifunmi, A., Kaki, S. S., & Oderinde, R. A. (2019). Synthesis of fatty phenylthiosemicarbazide from underutilized Sesamum indicum seed oil: a promising corrosion inhibitor of carbon steel in developing country. *SN Applied Sciences*, 1(6), 637.
- Adeyemi, R. A., & Bayham, J. (2000). Design and Optimization of Cathodic Protection Systems Using Computer Simulation. Paper no 00723 – Corrosion.
- Agustinus, N., & H. Mentik. (2014). *Ekstraksi Kulit Buah Manggis Secara Refluks Dan Sokletasi Menggunakan Pelarut Etanol*. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, Vol 8 (4) : 1-4
- Ahanotu, C. C., Onyeachu, I. B., Solomon, M. M., Chikwe, I. S., Chikwe, O. B., & Eziukwu, C. A. (2020). Pterocarpus santalinoides leaves extract as a sustainable and potent inhibitor for low carbon steel in a simulated pickling medium. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 15, 100196.
- Ait Aghzzaf, A., Veys-Renaux, D., & Rocca, E. (2020). Pomegranate peels crude extract as a corrosion inhibitor of mild steel in HCl medium: Passivation and hydrophobic effect. *Materials and Corrosion*, 71(1), 148-154.
- Al Hakim, Alfin. (2011). *Pengaruh Inhibitor Korosi Berbasis Senyawa Fenolik Untuk Proteksi Pipa Baja Karbon Pada Lingkungan 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 % NaCl Yang Mengandung Gas CO<sub>2</sub>*. (Skripsi), Universitas Indonesia
- Al-Turkustani, A. M. (2013). Thermodynamic, Chemical and Electrochemical Investigation of *Pandanus Tectorius* Extract as Corrosion Inhibitor for Steel in Sulfuric Acid Solutions. *Eur. J. Chem.*, 4(3), 303-310
- Anadebe, V. C., Onukwuli, O. D., Omotioma, M., & Okafor, N. A. (2019). Experimental, theoretical modeling and optimization of inhibition efficiency of pigeon pea leaf extract as anti-corrosion agent of mild steel in acid environment. *Materials Chemistry and Physics*, 233, 120-132.

- Anupama, K. K., Ramya, K., Shainy, K. M., & Joseph, A. (2015). Adsorption and electrochemical studies of Pimenta dioica leaf extracts as corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid. *Materials Chemistry and Physics*, 167, 28-41.
- Arthur, D. E., & Abechi, S. E. (2019). Corrosion inhibition studies of mild steel using *Acalypha chamaedrifolia* leaves extract in hydrochloric acid medium. *SN Applied Sciences*, 1(9), 1089.
- Asadi, N., Ramezanzadeh, M., Bahlakeh, G., & Ramezanzadeh, B. (2019). Utilizing Lemon Balm extract as an effective green corrosion inhibitor for mild steel in 1M HCl solution: A detailed experimental, molecular dynamics, Monte Carlo and quantum mechanics study. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 95, 252-272.
- ASM Metals Handbook. (1990-1, 2005-2), "Vol 01 : Properties and Selection Irons, Steels, and High-Performance Alloys", ASM International.
- Bahlakeh, G., Dehghani, A., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M. (2019). Highly effective mild steel corrosion inhibition in 1 M HCl solution by novel green aqueous Mustard seed extract: Experimental, electronic-scale DFT and atomic-scale MC/MD explorations. *Journal of Molecular Liquids*, 293, 111559.
- Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., Dehghani, A., & Ramezanzadeh, M. (2019). Novel cost-effective and high-performance green inhibitor based on aqueous *Peganum harmala* seed extract for mild steel corrosion in HCl solution: Detailed experimental and electronic/atomic level computational explorations. *Journal of Molecular Liquids*, 283, 174-195.
- Bank Indonesia. "Foreign Exchange Rates". <https://www.bi.go.id/en/moneter/informasi-kurs/referensi-jisdor/Default.aspx>, Juli, (2018).
- Bensouda, Z., Sfaira, M., Touhami, M. E., Farah, A., & Hammouti, B. (2019). Extraction, characterization and anticorrosion potential of an essential oil from orange zest as eco-friendly inhibitor for mild steel in acidic solution. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 5(4), 84.

- Boumhara, K., Harhar, H., Tabyaoui, M., Bellaouchou, A., Guenbour, A., & Zarrouk, A. (2019). Corrosion Inhibition of Mild Steel in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Solution by Artemisia herba-alba Oil. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 5(1), 8.
- Chung, I. M., Hemapriya, V., Kim, S. H., Ponnusamy, K., Arunadevi, N., Chitra, S., ... & Gopiraman, M. (2019). Liriope platyphylla extract as a green inhibitor for mild steel corrosion in sulfuric acid medium. *Chemical Engineering Communications*, 1-17.
- Chung, I. M., Kalaiselvi, K., Sasireka, A., Kim, S. H., & Prabakaran, M. (2018). Anticorrosive property of Spiraea Cantonensis extract as an eco-friendly inhibitor on mild steel surface in acid medium. *Journal of Dispersion Science and Technology*.
- Dalimunthe, I.S. (2004). *Kimia Dari Inhibitor Korosi*. (Skripsi), Universitas Sumatera Utara.
- Dariva, C.G., & Galio, A.F. (2014). Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications. *Developments in Corrosion Protection*, 365-379.
- Dehghani, A., Bahlakeh, G., & Ramezanzadeh, B. (2019). Green Eucalyptus leaf extract: a potent source of bio-active corrosion inhibitors for mild steel. *Bioelectrochemistry*, 130, 107339.
- Dehghani, A., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M. (2019). A combined experimental and theoretical study of green corrosion inhibition of mild steel in HCl solution by aqueous Citrullus lanatus fruit (CLF) extract. *Journal of Molecular Liquids*, 279, 603-624.
- Dehghani, A., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M. (2020). Potential role of a novel green eco-friendly inhibitor in corrosion inhibition of mild steel in HCl solution: Detailed macro/micro-scale experimental and computational explorations. *Construction and Building Materials*, 245, 118464.
- Dehghani, A., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M. (2019). Detailed macro-/micro-scale exploration of the excellent active corrosion inhibition of a novel environmentally friendly green inhibitor for carbon steel

- in acidic environments. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 100, 239-261.
- Dehghani, A., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M. (2019). Potential of Borage flower aqueous extract as an environmentally sustainable corrosion inhibitor for acid corrosion of mild steel: electrochemical and theoretical studies. *Journal of Molecular Liquids*, 277, 895-911.
- Derfouf, H., Harek, Y., Larabi, L., Basirun, W. J., & Ladan, M. (2019). Corrosion inhibition activity of carbon steel in 1.0 M hydrochloric acid medium using Hammada scoparia extract: gravimetric and electrochemical study. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 33(8), 808-833.
- Dipenegoro, I., Iwan, Ahmad, H., Bindar, Y. (2001). Optimasi Parameter Penghilangan Scale pada Bala Lembaran Panas. Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2001: Prosiding, Semarang.
- Djaprie, S. (1995). *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi ke 5. Jakarta: Erlangga.
- Djaprie, S. (1995). *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi ke 5. Jakarta: Erlangga.
- Febrina, L., Rusli, R., & Mufliah, F. (2015). Optimalisasi Ekstraksi Dan Uji Metabolit Sekunder Tumbuhan Libo (Ficus Variegata Blume). *J. Trop. Pharm. Chem.* 2015. Vol 3 No. 2
- Fogler. (1992). *Elements of Chemical Reaction Engginering*. Edisi ke 2. USA: PrenticeHall International Inc.
- Fogler. (1992). *Elements of Chemical Reaction Engginering*. Edisi ke 2. USA: PrenticeHall International Inc.
- Fontana, M. G. (1987). *Corrosion Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Book.
- Fouda, A. S., Eissa, M., & Fakh, M. (2019). Pomegranate Aqueous Extract (PAE) as an Eco-Friendly Inhibitor for Carbon Steel Used in Sanitation Plants: Kinetics and Bacteria Effect. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 5(1), 5.
- Fouda, A. S., Emam, A., Refat, R., & Nageeb, M. M. (2019). Eco-friendly plant extract of Medicago sativa (Alfalfa) as corrosion inhibitor for carbon steel in marine environment. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 55(3), 294-303.



- Fouda, A. S., Shalabi, K., & Shaaban, M. S. (2019). Synergistic Effect of Potassium Iodide on Corrosion Inhibition of Carbon Steel by *Achillea santolina* Extract in Hydrochloric Acid Solution. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 5(3), 71.
- Galo, G. T., Morandim-Giannetti, A. D. A., Cotting, F., Aoki, I. V., & Aquino, I. P. (2020). Evaluation of Purple Onion (*Allium cepa* L.) Extract as a Natural Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in Acidic Media. *Metals and Materials International*, 1-12.
- Giat, P. S., Deswita, S., & Handayani, A. (2013). Pengaruh Inhibitor Kafeina pada Laju Korosi dan Struktur Mikro Baja Karbon KS01 dan AISI 1045 dalam Media Air Laut. *J.Batan*, 16(2).
- Haddadi, S. A., Alibakhshi, E., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Mahdavian, M. (2019). A detailed atomic level computational and electrochemical exploration of the *Juglans regia* green fruit shell extract as a sustainable and highly efficient green corrosion inhibitor for mild steel in 3.5 wt% NaCl solution. *Journal of Molecular Liquids*, 284, 682-699.
- Haldhar, R., & Prasad, D. (2020). Corrosion Resistance and Surface Protective Performance of Waste Material of *Eucalyptus globulus* for Low Carbon Steel. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 6(2), 1-13.
- Haldhar, R., Prasad, D., & Bhardwaj, N. (2019). Extraction and experimental studies of *Citrus aurantifolia* as an economical and green corrosion inhibitor for mild steel in acidic media. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 33(11), 1169-1183.
- Haldhar, R., Prasad, D., & Bhardwaj, N. (2020). Surface Adsorption and Corrosion Resistance Performance of *Acacia concinna* Pod Extract: An Efficient Inhibitor for Mild Steel in Acidic Environment. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(1), 131-141.
- Handani, S., & Elta, M. S. (2012). Pengaruh inhibitor ekstrak daun pepaya terhadap korosi baja karbon schedule 40 grade B ERW dalam medium air laut dan air tawar. *Jurnal Riset Kimia*, 5(2), 175.
- Hartati, C. (2011). *Adsorpsi Simultan KITOSAN-BENTONIT terhadap Ion Logam dan Residu Pestisida dalam Air Minum dengan Teknik Batch*. Skripsi Program

Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung: Tidak Diterbitkan

- Haryono, G. (2010). *Ekstrak Bahan Alam Sebagai Inhibitor Korosi*. (Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”), Universitas Pembangunan Nasional
- He, T., Emori, W., Zhang, R. H., Okafor, P. C., Yang, M., & Cheng, C. R. (2019). Detailed characterization of *Phellodendron chinense* Schneid and its application in the corrosion inhibition of carbon steel in acidic media. *Bioelectrochemistry*, *130*, 107332.
- Hoai, N. T., Van Hien, P., Vu, N. S. H., Van Man, T., Tri, M. D., & Nam, N. D. (2019). An improved corrosion resistance of steel in hydrochloric acid solution using *Hibiscus sabdariffa* leaf extract. *Chemical Papers*, *73*(4), 909-925.
- Idouhli, R., Koumya, Y., Khadiri, M., Aityoub, A., Abouelfida, A., & Benyaich, A. (2019). Inhibitory effect of *Senecio anteuphorbium* as green corrosion inhibitor for S300 steel. *International Journal of Industrial Chemistry*, *10*(2), 133-143.
- Indrawati, N., Razimin. (2013). *Bawang Dayak Si Umbi Ajaib Penakluk Aneka Penyakit*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka
- Irawan, B., (2010). *Peningkatan Mutu Minyak Nilam dengan Ekstraksi dan Destilasi pada Berbagai Komposisi Pelarut*, (Tesis), Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Ji, G., Shukla, S.K., Dwivedi, P., Sundaram, S., Prakash., & R. (2011). Inhibitive Effect of *Argemone mexicana* Plant Extract on Acid Corrosion of Mild Steel. *Ind. Eng. Chem. Res.*, *50*(21), 11954–11959.
- Jones, D.A. (1992). *Principles and Prevention of Corrosion*. Singapura: Maxwell Macmillan.. P. 12.
- Kavitha, N., Kathiravan, S., Jyothi, S., Muruges, A., & Ravichandran, J. (2019). Adsorption and inhibitive properties of methanol extract of *Leucas aspera* leaves for the corrosion of mild steel in HCl medium. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, *5*(2), 51.

- Kayadoe, V., Fadli, M., Hasim, R., & Tomaso, M. (2015). Ekstrak Daun Pandan (Pandanus Amaryllifous Roxb) sebagai Inhibitor Korosi Baja SS-304 dalam Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Molekul*, 10(2), 88-96.
- Kementrian Pertanian. (2013). *Statistik produksi Hortikultura*. Direktorat Jenderal Hortikultura
- Kikanme, N. K., James, A. O., & Ngobiri, N. C. (2020). Vigna unguiculata Coat Extract as Green Corrosion Inhibitor for Steel Pipeline in HCl. *Journal of Materials Science Research and Reviews*, 7-20.
- Knofel, D. (1978). *Corrosion of Building Material*. United States: Van Nostrand Reinhold Company Chamberlain.
- Konlechner, D. (2014). *Metal Pickling by Inorganic Acids 1-hydrochloric acid (HCl)*. [Online] <http://www.kon-chem.com> . Diakses pada 21 Agustus 2020
- Kristianti, A. N. (2008). *Buku Ajar Fitokimia*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Kumar, R. S., & Chandrasekaran, V. (2016). Valoniopsis pachynema Extract as a Green Inhibitor for Corrosion of Brass in 0.1 N Phosphoric Acid Solution. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 47(2), 891-898.
- Kusmana, C., & Hikmat, A. (2015). Keanekaragaman hayati flora di Indonesia. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 5(2), 187-187.
- Li, L., Zhang, X., Lei, J., He, J., Zhang, S., & Pan, F. (2012). Adsorption and Corrosion Inhibition of *Osmanthus fragran* Leaves Extract on Carbon Steel, *Corros. Sci.*, 63, 82-90
- Li, Y. M., Miao, X., Wei, Z. G., Cui, J., Li, S. Y., Han, R. M., ... & Wei, W. (2016). Iron-Tannic Acid Nanocomplexes: Facile Synthesis And Application For Removal Of Methylene Blue From Aqueous Solution. *Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB)*, 11(4).
- Majd, M. T., Asaldoust, S., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M. (2019). Green method of carbon steel effective corrosion mitigation in 1 M HCl medium protected by *Primula vulgaris* flower aqueous extract via experimental, atomic-level MC/MD simulation and electronic-level DFT theoretical elucidation. *Journal of Molecular Liquids*, 284, 658-674.

- Majd, M. T., Ramezanzadeh, M., Ramezanzadeh, B., & Bahlakeh, G. (2020). Production of an environmentally stable anti-corrosion film based on Esfand seed extract molecules-metal cations: Integrated experimental and computer modeling approaches. *Journal of hazardous materials*, 382, 121029.
- Massel, R.I. (1996). *Principle of Adsorption and Reaction in Solid Surface*. Kanada: John Wiley and Sons Ltd.
- Mobin, M., Basik, M., & Aslam, J. (2019). Pineapple stem extract (Bromelain) as an environmental friendly novel corrosion inhibitor for low carbon steel in 1 M HCl. *Measurement*, 134, 595-605.
- Mobin, M., Basik, M., & El Aoufir, Y. (2019). Corrosion mitigation of mild steel in acidic medium using Lagerstroemia speciosa leaf extract: A combined experimental and theoretical approach. *Journal of Molecular Liquids*, 286, 110890.
- Mueller, N. (2017). *How Orange Peels Are Saving The World*. [Online] <https://gardencollage.com/change/sustainability/orange-peels-saving-world/> . Diakses pada 16 Agustus 2020
- Muzkantri, V.R., & Kusumawati, D.H. (2015). Pengaruh Variasi TiO<sub>2</sub> dalam Komposit PANi-TiO<sub>2</sub>/Cat sebagai Pelapis Anti Korosi pada Baja Karbon ASTM A36. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4, 61–64.
- Nandiyanto, A. B. D. (2018). Cost analysis and economic evaluation for the fabrication of activated carbon and silica particles from rice straw waste. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(6), 1523-1539.
- Nandiyanto, A. B.D., & Ragadhita, R. (2019). *Evaluasi Ekonomi Perancangan Pabrik Kimia*. Bandung: Rumah Publikasi Indonesia.
- Nandiyanto, A.B.D. & Ragadhita, R, Maulana, A, and Abdullah, A. (2018). Feasibility Study on the Production of Biogas in Dairy Farming. *IOP Conference Series: Material Science and Engineering*. 288, pp. 012024.
- Nawawi, H. & Martini, H. M. (1966). *Penelitian Terapan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Neldawati, Ratnawulan, & Gusnedi. (2013). Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Pillar of Physuc* 2, 76-83

- Nemr, A.El., Khaled, A., Abdelwahab, O., & Sikaily, A.El. (2008). Treatment of Wastewater Containing Toxic Chromium using New Activated Carbon Developed from Date Palm Seed, *Journal of Hazardous Materials*, 152, 263-275.
- Ngouné, B., Pengou, M., Nanseu-Njiki, C. P., & Ngameni, E. (2020). A comparative study using solution analysis, electrochemistry and mass change for the inhibition of carbon steel by the plant alkaloid Voacangine. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 55(2), 138-144.
- Nikpour, S., Ramezanzadeh, M., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Mahdavian, M. (2019). Eriobotrya japonica Lindl leaves extract application for effective corrosion mitigation of mild steel in HCl solution: experimental and computational studies. *Construction and Building Materials*, 220, 161-176.
- Nugroho, F. (2015). Penggunaan inhibitor untuk meningkatkan ketahanan korosi pada baja karbon rendah. *Jurnal Angkasa* Vol. 7 No. 1 Hal. 151-158
- Ogunleye, O. O., Arinkoola, A. O., Alagbe, S. O., Agbede, O. O., Omodele, A. E., Morakinyo, A. F., & Osho, Y. A. (2020). Synthesis of green corrosion inhibitor for mild steel in acidic environment. *Indian Chemical Engineer*, 62(1), 52-66.
- Ogunleye, O. O., Arinkoola, A. O., Eletta, O. A., Agbede, O. O., Osho, Y. A., Morakinyo, A. F., & Hamed, J. O. (2020). Green corrosion inhibition and adsorption characteristics of Luffa cylindrica leaf extract on mild steel in hydrochloric acid environment. *Heliyon*, 6(1), e03205.
- Ojha, L. K., Tüzün, B., & Bhawsar, J. (2020). Experimental and Theoretical Study of Effect of Allium sativum Extracts as Corrosion Inhibitor on Mild Steel in 1 M HCl Medium. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 6(2), 1-10.
- Oudar J. (1973). *La Chimie des Surfaces*. Paris : Presses Universitaire de France
- Petrucci, R. H. (1987). *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Edisi Keempat*. Jilid ketiga. Jakarta: Erlangga
- Pradityana, A., Sulistijono, & Shahab, A. (2016). *Penggunaan Bio Inhibitor dalam Pipe Plant Industri Migas*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- Ramezanzadeh, M., Bahlakeh, G., & Ramezanzadeh, B. (2019). Study of the synergistic effect of *Mangifera indica* leaves extract and zinc ions on the mild steel corrosion inhibition in simulated seawater: Computational and electrochemical studies. *Journal of Molecular Liquids*, 292, 111387.
- Ramezanzadeh, M., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Sanaei, Z. (2019). Adsorption mechanism and synergistic corrosion-inhibiting effect between the green Nettle leaves extract and  $Zn^{2+}$  cations on carbon steel. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 77, 323-343.
- Rashid, K. H., & Khadom, A. A. (2020). Mathematical Modeling and Electrochemical Behavior for Corrosion Inhibition of Steel by Kiwi Juice Extract. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 6(1), 13.
- Roberge, P. R. (2000). *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Roberge, P. R. (2000). *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Sahin, M., & Bilgic, S. (2003). The Inhibition Effects of Some Heterocyclic Nitrogenous Compounds on The Corrosion of The Steel in  $CO_2$ -saturated NaCl Solutions, *J. Anti-Corros. Method and Matter*, 50(1), 34-39.
- Sallau, A. A., & Abubakar, A. B. (2020). Inhibition effect of ethanolic extract of *Ipomoea batatas* peel on the corrosion of Mild steel in hydrochloric acid medium. *Journal of Science and Mathematics Letters*, 8(1), 16-26.
- Saranya J, Sounthari P, Parameswari K, Chitra S (2016) Acenaphtho [1,2-b] quinoxaline and Acenaphtho [1,2-b]pyrazine as corrosion inhibitors for mild steel in acid medium. *Meas J Int Meas*. 77:175–185
- Sari, D. M., Handani, S., & Yetri, Y. (2013). Pengendalian laju korosi baja ST-37 dalam medium asam klorida dan natrium klorida menggunakan inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia Sinensis*). *Jurnal Fisika Unand*, 2(3).
- Sarker, S. D., Zahid, L., dan Alexander, I. G., (2006). *Natural Products Isolation*, Humana Press, New Jersey.
- Sastri, V.S. (1998). *Corrosion Inhibitor Principles and Application*, John Wiley & Sons Ltd.

- Saxena, A., & Kumar, J. (2020). Phytochemical Screening, Metal-Binding Studies and Applications of Floral Extract of *Sonchus oleraceus* as a Corrosion Inhibitor. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 6(2), 1-10.
- Saxena, A., Sharma, V., Thakur, K. K., & Bhardwaj, N. (2020). Electrochemical Studies and the Surface Examination of Low Carbon Steel by Applying the Extract of *Citrus sinensis*. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 6(2), 1-11.
- Saxena, A., Thakur, K. K., & Bhardwaj, N. (2020). Electrochemical studies and surface examination of low carbon steel by applying the extract of *Musa acuminata*. *Surfaces and Interfaces*, 18, 100436.
- Sedik, A., Lerari, D., Salci, A., Athmani, S., Bachari, K., Gecibesler, İ. H., & Solmaz, R. (2020). Dardagan Fruit extract as eco-friendly corrosion inhibitor for mild steel in 1 M HCl: Electrochemical and surface morphological studies. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 107, 189-200.
- Sembiring, B. (2007). Teknologi Penyiapan Simplisia Terstandar Tanaman Obat. *Warta Puslitbangbun Vol 13 No 12 Agustus 2007*. [Balitro.litbang.depta.go.id](http://Balitro.litbang.depta.go.id) (dikses 23 Juni 2020)
- Shahmoradi, A. R., Talebibahmanbigloo, N., Javidparvar, A. A., Bahlakeh, G., & Ramezanzadeh, B. (2020). Studying the adsorption/inhibition impact of the cellulose and lignin compounds extracted from agricultural waste on the mild steel corrosion in HCl solution. *Journal of Molecular Liquids*, 112751.
- Shalahuddin, F. A., Almekahdinah, S. S., & Nandiyanto, A. B. D. (2019). Preliminary economic study on the production of ZnO nanoparticles using a sol-gel synthesis method. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia (Indonesian Journal of Applied Chemistry)*, 21(1), 1-6.
- Sidiq, M. F. (2013). Analisa Korosi dan Pengendaliannya. *Jurnal Foundry*, 3(1), 25 – 30.
- Singh, A., Ebenso, E.E., & Quraishi, M.A., (2012). Corrosion inhibition of carbon steel in HCl Solution by some plant extracts, *International Journal of Corrosion*, 1-20.
- Soltani, N., Tavakkoli, N., Attaran, A., Karimi, B., & Khayatkashani, M. (2019). Inhibitory effect of *Pistacia khinjuk* aerial part extract for carbon steel

- corrosion in sulfuric acid and hydrochloric acid solutions. *Chemical Papers*, 1-17.
- Suleiman, I. Y., Kasim, A., & Ochu, S. R. (2019). Anti-corrosion Properties of Ethanol Extract of *Cardiospermum halicacabum* Leaf on Steel Pipelines in Acidic Environment. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 5(3), 65.
- Sumarji. (2012). Evaluasi korosi baja karbon rendah ASTM A36 pada lingkungan atmosferik di Kabupaten Jember. *Jurnal Rotor*, 5(1), 44-51.
- Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur G. & Kaur H., 2011, Phytochemical Screening And Extraction: A Review, *International Pharmaceutica Scientia*, 1, 1, 98-106.
- Trifani. (2012). *Ekstraksi pelarut cair-cair*. [Online] <http://awjee> . Diakses pada 20 Agustus 2020
- Turnip, L. B., Handani, S., & Mulyadi, S. (2015). Pengaruh penambahan inhibitor ekstrak kulit buah manggis terhadap penurunan laju korosi baja ST-37. *Jurnal Fisika Unand*, 4(2).
- Vogel. (1979). *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Semimikro*. Jakarta: PT Kalman Media Pusaka.
- Wahyuningrum, D. (2008). *Sintesis Senyawa Turunan Imidazol dan Penentuan Aktifitas Inhibisi Korosinya pada Permukaan Baja Karbon*, (Disertasi), ITB.
- Wang, Q., Tan, B., Bao, H., Xie, Y., Mou, Y., Li, P., ... & Yang, W. (2019). Evaluation of *Ficus tikoua* leaves extract as an eco-friendly corrosion inhibitor for carbon steel in HCl media. *Bioelectrochemistry*, 128, 49-55.
- Widyatmiko, E. D. S. (2005). *PRARANCANGAN SUATU INDUSTRI KIMIA*. Yogyakarta
- Yüce, A. O. (2020). Corrosion Inhibition Behavior of *Robinia pseudoacacia* Leaves Extract as a Eco-Friendly Inhibitor on Mild Steel in Acidic Media. *Metals and Materials International*, 26(4), 456-466



## RIWAYAT PENULIS



Penulis bernama Yeni Nurahmawati merupakan anak ke-2 dari 3 bersaudara, lahir di Bandung, 25 Juni 1997. Penulis bertempat tinggal di Cibogo Bawah No. 24 RT. 05 RW. 07 Kelurahan Sukawarna Kecamatan Sukajadi, Bandung 40164. Penulis memulai pendidikan formal pada tahun 2004 di SDN Sarijadi Selatan II selama 6 tahun hingga 2010. Penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 26 Bandung hingga tahun 2013. Lalu penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMAN 15 Bandung dan memilih jurusan IPA hingga tahun 2016. Pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi di Universitas Pendidikan Indonesia, Program Studi Kimia, Departemen Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam hingga tahun 2020.