



ISSN: 2614-8757 (Print)
2615-2347 (Online)

CHEESA

*CHEMICAL ENGINEERING
RESEARCH ARTICLES*



VOLUME 1 NO 1, JUNI 2018

DAFTAR ISI

CHEESA: Chemical Engineering Research Articles

Pengaruh Kecerahan Warna Lipstik terhadap Banyaknya Kandungan Logam Berat Timbal, Kromium, dan Kadmium yang Dianalisis Menggunakan <i>Atomic Absorption Spectroscopy</i> (AAS) Ayuni Adinda, Ade Trisnawati, Novia Fahmi Ayu W. , Mayang Restiawati	1-6
Tempe Sebagai Pengganti Hormon Estrogen pada Reseptor Estrogen α Dengan Metode <i>Autodock Vina</i> Budi Mulyati	7-14
Studi Awal Kemampuan Adsorpsi Komposit Kulit Telur Ayam dengan Sekam Padi sebagai Adsorben Metil Orange Embun Rachma Haqiqi	15-20
Sintesis dan Karakterisasi Busa Poliuretan dari Minyak Goreng Bekas dan Toluena Diisosiyanat dengan Penambahan PEG-400 Estin Nofiyanti, Nida Mariam	21-25
Pengukuran Indeks Keamanan Proses Produksi MMA (<i>Methyl Methacrylate</i>) dengan ISV (<i>Index Safety Value</i>) Dyan Hatining Ayu Sudarni, Juwari	26-30
Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Serasah Lamun Devi Ratnasari, Nasrul Rofiah Hidayati, Nurul Kusuma Dewi	31-36

Volume 1 Nomor 1, 2018

ISSN 2614-8757 (Print), ISSN 2615-2347 (Online)

Available online at: <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/cheesa>

Copyright © 2018

EDITORIAL BOARD

CHEESA: Chemical Engineering Research Articles

CHEESA merupakan jurnal yang menjadi media kajian kimia dan teknik kimia. Jurnal ini sebagai media publikasi hasil penelitian bidang kimia dan teknik kimia yang ditujukan untuk kalangan akademisi, praktisi dan masyarakat pada umumnya. Tulisan yang dimuat dalam Jurnal CHEESA telah melalui penyuntingan sesuai kaidah yang telah ditetapkan tanpa mengubah naskah asli.

Penerbit

UNIVERSITAS PGRI MADIUN

Editor in Chief

Mohammad Arfi Setiawan, Universitas PGRI Madiun

Editors

Dyan Hatining Ayu Sudarni, Universitas PGRI Madiun

Ade Trisnawati, Universitas PGRI Madiun

Supriadi, Universitas Mataram

Andri Wahyu Wijayadi, Universitas Hasyim Asy'ari

Reviewer

Dwi Ima Hikmawati, Universitas PGRI Madiun

Iqbal Haitami, UIN Antasari Banjarmasin

Sri Budi Harmami, Pusat Penelitian Kimia-LIPI

Nasrul Rofiah Hidayati, Universitas PGRI Madiun

Embun Rachma Haqiqi, Universitas PGRI Madiun

Volume 1 Nomor 1, 2018

ISSN 2614-8757 (Print), ISSN 2615-2347 (Online)

Available online at: <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/cheesa>

Copyright © 2018

Pengaruh Kecerahan Warna Lipstik terhadap Banyaknya Kandungan Logam Berat Timbal, Kromium, dan Kadmium yang Dianalisis Menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS)

Ayuni Adinda¹⁾, Ade Trisnawati^{2*)}, Novia Fahmi Ayu W.³⁾, Mayang Restiawati⁴⁾

^{1,3,4}Universitas Negeri Malang

²Universitas PGRI Madiun

*email: adetrisnawati14@gmail.com

Received: 18/12/2017; Revised: 08/01/2018; Accepted: 08/01/2018

Abstrak

Lipstik biasa dimanfaatkan untuk memberikan warna pada bibir, namun kosmetik ini ternyata menyimpan potensi buruk bagi kesehatan manusia. Beberapa lipstik diduga mengandung logam berat yang berbahaya bagi tubuh manusia seperti timbal (Pb), kromium (Cr), dan kadmium (Cd). Semakin gelap warna lipstik, maka kandungan timbalnya disinyalir semakin tinggi. Efek yang ditimbulkan tidak serta merta tampak pada pemakai lipstik karena kandungan logam beratnya, namun jika bahan-bahan tersebut terakumulasi dalam tubuh maka pada suatu saat akan menimbulkan efek yang besar karena bersifat toksik dan karsinogen. Pada umumnya kandungan logam berat yang nilainya kecil dalam suatu bahan sukar ditentukan keberadaannya dengan pereaksi-pereaksi kimia, tetapi dapat diketahui jumlah dan keberadaannya dengan spektrofotometri serapan atom. Logam berat yang akan dianalisis adalah logam timbal (Pb), kromium (Cr), dan kadmium (Cd). Data diperoleh dengan cara mencatat hasil uji menggunakan alat spektrofotometer serapan atom kemudian dianalisis dengan menggunakan uji-T.

Kata kunci: Lisptik, Timbal, Kromium, Kadmium, Spektroskopi Serapan Atom

Abstract

Lipstick commonly used to give color to the lips, but lipstick holds the potential of this type of cosmetic is bad for human health. Some lipstick suspected contain heavy metals that are harmful to the human body such as lead, chromium, and cadmium. The darker the color of lipstick, the higher content of lead. The effects are not necessarily appear on consumer because of the heavy metal content, but if these materials accumulate in the body at a time will give rise to great effect because toxic and carcinogen. In general, the heavy metal content of little value in is difficult to determined by the presence of chemical reagents, but can measuring with atomic absorption spectrophotometric. Heavy metals to be analyzed is the kind of heavy metal lead (Pb), chromium (Cr) and Cadmium (Cd). Data obtained by noting the results of the test using atomic absorption spectrophotometer then analyzed using T-test.

Keywords: Lipstick, Lead, Chromium, Cadmium, Atomic Absorption Spectroscopy

PENDAHULUAN

Setiap wanita ingin tampil cantik dengan berbagai upaya yang dapat diusahakannya. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan menggunakan kosmetik. Lipstik merupakan bagian dari kosmetik yang digunakan oleh wanita, terbuat dari lilin, pigmen, minyak, dan

sebagainya. Lipstik biasa dimanfaatkan untuk memberikan warna pada bibir. Lipstik merupakan perangkat wajib bagi sebagian perempuan dan merasa penampilannya kurang lengkap jika belum memoleskan lipstik pada bibir. Hal tersebut menyebabkan tidak sedikit pula di antaranya memilih jenis lipstik tahan lama

demis penampilan yang sempurna. Meski terbilang praktis karena tahan lama digunakan, namun dibalik tahan lamanya lipstik yang digunakan di bibir sebenarnya mengandung zat-zat yang berbahaya bagi tubuh.

Journal of Hazardous Material tahun 2010 mengungkapkan beberapa lipstik mengandung logam berat yang berbahaya bagi tubuh manusia seperti paraben, *methacrylate*, timbal, kromium, dan kadmium (Setyanti, 2012). Berdasarkan hasil investigasi dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) persyaratan kosmetik dalam hal ini lipstik adalah kandungan logam-logam beratnya harus negatif. Lipstik yang mengandung logam berat ini akan sangat berbahaya bagi wanita karena penggunaannya pada daerah bibir yang bukan hanya mengakibatkan sensitivitas pada bibir namun juga dapat tertelan karena menempel pada makanan dan masuk ke dalam tubuh manusia yakni masuk pada sistem pencernaan manusia (Supriyadi, 2008).

Logam berat yang masuk ke dalam tubuh ini diduga bersifat toksik dan dapat mengakibatkan karsinogen (penyebab kanker). Menurut Darmono (2001 dalam Hartoyo, 2007) logam bersifat toksik karena logam tersebut terikat dengan ligan dari struktur biologi. Sebagian besar logam menduduki ikatan tersebut dalam beberapa jenis sistem enzim dalam tubuh. Ikatan tersebut mengakibatkan tidak dapat efektifnya enzim yang bersangkutan. Hal inilah penyebab utama dari toksisitas logam. Beberapa logam berat antara lain Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, dan Zn. Elemen-elemen ini disebut logam berat karena merupakan kelompok logam dengan densitas 6 gram/cm^3 (Hartoyo, 2007).

Joko (2003) menyebutkan bahwa jika terdapat kelebihan kromium pada

tubuh maka akan berdampak pada kulit, saluran pernafasan, ginjal dan hati. Keracunan kromium ini dapat menimbulkan iritasi pada kulit, terakumulasi dalam hati, dan keracunan sistemik.

Kadmium yang terhirup melalui udara akan mengakibatkan nafas yang pendek, edema paru-paru dan kerusakan membran mukosa. Kadmium juga bisa terakumulasi pada ginjal dan berperan dalam kerusakan tulang. Kadmium diduga mengganggu produksi progesteron dan testosteron sehingga mengganggu sistem reproduksi (Godt *et al*, 2006).

Salah satu gangguan yang diakibatkan oleh keracunan Pb dan persenyawaan anorganiknya adalah gangguan pada sistem hematopoetik adalah terhambatnya aktifitas enzim *aminolevulinic acid dehydrogenase* (ALAD) dalam eritrosit sumsum tulang dan eritrosit pada sintesis heme. Hal ini akan mengakibatkan penurunan kadar ALAD dengan darah dalam peningkatan kadar amino levulinate acid (ALA) dalam serum dan urin (Goldstein & Kipem, 1994 dalam Ardyanto, 2005).

Efek yang ditimbulkan tidak serta merta tampak pada pemakai lipstik melainkan bahan-bahan tersebut akan terakumulasi dalam tubuh dan pada suatu saat akan menimbulkan efek yang besar. Setyanti (2012) menyebutkan bahwa semakin gelap warna lipstik, maka kandungan timbalnya disinyalir semakin tinggi.

Dalam penelitian ini, kandungan logam dianalisis keberadaannya dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Pada umumnya kandungan logam berat yang nilainya kecil dalam suatu bahan sukar ditentukan keberadaannya dengan pereaksi-pereaksi kimia, tetapi dapat diketahui jumlah dan keberadaannya

dengan spektrofotometri serapan atom. Instrumentasi analisis logam berat yang paling peka dan selektif digunakan adalah spektrofotometri serapan atom karena analisis logam dapat dilakukan dalam tataran atom dan sumber sinar yang digunakan adalah lampu yang menghasilkan cahaya spesifik terhadap logam yang dianalisis (sumber sinar/lampu yang digunakan disesuaikan dengan logam yang dianalisis) sehingga didapat hasil yang selektif dan peka (Gunanjar, 1985 dalam Supriyadi, 2008).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium kimia Universitas Negeri Malang.

Populasi penelitian adalah semua lipstik yang beredar dipasaran Indonesia. Sampel dalam penelitian ini adalah 30 gram lipstik cerah dan 30 gram lipstik gelap dari berbagai merk lipstik.

Pada penelitian eksperimen ini melibatkan beberapa variabel yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas yang berupa kecerahan warna lipstik. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini yaitu banyaknya kandungan timbal, kromium, dan cadmium yang diukur dalam satuan ppm (mg/L). Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu banyaknya sampel yang diujikan, volume akuades yang digunakan, larutan standar untuk masing-masing bahan pada konsentrasi 0.05 ppm sampai 10 ppm.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain spektrofotometri serapan atom (SSA), neraca analitik, krus porselin, labu ukur, pipet volume, *furnace*, *beaker glass*, spatula logam, corong gelas,

penjepit krus, kaca arloji, oven, botol kaca, pipet tetes, dan sarung tangan. Bahan yang digunakan meliputi sampel lipstik berbagai merk dengan masing-masing merk yang diuji meliputi lipstik yang berwarna cerah dan lipstik yang berwarna gelap, akuades, asam nitrat pekat (HNO_3), kertas saring, dan larutan standar pada masing-masing logam berat.

Prosedur yang digunakan untuk penelitian ini yaitu penyiapan sampel adalah sebagai berikut:

a. Penyiapan Sampel

- 30 gram lipstik dari masing-masing sampel
- Diabukan dalam *furnace* sampai didapatkan abu berwarna putih sebanyak 1 gram
- 1 gram abu dilarutkan dengan HNO_3 dilanjutkan dengan pelarutan pada akuades hingga volumenya tepat 100 mL

b. Penyiapan Larutan Standar

- Dibuat larutan standar untuk masing-masing logam berat pada konsentrasi 0.05ppm sampai 10 ppm
- Dibaca absorbansinya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

c. Pengujian Sampel Lipstik

- Lipstik dibaca absorbansinya untuk memperoleh data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara mencatat hasil uji menggunakan alat ukur spektrofotometer serapan atom dengan menggunakan lampu katoda yang sesuai dengan logam yang diperiksa. Analisis data dilakukan dengan dua cara yaitu analisis deskriptif dan analisis statistik. Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan kecerahan warna lipstik berpengaruh terhadap kandungan logam. Teknik analisis data statistik dengan menggunakan uji-t.

Apabila mendapatkan hasil yang signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa kecerahan warna lipstik berpengaruh terhadap kandungan logam. Analisis statistik ini menggunakan uji-t yang dianalisis dengan bantuan *SPSS 16.0 for windows* yaitu menggunakan *Independent Sample t-Test* dengan $\alpha = 0,05$ untuk membuktikan hipotesis dan sebelum itu dilakukan uji prasyarat analisis yaitu uji normalitas dengan bantuan program *SPSS 16 for Windows*, yaitu uji *Kolmogorof-Smirnov* (uji K-S) dan uji homogenitas dengan menggunakan formula *Lavene Statistic* dengan bantuan *SPSS 16.0 for windows*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk memeriksa kandungan logam berat timbal (Pb), kromium (Cr), dan kadmium (Cd) dalam sampel lipstik beserta pengaruh kecerahan warna terhadap banyaknya kandungan logam berat timbal (Pb), kromium (Cr), dan kadmium (Cd) dalam sampel lipstik. Untuk mendapatkan data berupa kandungan logam berat melalui beberapa tahapan kerja meliputi pengabuan sampel lipstik, pelarutan abu lipstik, dan dilanjutkan dengan analisis menggunakan alat spektrofotometer serapan atom. Analisis dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom dipilih karena kandungan logam berat yang nilainya kecil dalam suatu bahan sukar ditentukan keberadaannya dengan pereaksi-pereaksi kimia, tetapi dapat diketahui jumlah dan keberadaannya dengan spektrofotometer serapan atom. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh data hasil uji kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), dan kromium (Cr) pada berbagai merk lipstik yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Uji Kandungan Logam Berat pada Lipstik

Merk Lipstik	Warna	Konsentrasi		
		Pb	Cd	Cr
A	Terang	1.346	0.355	0.005
	Gelap	0.165	0.067	0.000
B	Terang	0.236	0.038	0.057
	Gelap	0.023	0.019	0.072
C	Terang	0.073	0.080	0.131
	Gelap	0.027	0.085	0.111
E	Terang	0.054	0.026	0.001
	Gelap	0.034	0.021	0.030
F	Terang	0.162	0.060	0.016
	Gelap	0.143	0.040	0.000
G	Terang	0.040	0.029	0.026
	Gelap	0.023	0.028	0.023
H	Terang	0.207	0.090	0.122
	Gelap	0.211	0.030	0.038
I	Terang	0.035	0.031	0.021
	Gelap	0.035	0.020	0.021
J	Terang	0.040	0.032	0.036
	Gelap	0.039	0.040	0.001
J	Terang	0.040	0.032	0.036
	Gelap	0.039	0.040	0.001
K	Terang	0.172	0.026	0.054
	Gelap	0.099	0.009	0.029

Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar lipstik mengandung logam berat baik timbal (Pb), kromium (Cr), dan kadmium (Cd). Padahal menurut Palar (1994 dalam Supriyadi, 2008) menyebutkan bahwa persyaratan kosmetik jenis lipstik adalah kandungan logam beratnya harus negatif karena rawan tertelan ke dalam sistem pencernaan. Hal ini berarti dari semua sampel lipstik yang telah diuji coba tidak layak digunakan karena telah tercemar logam berat Pb, Cd, dan Cr. Sedangkan menurut US FDA (2006 dalam Saleh *et al*, 2009) disebutkan bahwa US FDA (*US Food and Drug Administration*) tidak memberikan batasan terhadap cemaran logam berat khususnya timbal yang terkandung dalam lipstik. Namun hasil evaluasi CSC mengasumsikan bahwa lipstik sama dengan permen karena

keduanya sama-sama dapat tertelan. Batas cemaran timbal dalam permen 0,1 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa sampel melebihi ambang batas 0,1 ppm yang berarti bahwa sampel tersebut tidak layak untuk digunakan.

Data yang telah diperoleh dari Tabel 1 ini kemudian dianalisis menggunakan uji statistik yakni dengan menggunakan uji normalitas, setelah diuji dengan uji normalitas kemudian diuji homogenitas dan dilanjutkan dengan uji-t. Dari hasil uji-t pada logam berat Pb terhitung nilai probabilitas 0,235. Maka keputusan yang diambil adalah tidak ada pengaruh kecerahan warna lipstik terhadap banyaknya logam Pb. Dari hasil uji-t pada logam berat Cd terhitung nilai probabilitas 0.227. Maka keputusan yang diambil adalah tidak ada pengaruh kecerahan warna lipstik terhadap banyaknya logam Cd. Dari hasil uji pada logam berat Cr bahwa nilai probabilitas 0.441. Maka keputusan yang diambil adalah tidak ada pengaruh kecerahan warna lipstik terhadap banyaknya logam Cr.

Tidak adanya pengaruh kecerahan warna lipstik terhadap banyaknya logam berat lipstik dimungkinkan karena logam berat yang terdapat pada lipstik cerah dan gelap bukan merupakan campuran yang sengaja digunakan untuk bahan tambahan pada lipstik. Logam berat yang terdapat pada lipstik diduga sebagai cemaran yang masuk ke dalam bahan dasar lipstik. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Adepoju *et al* (2012) logam berat ditemukan secara alami dalam lingkungan dalam batu, tanah, dan air. Oleh karena itu, logam berat tetap muncul dalam bahan baik pigmen dan material lain dalam semua industri termasuk industri kosmetik. Adepoju *et al* (2012) juga menambahkan bahwa adanya cemaran logam berat pada

lipstik diakibatkan karena rendahnya kualitas bahan yang digunakan untuk membuat lipstik serta ketidakpedulian pabrik kosmetik untuk menghilangkan logam berat pada produk akhir dari lipstik yang dihasilkan. Hal ini akan sangat merugikan konsumen meskipun jumlah logam berat ini sedikit tapi jika terakumulasi dalam waktu yang lama dapat membahayakan sistem di dalam tubuh. Selain itu, berdasarkan fakta selama penelitian tidak semua abu lipstik dapat larut dalam pelarut air dan asam nitrat sehingga terbentuk endapan. Hal ini dapat mempengaruhi hasil analisis logam berat pada lipstik, sehingga mengakibatkan tidak adanya pengaruh kecerahan warna lipstik terhadap kandungan logam beratnya.

Efek logam berat memiliki efek negatif misalnya menjadi pemicu biopsies kanker payudara akibat akumulasi kromium, kadmium, dan timbal. Timbal sebagai bahan yang tidak murni dapat mengganggu kecerdasan bahasa dan tingkah laku, keguguran, mengurangi fertilitas pada laki-laki dan perempuan. Perubahan hormonal, tertundanya masa pubertas bagi perempuan. Pada laki-laki perkembangan testis mungkin akan mengalami mudah diserang. Wanita hamil dan anak-anak juga mudah diserang karena timbal dapat melintasi plasenta dan bisa jadi masuk dalam otak janin sehingga dapat mengganggu kecerdasan janin. Oleh karena ditemukannya logam berat dalam lipstik serta efek logam berat yang terdapat dalam lipstik maka perlu adanya pengawasan yang ketat bagi pabrik kosmetik agar kosmetik khususnya lipstik bebas dari logam berat.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa logam berat ditemukan pada

berbagai sampel lipstik dan beberapa diantaranya melebihi ambang batas cemaran logam berat yakni lebih dari 0,1 ppm. Dari penelitian ini juga dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh kecerahan warna lipstik terhadap banyaknya kandungan logam berat karena logam berat ini bukan merupakan bahan yang sengaja ditambahkan pada lipstik melainkan bahan yang secara tidak sengaja masuk ke dalam bahan dasar pembuatan lipstik.

SARAN

Perlu dilakukan uji lebih lanjut untuk beberapa sampel lain lipstik yang diproduksi di dalam negeri dan luar negeri. Hal lain yang perlu diperhatikan untuk pengujian sampel lipstik adalah pada saat preparasi sampel menjadi abu dan pelarut yang baik untuk melarutkan abu secara sempurna.

DAFTAR RUJUKAN

- Adepoju, B., Oguntibeju, Adebisi, R.A., Okpala, N., & Coker, H.A.B. (2012). Evaluation of the concentration of toxic metals in cosmetic in Nigeria. *Academics Journal*, 11(97), 16360-16364.
- Ardyanto, D. (2005). Deteksi pencemaran timah hitam (Pb) dalam darah masyarakat yang terpanjang timbal (Plumbum). *Jurnal Kesehaan Lingkungan*, 2(1), 67-76.
- Godt, J., Scheidig, F., Siestrup, C.G., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A., & Groneberg, D.A. (2006). The toxicity of Cadmium and resulting hazards for human health. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 1(22), 1-6.
- Hartoyo, M. A. (2007). Analisis kontaminasi Cadmium pada ikan terhadap masyarakat pesisir sungai

Donan Kabupaten Cilacap. *Sains Akuatik*, 10(2), 96-104.

Joko, T. (2003). Penurunan Kromium (Cr) dalam limbah cair proses penyamakan kulit menggunakan senyawa alkali $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH, dan NaHCO_3 . *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(2), 39-45.

Saleh, Iman, Al Enazi, Sami, & Shinwari, N. (2009). Assessment of Lead in cosmetics products. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 54, 105-113.

Setyanti, C. A. (2012). *Hati-hati, lipstik bisa mengganggu kesehatan*. (Online). KOMPAS.com. <http://female.kompas.com/read/2012/08/21/17570983/Hati-hati.Lipstik.Bisa.Mengganggu.Kesehatan>. Diakses tanggal 1 November 2012.

Supriyadi. (2008). Analisis logam Kadmium, Timbal, dan Krom pada lipstik secara Spektrofotometri Serapan Atom, *Jurnal Kimia dan Teknologi*, 4(1), 299-305

Tempe sebagai Pengganti Hormon Estrogen pada Reseptor Estrogen α dengan Metode *Autodock Vina*

Budi Mulyati

Jurusan Teknik Industri, Fak. Teknik, Universitas Nurtanio, Jl. Pajajaran No. 219 Bandung
b.mulyati@yahoo.com

Received: 14/04/2018; Revised: 13/05/2018; Accepted: 13/05/2018

Abstrak

Reseptor Estrogen (RE) α akan berinteraksi dengan estrogen dalam tubuh manusia. Bila kadar Estrogen berkurang akan menyebabkan menopause. Isoflavon merupakan fitoestrogen yang dapat terikat pada kedua jenis estrogen reseptor. Tempe merupakan makanan yang mengandung isoflavon yaitu faktor II (6,7,4-trihidroksi isoflavon). Isoflavon bermanfaat antara lain untuk mencegah penyakit tulang, menurunkan kolesterol jahat, dan mencegah kanker. RE α merupakan target penting dalam dunia pengobatan untuk mencari hormon pengganti pada wanita menopause dan obat kemoterapi melawan kanker. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan urutan ligan yang berinteraksi lebih kuat terhadap RE α serta menentukan gugus fungsi yang berperan aktif dan jenis interaksi yang terjadi antara ligan dan reseptor. Penelitian diawali dengan optimasi struktur RE α (PDB kode 2OUZ), kemudian disimulasikan *docking* dengan ligan menggunakan *autodock Vina*, dan ditentukan energi afinitasnya. Ligan yang digunakan pada penelitian ini adalah faktor II, daidzein, genistein, glisitein dan biochanin A dengan estrogen sebagai pembanding. Hasil penelitian ini menunjukkan energi afinitas RE α berturut-turut adalah -6,3 kkal/mol; -6,2 kkal/mol; -6,1 kkal/mol; -5,9 kkal/mol; dan -5,7 kkal/mol.

Kata Kunci: Reseptor Estrogen α , Isoflavon, Autodock Vina, Faktor II, Genestein

Abstract

Estrogen receptor (RE) α will interact with estrogen in the human body. When estrogen levels decrease will cause menopause. Isoflavones are phytoestrogens that can bind to both types of estrogen receptors. Tempe is a food containing isoflavone that is factor II (6,7,4-trihydroxy isoflavones). Isoflavones are useful, among others, to prevent bone disease, lower bad cholesterol, and prevent cancer. RE α is an important target in the world of treatment for seeking hormone replacement in menopausal women and chemotherapy drugs against cancer. The purpose of this study is to determine the order of ligands that interact more strongly against the RE α and determine the functional groups that play an active role and the type of interaction that occurs between the ligand and receptor. The research begins with optimization of structure RE α (GDP code 2OUZ), then simulated docking with ligand using *autodock Vina*, and determined its affinity energy. The ligands used in this study were factor II, daidzein, genistein, glycinein and biochanin A with estrogen as a comparison. The results of this study show that the energy affinity of RE α is -6,3 kcal / mol; -6.2 kcal / mol; -6.1 kcal / mol; -5.9 kcal / mol; and -5.7 kcal / mol.

Keywords: Estrogen Receptor α , Isoflavones, Autodock Vina, Factor II, Genestein

PENDAHULUAN

Tempe adalah makanan yang dibuat dari fermentasi biji kedelai atau beberapa bahan lain yang menggunakan kapang rhizopus, seperti *Rhizopus oligosporus*, *Rh. oryzae*, *Rh. stolonifer* (kapang roti), atau

Rh. arrhizus. Sediaan fermentasi ini secara umum dikenal sebagai "ragi tempe". Kapang yang tumbuh pada kedelai menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna oleh manusia. Tempe

kaya akan serat pangan, kalsium, vitamin B dan zat besi. Berbagai macam kandungan dalam tempe mempunyai nilai obat, seperti antibiotika untuk menyembuhkan infeksi dan antioksidan pencegah penyakit degeneratif. Secara umum, tempe berwarna putih karena pertumbuhan miselia kapang yang merekatkan biji-biji kedelai sehingga terbentuk tekstur yang memadat. Degradasi komponen-komponen kedelai pada fermentasi membuat tempe memiliki rasa dan aroma khas. Tempe banyak dikonsumsi di Indonesia, tetapi sekarang telah mendunia. Kaum vegetarian di seluruh dunia banyak yang telah menggunakan tempe sebagai pengganti daging. Akibatnya sekarang tempe diproduksi di banyak tempat di dunia, tidak hanya di Indonesia.

Hormon adalah senyawa-senyawa kimia alami dan dikeluarkan oleh kelenjar endokrin ke dalam sirkulasi darah. Salah satu contoh hormon pada manusia adalah estrogen. Estrogen mempengaruhi pertumbuhan, merangsang perkembangan ciri kelamin sekunder wanita dan berfungsi pada berbagai macam target di jaringan, termasuk jaringan sistem reproduktif pria dan wanita seperti payudara, uterus, ovarium, testis serta prostat. Estrogen juga berperan penting dalam pemeliharaan tulang dan sistem kardiovaskular dimana estrogen mempunyai efek kardioprotektif tertentu (Clark *et al.*, 1992).

Reseptor estrogen merupakan salah satu anggota reseptor inti yang memperantarai aksi hormon estrogen didalam tubuh. Estrogen bekerja meregulasi pertumbuhan dan diferensiasi sel-sel sistem reproduksi baik pada wanita dan pria. Dapat juga meningkatkan kadar kolesterol HDL dan menurunkan LDL, sehingga berpotensi mengurangi resiko

penyakit kardiovaskuler. Estrogen berperan penting pada perkembangan otak, penyakit autoimun, metabolisme tulang dan pada sisi lain, estrogen dapat memicu pertumbuhan, *proliferasi* serta *metastase* kanker payudara (Prawiroharsono, 2001).

Reseptor estrogen terdiri dari 2 sub tipe yaitu, reseptor estrogen α (RE α) dan reseptor estrogen β (RE β). Kedua reseptor ini dibentuk oleh rantai tunggal polipeptida dengan 565 asam amino untuk RE α dan 530 asam amino pada RE β .

Proses pengikatan hormon pada reseptor estrogen di membran sel, dan berikatan dalam bentuk dimer. Setelah hormon berikatan dengan reseptornya, reseptor berpindah ke inti sel kemudian berikatan dengan *ERE (estrogen response element)* selanjutnya kompleks tersebut akan berikatan dengan koaktivator sehingga faktor transkripsi menjadi aktif yang dapat mengubah ekspresi gen. Kemudian regulasi transkripsi gen akan menghasilkan suatu protein spesifik yang terlibat dalam fungsi biologis tertentu.

Isoflavon adalah sejenis *fitonutrien*, yang kaya dalam kacang kedelai dan produk kacang kedelai itu sendiri. Isoflavon terdiri dari empat jenis, yaitu daidzein, genestein, glisitein dan faktor II. Struktur dari isoflavon sama dengan struktur kimia dari estrogen. Estrogen itu sendiri memiliki peran yang sangat penting dan aktif didalam proses penyembuhan penyakit yang disebabkan oleh hormon. Menurut Allred *et al* (2004) bangsa Asia, khususnya Jepang, memiliki resiko yang lebih rendah untuk terserang penyakit kanker payudara serta gejala menopause, dibanding dengan bangsa Eropa dan sekitarnya. Ini disebabkan oleh banyaknya konsumsi Kacang kedelai di kalangan Asia. Isoflavon dapat mengurangi kadar kolesterol, yang dapat mengakibatkan

atherosclerosis dan penyempitan pembuluh darah. Dengan tujuan untuk mengurangi resiko serangan jantung dan stroke.

Pada kacang kedelai banyak mengandung genestein, daidzein dan glisitein (Kuiper & George, 1998). Pada tahun 1964, Gyorgy *dkk* menemukan isoflavon yang diisolasi dari tempe tradisional yaitu faktor II (6,7,4'-trihidroksiisoflavon).

Menurut penelitian Kuiper & George (1998) *fitoestrogen* meliputi genistein, *coumestrol* dan *zearalenone* menstimulasi aktivitas transkripsi kedua tipe estrogen reseptor pada konsentrasi 1-10 nM. Peringkat potensi estrogenik *fitoestrogen* terhadap reseptor estrogen α adalah sebagai berikut: estradiol >> zearalenone = coumestrol > genistein > daidzein > apigenin = phloretin > biochanin A = kaempferol = naringenin > formononetin = ipriflavone = quercetin = chrysin.

Autodock Vina adalah sebuah program *open source* untuk melakukan docking molekul. Program ini didesain dan diterapkan oleh Dr. Oleg Trott di *Molecular Graphics Lab, Scripps Research Institute*. Proses docking melibatkan dua langkah dasar, yaitu prediksi konformasi ligan serta posisi dan orientasi dalam sisi-sisi tersebut serta penilaian afinitas ikatan. Dalam menjalankan *Autodock Vina*, tidak membutuhkan pengetahuan secara detail, yang dibutuhkan adalah struktur molekul-molekul yang didocking dan spesifikasi dalam mencari sisi pengikatan (Trott, *et al.*, 2010)

METODE PENELITIAN

Perangkat Lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ACD/Chemsketch (Advanced Chemistry*

Development/Chemsketch), *Avogadro*, *NAMD (Nanoscale Molecular Dynamics)*, *VMD (Visual Molecular Dynamics)*, *Autodock Vina* dan *Ligplus*. *ACD/Chemsketch* ini digunakan untuk membuat struktur dua dimensi seluruh ligan. *Avogadro* digunakan untuk visualisasi tiga dimensi ligan dan reseptor. Sedangkan *VMD* digunakan untuk visualisasi dan preparasi input yang akan digunakan untuk simulasi pada *NAMD*. *NAMD* digunakan untuk optimasi struktur protein. *Autodock Vina* digunakan untuk simulasi docking Reseptor Estrogen α dengan seluruh ligan dengan estrogen sebagai pembanding. *Ligplus* digunakan untuk visualisasi hasil dari *Autodock Vina*, sehingga diketahui ikatan antara protein dengan ligan.

Optimasi Struktur Ligan dan Reseptor Estrogen α

Ligan yang digunakan pada penelitian ini sebanyak enam buah yaitu estrogen, genistein, daidzein, glisitein, biochanin A dan faktor II. Struktur ligan digambar menggunakan *ACD / Chemsketch* kemudian dibuat tampilan tiga dimensi. Input dibuat menggunakan *Avogadro* untuk selanjutnya dilakukan simulasi optimasi geometri menggunakan *Gaussian-09*. Optimasi geometri di atur pada temperatur 310 K dengan basis 6-31 G (d) dan teori B3LYP.

Simulasi Docking Reseptor Estrogen α – Ligan dan Penentuan Residu Aktif

Program *Autodock Vina* digunakan untuk menggabungkan setiap ligan ke RE α . *Autodock* dapat menggabungkan molekul ligan ke molekul protein globular yang rigid berdasarkan algoritma *Lamarckian genetic*. Model ini mengkombinasikan kecepatan evaluasi

energi menggunakan prekalkulasi kisi (*grid*) energi afinitas atomik setiap tipe atom dalam molekul reseptor dengan variasi algoritma pencarian untuk menemukan posisi pengikatan yang sesuai untuk ligan dimana pada penelitian ini digunakan *genetic algorithm* (GA).

Model estrogen reseptor digunakan sebagai molekul target. Program *Autodock Vina* 4.0 digunakan untuk menghitung muatan parsial atom dalam molekul target. Kisi kubus (*grid box*) (18 x 18 x 18) dari interaksi karbon, hidrogen dan oksigen. Dilakukan penambahan hidrogen polar pada RE α menggunakan *AutoDock Vina*. Proses docking RE α – ligan juga dilakukan menggunakan *AutoDock Vina*. RE α yang digunakan adalah RE α dalam bentuk kristalnya sebelum dioptimasi dan RE α dalam bentuk solvasi setelah optimasi. Hasil docking dianalisis menggunakan Pymol. Untuk menentukan residu asam amino yang aktif yang berikatan langsung dengan ligan maka digunakan software Ligplus dengan memasukkan data PDB hasil dari autodock Vina.

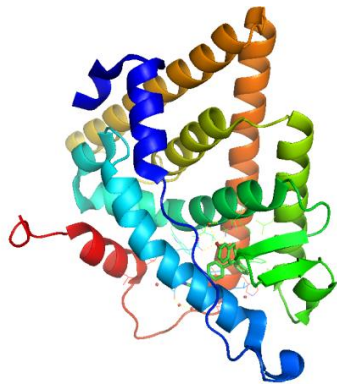
HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Struktur Ligan

Komputasi kimia dapat menjelaskan dengan teliti sifat dan parameter yang ada dalam sistem kimia. Beberapa diantaranya yaitu penentuan struktur/geometri, frekuensi vibrasi dan spektra berbagai molekul. Tahap awal dari studi komputasi adalah menentukan optimasi geometri. Optimasi geometri bertujuan untuk mendapatkan struktur molekul tiga dimensi dengan energi minimum (keadaan paling stabil). Penentuan optimasi geometri molekul diawali dengan perkiraan awal struktur yang dinyatakan dalam Z-matrik.

Ligan adalah senyawa organik atau anorganik yang berperan dalam interaksi pada domain pengikatan protein dan dapat mempengaruhi aktivitas pada protein tersebut. Ligan dapat berupa substrat, regulator, inhibitor, kofaktor, maupun efektor lain. Dalam penelitian ini, ligan berupa senyawa organik yang berinteraksi dengan sisi aktif protein sebagai molekul pembawa pesan dalam mengaktifkan reseptor untuk melakukan tahap transkripsi. Ligan ini dioptimasi agar didapat energi elektronik seminimal mungkin. Perhitungan ini dilakukan dengan pendekatan DFT (*Density Functional Theory*) yaitu pendekatan untuk menghitung atau menentukan geometri struktur optimal pada molekul dengan banyak atom secara Quantum Mechanics (QM). Perhitungan ini juga dilakukan dengan pendekatan Born-Oppenheimer yaitu inti atom dianggap diam pada saat meninjau gerak elektron. Sehingga energi elektronik yang dihitung merupakan penjumlahan dari energi potensial elektron dan energi kinetik elektron. Ketika didapat geometri molekul berada pada posisi jarak dan sudut yang paling stabil. Molekul ini merupakan bentuk yang paling optimal pada simulasi yang menyerupai sistem yang sebenarnya. Pada penelitian ini seluruh ligan fitoestrogen dan estrogen dioptimasi menggunakan Gaussian-09.

Struktur protein RE α diambil dari Bank Data Protein dengan kode 2 OUZ. RE α ini merupakan struktur kristal berupa monomer dengan satu rantai. RE α yang terikat kompleks dengan lasofixene. Namun selanjutnya dalam penelitian lasofixene dihilangkan keberadaannya. Struktur RE α sesudah dioptimasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reseptor Estrogen α (2OUZ) dari Protein Data Bank (PDB)

Proses *Docking* dilakukan pada RE α yang sudah dioptimasi dengan ligan yang sudah dioptimasi pula. Pada proses docking, protein reseptor diasumsikan sebagai molekul yang kaku sedangkan ligan diasumsikan sebagai molekul yang memiliki beberapa derajat kebebasan, terutama dalam sudut torsional, karena beberapa parameter lainnya seperti panjang ikatan dan sudut ikatan memiliki nilai konstan untuk konformasi molekul yang berbeda. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh setelah tahap *docking* adalah berbagai energi afinitas interaksi ligan yang dapat terikat pada domain pengikatan ligan RE α (Tabel 1).

Tabel 1. Energi Afinitas Ligan terhadap RE α Hasil docking *Autodock Vina*

Nama Ligan	Energi Afinitas (Kkal/mol)
Estrogen	-6,7
Faktor 2	-6,3
Daidzein	-6,2
Genistein	-6,1
Glisitein	-5,9
Biochanin A	-5,7

Bila dianggap interaksi pembentukan kompleks estrogen dengan RE α yang sudah dioptimasi dalam kondisi berair adalah 100% maka dapat dilihat persentase

interaksi pembentukan reseptor estrogen α dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Perbandingan Persentase Estrogenik dari Isoflavon terhadap Estrogen berdasarkan *Binding* Energi pada Reseptor Estrogen α

Nama Ligan	Persentase Interaksi
Estrogen	100%
Faktor II *	94,52%
Daidzein	92,53 %
Genistein	91,04%
Glisitein	88,06 %
Biochanin A	85,07 %

Keterangan: Untuk ligan yang bertanda* belum ada data eksperimen.

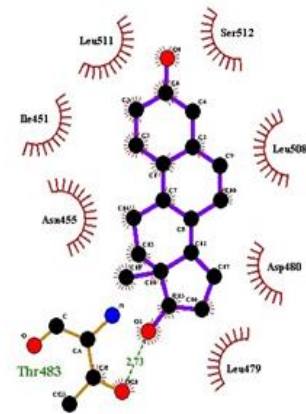
Pada uji transaktivasi secara eksperimen oleh Kuiper, *et al* (1998) estrogen dan berbagai fitoestrogen dicampurkan ke dalam larutan protein ER α , kemudian dilihat inhibisi fitoestrogen tersebut dalam interaksinya terhadap ER α . Urutan potensi estrogenik fitoestrogen adalah sebagai berikut: Estradiol >> zearalenone = coumestrol > genistein > daidzein > apigenin = phloretin > biochanin A = kaempferol = naringenin > formononetin = ipriflavone = quercetin = chrysin. Sedangkan berdasarkan komputasi urutan potensi estrogenik adalah sebagai berikut : estrogen > faktor 2 > daidzein > genestein > glisitein > biochanin A. Dari urutan potensi estrogenik yang tidak sama menunjukkan bahwa hasil pemodelan struktur reseptor-ligan secara komputasi tidak sejalan dengan hasil eksperimen yang dilakukan oleh Kuiper & George, tapi perbedaannya hanya terletak pada urutan daidzein dan genestein, hal ini dikarenakan adanya gugus OH yang lebih elektronegatif pada gugus aromatik pada ligan daidzein menyebabkan adanya ikatan hidrogen

antara ligan dengan reseptor estrogen lebih stabil, dan menyebabkan energi afinitas antara daidzein dan reseptor estrogen menjadi rendah. Walaupun terdapat perbedaan urutan potensi estrogenik antara daidzein dan genestein, namun perbedaannya hanya 1,49%, sehingga perbedaannya tidak terlalu signifikan.

Dari penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa dibandingkan dengan isoflavon lain, faktor II memiliki afinitas yang paling tinggi hal ini dikarenakan struktur faktor II mempunyai tiga gugus hidroksil pada posisi C-6, C-7 dan C-4 sehingga probabilitas untuk berinteraksi secara ikatan hidrogen tinggi. Ikatan hidrogen penting dalam pengikatan ligan dan reseptor. Struktur dan *orientasi docking* dari interaksi secara ikatan hidrogen dari faktor II menyebabkan banyak terbentuknya ikatan hidrogen antara faktor II dan reseptor estrogen.

Gugus fungsi yang berperan pada Reseptor Estrogen α

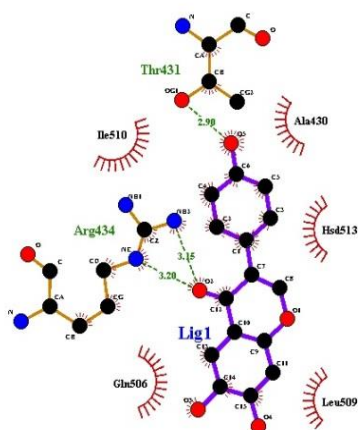
Dari tabel dapat diketahui bahwa energi afinitas estrogen yang paling rendah dibandingkan ligan lain. Hal ini disebabkan karena estrogen mempunyai gugus fenol pada posisi C-3 dalam cincin aromatik A, inti hidrokarbon yang relatif kaku dan gugus fungsi alkohol pada posisi C-17. Hidroksil dari C-3 berfungsi sebagai donor ikatan hidrogen dan C-17 hidroksil berfungsi sebagai akseptor ikatan hidrogen.



Gambar 2. Hasil ligplot Interaksi RE α dengan Estrogen

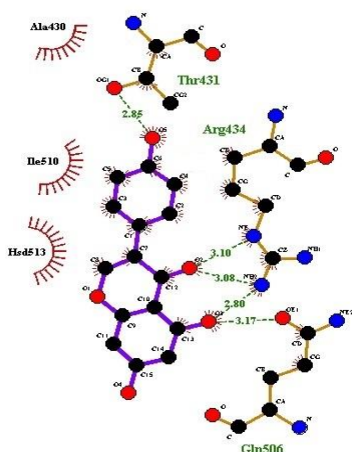
Estrogen adalah ligan alami RE α . Estrogen yang terikat dengan RE α memiliki energi afinitas paling negatif yaitu sebesar -6,7 kkal/mol. Interaksi kuat yang terbentuk antara ligan dengan asam amino pada protein berjarak antara 3,0 sampai 5,0 Å. Jika interaksi antara ligan dan asam amino pada domain pengikatan ligan RE α berjarak lebih dari 5,0 Å, maka interaksi tersebut lemah pada sistem RE α – ligan. Gugus yang bersifat nonpolar pada estrogen juga berperan interaksinya dengan asam amino pada domain pengikatan ligan RE α .

Gugus hidroksi fenolik pada C-15 membentuk ikatan hidrogen dengan Thr 483 dengan panjang ikatan 2,73 Å (pada Gambar 2). Estrogen mengikat dengan energi afinitas yang paling negatif karena mempunyai konformasi ligan stabil yang berinteraksi kuat dengan tiga asam amino bersifat nonpolar.



Gambar 3. Hasil Ligplot Interaksi RE α dengan Faktor II.

Dari hasil pengamatan interaksi antara RE α dengan faktor II (Gambar 3) merupakan interaksi dengan tiga ikatan hidrogen yaitu interaksi antara gugus hidroksi fenolik pada atom C4' dengan Thr 431. Gugus fungsi yang berperan pada interaksi antara Reseptor Estrogen α dengan faktor II adalah gugus fenolik C4' berinteraksi kuat asam amino polar yaitu dengan Thr 431. Adanya dua ikatan hidrogen ini membuat stabil sehingga energi afinitasnya sangat rendah. Gugus hidroksi fenolik C6 berinteraksi dengan asam amino yang bermuatan positif Arg 434. Adanya dua ikatan hidrogen ini membuat stabil sehingga energi afinitasnya sangat rendah. Gugus fenolik pada atom C13 yang membentuk ikatan hidrogen dengan Arg 434 dan Gln 506. Adanya lima ikatan hidrogen ini membuat stabil sehingga energi afinitasnya sangat rendah.



Gambar 4. Hasil Ligplot Interaksi RE α dengan Genistein

Dari hasil pengamatan interaksi antara RE α dengan genistein (Gambar 4) merupakan interaksi dengan lima ikatan hidrogen yaitu interaksi antara gugus hidroksi fenolik pada atom C6 dengan Thr 431 dengan panjang ikatan 2,85 Å, gugus hidroksi fenolik pada atom C12 membentuk ikatan hidrogen dengan Arg 434 pada dua atom nitrogen yang berbeda dengan panjang ikatan 3,10 Å dan 3,08 Å dan gugus fenolik pada atom C13 yang membentuk ikatan hidrogen dengan Arg 434 dan Gln 506. Adanya lima ikatan hidrogen ini membuat stabil sehingga energi afinitasnya sangat rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Isoflavon yang terdapat pada tempe terutama faktor II mempunyai potensi yang paling baik sebagai hormon pengganti estrogen karena mempunyai energi afinitas yang paling tinggi diantara isoflavon lain terhadap RE α dengan potensi estrogenik 94,52 % .

Perlu dilakukan penelitian pada skala laboratorium, peran faktor II sebagai pengganti hormon estrogen pada reseptor estrogen α .

DAFTAR RUJUKAN

- Allred, Craig, D., Brown, P., & Medina, D. (2004). The origin of estrogen receptor alpha-positive and estrogen alpha-negative human breast cancer. Texas, USA. *Breast Cancer Research*, 6, 240-245.
- Clark, J.H, Schrader, W.T, & O'Malley, B.W. (1992). *Mechanisms of action of Steroid hormones*. In : Wilson J, Foster DW (eds) *Textbook of Endocrinology*. WB Saunders Company, Philadelphia, 35-90.

Gyorgy, P., Murata, K., & Ikehata, H. (1964). Antioxidants isolated from fermented soybeans tempeh. *Nature*. 203, 872-875.

Kuiper, & George G. J. M. (1998). ENDOCRINOLOGY: Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor β . *The Endocrine Society*. 139, 4252-4263.

Prawiroharsono, S. (2001). Prospek dan Manfaat isoflavon untuk kesehatan. <http://www.tempo.co.id/medika/arsip/042001/pus-s.htm>.

Trott O., & Olson A. (2010). Autodock Vina: Improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization and multithreading. *J Comp Chem*, 31, 455-461.

Studi Awal Kemampuan Adsorpsi Komposit Kulit Telur Ayam dengan Sekam Padi sebagai Adsorben Metil Orange

Embun Rachma Haqiqi

Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Madiun,

email: embun.haqiqi@unipma.ac.id

Received: 07/06/2018; Revised: 21/06/2018; Accepted: 22/06/2018

Abstrak

Industri tekstil berkontribusi atas terjadinya pencemaran lingkungan, yaitu pencemaran perairan oleh limbah zat warna tekstil. Pada penelitian ini, kulit telur ayam dan sekam padi dipreparasi sebagai adsorben dalam rangka mengatasi masalah limbah zat warna tekstil. Metode penelitian terdiri dari proses preparasi adsorben, adsorpsi, dan pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Proses adsorpsi melibatkan 5 sampel adsorben komposit dengan variasi rasio 3:1, 2:1, 1:1, 1:2, dan 1:3. Berdasarkan hasil penelitian, adsorben kulit telur ayam yang dikombinasikan dengan sekam padi dan variasi rasio 1:3 mampu mengadsorpsi metil orange dari larutan sampai sebesar 55,90%. Sehingga, cangkang telur ayam dan sekam padi sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben. Faktor yang mendukung potensinya sebagai adsorben adalah karakter gugus fungsi dan keberadaannya di alam yang mudah ditemukan, melimpah, serta ekonomis.

Kata kunci: adsorben, kulit telur ayam, metil orange, sekam padi, spektrofotometri.

Abstract

The textile industry contribute over the occurrence of environmental pollution, namely the pollution of waters by textile dyes. In this study, chicken eggshell and rice husk is prepared as an adsorbent in order to resolve the problem of textile dyes pollution. Research method consists of the adsorbents preparation process, adsorption, and measurement using spectrophotometer UV-Vis. This process involves 5 adsorbent composite sample with the variation of ratio 3:1, 2:1, 1; 1, 1:2, and 1:3. Based on this research results, chicken eggshell adsorbent combined with rice husk and variation of ratio 1:3 has the capability to adsorb methyl orange from aqueous solution up to 55,90%. So, eggshell and rice husk are very potential used as an adsorbent. Factors that favour its potential as an adsorbent is the character of functional groups and its existence in nature that is easily found, abundant, as well as economical.

Keywords: adsorbent, chicken eggshell, methyl orange, rice husk, spectrophotometry.

PENDAHULUAN

Penggunaan zat warna pada industri tekstil yang dibuang ke lingkungan tanpa proses pengolahan limbah yang baik dan benar telah menimbulkan pencemaran lingkungan. Zat warna tekstil merupakan salah satu limbah yang sifatnya tidak mudah diuraikan dan karsinogenik, karena terbuat dari senyawa azo dan turunannya (Widjajanti, 2009). Metil Orange adalah zat warna Azo yang banyak digunakan dalam industri tekstil di Indonesia. Rumus senyawa ini adalah $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$, biasa

digunakan sebagai indikator pada titrasi asam-basa. Oleh karena itu, dalam rangka menangani masalah pencemaran lingkungan oleh zat warna tekstil, perlu dilakukan pengolahan limbah melalui proses kimia, fisika, dan biologi. Salah satu metode yang marak diteliti karena kemudahan dan efisiensinya adalah metode adsorpsi.

Pengembangan biomassa sebagai adsorben dalam upaya penanganan masalah limbah telah banyak dilakukan. Sutiyani dan Sukarnen pada tahun 2015

melaporkan ampas tebu dan serbuk kayu sebagai adsorben air limbah pewarnaan jeans, ampas tebu sebagai adsorben zat warna cibacron red (Diapati, 2009), arang ampas tebu sebagai adsorben ion logam dalam limbah air (Apriliani, 2010), tongkol jagung sebagai adsorben zat warna *reactive blue 19* (Purnama dan Kurnianto, 2016), dan tongkol jagung sebagai adsorben besi air tanah (Rahayu dan Adhitiyawarman, 2014). Adapun adsorpsi zat warna metil orange telah diteliti oleh Mahatmanti dan Sumarni (2003) serta Zhao *et al.* (2017) menggunakan adsorben kitosan, adsorben serbuk biji labu teraminasi (Subbaiah dan Kim, 2016), adsorben Kaolinite (Sejie dan Nadiye-Tabbiruka, 2016), dan adsorben serbuk kulit kayu (Egwuonwu, 2013).

Kulit telur ayam dan sekam padi adalah sumber pembuatan adsorben yang potensial karena mudah ditemukan, melimpah, dan ekonomis. Kulit telur ayam tersusun dari 94% kalsium karbonat, 1% kalium fosfat, dan 1% magnesium karbonat (Saputra, 2005), sedangkan sekam padi terdiri dari protein, lemak, serat, pentosa, selulosa, hemiselulosa, lignin, dan senyawa anorganik. Adapun kulit telur ayam telah dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar logam limbah cair industri elektroplating sebagaimana telah dilaporkan Susanto *et al.* (2017), adsorben peningkatan kualitas minyak jelantah (Fitriyana & Safitri, 2015), adsorben pemisahan kromium (Daraei *et al.*, 2013), adsorpsi pergasol red proses *batch* (Sanredina *et al.*, 2017), dan sebagai adsorben zat warna metil orange dalam larutan (Nurlaeli *et al.*, 2017). Adapun sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam berat dalam air sebagaimana dilaporkan Wardalia (2016).

Berdasarkan studi literatur, baik kulit telur ayam maupun sekam padi berpotensi sebagai adsorben karena mudah ditemukan, melimpah, dan ekonomis. Selain itu, pemanfaatannya sebagai adsorben juga telah banyak dikembangkan. Sehingga, dalam rangka mengetahui aktivitas keduanya sebagai adsorben jika dikombinasikan, perlu dilakukan pengukuran nilai adsorbansi larutan metil orange sebelum dan setelah adsorpsi dengan Spektrofotometer.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah: termometer, spatula, batang pengaduk, gelas arloji, ayakan, blender (national), neraca analitik, mortar, pastel, botol kaca, labu ukur, gelas ukur, gelas kimia, pipet ukur, corong kaca, tabung *centrifuge*, instrumen *centrifuge*, instrumen Spektrofotometer Genesys 20.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah: cangkang telur (warung Madiun), sekam padi (Ciherang Bojonegoro), metil orange, indikator pH universal, *aluminium foil*.

Prosedur yang digunakan

1. Preparasi Adsorben

Pertama, kulit telur ayam dicuci bersih dengan air ledeng. Setelah bersih, kemudian dijemur sampai kering dan dihaluskan dengan cara diblender. Sedangkan sekam padi yang diperoleh dari Bojonegoro sudah berupa serbuk halus hasil pemisahan biji padi dari kulitnya yang dijemur sampai kering.

Langkah kedua adalah memanaskan kedua sumber adsorben pada temperatur 105 °C selama 15 menit. Kemudian

menyiapkan sampel analisis berupa adsorben dengan rasio kulit telur ayam dan sekam padi a) 3:1, b) 2:1, c) 1:1, d) 1:2, e) 1:3.

2. Adsorpsi Metil Orange

Proses adsorpsi dilakukan dengan mencampur 11 gram adsorben, yang telah divariasikan rasio antara kulit telur ayam dan sekam padi, dengan 50 mL larutan zat warna metil orange 20 ppm ke dalam botol 100 mL. Adsorpsi dilakukan dengan proses pengadukan oleh *shaker* 200 rpm selama 60 menit. Setelah 60 menit, botol diambil dari *shaker* dan didiamkan hingga terlihat pemisahan antara endapan dan larutan. Kemudian, larutan di-*centrifuge* untuk selanjutnya diukur nilai adsorbansinya setelah reaksi dengan Spektrofotometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1. terdapat 5 sampel adsorben berupa komposit dari kulit telur ayam dengan sekam padi yang ditambahkan ke dalam larutan zat warna metil orange. Massa adsorben yang digunakan adalah 11 gram dan volume larutan metil orange sebanyak 50 mL sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurlaili *et al.* (2017). Serbuk kulit telur ayam tanpa membran memiliki warna putih kecoklatan, serbuk sekam padi coklat keabu-abuan, dan larutan zat warna memiliki warna orange. Pada penelitian pendahuluan ini, serbuk kulit telur ayam dan sekam padi yang digunakan mendapat perlakuan pemanasan pada 105°C tanpa pencucian khusus dengan pelarut tertentu.



Gambar 1. Sampel adsorben sebelum adsorpsi dengan variasi rasio kulit telur ayam dengan sekam padi a) 3:1, b) 2:1, c) 1:1, d) 1:2, e) 1:3.

Proses adsorpsi larutan metil orange berlangsung pada temperatur ruang selama 60 menit, dan diaduk dengan *shaker* pada kecepatan 200 rpm. Jika dibandingkan antara Gambar 1 dan Gambar 2, terlihat adanya penurunan intensitas warna larutan setelah adsorpsi berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa komposit kulit telur ayam dengan sekam padi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben zat warna metil orange.



Gambar 2. Sampel adsorben setelah adsorpsi dengan variasi rasio kulit telur ayam dengan sekam padi a) 3:1, b) 2:1, c) 1:1, d) 1:2, e) 1:3.

Berdasarkan data hasil pengukuran adsorbansi yang dapat dilihat pada Tabel 1, penurunan adsorbansi tertinggi dihasilkan oleh komposit dengan rasio massa kulit telur ayam dengan sekam padi 1:3 sebesar 55,90%. Faktor yang berperan dalam

proses adsorpsi yaitu adanya gugus fungsi karbonat, amina, $-OH$, dan $-C=O$. Tsai *et al.* (2005) dan Cavarlo *et al.* (2011) melaporkan bahwa pada sampel kulit telur ayam muncul puncak berupa mineral karbonat serta vibrasi kalsium karbonat berturut-turut pada daerah bilangan gelombang 1417-1425,40; 875,68; dan $711,73\text{ cm}^{-1}$. Hasil ini juga tidak berbeda dengan laporan penelitian oleh Zulfikar *et al.* (2013). Adapun pada sampel sekam padi muncul puncak vibrasi $-OH$ pada $3448,72\text{ cm}^{-1}$ (Badriyah dan Putri, 2017), dan $-C=O$ yang dapat berkonjugasi disekitar $1649,19\text{ cm}^{-1}$ (Tarley dan Arruda, 2004).

Tabel 1. Data adsorpsi sampel komposit kulit telur ayam dengan sekam padi

Sampel	A awal	A akhir	Penurunan Adsorbansi
A (3:1)	1,973	1,106	43,94%
B (2:1)	1,973	1,059	46,33%
C (1:1)	1,973	1,022	48,20%
D (1:2)	1,973	0,982	50,23%
E (1:3)	1,973	0,870	55,90%

Salman *et al.* (2012) telah mempelajari kemampuan adsorpsi kulit telur ayam terhadap larutan zat warna tekstil. Ada tiga jenis sampel adsorben yang dipelajari, yaitu adsorben dari kulit telur ayam, kulit telur dan membran, serta membran, sedangkan sampel zat warna tekstil yang digunakan adalah metilen biru (kation), metil orange (anion), dan bromofenol biru (anion). Berdasarkan hasil penelitian, ketiga bentuk adsorben tersebut berpotensi dalam menurunkan intensitas zat warna kationik maupun anionik dari air maupun limbah cair. Menurut Koumanova *et al.* (2005), faktor yang berpengaruh tidak hanya karakter pori tetapi juga gugus fungsional pada permukaan adsorben. Gugus pada permukaan adsorben yang

mampu bereaksi dengan zat warna adalah gugus hidroksil, amina, dan sulfonat. Pramanpol dan Nitayapat (2006) menyebutkan bahwa adanya sisi aktif berupa gugus amina dan amida membuat adsorben menjadi bermuatan positif, sehingga berperan besar dalam gaya tarik elektrostatik terhadap zat bermuatan negatif. Hengpeng *et al.* (2010) dalam laporannya juga menyebutkan bahwa gugus $-C=O$ dan $-OH$ pada sekam padi efektif untuk adsorpsi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran spektrofotometer Visibel Genesys 20, diantara 5 sampel komposit (3:1, 2:1, 1:1, 1:2, dan 1:3) adsorben kulit telur ayam yang dikombinasikan dengan sekam padi dan variasi rasio 1:3 mampu mengadsorpsi metil orange dari larutan sampai sebesar 55,90%. Sedangkan penurunan adsorbansi berturut-turut pada rasio massa kulit telur ayam dengan sekam padi 3:1,2:1, 1:1, dan 1:2 adalah 43,94%; 46,33%; 48,20%, dan 50,23%. Sehingga, kulit telur ayam dan sekam padi sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben. Faktor yang mendukung potensinya sebagai adsorben adalah karakter gugus fungsi dan keberadaannya di alam yang mudah ditemukan, melimpah, serta ekonomis.

Saran untuk penelitian selanjutnya, adalah perlu mempelajari pengaruh faktor adsorpsi yang lain seperti massa adsorben, konsentrasi zat warna, waktu kontak, jenis zat warna, metode preparasi, dan pH. Setelah semua faktor dipelajari, maka komposit ini dapat dioptimasi kemampuannya sebagai adsorben zat warna. Selain itu juga perlu dilakukan modifikasi adsorben dengan cara aktivasi asam basa.

DAFTAR RUJUKAN

- Apriliani, A. (2010). *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air Limbah*. Skripsi. Fakultas Sainstek UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Badriyah, L. & Putri, M. P. (2017). Kinetika adsorpsi cangkang telur pada zat warna metilen biru. *Journal of Chemistry*, 5(3), 85-91.
- Carvalho, J., Araujo, J., & Castro, F. (2011). Alternative low-cost adsorbent for water and wastewater decontamination derived from eggshell waste: An overview. *Waste Biomass Valor*, 2, 157-167.
- Daraei, H., Mittal, A., Noorisephr, M., & Mittal, J. (2013). Separation of chromium from water samples using eggshell powder as a low-cost sorbent: kinetic and thermodynamic studies. *Desalination and Water Treatment*, Hal. 1-7.
- Diapati. M. (2009). *Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif Cibacron Red*. Skripsi. FMIPA, Kimia IPB.
- Egwuonwu, P. D. I. M. (2013). Adsorption of methyl red and methyl orange using different tree bark powder. *Academic Research International*, 4(1), 330-338.
- Fitriyana & Safitri, E. (2015). Pemanfaatan cangkang telur ayam sebagai adsorben untuk meningkatkan kualitas minyak jelantah. *Konversi*, 4(1), 12-16.
- Hengpeng, Y., Qing, Z., & Dongyun, D. (2010). Adsorptive removal of Cd(II) from aqueous solution using natural and modified rice husk. *Bioresourc Technology*, 101, 5175-5179.
- Koumanova, B., Peeva, P., Allen, S. J., Gallagher, K. A., & Healy, M. G. (2002). Biosorption from aqueous solution by egg shell membranes and *Rhizopus oryzae*: Equilibrium and kinetic studies. *J. Chem. Technol. Biotechnol*, 77, 539-545.
- Mahatmanti, F. W. & Sumarni, W. (2003). Kajian Termodinamika penyerapan zat warna indikator metil orange (MO) dalam larutan air oleh adsorben kitosan. *JSKA*, VI(2), 1-19.
- Nurlaili, T., Kurniasari, L., & Ratnani, R. D. (2017). Pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai adsorben zat warna methyl orange dalam larutan. *Inovasi Teknik Kimia*, 2(2), 11-14.
- Pramanpol, N., & Nitayapat, N. (2006). Adsorption of reactive dye by eggshell and its membrane. *Kasetsat J.: Nat. Sci.*, 40, 192-197.
- Purnama, H. & Kurnianto, A. R. (2016). Pemanfaatan tongkol jagung untuk adsorpsi zat warna *Reactive Blue 19*. *The 3rdUniversty Research Coloquium*, Hal. 41-47.
- Rahayu, A. N. & Adhitiyawarman. (2014). Pemanfaatan tongkol jagung sebagai adsorben besi pada air tanah. *JKK*, 3(3), 7-13.
- Salman, D. D., Ulaiwi, W. S., & Tariq, N. M. (2012). Determination of the optimal conditions of Methylene Blue adsorption by the chicken egg shell membrane. *International Journal of Poultry Science*, 11(6), 391-396.
- Sanredina, Irianty, R. S., & Yelida. (2017). Pengaruh massa adsorben terhadap adsorpsi pergasol red dengan proses Batch menggunakan cangkang kulit

- telur terkalsinasi. *Jom FTEKNIK*, 4(1), 1-4.
- Saputra, W. H. (2005). *Sifat Fisik Dan Organoleptik Minuman Instan Madu Bubuk Dengan Penambahan Efek Effervescent Dari Tepung Kerabang Telur*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Sejie, F. P. & Nadiye-Tabbiruka, M. S. (2016). Removal of methyl orange (MO) from water by adsorption onto modified local clay (Kaolinite). *Physical Chemistry*, 6(2), 39-48.
- Subbaiah, M. V. & Kim, D-S. (2016). Adsorption of methyl orange from aqueous solution by aminated pumpkin seed powder: Kinetics, isotherms, and thermodynamic studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 128, 109–117.
- Susanto, T. N., Atmono, & Natalina. (2017). Pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai media adsorben dalam penurunan kadar logam kromium heksavalen (Cr^{6+}) pada limbah cair industri elektroplating. *Ecolab*, 11(1), 1–52.
- Sutiyani, F. & Sukarnen. (2015). Uji efektivitas pemanfaatan limbah ampas tebu dan serbuk kayu sebagai adsorben untuk pengolahan air limbah pewarnaan jeans. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. Hal. 663-670.
- Tarley, C. R & Arruda, M. A. (2004). Biosorption of heavy metals using rice milling by-products, Characterisation and application for removal of metals from aqueous effluents. *Chemosphere*, 54(7): 987-95.
- Tsai, W. T., Yang, J. M., Lai, C. W., Cheng, Y. H., Lin, C. C., & Yeh, C. W. (2006). Characterization and adsorption properties of eggshells and eggshell membrane. *Bioresource Technology*, 97(3): 488-493.
- Wardalia. (2016). Karakterisasi pembuatan adsorben dari sekam padi sebagai pengadsorp logam timbal pada limbah cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2), 83–88.
- Widjajanti, E. (2009). Kajian Penggunaan Adsorben Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Zat Pewarna Tekstil. *Proseding Seminar Nasional Kimia*.
- Zhao, P., Zhang, R., & Wang, J. (2017). Adsorption of methyl orange from aqueous solution using chitosan/diatomite composite. *Water and Science Technology*, In Press. Hal. 1-10.
- Zulfikar, M. A., Novita, E., Hertadi, R., & Djajanti, S.D. (2013). Removal of humid acid from peat water using untreated powdered eggshell as a low cost adsorbent. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 10, 1357-1366.
-

Sintesis dan Karakterisasi Busa Poliuretan dari Minyak Goreng Bekas dan Toluena Diisocyanat dengan Penambahan PEG-400

Estin Nofiyanti^{*}, Nida Mariam

Prodi S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya

^{*}email: estin.nofi@umtas.ac.id

Received: 08/06/2018; Revised: 23/06/2018; Accepted: 24/06/2018

Abstrak

Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mensintesis busa poliuretan dari minyak goreng bekas dan Toluena Diisocyanat (TDI) dengan penambahan PEG-400 serta karakterisasi busa poliuretan yang terbentuk. Minyak goreng bekas dikonversi terlebih dahulu menjadi polioliol sebelum direaksikan dengan TDI. Polimerisasi dilakukan pada temperatur kamar dengan variasi komposisi polioliol minyak goreng bekas-TDI - PEG 400 yaitu (2:1,5:0); (2:1,5:1); (2:1,5:2); dan (2:1,5:3). Karakterisasi poliuretan hasil meliputi penentuan gugus fungsi menggunakan FTIR, jumlah ikatan silang menggunakan derajat pengembangan, dan sifat termal poliuretan menggunakan DTA. Poliuretan berhasil disintesis dari polyoliol minyak goreng bekas-PEG-400-TDI ditunjukkan adanya serapan karakteristik poliuretan dari spektra FTIR. Penambahan PEG-400 dapat menyempurnakan polimerisasi dan meningkatkan derajat pengembangan (ikatan silang semakin sedikit). Pengujian sifat termal poliuretan optimum dengan komposisi polyoliol minyak goreng bekas-TDI - PEG 400 (2 : 1,5 : 1) menunjukkan bahwa temperatur transisi gelas sebesar 256 °C dan temperatur degradasinya sebesar 275 °C.

Kata kunci: minyak goreng bekas, TDI, PEG-400, DTA

Abstract

This research aimed to synthesize polyurethane foam from waste cooking oil and toluene diisocyanate (TDI) with addition of PEG-400, and its characterization. The waste cooking oil converted into polyoliol before used as raw material. Polymerization has been done in room temperature used various composition polyoliol : TDI : PEG-400 were (2 : 1,5 : 0); (2 : 1,5 : 1); (2 : 1,5 : 2); and (2 : 1,5 : 3). The products were analyzed functional groups used FTIR, crosslinking polyurethane used swelling degree, and thermal properties used DTA. The result showed that polyurethane foam had been successfully synthesized by the reaction polyoliol of waste cooking oil-TDI-PEG-400. The result also showed that by adding PEG-400 can enhance polymerization process more completely and increase swelling degree. Analyze thermal stability showed that polyurethane with composition (2 : 1,5 : 1) had transition glass (T_g) 256 °C and temperature degradation (T_d) 275 °C.

Keywords: waste cooking oil, TDI, PEG-400, DTA

PENDAHULUAN

Sekitar 70% aplikasi poliuretan paling banyak adalah sebagai busa, kemudian diikuti dengan elastomer, baru kemudian sebagai lem dan pelapis. Di dunia industri, poliuretan diproduksi dalam bentuk busa-busa yang kuat dan fleksibel dengan konduktivitas rendah sehingga dapat digunakan sebagai bahan isolator panas (Stevens, 2007). Di bidang

kedokteran, poliuretan digunakan sebagai bahan pelindung muka, dan kantung darah, juga sebagai bahan pelapis dan pembungkus.

Sutiani dan Bidza (2013) telah mempelajari bagaimana penggunaan sumber polyoliol dari alam dan perbandingan komposisi polyoliol dengan PEG yang digunakan dapat menentukan kualitas dari poliuretan yang terbentuk. Sifat mekanik

poliuretan dapat diperoleh dengan mengubah perbandingan komposisi (-OH/NCO) dan jenis gugus hidroksi dari polyol yang digunakan. Arniza *et al.* (2015) juga telah melakukan sintesis poliuretan dari polioli hasil transesterifikasi minyak kelapa sawit. Berdasarkan uraian di atas penambahan aditif pada proses polimerisasi sebagai pemanjang rantai (*chain extender*) diperlukan agar lebih mudah bereaksi dengan isosiadat dan diperoleh busa poliuretan dengan sifat termal yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan TDI, sumber polioli berupa minyak goreng bekas yang terhidroksilasi, dan aditif PEG-400. Sintesis poliuretan dilakukan dengan cara memvariasikan komposisi PEG-400 terhadap konsentrasi total reaktan. Karakterisasi yang dilakukan terhadap poliuretan hasil sintesis meliputi penentuan gugus fungsi poliuretan menggunakan spektrofotometer FTIR, dan penentuan ikatan silang menggunakan derajat pengembangan.

Rancangan penelitian pada sintesis poliuretan dari minyak goreng bekas dan TDI dengan PEG-400 terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: (1) reaksi hidroksilasi minyak goreng bekas dengan menggunakan asam formiat 90 % (v/v) dan hidrogen peroksida 50 % (v/v). Temperatur reaksi dipertahankan pada 40 °C dengan mengatur termostat dan aliran pendingin

dengan waktu reaksi selama 1,5 jam. (2) Proses pembuatan poliuretan dilakukan dengan perbandingan reaktan (gram) Polyol-TDI-PEG-400 yaitu 2 : 1,5 : 1. Reaksi polimerisasi dilakukan pada suhu ruang 28 °C selama 20 menit sehingga diperoleh poliuretan *preure*. Kemudian poliuretan *preure* dituang di atas cetakan dan dibiarkan mengeras. (3) Poliuretan yang terbentuk dianalisis gugus fungsi menggunakan FTIR, ikatan silang menggunakan swelling degree, dan sifat termal menggunakan DTA.

Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah: analisa gugus fungsi dengan FTIR. Analisis dilakukan pada busa poliuretan yang terbentuk. Analisis ini bertujuan untuk memastikan pembentukan busa poliuretan dari gugus fungsi yang ditampilkan spektra FTIR.

Analisis ikatan silang dilakukan dengan menentukan derajat pengembangan (*swelling degree*). Analisis sifat termal dilakukan menggunakan DTA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Poliuretan disintesis dari minyak Goreng Bekas dan toluena diisosiadat (TDI) dengan perbandingan komposisi polioli minyak Goreng Bekas : TDI yaitu 2 : 1,5. Dari tiap variasi komposisi ditambahkan PEG-400. Sintesis poliuretan dan proses *curing* dilakukan pada temperatur kamar. Sifat poliuretan hasil sintesis dari polioli – TDI – PEG 400 ditunjukkan pada Tabel 1.

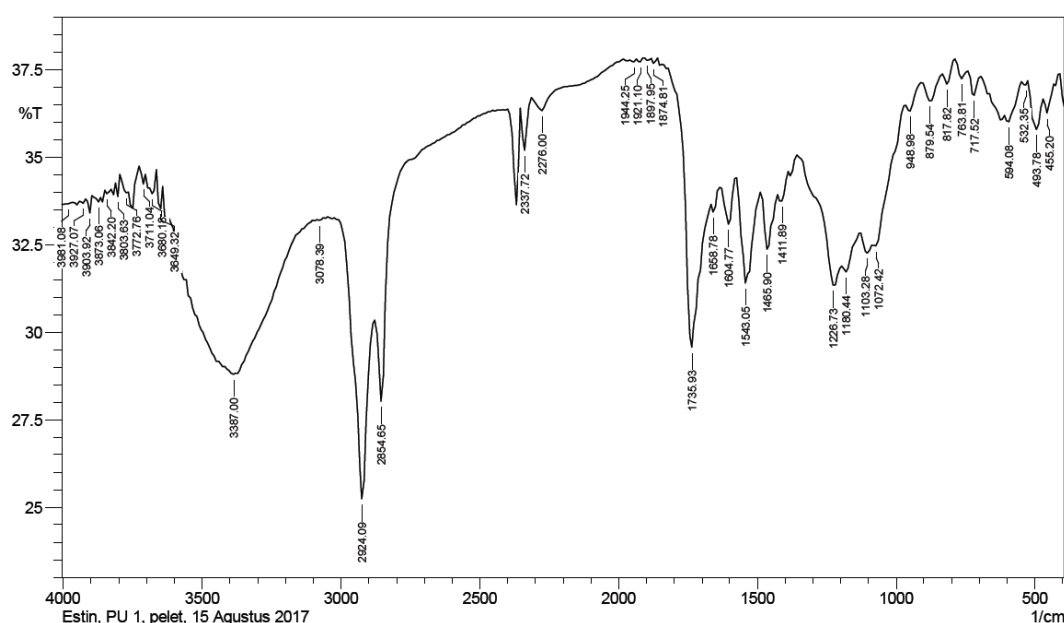
Tabel 1. Sifat Poliuretan Hasil Sintesis dari Polyol – TDI - PEG 400

Sampel	Variasi Komposisi Polyol- TDI - PEG 400	Poliuretan sebelum dicetak	Sifat Poliuretan yang terbentuk
Poliuretan 1	2 : 1,5 : 0	Cairan berwarna putih keruh	Keras, kuat
Poliuretan 2	2 : 1,5 : 1	Cairan berwarna putih keruh	Sedikit lunak, keras, sedikit berpori
Poliuretan 3	2 : 1,5 : 2	Cairan berwarna putih keruh	Lunak, sedikit berpori
Poliuretan 4	2 : 1,5 : 3	Cairan berwarna putih keruh	Keras, berpori

Hasil karakterisasi terhadap poliuretan hasil sintesis menggunakan FTIR menunjukkan pita serapan pada daerah yang karakteristik untuk poliuretan seperti gugus N-H, C=O, dan C-O. Ifa *et al.* (2008) menyatakan bahwa terbentuknya poliuretan ditandai dengan berkurangnya intensitas gugus isosiadat (N=C=O) dari TDI. Spektra FTIR yang diperoleh menunjukkan adanya serapan khas pada $\sim 1735,93 \text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan gugus C=O uretan (Rus *et al.*, 2015). Serapan pada $\sim 2276,00 \text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan gugus -NCO. Serapan pada $\sim 3387,00 \text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan gugus N-H. Serapan pada 1072 cm^{-1} menunjukkan adanya

serapan C-O (Wolska *et al.*, 2012; Rohaeti dan Suyanta, 2011; Ifa *et al.*, 2008). Spektra FTIR poliuretan hasil sintesis dari Polyol : TDI : PEG-400 dengan variasi komposisi 2 : 1,5 : 1 dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa seluruh poliuretan yang terbentuk memiliki derajat pengembangan bernilai positif untuk semua variasi komposisi. Hal ini mengindikasikan bahwa poliuretan yang terbentuk memiliki ikatan silang. Pengembangan poliuretan terjadi akibat molekul-molekul air yang digunakan sebagai pelarut mampu menembus jaringan poliuretan hasil sintesis.

**Gambar 1.** Spektra FTIR Poliuretan Hasil Sintesis dari Polyol : TDI : PEG-400 (2:1,5:1)

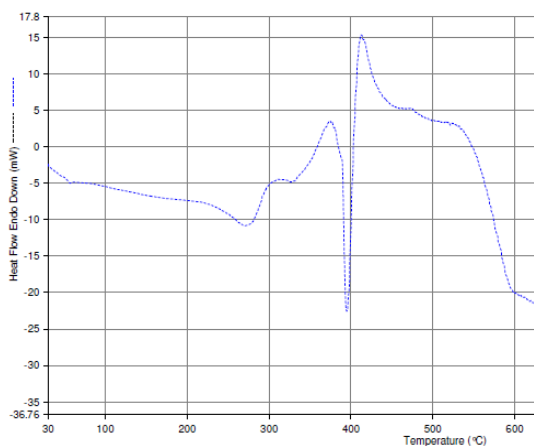
Nilai derajat pengembangan yang semakin besar menunjukkan bahwa poliuretan hasil sintesis mengandung sedikit ikatan silang dan mudah ditembus oleh pelarut. Poliuretan hasil sintesis dengan komposisi (poliol – TDI – PEG-400) 2:1,5:2 memiliki jumlah ikatan silang paling sedikit. Hal ini disebabkan semakin banyaknya sumber hidroksil yang

digunakan dalam sintesis sedangkan sumber –NCO dari TDI dalam jumlah tetap.dengan penambahan PEG-400 tersebut dapat menyempurnakan polimerisasi sehingga gugus –NCO dari TDI dapat bereaksi lebih banyak menghasilkan poliuretan dengan struktur linier atau bercabang.

Tabel 2. Derajat Pengembangan Poliuretan Hasil Sintesis

Sampel	Massa		Swelling Degree (%) Akhir kering
	Massa sebelum direndam (gram)	Massa sesudah direndam (gram)	
Polyol : TDI : PEG-400 (2 : 1,5 : 0)	0,27	0,29	0
Polyol : TDI : PEG-400 (2 : 1,5 : 1)	0,53	0,78	13,21
Polyol : TDI : PEG-400 (2 : 1,5 : 2)	0,65	1,25	23,08
Polyol : TDI : PEG-400 (2 : 1,5 : 3)	0,69	1,03	15,94

Sifat termal poliuretan hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan teknik DTA. Berdasarkan termogram DTA yang diperoleh maka T_g , T_d , dan T_m dari poliuretan hasil sintesis dapat ditentukan. Termogram DTA poliuretan hasil sintesis dari komposisi poliol – TDI – PEG 400 dengan variasi komposisi 2 : 1,5 : 1 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Termogram DTA Poliuretan Hasil Sintesis dari Komposisi Polyol – TDI – PEG 400 dengan Variasi Komposisi 2:1,5:1

Berdasarkan Gambar 2. dapat ditentukan transisi termal yang terjadi pada poliuretan hasil sintesis dengan nilai temperature gelas (T_g) yaitu 256 °C dan temperature degradasi (T_d) yaitu 275 °C.

KESIMPULAN

Poliuretan dari minyak goreng bekas-TDI-PEG-400 telah berhasil disintesis yang ditunjukkan adanya serapan karakteristik gugus fungsi poliuretan. Poliuretan hasil memiliki derajat pengembangan bernilai positif. Pengujian sifat termal poliuretan optimum dengan komposisi poliol minyak goreng bekas– TDI - PEG 400 (2 : 1,5 : 1) menunjukkan bahwa temperatur transisi gelas sebesar 256 °C dan temperatur degradasinya sebesar 275 °C.

DAFTAR RUJUKAN

- Arniza, M. Z., Hoong, S. S., Idris, Z., Yeong, S. K., Hassan, H.A., Din, A. K., & Choo, Y. M. (2015). Synthesis of Transesterified Palm Oil-Based Polyol and Rigid Polyurethanes from this Polyol. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 92(2), 243-255.
- Ifa, L., Sumarno., Susianto, & Mahfud. (2008). Pembuatan Flexible Poliurethane Foam dari Polyol Berbasis Minyak Sawit. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 7, 87-96.
- Rohaeti, E. & Suyanta. (2011). Analisis Sifat Termal Poliuretan Berbasis Minyak Jarak dan Toluena Diisosiyanat dengan Teknik DTA dan TGA. *Prosiding, Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA yang diselenggarakan oleh FMIPA UNY, tanggal 14 Mei 2011*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Rus, A. Z. M., Salim, N. S. M., & Sapiee, N. H. (2015). Recycling of Cooking Oil Waste into Reactive Polyurethane for Blending with Thermoplastic Polyethylene. *International Journal of Polymer Science*, 1-10.
- Stevens, M. P. (2007). Terjemahan Iis Sopyan, *Kimia Polimer*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Sutiani, A., & Bidza, K. R. (2013). Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol, PEG1000 dan MDI terhadap Sifat Mekanik Perekat Poliuretan. *Prosiding Semirata yang diselenggarakan oleh FMIPA UNILA 2013*. Lampung: Universitas Negeri Lampung
- Wolska, A., Gozdzikiewicz, M., & Ryszkowska, J. (2012). Thermal and Mechanical Behaviour of Flexible Polyurethane Foams Modified with Graphite and Phosphorous Fillers. *J. Mater.Sci.*, 47, 5627-5634.

Pengukuran Indeks Keamanan Proses Produksi MMA (*Methyl Methacrylate*) dengan ISV (*Index Safety Value*)

Dyan Hatining Ayu Sudarni^{1*}, Juwari²⁾

¹⁾Teknik Kimia, Teknik, Universitas PGRI Madiun

²⁾Teknik Kimia, Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

*email: dhy.anayu@gmail.com

Received: 12/06/2018; Revised: 24/06/2018; Accepted: 24/06/2018

Abstrak

Industri kimia memiliki berbagai tahapan proses dalam setiap produksi. Setiap tahapan prosesnya memiliki tingkat kegagalan atau risiko dilihat dari bahan kimia, kondisi proses dan peralatan. Metode penilaian kegagalan penelitian sebelumnya mengintegrasikan tiga aspek yang dibagi menjadi dua parameter utama. Penelitian ini berkaitan dengan penilaian keamanan dengan tiga integrasi yang disebut nilai keamanan indeks (ISV). Cara penilaian dengan ISV dimulai dengan menentukan parameter, penilaian tiap parameter dan selanjutnya diintegrasikan. Penelitian ini mengambil produksi *methyl methacrylate* (MMA) dengan *acetone cyanohydrin* (ACH) sebagai kasus yang akan dipelajari. Parameter utama berupa bahan kimia dan kondisi operasi. Produksi MMA memiliki empat langkah proses produksi. Dimulai dengan produksi HCN, ACH, HMPA / HMPSE dan yang terakhir MMA. Dari empat langkah tersebut HCN memiliki tingkat risiko yang tinggi, dengan nilai indeks 0,299 dan karakteristik 'Moderate'. Sedangkan risiko yang rendah adalah MMA dengan nilai indeks 0,201 dan karakteristik 'Light'

Kata kunci: *Methyl Methacrylate*, Tingkat risiko, Penilaian keamanan, *Index Safety Value*, Standarisasi

Abstract

The chemical industry has various stages of production processes. The level of the risk of fail can be discerned from chemicals, the process condition and equipment. The method of risk assessment failure to research has not previously been integrating the three aspects which is divided into two main of the parameters. This research deals with an assessment of the safety of with three aspect integration called index safety value (ISV). The assessment technique ISV was with a determining parameters, assessment of each ISV parameter, and assessment with integration. The research use production methyl methacrylate (MMA) with acetone cyanohydrin (ACH) as the case to be studied. Main parameters are safety chemicals and safety conditions in an operation. Production of MMA has four steps production process. The first step is HCN product, ACH product, HMPA/HMPSE and the last is the production of MMA. From the four steps the HCN product has higher risk level, with an index value of 0,299 and moderate characteristics. The low less risk level is step of production of MMA with index value 0,201 and light characteristics

Keywords: Methyl Methacrylate, Risk Level, Safety Assessment, Index Safety Value, Standardization

PENDAHULUAN

Keamanan merupakan suatu strategi yang digunakan untuk mengurangi risiko dari kecelakaan. Salah satu metode yang terkenal sampai sekarang adalah *DOW Fire*. Metode ini bertujuan untuk mengukur kerusakan yang disebabkan oleh potensial terjadinya kebakaran dan insiden ledakan (Dow Chemical Company, 1987).

Pengukuran atau penilaian setiap metode bertujuan untuk mengurangi risiko kegagalan suatu proses. Pengurangan risiko kecelakaan pada tiap proses dapat diaplikasikan dengan strategi keselamatan yang inheren (*Inherent*) untuk mengurangi bahaya (Heikkila, 1999). *Inherent safety* adalah konsep, pendekatan keamanan yang berfokus pada menghilangkan atau

mengurangi bahaya yang berhubungan dengan serangkaian kondisi. Proses identifikasi dan penerapan keselamatan inheren dalam konteks tertentu disebut *inherent safety design*. Sebuah tahapan proses pengurangan bahaya diklasifikasikan menjadi empat kategori proses kontrol, yaitu inheren, pasif, aktif dan prosedural. Proses kontrol dengan inheren ini lebih lengkap dibandingkan dengan kategori proses kontrol pasif, aktif dan prosedural (Kletz, 2009).

Sebuah pabrik yang dibuat lebih aman dengan menambahkan peralatan kontrol dapat mengurangi kegagalan sehingga dapat dikatakan sebagai peralatan keamanan yang mendasar. Selain peralatan yang dikontrol, banyak strategi telah diperkenalkan untuk mengurangi atau meminimalkan konsekuensi kecelakaan. Dengan demikian harus dibangun suatu keadaan yang aman agar pekerja dapat mengurangi tingkat kecelakaan serta harus ada pemeliharaan peralatan untuk mencegah terjadinya kegagalan peralatan (Kletz, 2009).

Pada umumnya untuk perhitungan keamanan suatu proses terbagi satu atau dua parameter saja. Salah satu contoh metode perhitungan kegagalan dengan NuDITS terbagi atas dua parameter (Ahmad *et al.*, 2014). Sebenarnya pembagian parameter suatu keamanan dapat di bagi menjadi berbagai macam.

Salah satu pembagian parameter adalah penilaian keamanan bahan kimia, dimana penilaian keamanan bahan kimia dibagi menjadi : tingkat mudah terbakar, meledak, bahan yang mengandung racun dan bahan kimia mudah bereaksi. Sedangkan untuk keamanan proses produksi terbagi menjadi : temperatur, tekanan dan proses inventori (inventaris).

Penelitian ini membahas tentang penilaian keamanan dengan integrasi yang menggunakan tiga aspek (bahan kimia, kondisi proses dan peralatan). Penelitian ini mengambil kasus produksi *methyl methacrylate* (MMA) dengan bahan baku *acetone cyanohydrin* (ACH) (Edwards, 1993). Berdasarkan perhitungan Edwards tahun 1993 masih banyak kekurangan dalam menentukan setiap parameter. Maka dari itu dilakukan penelitian dengan fokus utama mengembangkan penilaian keamanan yang baru dengan integrasi. Cara penilaian keamanan ini dengan cara menggunakan parameter keamanan bahan kimia dan keamanan kondisi prosesnya.

METODE PENELITIAN

Menghitung tingkat keamanan dengan ISV yaitu menggunakan dua parameter utama. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah keamanan proses dan keamanan kimia berdasarkan penilaian setiap peralatan.. Tahapan perhitungan metode baru ini;

a. Penentuan Parameter

Parameter utama yang digunakan untuk penilaian ini adalah kondisi keamanan saat proses dan keamanan bahan kimianya. Parameter dihitung berdasarkan setiap alat yang dilewati saat proses pembuatan MMA berdasarkan PFD (Chauvel dan Lefebvre, 1998). Parameter peralatan yang mempunyai kontribusi terjadinya ketidak amanan adalah reaktor, alat penukar panas, kolom. Perhitungan untuk memperoleh *Index Safety Value* (ISV)

$$ISV = IVC + IVP \quad (1)$$

Index Safety Value (ISV) adalah total dari kekeliruan nilai ketidak amanan, *Inherent Value Chemical* (IVC) adalah parameter keamanan berdasarkan jenis

bahan kimia yang nilainya dapat diketahui dari MSDS. Sedangkan *Inherent Value Process* (IVP) adalah keamanan dilihat dari saat kondisi operasi suatu pabrik yang akan diteliti.

b. Perhitungan dengan Metode *Index Safety Value*

Parameter dibagi menjadi dua parameter utama yang terdiri dari IVC dan IVP. Setiap parameter mempunyai sub parameter-parameter dengan rumusan sebagai berikut,

$$IVC = V_{FL} + V_{EXP} + V_{TOX} + V_{REAC} \quad (2)$$

$$IVP = V_T + V_P + V_{HR} + V_I \quad (3)$$

c. Penilaian dengan Integrasi

Penilaian Integrasi adalah penilaian secara total dengan persamaan (1) yang menggabungkan dengan semua aspek parameter.

d. Analisa Tingkat Keamanan Tiap Langkah dengan Standarisasi

Analisa tingkat keamanan untuk mengetahui bahaya pada suatu proses produksi menggunakan karakteristik penilaian pada Tabel 1. Setiap proses produksi suatu pabrik terdapat beberapa langkah produksi. Langkah-langkah dalam proses produksi tersebut diantaranya persiapan, reaksi, pemisahan dan pemurnian. Tabel 1 untuk mempermudah menentukan tingkat potensi terjadinya suatu kegagalan (Sudarni dan Juwari, 2016).

Tabel 1. Karakteristik Penilaian Tingkat Bahaya

Tingkat Bahaya	Indek
Severe	0,751 – 1
Heavy	0,501 - 0,75
Moderate	0,251 - 0,5
Light	0 - 0,25

Nilai dari tabel tersebut jika mendekati satu (x mendekati 1) maka

parameter sangat berkaitan yang menyebabkan insiden. Sedangkan jika nilai korelasi mendekati nol (x mendekati 0) maka parameter tersebut tidak terlalu berkaitan. Untuk itu dapat diperkirakan area atau langkah mana yang akan diprioritaskan terlebih dahulu agar dapat mengurangi ketidak amanan. Jadi setiap proses produksi dalam satu pabrik dapat dikatakan mempunyai rentangan indek (Sudarni dan Juwari, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini terfokus pada langkah pembuatan *methyl methacrylate* (MMA) dengan menggunakan *acetone cyanohydrin* (ACH). Proses produksi MMA dengan ACH terbagi menjadi empat langkah yaitu:

- Reaksi dengan senyawa Ammonia, Metana dan oksigen
- HCN dan *Aceton*
- ACH dan *Sulfuric Acid*
- HMPA/HMPASE dan Metanol

Penilaian dengan ISV ini terbagi menjadi dua parameter utama. *Inherent Value Chemical* (IVC) dan *Inherent Value Process* (IVP). Penilaian ini dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan 2 dan 3 pada Tabel 2. Tabel 2 dan 3 merupakan penjumlahan sesuai dengan tabel penentuan parameter setiap langkah proses produksi. Tabel 2 menjelaskan *Inherent Value Chemical* sedangkan Tabel 3 menjelaskan *Inherent Value Process*.

Tabel 2. Perhitungan *Inherent Value Chemical* dengan Metode ISV

Produk	V _{FL}	V _{EXP}	V _{TOX}	V _{REAC}
HCN	116,6	153,8	145	4
ACH	-145,3	64,2	780	6
HMPA/HMPSE	-44,9	145,9	620	4
MMA	32,2	51,3	400	4

Tabel 3 Perhitungan *Inherent Value Process* dengan Metode ISV

Produk	V _T	V _P	V _{HR}	V _I
HCN	1200	3,4	-3757	64
ACH	38	1	-458	91
HMPA/HMPSE	150	7	Small	98
MMA	130	7	Small	198

Selanjutnya dilakukan integrasi dengan tied. Cara menggunakan tied data statistik ini merupakan pemberian skor berdasarkan urutan mulai dari yang terendah diberikan skor terkecil dan seterusnya. Hasil nilai terlihat seperti pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Integrasi *Inherent Value Chemical* dengan Tied Data Statistik

Produk	V _{FL}	V _{EXP}	V _{TOX}	V _{REAC}
HCN	4	4	1	2
ACH	1	2	4	4
HMPA/ HMPSE	2	3	3	2
MMA	3	1	2	2

Tabel 5. Integrasi *Inherent Value Process* dengan Tied Data Statistik

Produk	V _T	V _P	V _{HR}	V _I
HCN	4	3	4	1
ACH	1	4	3	2
HMPA/ HMPSE	3	1,5	1,5	3
MMA	2	1,5	1,5	4

Tabel 6 merupakan perhitungan total dengan metode ISV. Sedangkan table 7 merupakan penilaian karakteristik tingkat bahaya yang akan terjadi sesuai dengan tabel 1.

Tabel 6. Perhitungan Total Metode ISV

Produk	IVC	IVP	ISV
HCN	11	12	23
ACH	11	10	21
HMPA/HMPSE	10	7,5	17,5
MMA	8	7,5	15,5

Tabel 7. Hasil Karakteristik Penilaian Tingkat Bahaya

Produk	Indek	Karakteristik
HCN	0.2987	Moderate
ACH	0.2727	Moderate
HMPA/ HMPSE	0.2273	Light
MMA	0.2013	Light

Hasil perhitungan keamanan tingkat bahaya yang paling besar adalah saat proses pembuatan MMA dengan ACH di langkah saat produksi HCN. Hal ini karena reaksi terjadi dengan temperatur tinggi dan mengalami reaksi eksotermis yang tinggi. Berdasarkan karakteristik penilaian tingkat bahaya yang paling cepat mengakibatkan potensi adanya kegagalan atau bahaya terdapat pada langkah pertama dengan karakteristiknya 'Moderate' dan memiliki nilai indek 0,299. Paling kurang berbahaya adalah langkah keempat dengan karakteristik 'Light' yang memiliki nilai indek 0,201. Metode ISV ini hanya dapat dipakai untuk satu proses produksi saja.

KESIMPULAN

Metode ISV lebih mudah penerapannya dengan membagi parameter *Inherent Value Chemical* dan *Inherent Value Process*. Hasil dari perhitungan ISV dapat disimpulkan bahwa tingkat bahaya yang paling besar saat proses pembuatan MMA adalah langkah saat produksi HCN dengan nilai indek 0,299 (Moderate). Sedangkan yang paling kurang berbahaya adalah langkah keempat yaitu pada saat produksi MMA dengan nilai indek 0,201 (Light).

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmad, S. I., Hashim, H., Hassim, M.H. (2014). Numerical Descriptive Inherent Safety Technique (NuDIST) for Inherent Safety Assessment Petrochemical Process. *J. Process Safety and Environmental Protection*, 92, 379-389.
- Chauvel, A., & Lefebvre, G. (1998) *Petrochemical Processes: Technical and Economic Characteristics Second Edition*. Paris: Gulf Publishing Company
- Dow Chemical Company. (1987). *Dow's Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, sixth ed.* New York: American Institute of Chemical Engineers
- Edwards, D.W., & Lawrence, D. (1993). Assessing the inherent safety of chemical process routes: is there a relation between plant costs and inherent safety. *Trans. IChemE.*, 71 (B), 252–258.
- Heikkila, A. M. (1999). *Inherent Safety Process Plant Design – an Index Based Approach*. Helsinki: University of Technology.
- Kletz, T. (2009). *Inherently Safer Chemical Processes*, second edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Sudarni, D. H. A., & Juwari, H. R. (2016). *Process Safety Index in Chemical Process*, The 2nd International Seminar on Science and Technology-ITS. Vol 183-184.

Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat (H₂SO₄) dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Serasah Lamun

Devi Ratnasari^{1*)}, Nasrul Rofiah Hidayati²⁾, Nurul Kusuma Dewi³⁾

^{1,3)} Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Madiun

²⁾ Prodi Teknik Kimia Universitas PGRI Madiun

*email: devi_ratnasari1392@yahoo.com

Received: 08/06/2018; Revised: 26/06/2018; Accepted: 26/06/2018

Abstrak

Energi alternatif dari bahan nabati merupakan salah satu upaya untuk mengurangi konsumsi masyarakat terhadap BBM. Bioetanol merupakan produk fermentasi yang dapat dibuat dari substrat yang mengandung karbohidrat. Indonesia merupakan negara kepulauan yang kaya akan sumber daya alam, salah satunya lamun. Serasah lamun dapat dimanfaatkan sebagai substrat bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) dan lama fermentasi terhadap kadar bioetanol *serasah lamun*. Metode penelitian eksperimen dengan variabel terikat kadar bioetanol dan variabel bebas konsentrasi H₂SO₄ 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M dan 0,5 M serta lama fermentasi selama 2, 3, 4 dan 5 hari. Data diperoleh dari pengukuran kadar etanol dengan menggunakan piknometer. Analisis data dengan uji varian (ANOVA) dua jalur menggunakan 2 faktor dengan pengulangan 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi H₂SO₄ 0,5 M dan lama fermentasi 5 hari menghasilkan kadar etanol paling tinggi yaitu rata-rata 55%.

Kata kunci: bioetanol, serasah lamun, hidrolisis, fermentasi, asam sulfat

Abstract

Alternative energy from vegetable materials is one effort to reduce public consumption of fuel. Bioethanol is a fermentation product which can be made from a substrate containing carbohydrate. Indonesia is an archipelago that is rich in natural resources, one of which seagrass. Seagrass litter can be used as a bioethanol substrate. The purpose of this study was to know the effect of concentration sulfuric acid (H₂SO₄) and long fermentation to ethanol levels seagrass litter. Experimental research methods with the dependent variable and the independent variable levels of ethanol concentrations of H₂SO₄ 0.2 M, 0.3 M, 0.4 M and 0.5 M and a long fermentation for 2, 3, 4 and 5 days. Data was obtained from measurements of the levels of ethanol by using pycnometer. Test data analysis of variance (ANOVA) two lines used two factors with 3 times. Results showed the concentration of H₂SO₄ 0.5 M and 5- day fermentation period to produce the highest levels of ethanol at an average of 55%.

Keywords: bioethanol, seagrass litter, hydrolysis, fermentation, sulfuric acid

PENDAHULUAN

Biofuel merupakan jenis energi terbarukan berbasis bahan nabati. Salah satu contoh bahan bakar berbasis nabati adalah bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) menggunakan bantuan ragi/ *yeast* terutama jenis *Saccharomyces cerevisiae*. Bioetanol menjadi salah satu pilihan bahan bakar ramah lingkungan pengganti BBM karena,

pembakaran dari bioetanol hanya menghasilkan karbondioksida dan air sehingga tidak mencemari udara. Menurut Fauzi (2011:2), bioetanol memiliki predikat *clean energy* karena mampu menurunkan emisi karbondioksida hingga 18%. Selain itu bioetanol juga dapat dijadikan bahan substitusi bensin dalam bentuk bauran yang disebut gasohol E10 dengan konsentrasi bioetanol 10% atau digunakan 100% yang disebut E100.

Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat (H₂SO₄) dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Serasah Lamun

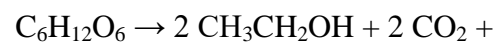
Berdasarkan beberapa penelitian, banyak bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioetanol, hanya saja kadar etanol bervariasi tergantung konsentrasi bahan penghidrolisis dan lama fermentasi. Salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan menjadi bioetanol adalah lamun. Lamun merupakan tumbuhan laut berbunga (*Angiospermae*) yang tumbuh dan berkembang dengan baik di lingkungan pantai. Ekosistem padang lamun berperan penting dalam ekologi kawasan pesisir, karena menjadi habitat berbagai biota laut termasuk menjadi tempat mencari makan (*feeding ground*) bagi penyu hijau, dugong, ikan, *echinodermata* dan *gastropoda* (Bortone, 2000 dalam Poedjirahajoe *et al*, 2013: 37). Peranan lain lamun adalah sebagai *barrier* (penghalang) bagi terumbu karang dari ancaman sedimentasi (Poedjirahajoe *et al*, 2013: 37).

Disamping perannya yang begitu penting bagi ekosistem pantai, lamun yang sudah mati atau daunnya gugur akan terbawa ke pantai dan menyebabkan tumpukan serasah lamun yang dapat mengurangi keindahan dan kebersihan pantai, sehingga perlu adanya pengolahan serasah lamun. Berdasarkan penelitian Setyati *et al* (2003) mengenai analisis proksimat beberapa jenis lamun di perairan Bandengan Jepara didapatkan hasil lamun *Enhalus acoroides* mengandung protein, gula pereduksi, lemak, abu, dan serat kasar berturut-turut sebesar (% berat kering) 7,65; 1,00; 6,13; 68,14 dan 19,92, *Thalassia hemprichii* berturut-turut 8,35; 1,10; 7,38; 62,43; dan 17,27, *Cymadocea serrulata* berturut-turut 9,39; 0,91; 7,81; 67,09 dan 19,25. *Syringodium foliforme* berturut-turut 5,52; 2,19; 4,71; 70,62 dan 12,16. Berdasarkan hasil uji proksimat tersebut, lamun berpotensi menjadi bahan pembuatan bioetanol sebagai upaya

menjaga ekosistem pantai agar bersih dari serasah lamun, dan juga meningkatkan nilai ekonominya.

Produksi etanol dari serasah lamun menggunakan *Saccharomyces cerevicea* pada proses fermentasinya karena toleran terhadap kadar etanol dan substrat tinggi, serta tumbuh baik pada pH netral.

Reaksi Fermentasi bioetanol sebagai berikut:



Energi

Glukosa etanol karbondioksida

Menurut Hambali *et al* (2007: 40) produksi bioetanol meliputi tiga rangkaian proses, yaitu persiapan bahan baku yang meliputi proses hidrolisis, yaitu proses konversi pati menjadi glukosa dengan menggunakan asam sulfat (H₂SO₄), dilanjutkan proses fermentasi, yaitu konversi glukosa (gula) menjadi etanol dan CO₂. Proses terakhir adalah pemurnian atau distilasi yang dilakukan pada suhu diatas titik didih etanol murni, yaitu pada kisaran 78-100°C.

Pembuatan bioetanol dari serasah lamun pada penelitian ini menggunakan perlakuan variasi konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) pada proses hidrolisis dan variasi lama fermentasi. Proses hidrolisis menggunakan asam sulfat (H₂SO₄) untuk mengubah biomasa menjadi gula sederhana menjadi etanol, sedangkan lama fermentasi akan menentukan seberapa banyak etanol yang dihasilkan dari metabolisme bakteri fermentor. Berdasarkan uraian tersebut maka tujuan dalam penelitian ini adalah, mengetahui pengaruh konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) dan lama fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan dari proses pembuatan bioetanol serasah lamun.

Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat (H₂SO₄) dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Serasah Lamun

METODE PENELITIAN

Bahan baku bioetanol dari serasah lamun diperoleh dari Pantai Tawang, TPI Tawang Desa Sidomulyo, Kecamatan Ngadirojo, Kabupaten Pacitan. Sedangkan proses pembuatan bioetanol dilaksanakan di laboratorium Pendidikan Biologi Universitas PGRI Madiun. Proses Pengujian kadar bioetanol menggunakan piknometer dilaksanakan di Laboratorium SMK Negeri 3 Kimia Madiun.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 faktorial dan 2 kali ulangan untuk mengetahui kadar bioetanol dari hasil proses hidrolisis dengan asam sulfat (H₂SO₄) dan lama fermentasi. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M dan 0,5 M dan waktu fermentasi selama 2, 3, 4 dan 5 hari. Variabel Terikat dalam penelitian ini adalah kadar bioetanol serasah lamun. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan menguji kandungan kadar etanol dari bioetanol serasah lamun dengan menggunakan piknometer. Data hasil penelitian hidrolisis dan lama fermentasi dianalisis dengan ANOVA dua jalur untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) dan lama fermentasi terhadap kadar etanol. Jika dari perhitungan anava di dapat hasil kurang dari atau sama dengan 0,05 maka nilai dikatakan signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar etanol paling tinggi terjadi pada konsentrasi H₂SO₄ 0,5 M dan lama fermentasi 5 hari yaitu sebesar 55 %, sedangkan kadar etanol paling rendah terjadi pada konsentrasi H₂SO₄ 0,2 M dan lama fermentasi 3 hari yaitu sebesar 10 %. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Selain pengambilan data primer yaitu kadar etanol berdasarkan konsentrasi H₂SO₄ dan lama fermentasi, peneliti juga mengambil data sekunder yaitu uji proksimat serasa lamun yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Proksimat Serasah Lamun

Parameter Uji	Hasil Uji
Protein	10,95 %
Serat Kasar	15,73 %
Karbohidrat	11,50 %
Lemak	1,50 %
Kalori	103,30 kkal/100g

Berdasarkan hasil pengujian kandungan serasah lamun, bahan ini berpotensi untuk dijadikan bahan dasar pembuatan bioetanol. Kandungan yang paling tinggi dari serasah lamun adalah kadar serat kasar yaitu sebesar 15,73% dan kalori sebesar 103,30 kkal/100 g. Karbohidrat dalam serasah lamun sebesar 11,50 %. Sesuai penelitian Ohgren *et al* (2007: 834) yang menyatakan bahwa bioetanol dapat diproduksi dari bahan yang mengandung gula, pati dan ligniseluosa. Didukung oleh pendapat Sebayang (2006: 75) bahwa proses pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi yang mengubah senyawa karbohidrat menjadi etanol dengan bantuan mikroba.

Tabel 2. Rerata kadar etanol

Lama Fermentasi (hari)	Konsentrasi H ₂ SO ₄			
	0,2 M	0,3 M	0,4 M	0,5 M
2	35%	27%	22%	39%
3	10%	20%	37%	36%
4	32%	40%	31%	36%
5	27%	33%	43%	55%

Setelah dilakukan analisis ANOVA dua jalur, diketahui bahwa yang menunjukkan signifikan adalah data lama fermentasi dan konsentrasi H₂SO₄ dengan

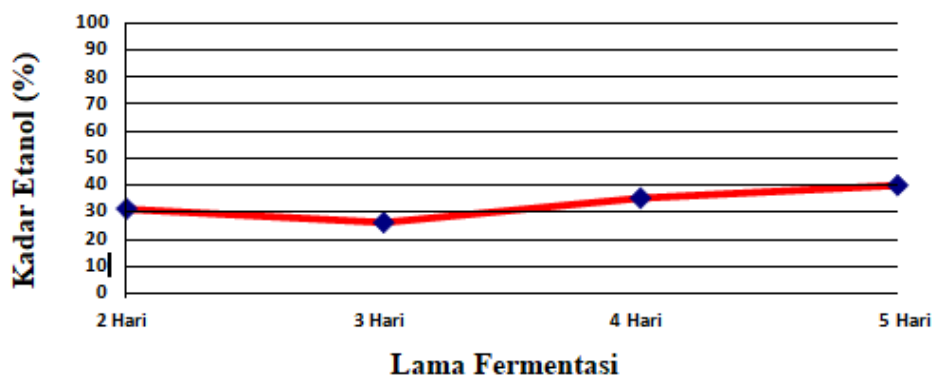
Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat (H₂SO₄) dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Serasah Lamun

taraf signifikansi kurang dari 0,05 yaitu sebesar 0,028 untuk lama fermentasi dan 0,013 untuk konsentrasi H₂SO₄, yang artinya ada pengaruh pemberian konsentrasi H₂SO₄ dan lama fermentasi terhadap kadar etanol.

Hidrolisis asam digunakan untuk mengubah polisakarida (pati dan selulosa) menjadi glukosa. Menurut Rohajati, 1989 dalam Kardono (2010: 13), hidrolisis dengan menggunakan asam sulfat (H₂SO₄) mampu menghasilkan rendemen (*yield*) yang lebih besar dibandingkan menggunakan asam jenis lain seperti asam sulfat (HCl). Proses hidrolisis terjadi ketika gugus H⁺ dari H₂SO₄ akan mengubah selulosa dari serasah lamun menjadi gugus radikal bebas. Kemudian gugus radikal bebas akan berikatan dengan gugus OH⁻ dari air (aquadest) dan menghasilkan glukosa. Berdasarkan data, konsentrasi H₂SO₄ 0,5 M yang menghasilkan kadar etanol paling tinggi. Hal ini didukung hasil penelitian Dilapanga *et al* (tanpa tahun), bahwa pada konsentrasi 0,1 M dan 0,3 M kebutuhan H⁺ dari H₂SO₄ belum mencukupi sehingga tidak banyak terbentuk gugus radikal bebas dari selulosa dan glukosa. Konsentrasi H₂SO₄ yang

paling banyak mengubah selulosa menjadi glukosa adalah konsentrasi 0,5 M. Hasil penelitian Fatmawati *et al* (2008: 190) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi H₂SO₄ maka semakin banyak ion H⁺ yang akan memperbanyak kemungkinan terbentuknya asam konjugat (II) sehingga pemecahan ikatan semakin cepat dan dihasilkan glukosa lebih banyak. Namun Kardono (2010: 14) mengatakan bahwa konsentrasi asam yang terlalu tinggi dan temperatur tinggi dimungkinkan terjadi degradasi glukosa atau terjadi karamelisasi (perubahan warna pada larutan menjadi warna coklat atau karamel) sehingga gula pereduksi yang dihasilkan dari proses hidrolisa tersebut menjadi tidak maksimal.

Konsentrasi H₂SO₄ adalah pemegang peran pertama untuk menghasilkan kadar etanol paling tinggi, tetapi hal ini juga tidak terlepas dari waktu fermentasi yang digunakan. Lama fermentasi berkaitan dengan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Seperti mikroorganisme yang lain, ada 4 fase pertumbuhan meliputi fase adaptasi (Lag), fase tumbuh cepat (Log), fase stasioner, dan fase kematian.



Gambar 1. Grafik Lama Fermentasi terhadap Kadar Etanol

Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat (H₂SO₄) dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Serasah Lamun

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa waktu fermentasi optimal yang menghasilkan kadar etanol paling tinggi adalah 5 hari. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Dilapanga *et al* (tanpa tahun), yang melakukan pembuatan bioetanol dari limbah kulit pisang menyatakan bahwa hasil fermentasi terbaik terjadi pada fermentasi hari ke 5. Hal ini disebabkan pada hari ke 5 mikroba telah mengalami fase log dimana mikroba mengalami pertumbuhan yang sangat cepat dan dalam jumlah yang besar. Setelah hari ke 5 mikroba akan mengalami fase stasioner yang kemudian mati. Berbeda dengan hasil penelitian Yah *et al* (2010: 107), menyatakan bahwa waktu optimal yang menghasilkan kadar etanol paling tinggi adalah fermentasi 50 jam dengan suhu 25°C. Seperti yang terjadi dalam penelitian ini, bahwa ditunjukkan fermentasi 1 hari menghasilkan kadar etanol yang rendah, fermentasi hari kedua dan ketiga mulai mengalami kenaikan kadar dan pada fermentasi 5 hari kadar etanol mencapai kadar maksimal.

Pada fermentasi hari ke-3 mengalami penurunan kadar etanol, kemudian fermentasi hari ke-4 dan ke-5 mengalami kenaikan kembali. Hal ini disebabkan oleh proses metabolisme bakteri. Sesuai dengan hasil penelitian Maurice (2011: 26) bahwa selama proses fermentasi tidak hanya dihasilkan etanol saja, melainkan ada produk sampingan yang terbentuk, yaitu asam asetat dan asam format.

Proses fermentasi dimulai dengan rentang pH 4-5, setelah 24 jam pH mengalami penurunan yang sangat drastis. Yeast dalam keadaan ini memecah glukosa menjadi etanol dengan produk samping asam asetat dan asam format. Adanya asam asetat dan asam format sebagai asam lemah

yang akan menghambat metabolisme yeast dengan cara asam lemah berdifusi melalui membrane plasma sel yeast dan meningkatkan pH intraseluler. Sel-sel yeast menanggapi proses difusi dengan mengeluarkan ATP untuk memperbaiki membrane plasma dan mempertahankan pH intraseluler agar tetap konstan, namun hal ini mengakibatkan yeast kekurangan ATP untuk melakukan fermentasi mengubah glukosa menjadi etanol sehingga kadar etanol yang tadinya naik menjadi turun. Tidak semua sel-sel yeast mati akibat difusi asam lemah, namun masih tersisa yeast yang mampu melakukan metabolisme fermentasi sehingga yeast masih mampu memproduksi etanol meskipun dalam jumlah yang sedikit. Semakin sedikit etanol yang terbentuk maka produk sampingan (asam asetat dan asam format) yang terbentuk pun juga sedikit sehingga tidak sampai membunuh sel-sel yeast dan yeast dapat terus melakukan fermentasi sesuai dengan fase hidupnya menghasilkan etanol.

KESIMPULAN

Konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) dan lama fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol serasah lamun, tetapi tidak ada interaksi konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) dan lama fermentasi terhadap kadar bioetanol. Konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) 0,5 M dan lama fermentasi 5 hari menghasilkan kadar bioetanol serasah lamun paling tinggi yaitu 55%.

DAFTAR PUSTAKA

Dilapanga, S., Isa, I., & Alio, L. Tanpa Tahun. *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Menjadi Etanol Dengan Cara Hidrolisis Dan Fermentasi Menggunakan Saccharomyces Cerevisiae*. Gorontalo: Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas

-
- Matematika Dan Ipa, Universitas Negeri Gorontalo.
- Corn Stover. *Process Biochemistry*, 42, 834–839.
- Fatmawati, A., Soeseno, N., Chiptadi, N. & Natalia, S. (2008). Hidrolisis Batang Padi Dengan Menggunakan Asam Sulfat Encer. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(1)
- Poedjirahajoe, E., Mahayani, N. P. D., Sidharta, B. R., & Salamuddin, M. (2013). Tutupan Lamun Dan Kondisi Ekosistemnya Di Kawasan Pesisir Madasanger, Jelenga, Dan Maluku Kabupaten Sumbawa Barat. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1), 36-46.
- Fauzi, A. F. (2011). *Pemanfaatan Buah Pepaya (Carica papaya L.) Sebagai Bahan Baku Bioetanol dengan Proses Fermentasi dan Distilasi*. (Skripsi). Program Diploma, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Sebayang, F. (2006). Pembuatan Etanol Dari Molase Secara Fermentasi Menggunakan Sel *Saccharomyces cerevisiae* yang Terimobilisasi pada Kalsium Aginat. *Jurnal Teknologi Proses*, 5(2), 75-80.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A. H., Pattiwiri, A. W, & Hendroko, R. (2007). *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Setyati, W. A., Subagiyo, & Ridlo, A. (2003). *Studi Potensi Berbagai Jenis Lamun Sebagai Sumber Makanan Kesehatan: Analisis Proksimat*. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro
- Kardono, B. S. (2010). *Teknologi Pembuatan Etanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis Untuk Produksi Biogasoline*. Jakarta: Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- Yah, C. S., Iyuke, S., Unuabonah, E. I., Pillay, O., Vishanta, C., & Tessa, S. M. (2010). Temperature Optimization for Bioethanol Production from Corn Cobs Using Mixed Yeast Strains. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 10(2), 103-108.
- Maurice, M. L. (2011). *Factors Effecting Ethanol Fermentation Via Simultaneous Saccharification and Fermentation*. Worcester Polytechnic Institute.
- Ohgren, K., Bura, R., Lesnicki, G., Saddler, J., & Zacchi, G. (2007). A Comparison Between Simultaneous Saccharification And Fermentation And Separate Hydrolysis and Fermentation Using Steam-Pretreated

Kampus 3 Universitas PGRI Madiun
Jl. Auri No 14-16 Kartoharjo Madiun
Email: cheesa@unipma.ac.id
<http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/cheesa>



9 772614 875DD8