

Pemanfaatan MOL Limbah Sayur pada Proses Pembuatan Kompos  
*E P S Suwatanti, P Widiyaningrum*

Isolasi dan Karakterisasi Mikroorganisme Penghasil Pigmen dari Limbah Kulit Kentang  
*F Fibriana, A V Amalia, I Mubarok*

Profil Fitoestrogen Kacang Gude (*Cajanus cajan*) dalam Darah, Urin dan Feses pada Tikus Putih Betina  
*C N Primiani, P Pujiati*

Pengembangan Briket Bonggol Jagung sebagai Sumber Energi Terbarukan  
*N P Aryani, M Masturi, S S Edie*

Analisis Porositas dan Kuat Tekan Campuran Tanah Liat Kaolin dan Kuarsa sebagai Keramik  
*F Setiawan, L Arifani M, A Yulianto, M P Aji*

Pembuatan *Carbon Black* Berbasis Nanoserbuk Tempurung Biji Karet Menggunakan *High Energy Milling*  
*D Ramayana, I Royani, F S Arsyad*

Uji Aktivitas Antibakteri Krim Ekstrak Daun Babadotan (*Ageratum conyzoides. L*) dalam Pelarut Etanol  
*A S Hidayati, H Harjono*

Sintesis Silika Gel Teraktivasi dari Pasir Kuarsa untuk Menurunkan Kadar ION Cu<sup>2+</sup> dalam Air  
*S Susanti, N Widiarti, A T Prasetya*

Aktivitas Antibakteri Kombinasi Temu Putih dan Temulawak terhadap *Streptococcus Mutans*  
*R Putri, S Mursiti, W Sumarni*

Pengalaman Pengguna Laman Pelayanan Publik  
*Y A Adha, W W Winarno, P I Santosa*

Aplikasi Kendali LQR Diskrit untuk Sistem Pergudangan Barang Susut dengan Peninjauan Berkala pada Radioisotop Fosfor-32  
*D A Munawwaroh*

Characteristic of Near Ring From Group Object of Categories  
*N P Puspita, Titi Udjiani SRRM, S Suryoto, B Irawanto*

Diterbitkan oleh Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang

Jurnal MIPA

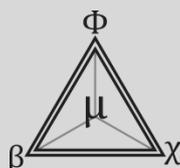
Volume 40

Nomor 1

Halaman  
1-67

Semarang  
April 2017

ISSN  
0215-9945



# Jurnal MIPA

Volume 40. Nomor 1. April 2017

## Daftar Isi

**DESKRIPSI**  
Jurnal MIPA adalah jurnal yang mengulas hasil penelitian atau kajian konseptual dalam bidang Matematika, Fisika, Kimia, dan Biologi. Jurnal ini terbit pertama kali pada tahun 1976 dan terbit bulan April dan Oktober. Harga per eksemplar Rp. 50.000,- + ongkos kirim

**ISSN**  
0215-9945

**Ketua Dewan Penyunting**  
Edy Cahyono

**Anggota Dewan Penyunting**  
R. Susanti (Biologi)  
Pratiwi Dwi Jananti (Fisika)  
Ella Kusumastuti (Kimia)  
Muhammad Kharis (Matematika)

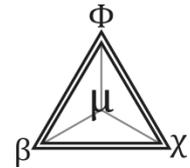
**Editor Bahasa**  
Tyas Agung Pribadi

**PENERBIT**  
Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Negeri Semarang (UNNES)

**ALAMAT PENERBIT**  
Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Semarang  
Kampus Sekaran, Gunungpati  
Semarang, 50229  
Telp: 62248508112  
Fax: 62248508005  
E-mail: mipa.jurnal@gmail.com

**E-JOURNAL**  
<http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>

- 1-6 **Pemanfaatan MOL Limbah Sayur pada Proses Pembuatan Kompos**  
E P S Suwatanti, P Widiyaningrum
- 7-13 **Isolasi dan Karakterisasi Mikroorganisme Penghasil Pigmen dari Limbah Kulit Kentang**  
F Fibriana, A V Amalia, I Mubarok
- 14-19 **Profil Fitoestrogen Kacang Gude (*Cajanus cajan*) dalam Darah, Urin dan Feses pada Tikus Putih Betina**  
C N Primiani, P Pujiati
- 20-23 **Pengembangan Briket Bonggol Jagung sebagai Sumber Energi Terbarukan**  
N P Aryani, M Masturi, S S Edie
- 24-27 **Analisis Porositas dan Kuat Tekan Campuran Tanah Liat Kaolin dan Kuarsa sebagai Keramik**  
F Setiawan, L Arifani M, A Yulianto, M P Aji
- 28-32 **Pembuatan *Carbon Black* Berbasis Nanoserbuk Tempurung Biji Karet Menggunakan *High Energy Milling***  
D Ramayana, I Royani, F S Arsyad
- 33-38 **Uji Aktivitas Antibakteri Krim Ekstrak Daun Babadotan (*Ageratum conyzoides. L*) dalam Pelarut Etanol**  
A S Hidayati, H Harjono
- 39-42 **Sintesis Silika Gel Teraktivasi dari Pasir Kuarsa untuk Menurunkan Kadar ION Cu<sup>2+</sup> dalam Air**  
S Susanti, N Widiarti, A T Prasetya
- 43-47 **Aktivitas Antibakteri Kombinasi Temu Putih dan Temulawak terhadap *Streptococcus Mutans***  
R Putri, S Mursiti, W Sumarni
- 48-55 **Pengalaman Pengguna Laman Pelayanan Publik**  
Y A Adha, W W Winarno, P I Santosa
- 56-62 **Aplikasi Kendali LQR Diskrit untuk Sistem Pergudangan Barang Susut dengan Peninjauan Berkala pada Radioisotop Fosfor-32**  
D A Munawwaroh
- 63-67 **Characteristic of Near Ring From Group Object of Categories**  
N P Puspita, Titi Udjiani SRRM, S Suryoto, B Irawanto



## Pemanfaatan MOL Limbah Sayur pada Proses Pembuatan Kompos

EPS Suwatanti, P Widiyaningrum<sup>✉</sup>

Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima 11 Januari 2017

Disetujui 23 Maret 2017

Dipublikasikan 1 April 2017

#### Keywords:

vegetable waste local  
microorganism (MOL);  
compost; C/N ratio

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui fluktuasi harian faktor-faktor lingkungan pada proses pengomposan menggunakan mikorganisme lokal (MOL) limbah sayur dan EM4, mengetahui kualitas fisik kompos menurut penilaian responden dan kualitas kimia kompos berdasarkan analisis laboratorium. Penelitian dilaksanakan selama 4 minggu, terdiri dari dua perlakuan, yakni pengomposan menggunakan bioaktivator MOL limbah sayur dan EM4. Data yang diambil meliputi fluktuasi harian faktor-faktor lingkungan selama proses pengomposan, kualitas fisik (warna, bau dan tekstur) dan kualitas kimia (kadar air, pH, C/N rasio  $P_2O_5$ , dan  $K_2O$ ) setelah kompos matang. Data dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluktuasi harian faktor lingkungan kompos dengan MOL limbah sayur dan EM4 memberikan gambaran fluktuasi yang cenderung sama. Kualitas fisik kompos menurut penilaian responden masing-masing menunjukkan skor 30 pada aspek warna, bau dan tekstur. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kualitas fisik kedua perlakuan kompos memiliki kategori warna kehitaman, bau seperti tanah, dan bertekstur halus sesuai kriteria SNI Nomor SNI 19-7030-2004. Namun demikian C/N rasio kompos yang menggunakan limbah sayur lebih baik karena telah memenuhi kriteria yang ditetapkan SNI dibanding kompos dengan menggunakan EM4.

### Abstract

The purpose of this research are to know the daily environmental factor fluctuation in the composting process using vegetable waste local microorganism (MOL) and EM4, the compost's physical quality based on respondent's evaluation and compost's chemical quality based on laboratory analysis. This research was conducted for 4 weeks, consisted of two treatments, which were composting using vegetable waste MOL bioactivator and EM4 bioactivator. The data taken including the daily environmental factor fluctuation during the process, physical quality (colour, smell and texture), and chemical quality (water level, pH, C/N ratio,  $P_2O_5$  and  $K_2O$ ) after the compost was processed. The data were analysed descriptively. The result of the research showed that the compost's daily environmental factor fluctuation with vegetable waste MOL and EM4 showed a relatively similar result. Each compost's physical quality based on respondent's evaluation give a result with score 30 in aspect of colour, smell and texture. This research conclude that the physical quality of both treatment showed blackish colour, smell like soil and smooth texture according to SNI 19-7030-2004 criteria. However, the C/N ratio of compost using vegetable waste was better than the EM4 compost, because it's already meet the criteria determined by SNI.

© 2017 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:

E-mail: [wiwied.fmipa@gmail.co.id](mailto:wiwied.fmipa@gmail.co.id)

## PENDAHULUAN

Pengomposan merupakan salah satu metode pengelolaan sampah organik yang bertujuan mengurangi dan mengubah komposisi sampah menjadi produk yang bermanfaat. Menurut Faatih (2012), pengomposan merupakan salah satu proses pengolahan limbah organik menjadi material baru seperti halnya humus. Kompos umumnya terbuat dari sampah organik yang berasal dari dedaunan dan kotoran hewan, yang sengaja ditambahkan agar terjadi keseimbangan unsur nitrogen dan karbon sehingga mempercepat proses pembusukan dan menghasilkan rasio C/N yang ideal. Kotoran ternak kambing, ayam, sapi ataupun pupuk buatan pabrik seperti urea bisa ditambahkan dalam proses pengomposan (Sulistiyorini 2005). Standar kualitas kompos dikatakan ideal jika memenuhi standar kriteria seperti tercantum dalam SNI 19-7030-2004 (BSN 2004).

Selama proses pengomposan, sejumlah jasad hidup seperti bakteri dan jamur, berperan aktif dalam penguraian bahan organik kompleks menjadi lebih sederhana (Unus 2002 dalam Sulistiyorini 20015). Untuk mempercepat perkembangbiakan mikroba, telah banyak ditemukan produk isolat mikroba tertentu yang dipasarkan sebagai bioaktivator dalam pembuatan kompos, salah satunya adalah *Effective Microorganisms 4* (EM4) yang ditemukan pertama kali oleh Prof. Teruo Higa dari Universitas Ryukyus, Jepang. Larutan EM4 mengandung mikroorganisme fermentor yang terdiri dari sekitar 80 genus, dan mikroorganisme tersebut dipilih yang dapat bekerja secara efektif dalam fermentasi bahan organik. Dari sekian banyak mikroorganisme, ada tiga golongan utama, yaitu bakteri fotosintetik, *Lactobacillus sp.*, dan jamur fermentasi (Indriani 2007).

Selain produk komersial EM4, berbagai macam mikroorganisme pengurai di alam dapat dimanfaatkan sebagai bioaktivator pada proses pengomposan sampah. Mikroba jenis ini sering disebut sebagai mikroorganisme lokal (MOL), yang dapat dibiakkan menggunakan berbagai sumber bahan organik. Limbah sayur dapat menjadi media yang baik bagi perkembangbiakan mikroorganisme pengurai, dan dapat

dimanfaatkan sebagai bioaktivator dalam proses pengomposan. Hampir semua sayuran akan mengalami fermentasi asam laktat, yang biasanya dilakukan oleh berbagai jenis bakteri *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, serta *Pediococcus*. Mikroorganisme ini akan mengubah gula pada sayuran terutama menjadi asam laktat yang akan membatasi pertumbuhan organisme lain (Utama *et al.* 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas MOL limbah sayur dalam proses pengomposan dengan melakukan uji coba penggunaannya dalam pengomposan sampah daun. Sebagai pembandingan digunakan bioaktivator EM4 yang telah dipasarkan dan banyak digunakan masyarakat.

## METODE

Penelitian dilakukan di rumah kompos UNNES, menggunakan desain eksperimen lapang. Bahan baku kompos berupa sampah daun dan kotoran kambing dengan perbandingan 3:2. Kompos dibuat dalam dua macam perlakuan, perlakuan I menggunakan bioaktivator MOL limbah sayur, dan perlakuan II menggunakan bioaktivator EM4. Masing-masing perlakuan diproses dalam 4 unit bak kompos dengan ulangan pengamatan sebanyak 3x di setiap bak. Dengan demikian masing-masing perlakuan diperoleh data 12 ulangan. Pengujian kualitas kimia (kadar air, pH, C/N rasio, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dan K<sub>2</sub>O) di Laboratorium BPTP (Balai Penelitian Tanaman Pertanian) Ungaran. Pembuatan MOL limbah sayur dilakukan dengan cara memotong limbah sayuran (sawi, kubis, dan tomat) yang mulai membusuk sebanyak 500 g menjadi potongan kecil-kecil. Potongan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam botol berukuran 1,5 liter yang diisi air sebanyak 1 liter dan menambahkan 45 gram garam. Selama 2 minggu, setiap 2 hari sekali, botol dikocok agar tidak mengendap. Larutan MOL limbah sayur berhasil menghadirkan mikroorganisme perombak bahan organik jika sudah menunjukkan tanda-tanda air berubah menjadi keruh, potongan limbah sayur menjadi hancur, dan mengeluarkan gas. Larutan MOL limbah sayur yang telah siap kemudian disaring dan ditambahkan 1 ons gula pasir serta diencerkan hingga volume 5 liter.

Larutan EM4 juga diperlakukan sama dengan ditambahkan 1 ons gula pasir, diencerkan hingga volume 5 liter lalu keduanya disimpan selama 2x24 jam.

Langkah-langkah pengomposan mengacu prosedur yang dilakukan Widiyaningrum & Lisdiana (2015), yaitu menggunakan dosis MOL 10 ml/1 kg bahan kompos. Penambahan air dilakukan jika bahan kompos terlihat belum mencapai kelembaban lapang (kadar air  $\pm$  60%, ditandai dengan keadaan lembab tapi tidak terlihat tetesan air jika diperas, serta tekstur tetap gembur). Setiap tiga hari sekali dilakukan pembalikan dan disemprot air jika kelembaban berkurang. Pengomposan berlangsung selama 28 hari.

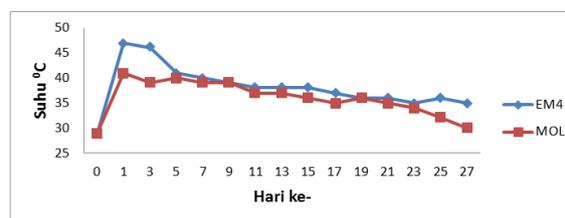
Data yang diukur adalah fluktuasi suhu harian, kelembaban dan pH kompos. Ketiga data abiotik akan disajikan dalam bentuk grafik. Parameter fisik kompos matang (warna, bau, tekstur) dinilai melalui penilaian responden. Pengujian kimia (pH, kadar air, C-Organik, N-Total, C/N rasio,  $P_2O_5$ , dan  $K_2O$ ) dilakukan dengan analisis sampel kompos pada akhir pengamatan. Data parameter fisik kompos dikonversikan ke dalam kriteria kualitatif, sedangkan parameter kimia kompos diperoleh melalui analisis laboratorium. Analisis data dilakukan secara deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Fluktuasi Suhu, pH dan Kelembaban Harian Proses Pengomposan

Grafik fluktuasi suhu, pH dan kelembaban harian selama proses pengomposan disajikan pada Gambar 1, 2 dan 3. Suhu pada awal pengomposan menunjukkan peningkatan dan kemudian menurun pada hari-hari berikutnya hingga stabil pada minggu ke tiga. Grafik pada Gambar 1 menunjukkan adanya kinerja bakteri yang berperan di dalamnya. Selama proses pengomposan, terlihat suhu tertinggi pada bioaktivator EM4 yaitu 47°C dan suhu tertinggi bioaktivator MOL limbah sayur yaitu 41°C. Suhu puncak tersebut sama-sama terjadi pada hari kedua proses pengomposan, namun suhu puncak pada pengomposan menggunakan MOL limbah sayur tidak mencapai suhu di mana mikroorganisme termofilik tumbuh dan

berkembang (45-60°) karena kondisi tumpukan kompos yang rendah sehingga menyebabkan selulosa pada kompos tidak dapat terdekomposisi.



**Gambar 1.** Fluktuasi hubungan suhu kompos selama proses pengomposan

Rendahnya suhu kompos diduga disebabkan karena jumlah limbah pada proses pengomposan tidak cukup memberikan proses insulasi panas (Widarti *et al.* 2015). Cahaya & Nugroho (2008) menyatakan bahwa pada awal hingga pertengahan proses pematangan kompos, seharusnya mikroorganisme termofilik akan hadir dan berperan dalam proses degradasi bahan organik. Mikroorganisme termofilik dapat hidup pada kisaran suhu 45°-60°C. Mikroorganisme ini mengkonsumsi karbohidrat serta protein bahan kompos. Waktu meningkatnya suhu kompos tidak sama antara pengomposan satu dengan lainnya, karena banyak faktor yang mempengaruhi. Fluktuasi suhu yang terjadi selama masa pengomposan berlangsung menunjukkan bahwa kehidupan mikroorganisme mesofilik dan termofilik silih berganti berperan (Pratiwi 2013). Suhu berangsur-angsur menurun dikarenakan berkurangnya bahan organik yang dapat diurai oleh mikroorganisme, dan mengindikasikan kompos mulai matang. Pada saat kondisi suhu menurun, mikroorganisme mesofilik berkembang menggantikan mikroorganisme termofilik.

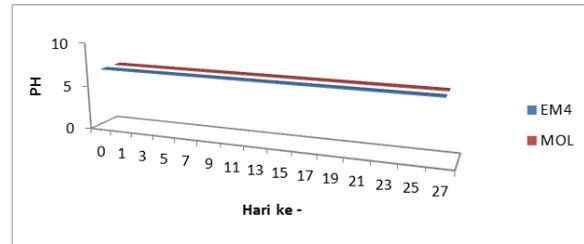
Suhu mempengaruhi jenis mikroorganisme yang hidup di dalam media. Menurut Ruskandi (2006) dalam proses pengomposan aerobik terdapat dua fase yaitu fase mesofilik 23-45°C dan fase termofilik 45-65°C. Kisaran temperatur ideal tumpukan kompos adalah 55-65°C. Fluktuasi suhu dalam penelitian ini tidak lebih dari 47°C, sehingga diduga mikroorganisme pengurai yang mampu berkembang biak hanya bakteri-bakteri mesofilik. Menurut Indriani (2007) suhu optimal dalam proses pengomposan adalah 30-50°C, sedangkan menurut kriteria SNI (BSN 2004), suhu ideal

proses pengomposan maksimal 50°C. Peningkatan suhu terjadi karena aktivitas bakteri dalam mendekomposisi bahan organik. Kondisi mesofilik lebih efektif karena aktivitas mikroorganisme didominasi protobakteri dan fungi. Pembalikan yang dilakukan dalam proses pengomposan mengakibatkan temperatur turun dan kemudian naik lagi (Pandebesie & Rayuanti 2013).

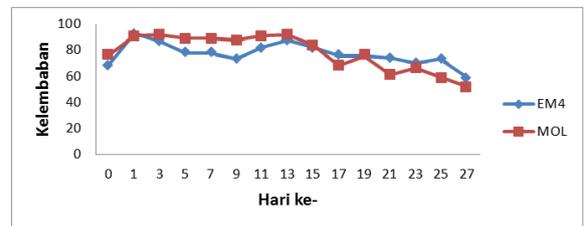
Hasil pengamatan pH kompos selama proses pengomposan tidak menunjukkan perubahan, baik kompos yang menggunakan bio-aktivator EM4 maupun MOL limbah sayur (Gambar 2). Hal ini berhubungan dengan suhu dan kelembaban selama proses pengomposan. Pada proses pengomposan yang ideal, seharusnya pH harian juga memperlihatkan fluktuasi meskipun masih dalam kisaran normal. Menurut Supadma & Arthagama (2008) pola perubahan pH kompos berawal dari pH agak asam karena terbentuknya asam-asam organik sederhana, kemudian pH meningkat pada inkubasi lebih lanjut akibat terurainya protein dan terjadi pelepasan amonia. Peningkatan dan penurunan pH juga merupakan penanda terjadinya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik (Firdaus 2011). Perubahan pH juga menunjukkan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik (Ismayana *et al.* 2012). Namun demikian, pH kompos yang ideal berdasarkan standar kualitas kompos SNI : 19-7030-2004 berkisar antara 6,8 hingga maksimum 7,49. Menurut Marlina (2009), pH material kompos bersifat asam pada awal pengomposan. Bakteri pembentuk asam akan menurunkan pH sehingga kompos bersifat lebih asam. Selanjutnya mikroorganisme mulai mengubah nitrogen anorganik menjadi amonium sehingga pH meningkat dengan cepat menjadi basa. Sebagian ammonia dilepaskan atau dikonversi menjadi nitrat dan nitrat didenitrifikasi oleh bakteri sehingga pH kompos menjadi netral. Menurut Astari (2011) nilai pH yang berada di kisaran netral akan mudah diserap dan digunakan tanaman, serta berguna untuk mengurangi keasaman tanah karena sifat asli tanah adalah asam.

Gambar 3 memperlihatkan fluktuasi kelembaban pada kisaran tinggi, yaitu 88-92% pada hari ke 2 hingga 14. Kemudian setelah hari ke 16 turun menjadi 84%, karena pada hari tersebut

sudah tidak dilakukan penyiraman. Kelembaban kompos menurun dan relatif stabil pada 60-78%.



**Gambar 2.** Fluktuasi pH kompos selama proses pengomposan



**Gambar 3.** Fluktuasi kelembaban kompos selama proses pengomposan

Kelembaban bahan kompos berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam pengomposan (Yenie 2008). Kelembaban optimum untuk pengomposan aerob adalah 50-60%. Apabila kurang dari 50% maka pengomposan berlangsung lambat, namun jika lebih dari 60% menyebabkan unsur hara tercuci dan volume udara dalam kompos berkurang. Akibatnya aktivitas mikroorganisme menurun dan akan terjadi fermentasi anaerob, sehingga memunculkan bau tidak sedap (Kusumawati 2011). Menurut Juanda *et al.* (2011), jika tumpukan kompos terlalu lembab maka proses dekomposisi akan terhambat. Hal ini dikarenakan kandungan air akan menutupi rongga udara di dalam tumpukan. Kekurangan oksigen mengakibatkan mikroorganisme aerobik mati dan akan digantikan oleh mikroorganisme anaerobik. Kelembaban bahan kompos berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam pengomposan. Kelembaban yang tinggi akibat penyiraman berlebihan dapat mengakibatkan air sisa penyiraman (*leachate*) menggenangi area tempat pengomposan (Yenie 2008). Jadi dalam hal ini, kelembaban sangat mempengaruhi perkembangan mikroba dan berhubungan erat dengan fluktuasi suhu pengomposan.

### Penilaian Kualitas Fisik Kompos

Penilaian kualitas fisik kompos pada kedua perlakuan disajikan dalam Tabel 1. Berdasarkan skor penilaian oleh 10 responden terhadap kualitas fisik kompos (meliputi warna, bau dan tekstur) memperlihatkan bahwa kualitas fisik kompos memenuhi syarat kriteria SNI 19-7030-2004. Kompos memiliki bau seperti tanah, karena materi yang dikandungnya sudah memiliki unsur hara tanah dan warna kehitaman yang terbentuk akibat pengaruh bahan organik yang sudah stabil. Sementara, tekstur kompos yang halus terjadi akibat penguraian mikroorganisme yang hidup dalam proses pengomposan (Isroi 2008). Kualitas fisik kompos yang dihasilkan memberikan gambaran kemampuan masing-masing agen dekomposer dalam mendekomposisi materi organik pada sampah (Sulistiyawati *et al.* 2008). Dari tiga parameter fisik tersebut dapat menunjukkan ciri khas kualitas fisik kompos yang baik. Menurut Ismayana *et al.* (2012) tekstur kompos yang baik apabila bentuk akhirnya sudah tidak menyerupai bentuk bahan, karena sudah hancur akibat penguraian alami oleh mikroorganisme yang hidup didalam kompos.

**Tabel 1.** Hasil penilaian responden kualitas fisik kompos

Perlakuan	Warna		Bau		Tekstur	
	Skor	Kategori	Skor	Kategori	Skor	Kategori
EM4	30	Kehitaman	30	Bau Tanah	28	Halus
MOL limbah sayur	30	Kehitaman	30	Bau Tanah	27	Halus

### Kualitas Kimia Kompos

Hasil uji laboratorium terhadap kompos menggunakan bioaktivator limbah sayur dan EM4 disajikan dalam Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, kandungan N dalam kompos EM4 dan MOL limbah sayur sudah memenuhi kriteria SNI yaitu minimum 0,4 %. Kandungan N dalam kompos yang menggunakan MOL limbah sayur lebih tinggi dibandingkan kompos yang menggunakan EM4. Hal ini disebabkan karena sedikitnya jumlah amonia dan nitrogen yang terlepas ke udara karena proses dekomposisi mikroorganisme dan

terperangkap di dalam pori-pori tumpukan kompos yang sangat kecil (Cahaya & Nugroho 2009).

**Tabel 2.** Hasil Analisis beberapa parameter kimia Kompos dan Kriteria menurut SNI nomor 19-7030-2004

Komponen	Kompos dengan MOL limbah sayur <sup>*)</sup>	Kompos dengan EM4 <sup>*)</sup>	Kriteria SNI No. 19-7030-2004	
			minimum	maksimum
Kadar air (%)	40,88	55,20	-	50
pH	7,0	7,00	6,80	7,49
C-organik (%)	19,37	20,55	9,80	32
N total (%)	1,37	0,86	0,40	-
C/N rasio	14,13	23,89	10	20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0,56	0,68	0,1	-
K <sub>2</sub> O (%)	0,73	0,48	0,2	-

Keterangan: <sup>\*)</sup> Hasil analisis laboratorium BPTP Kabupaten Semarang, 2015.

Rasio C/N kompos dengan bioaktivator MOL limbah sayur telah memenuhi syarat SNI nomor 19-7030-2004 sebesar 14,13. Hal ini disebabkan sampah organik dengan MOL limbah sayur dan kotoran kambing dapat terdekomposisi dengan baik. Sementara rasio C/N kompos dengan bioaktivator EM4 menunjukkan angka yang tinggi yaitu sebesar 23,89. Surtinah (2013) menyatakan rasio C/N dalam kompos menggambarkan tingkat kematangan dari kompos tersebut. Semakin tinggi nilai C/N rasio didalam kompos menunjukkan kompos belum terurai secara sempurna atau belum matang, karena tingginya jumlah amonia dan nitrogen yang terperangkap di dalam pori-pori tumpukan kompos. Tingginya jumlah amonia dan nitrogen yang terlepas ke udara menyebabkan aktivitas mikroorganisme untuk menurunkan kadar karbon belum bekerja maksimal (Cahaya & Nugroho 2009). Menurut Hanafiah (2005) kompos yang memiliki nilai C/N kurang dari 20 berarti unsur-unsur hara pada limbah organik tersebut telah mengalami penguraian dan mineralisasi sehingga menjadi tersedia dan dapat diserap oleh akar tanaman.

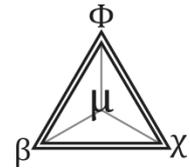
### SIMPULAN

Kualitas fisik kompos pada kedua perlakuan (MOL limbah sayur dan EM4) memiliki kategori warna kehitaman, bau seperti tanah dan bertekstur halus sesuai kriteria SNI Nomor SNI 19-7030-2004. Namun demikian rasio C/N kompos

yang menggunakan MOL limbah sayur lebih baik karena telah memenuhi kriteria yang ditetapkan SNI dibanding kompos dengan menggunakan EM4. Limbah sayur telah memenuhi kriteria kualitas kimia kompos sesuai SNI nomor 19-7030-2004.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astari LP. 2011. Kualitas pupuk kompos bedding kuda dengan menggunakan aktivator mikroba yang berbeda. *Skripsi*. IPB Bogor.
- BSN [Badan Standarisasi Nasional]. 2004. *Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik*. SNI 19-7030-2004.
- Cahaya ATS & Nugroho DA. 2008. Pembuatan Kompos dengan Menggunakan Limbah Padat Organik (Sampah Sayur dan Ampas Tebu). *Laporan Penelitian*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Faatih M. 2012. Dinamika Komunitas Aktinobakteria Selama Proses Pengomposan. *Jurnal Kesehatan* 15(3):611-618
- Firdaus F. 2011. Kualitas pupuk kompos campuran kotoran ayam dan batang pisang menggunakan bioaktivator MOL tapai. *Skripsi*. IPB. Bogor.
- Hanafiah KA. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Indriani YH. 2007. Membuat Pupuk Organik Secara Singkat. Jakarta: Penebar Swadaya
- Ismayana A, Indrasti NS, Suprihatin, Maddu A & FredyA. 2012. Faktor rasio C/N awal dan laju aerasi pada proses cocomposting bagasse dan blotong. *J. Tekn. Industri Pertanian* 22(3): 173-179
- Isroi. 2008. *Kompos*. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Bogor.
- Juanda, Irfan & Nurdiana. 2011. Pengaruh metode dan lama fermentasi terhadap mutu Mikroorganisme lokal. *J. Floratek*. 6:140-143
- Kusumawati N. 2011. Evaluasi perubahan temperatur, pH dan kelembaban media pada pembuatan vermikompos dari campuran jerami padi dan kotoran sapi menggunakan *Lumbricus rebellus*. *J. Inotek*. 15(1): 45-56
- Marlina ET. 2009. *Biokonservasi Limbah Industri Peternakan*. Bandung: UNPAD PRESS
- Pandebesie ES & Rayuanti D. 2013. Pengaruh Penambahan Sekam Pada Proses Pengomposan Sampah Domestik. *Jurnal Lingkungan Tropis*. 6(1): 31- 40.
- Pratiwi IGAP. 2013. Analisis Kualitas Kompos Limbah Persawahan dengan MOL sebagai Dekomposer. *E-Jurnal Agroteknologi Tropika* 2(4): 195-203.
- Ruskandi. 2006. Tehnik Pembuatan Kompos Limbah Kebun Pertanaman Kelapa Polikultur. *Buletin Tehnik Pertanian* 11(10): 112-115.
- Sulistiyorini L. 2005. Pengelolaan Sampah dengan Cara Menjadikannya Kompos. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2(1): 77-84
- Sulistiyawati, Endah, Mashita, Nusa & Choesin DN. 2008. Pengaruh Agen Decomposer Terhadap Kualitas Hasil Pengomposan Sampah Organik Rumah Tangga. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Penelitian Lingkungan di Universitas Trisakti : Jakarta.
- Supadma AAN & Arthagama DM. 2008. Uji Formulasi Kualitas Pupuk Kompos yang Bersumber dari Sampah Organik dengan Penambahan Limbah Ternak Ayam, Sapi, Babi, dan Tanaman Pahitan. *Jurnal Bumi Lestari*, 8(2): 113-121.
- Surtinah. 2013. Pengujian Kandungan Unsur Hara Dalam Kompos yang Berasal Dari Serasah Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 11(1): 16-26
- Utama CS, Sulistiyanto B & Setiani B. 2013. Profil Mikrobiologis Pollard yang Difermentasikan dengan Ekstrak Limbah Pasar Sayur pada Lama Peram yang Berbeda. *Jurnal Agripet*.13(2): 26-30
- Widarti BN, Wardhini WK & Sarwono E. 2015. Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku pada Pembuatan Kompos dari Kubis dan Kulit Pisang. *Jurnal Integrasi Proses*. 5(2): 75-80
- Widiyaningrum & Lisdiana. 2015. Efektivitas Proses Pengomposan Sampah Daun Dengan Tiga Sumber Aktivaror yang Berbeda. *Rekayasa* 13(2): 107-113
- Yenie E. 2008. Kelembaban Bahan dan Suhu Kompos Sebagai Parameter yang Mempengaruhi Proses Pengomposan Pada Unit Pengomposan Rumbai. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 7(2):58-61



## Isolasi dan Karakterisasi Mikroorganisme Penghasil Pigmen dari Limbah Kulit Kentang

F Fibriana<sup>1</sup>✉ AV Amalia<sup>1</sup>, I Mubarok<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan IPA Terpadu, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima 11 Januari 2017

Disetujui 23 Maret 2017

Dipublikasikan 1 April 2017

#### Keywords:

microorganisms; natural pigment; potato peel

### Abstrak

Aplikasi pewarna sintetis sangat digemari dalam berbagai proses industri karena mudah diperoleh dengan harga yang terjangkau. Akan tetapi, penggunaan pewarna sintetis secara berlebihan dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan masalah kesehatan dan lingkungan yang serius. Masalah yang muncul akibat penggunaan pewarna sintetis menginduksi ketertarikan dunia industri untuk beralih memanfaatkan pigmen alami. Dalam penelitian ini, dilakukan isolasi dan identifikasi mikroorganisme penghasil pigmen dari limbah kulit kentang. Enam isolat bakteri, jamur benang dan khamir berhasil diperoleh, dengan nama isolat B1, B2, J1, J2, J3, dan K1. Identifikasi secara morfologi pada koloni dan sel menunjukkan bahwa isolat B1 merujuk pada genus *Bacillus*, sedangkan isolat B2 merujuk pada genus *Streptococcus*. Isolat J1 memiliki karakteristik yang mirip dengan genus *Trichoderma*, sedangkan isolat J2 dan J3 memiliki ciri yang hampir sama dengan genus *Aspergillus*. Terakhir, isolat K1 memiliki karakteristik yang merujuk pada genus *Geotrichum*. Hasil penelitian ini merupakan referensi untuk penelitian selanjutnya yaitu identifikasi spesies mikroorganisme secara molekuler menggunakan teknik PCR, sekuensing dan pencocokan homologi di database gene bank, serta mengenai karakterisasi dan aplikasi pigmen pada proses pewarnaan batik.

### Abstract

*Application of synthetic dyes is very popular in many industrial processes because it is easily obtained at an affordable price. However, an excessive use of synthetic dyes in the long period can cause the serious health and environmental problems. Problems arising from the use of synthetic dyes induce the interest in the industrial field come back to utilize the natural pigments. In this study, we conducted the isolation and identification of pigment-producing microorganisms from potato peel. Six isolates of bacteria, fungi and yeasts were successfully acquired, by the name of isolates B1, B2, J1, J2, J3, and K1. Identification of the colony and cell morphology showed that isolates B1 refers to the genus *Bacillus*, whereas isolates B2 refers to the genus *Streptococcus*. Isolates J1 has characteristics similar to genus *Trichoderma*, while isolates J2 and J3 have characteristics similar to genus *Aspergillus*. Finally, isolates K1 has a characteristic that refers to the genus *Geotrichum*. The results of this study can be used as a reference for future research, i.e. the identification of species name using sequencing techniques and homology searching at the gene bank database, as well as the characterization and application of pigment in the dyeing process of batik.*

© 2017 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

E-mail: fibriana.f@mail.unnes.ac.id

## PENDAHULUAN

Aplikasi pewarna sintetik dalam berbagai proses industri sangat populer di seluruh dunia karena pewarna sintetik mudah diperoleh dengan harga yang terjangkau. Akan tetapi, penggunaan pewarna sintetik secara berlebihan dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan masalah kesehatan dan lingkungan yang serius. Pewarna artifisial ini banyak digunakan dalam industri makanan, kosmetik, farmasi, dan tekstil. Penggunaan pewarna sintetik juga masih menjadi andalan para produsen batik di seluruh wilayah di Indonesia. Produsen harus melakukan *treatment* yang serius pada limbah industri batik sebelum dibuang guna mencegah kerusakan lingkungan karena cemaran limbah batik. Di Indonesia, sebagian besar industri batik adalah *home industry*. Debit limbah yang dihasilkan sulit untuk diolah secara terpusat, sehingga instalasi pengolahan limbah industri batik masih dilakukan secara sederhana, bahkan ada yang dibuang secara langsung ke badan air. Padahal, kandungan terbesar dalam limbah industri batik adalah zat warna dari pencucian kain, unsur nitrogen (N), sulfur (S), magnesium (Mg), timbal (Pb), kromium (Cr), seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), cadmium (Cd), dan air raksa (Hg), padatan tersuspensi, serta minyak-lemak yang tinggi (Sugiharta 1987). Kandungan limbah ini dapat berdampak buruk terhadap ekosistem tanah dan air di sekitar lokasi industri batik.

Masalah yang muncul akibat penggunaan pewarna sintetik menginduksi ketertarikan dunia industri untuk beralih memanfaatkan pigmen alami (Kim *et al.* 1995). Pigmen alami dapat diperoleh dari tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme (Dawson 2009). Akan tetapi, pewarna alami yang berasal dari tumbuhan dan hewan memiliki beberapa kelemahan yaitu ketidakstabilan warna jika terpapar cahaya, panas, perubahan pH, rendahnya kelarutan dalam air dan ketidaktersediaannya sepanjang tahun. Pewarna alami yang diperoleh dari bagian tumbuhan dan hewan dapat menyebabkan kematian tumbuhan atau hewan tersebut jika dieksplorasi secara terus menerus. Lebih jauh lagi, kematian tumbuhan dan hewan dapat merusak keseimbangan ekosistem. Sebaliknya, pigmen yang berasal dari

mikroorganisme memiliki beberapa keunggulan, yaitu memiliki stabilitas kimia yang baik, ketahanan warna terhadap paparan cahaya, serta volume hasil produksi yang tinggi (Gunasekaran & Poorniammal 2008).

Pewarna alami tidak banyak diaplikasikan dalam industri batik. Meskipun demikian, tren perkembangan penggunaan bahan pewarna alami yang *eco-friendly* dalam industri batik akan berjalan secara lambat namun pasti. Beberapa produsen batik di Semarang telah menggunakan pewarna alami yang diperoleh dari propagul *mangrove*, kayu nangka, kayu johor, kayu secang, dan daun indigo. Akan tetapi, kendala besar yang dialami produsen batik pewarna alami adalah ketika volume produksi yang tinggi tidak diikuti dengan ketersediaan sumber pewarna yang mencukupi, sehingga menghambat proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah penelitian tentang pewarna alami batik yang diperoleh dari mikroorganisme. Sebagai contoh, pigmen mikroorganisme sangat potensial karena mikroorganisme memiliki kemampuan untuk tumbuh secara cepat dalam medium kultur yang murah, sifat yang independen terhadap kondisi cuaca dan musim, banyaknya variasi *bio-pigment* yang dapat diperoleh, serta proses fermentasi yang dapat dikontrol secara efisien (Joshi *et al.* 2003; Malik *et al.* 2012; Venil *et al.* 2013). Molekul warna yang diproduksi oleh mikroorganisme antara lain *indigo*, *melanins*, *flavins*, *carotenoids*, *phenazines*, *quinones*, *violacein* dan *prodigiosins* (Dufosse 2009; Nigam *et al.* 2009). Beberapa strain mikroorganisme bersifat multifungsi karena selain menghasilkan pigmen, juga menghasilkan aktivitas antibiotik, antifungal, dan antikanker (Dufosse 2009; Nigam *et al.* 2009). Penggunaan isolat lokal strain mikroorganisme melalui teknik isolasi yang sederhana dapat dilakukan untuk mengurangi biaya produksi pigmen. Selain itu, biaya produksi pigmen mikroorganisme juga dapat dikurangi dengan menggunakan limbah rumah tangga dan limbah agro-industri sebagai medium kultur (Venil *et al.* 2013).

Dalam penelitian ini dilakukan isolasi dan karakterisasi mikroorganisme penghasil pigmen dari limbah kulit kentang untuk memperoleh mikroorganisme penghasil pigmen yang potensial

untuk diaplikasikan dalam proses pewarnaan batik Semarang.

## METODE

### Sampel Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Sampel dalam penelitian ini adalah limbah kulit kentang yang diperoleh dari limbah rumah tangga. Limbah kulit kentang yang diperoleh kemudian disimpan dalam botol Schott ukuran 250 ml yang telah disterilisasi, kemudian disimpan pada suhu 4 °C untuk selanjutnya dibawa ke laboratorium.

### Pembuatan Medium Pertumbuhan Bakteri

*Nutrient Broth* (NB) dan *Nutrient Agar* (NA), serta *Plate Count Agar* (PCA) (Merck, Germany) digunakan sebagai medium pertumbuhan mikroorganisme. Medium disterilisasi dengan cara memasukkannya ke dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Selanjutnya, medium broth dan medium agar diinkubasi selama 24 jam pada suhu 30 °C untuk memastikan ada tidaknya kontaminasi.

### Isolasi Strain Bakteri Penghasil Pigmen

Sebanyak 1 g kulit kentang ditumbuk menggunakan *mortar* dan *pestle*. Setelah halus, kulit kentang dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml medium NB steril. Kemudian campuran tersebut dihomogenkan dengan *vortex*. Suspensi kulit kentang selanjutnya diinkubasi dengan *shaking* 200 rpm selama 24 jam pada suhu 30 °C. Setelah inkubasi, suspensi kulit kentang diambil sebanyak 1 ml dan dituang (metode *pour plate*) pada medium NA dan medium (PCA). Setelah itu, medium diinkubasi selama 24 jam pada suhu 30 °C. Subkultur dilakukan sampai diperoleh koloni tunggal (Ahmad *et al.* 2012).

### Karakterisasi Morfologi, Isolasi DNA, dan Amplifikasi DNA

Isolat tunggal mikroorganisme dikarakterisasi secara morfologi, yaitu dengan melakukan pengamatan pada karakteristik bentuk koloni dan warna koloni, serta pengamatan karakteristik morfologi sel bakteri dengan

pengecatan Gram dan pengecatan sederhana. Selanjutnya, masing-masing isolat mikroorganisme yang memiliki pigmen dipilih dan dikultur sampai diperoleh pellet yang cukup untuk proses isolasi DNA. Proses isolasi DNA menggunakan kit ekstraksi DNA bakteri mengikuti protokol dari *Vivantis GF-1 Bacterial DNA Extraction Kit* (Vivantis, Malaysia) sedangkan ekstraksi DNA khamir dan kapang mengikuti protokol dari *DNA Presto™ Mini gDNA Yeast Kit* (Geneaid Biotech Ltd., Taipei, Taiwan). Campuran (*master mix*) sebanyak 12,5 µl yang terdiri atas 10 ng DNA template, 0,5 µl masing-masing primer forward primer: 27F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') dan reverse primer: 1492R (5'-ACGGCTACCTTGTACGACTT-3') untuk sampel DNA bakteri dan ITS1 (5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G-3') serta ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3') untuk sampel DNA khamir dan kapang. kemudian ditambah 0,6 µl dNTP mix, buffer 1X dan enzim *Taq polymerase*, kemudian campuran dimasukkan ke dalam tabung PCR 0,2 ml. Tabung yang berisi campuran larutan 12,5 µl dimasukkan ke dalam mesin *Thermal Cycler* dengan kondisi suhu denaturasi awal 94 °C selama 3 menit, diikuti 25 siklus denaturasi pada 94 °C selama 1 menit, dilanjutkan *annealing* pada suhu 50 °C selama 45 detik, ekstensi selama 2 menit pada suhu 72 °C. Pos ekstensi dilakukan pada suhu 72 °C selama 10 menit. Keberhasilan PCR dianalisis melalui elektroforesis dengan gel agarose.

### Elektroforesis Gel Agarose

Hasil isolasi DNA dilihat menggunakan elektroforesis gel agarose 0,8%; sedangkan hasil PCR divisualisasikan menggunakan gel agarose 1,2%. Agarose sebanyak 0,8 gram dilarutkan dalam 100 ml buffer TAE 1X, selanjutnya dipanaskan dalam *microwave* selama 3 menit. EtBr sebanyak 2 µl ditambahkan dalam larutan agarose dalam kondisi suhu hangat. Larutan agarose dituangkan dalam cetakan yang telah dilengkapi dengan sisir dan didiamkan sampai gel mengeras. Elektroforesis dilakukan menggunakan buffer TBE 1X, *loading dye* sebanyak 2 µl dicampurkan dengan 4 µl sampel DNA mikroorganisme menggunakan pipet mikro kemudian dimasukkan ke dalam sumur gel dengan hati-hati. Elektroforesis dijalankan pada 100 volt selama 30 menit. Setelah elektroforesis selesai, gel dimasukkan ke dalam UV

transiluminator untuk mengetahui pita DNA hasil isolasi kemudian diambil foto sebagai dokumentasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi mikroorganisme penghasil pigmen diperoleh 6 isolat. Isolat bakteri berwarna krem diberi nama B1, sedangkan isolat bakteri yang berwarna putih diberi label B2. Selanjutnya, isolat jamur benang yang berwarna hijau diberi nama J1, isolat yang berwarna kuning diberi label J2, dan isolat yang berwarna cokelat diberi label J3.

Koloni khamir yang berwarna krem diberi nama isolat K1. Setelah dilakukan proses isolasi dan purifikasi, semua mikroorganisme bakteri, jamur benang, dan khamir dikarakterisasi secara morfologi (morfologi koloni dan morfologi sel). Sampel B1, B2, J1, J2, J3, dan K1 disubkultur pada media agar. Masing-masing isolat ditumbuhkan selama 24-72 jam dan diobservasi bentuk morfologi koloninya. Sedangkan morfologi sel diobservasi di bawah mikroskop ketika isolat berumur 72 jam. Karakter koloni dan karakter sel mikroorganisme yang diobservasi disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakter morfologi koloni dan sel isolat bakteri, jamur benang, dan khamir yang diperoleh dari limbah umbi kentang

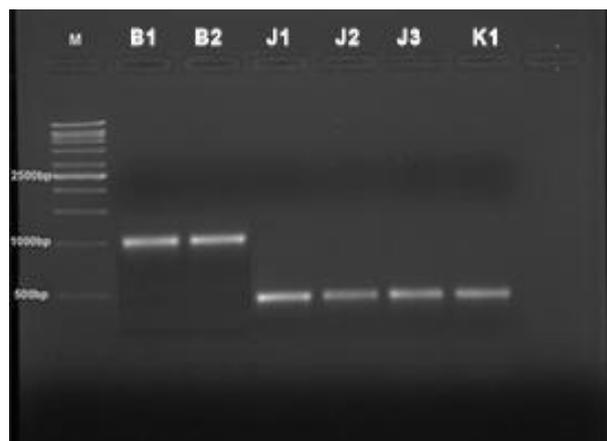
Kode sampel	Jenis isolat	Karakter morfologi koloni					Karakter morfologi sel		
		Warna	Bentuk	Margin	Tekstur	Elevasi	Gram	Bentuk	Spora
B1	Bakteri	<i>creamish brown</i>	<i>circular</i>	<i>entire</i>	<i>mucoïd</i>	<i>convex</i>	Gram +	<i>short rod</i>	<i>No</i>
B2	Bakteri	<i>creamish white</i>	<i>irregular</i>	<i>undulate</i>	<i>wrinkled</i>	<i>umbonate</i>	Gram +	<i>cocci</i>	<i>No</i>
J1	Jamur benang	<i>green</i>	<i>filamentous</i>	<i>filiform</i>	<i>powdery</i>	<i>flat</i>	-	<i>filamentous with clear septate</i>	<i>green spore</i>
J2	Jamur benang	<i>yellow</i>	<i>filamentous</i>	<i>filiform</i>	<i>velvety</i>	<i>flat</i>	-	<i>filamentous with clear septate</i>	<i>black spore</i>
J3	Jamur benang	<i>brown</i>	<i>filamentous</i>	<i>filiform</i>	<i>velvety</i>	<i>flat</i>	-	<i>filamentous with clear septate</i>	<i>dark spore</i>
K1	Khamir	<i>creamish white</i>	<i>irregular</i>	<i>undulate</i>	<i>mucoïd</i>	<i>raised</i>	-	<i>short hyphae with clear septate</i>	<i>no</i>

Teknik karakterisasi dan identifikasi morfologi mikroorganisme merupakan langkah yang sulit. Teknik tersebut memerlukan tingkat keakuratan yang tinggi untuk memperoleh identitas mikroorganisme yang tepat. Ketepatan identitas mikroorganisme berperan penting dalam aplikasi mikroorganisme tersebut dalam ilmu klinis, patologi tanaman, bioteknologi, dan studi lingkungan (Guarro *et al.* 1999). Sebenarnya, selain observasi secara morfologi, teknik yang lain seperti uji fisiologi, uji biokimia, komposisi dinding sel dan protein, keberadaan toksin, dan teknik molekuler diperlukan untuk proses klasifikasi dan

identifikasi yang lebih akurat. Dalam studi ini, dilakukan karakterisasi morfologi koloni dengan pengamatan langsung, serta karakterisasi morfologi sel di bawah mikroskop. Koloni bakteri tumbuh dengan cepat pada suhu 37 °C selama 24 jam, sedangkan koloni jamur benang dan khamir tumbuh dengan lambat pada suhu tersebut selama 72 jam. Berdasarkan karakter morfologi koloni dan sel, disimpulkan bahwa bakteri B1 merujuk pada genus *Bacillus* dan bakteri B2 merujuk pada genus *Streptococcus*. Ketiga isolat jamur benang menunjukkan karakter yang spesifik pada masing-masing koloni. Berdasarkan karakterisasi

morfologi koloni, jamur benang J1 memiliki ciri-ciri yang identik dengan genus *Trichoderma*, sedangkan jamur benang isolat J2 dan J3 memiliki ciri karakter yang sama dengan genus *Aspergillus*. Isolat khamir yang diperoleh dalam penelitian ini memiliki karakteristik morfologi yang merujuk pada genus *Geotrichum*. Karakteristik morfologi bakteri, jamur benang, dan khamir yang diobservasi dalam penelitian ini belum dapat memastikan dengan pasti nama jenis dan nama strain mikroorganisme tersebut. Teknik identifikasi lanjut menggunakan metode molekuler dapat diaplikasikan untuk mengetahui identitas spesies dan nama strain suatu mikroorganisme. Karakterisasi mikroorganisme secara morfologi yang didukung dengan karakterisasi molekuler telah dilakukan oleh banyak peneliti. Fibriana (2014) melakukan karakterisasi morfologi dan karakterisasi molekuler pada spesies jamur benang yang diisolasi dari tanah dan limbah yang tercemar di kawasan industri minyak kelapa sawit. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa karakterisasi secara molekuler mendukung hasil karakterisasi morfologi hingga diperoleh nama spesies hingga takson yang paling rendah yaitu nama strain mikroorganisme.

Masing-masing proses PCR menghasilkan produk amplifikasi yang berbeda-beda. Pada isolat bakteri, amplifikasi daerah 16S menghasilkan produk berukuran sekitar 1500 bp, sedangkan pada isolat jamur benang dan khamir menghasilkan produk amplifikasi daerah ITS1 serta ITS4 berukuran kurang lebih 500 bp (Gambar 1). PCR merupakan teknik yang cepat untuk deteksi dan analisis DNA. Bintari *et al.* (2014) melakukan penelitian deteksi mikroorganisme pencemar di dalam sampel tempe. Teknik PCR terbukti menjadi analisis yang akurat untuk mendeteksi keberadaan bakteri patogen di dalam sampel tempe. Fibriana dan Hadiyanti (2016) menggunakan teknik PCR-RFLP untuk mengamplifikasi region ITS spesies durian untuk mendeteksi polimorfisme pada DNA durian lokal Jawa Tengah. Teknik PCR ini terbukti akurat untuk mengamplifikasi region ITS1 dan ITS4 dengan menghasilkan produk PCR sebesar 850 bp. Hasil amplifikasi DNA dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk analisis sekuensing DNA.



**Gambar 1.** Hasil amplifikasi daerah 16S pada DNA bakteri isolat B1 dan B2 berukuran 1500 bp, dan ITS1 serta ITS4 pada DNA jamur benang isolat J1, J2, J3 dan khamir K1 berukuran 500 bp.

Dalam penelitian ini, diperoleh enam isolat mikroorganisme yang memiliki potensi untuk digunakan pigmennya dalam proses pewarnaan batik. Masing-masing isolat memiliki pigmen yang spesifik yaitu krem, putih, kuning, hijau, dan coklat. Ketika dikultur di dalam media cair, masing-masing pigmen memiliki kemampuan yang berbeda untuk berdifusi ke dalam media. Jenis isolat yang memberikan warna pigmen yang kuat adalah bakteri isolat B1, jamur benang J2 dan khamir K1. Kemungkinan jika pigmen ketiga isolat tersebut diaplikasikan sebagai pewarna batik, akan memberikan warna alami yang unik.

Pigmen yang dihasilkan oleh bakteri, jamur benang, dan khamir perlu melalui proses ekstraksi dan karakterisasi lanjut untuk mengetahui karakter biokimia dan aplikasinya dalam proses pewarnaan batik. Diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui pigmen mikroorganisme tersebut memiliki tingkat kelarutan yang tinggi di dalam air atau pelarut organik. Selain itu, diperlukan langkah untuk menganalisis kemampuan keterserapan pigmen ke dalam serat kain serta ketahanan pigmen terhadap pemanasan. Teknik pewarnaan batik umumnya menggunakan pemanasan. Pemanasan pada saat proses pewarnaan, dapat mengubah sifat warna pigmen. Seperti penelitian Alihosseini *et al.* (2008), menunjukkan bahwa prodigiosin yang diperoleh dari mikroba tidak stabil dalam proses pemanasan. Kramar *et al.* (2014) meneliti pigmen yang

diperoleh dari *Streptomyces* sp. memiliki sensitivitas terhadap pH. Perubahan pH pelarut mempengaruhi kemampuan solubilitas pigmen ke dalam pelarut. Oleh karena itu, diperlukan analisis lanjut mengenai pengaruh perubahan pH pelarut terhadap karakter solubilitas pigmen. Selain itu, setelah proses pewarnaan, profil kekuatan warna terhadap proses pencucian (*washing fastness*) juga perlu diuji. Ahmad *et al.* (2012) dan Liu *et al.* (2013) berhasil mewarnai kain poliamid dan akrilik menggunakan prodiginosin yang diekstrak dari *Serratia marcescens* jx1-1 dengan kekuatan warna yang cukup baik. Penelitian lain oleh Shahitha dan Poornima (2012) yang berhasil mengaplikasikan prodiginosin dari *Serratia marcescens* pada kain katun. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, performa pewarna alami dalam aplikasinya berbeda-beda bergantung pada jenis serat kain.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sebanyak 6 isolat mikroorganisme yaitu 2 isolat bakteri B1 dan B2, 3 isolat jamur benang J1, J2, dan J3, serta 1 isolat khamir K1 telah berhasil diisolasi dari limbah kulit kentang. Berdasarkan karakterisasi morfologi, isolat B1 dan B2 merujuk pada genus *Bacillus* dan *Streptococcus* secara berturut-turut. Sedangkan isolat J1 memiliki ciri yang mirip dengan genus *Trichoderma*, selanjutnya isolat J2 dan J3 memiliki karakteristik yang sesuai dengan genus *Aspergillus*. Terakhir, isolat khamir K1 memiliki ciri karakteristik yang merujuk pada genus *Geotrichum*. Dalam penelitian ini, DNA bakteri, kapang, dan khamir berhasil diisolasi dan diamplifikasi menggunakan primer universal yaitu 16S, ITS1, dan ITS4. Hasil amplifikasi pada DNA isolat B1 dan B2 menghasilkan produk sebesar 1500 bp, sedangkan hasil amplifikasi pada DNA isolat J1, J2, J3, dan K1 menghasilkan produk PCR sebesar kurang lebih 500 bp. Sekuensing DNA untuk mengetahui urutan basa produk PCR perlu dilakukan sehingga dapat dipastikan identitas nama spesies dan strain mikroorganisme.

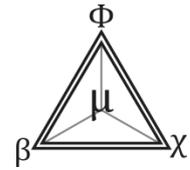
## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian pendahuluan ini dibiayai oleh Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang skim penelitian KBK tahun 2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad AS, Ahmad WYW, Zakaria ZK, Yosof NZ. 2012. Applications of bacterial pigments as colorant: the Malaysian perspective. New York: Springer Briefs in Molecular Science.
- Alihosseini F, Ju KS, Lango J, Hammock BD, & Sun G. 2008. Antibacterial colorants: characterization of prodiginines and their applications on textile materials. *Biotechnol Progr.* 24(3): 742-747.
- Bintari SH, Fibriana F, Mustikaningtyas D, & Iswari RS. 2014. PCR Approach for Rapid Detection of *Escherichia Coli* in Tempe using A Specific Primer. *J Biol Res.* 19: 54-58.
- Dawson TL. 2009. Biosynthesis and synthesis of natural colours. *Color Technol.* 125(2): 61-73.
- Dufosse L. 2009. Pigments, microbial. In: Schaechter M (ed) Encyclopedia of microbiology, 3rd edn. Academic Press, Oxford.
- Fibriana F. 2014. *Selection, Identification, Optimization and Characterization of Lipase Producing Fungal Strain Isolated from Palm Oil Contaminated Wastes* (Master degree dissertation, Prince of Songkla University Thailand).
- Fibriana F & Hadiyanti LN. 2016. Phylogenetic Relationships of Local Durian Species based on Morphological Characteristics and PCR-RFLP Analysis of the Ribosomal Internal Transcribed Spacer (ITS) DNA. *Biosaintifika* 8(3): 361-369.
- Gunasekaran S & Poorniammal R. 2008. Optimization of fermentation conditions for red pigment production from *Penicillium* sp. under submerged cultivation. *Afr J Biotechnol.* 7(12):1894-1898
- Joshi VK, Attri D, Bala A, Bhushan S. 2003. Microbial pigments. *Indian J Biotechnol.* 2: 362-369.
- Kim JK, Park SM, Lee SJ. 1995. Novel antimutagenic pigment produced by *Bacillus licheniformis* SSA3. *J Microbiol Biotechnol.* 5(1): 48-50.
- Kramar A, Ilic-Tomic T, Petkovic M, Radulovic N, Kostic M, Jovic D, Nikodinovic-Runic J. 2014. Crude bacterial extracts of two new *Streptomyces* sp. isolats as bio-colorants for textile dyeing. *World J Microbiol Biotechnol.* 30: 2231-2240.
- Liu X, Wang Y, Sun S, Zhu C, Xu W, Park Y, & Zhou H. 2013. Mutant breeding of *Serratia marcescens* strain for enhancing prodiginosin production and application to textiles. *Prep Biochem Biotechnol.* 43(3): 271-284.

- Malik K, Tokkas J, Goyal S. 2012. Microbial pigments: a review. *Int J Microb Res Technol* 1: 361-365.
- Miyaura J, & Tatsumi C. 1961. Studies on the Antibiotics from Actinomycetes. An Antibiotic Pigment from *Streptomyces* F-23b. *Agric Biol.* 12: 129-137.
- Nigam P, Pandey A, Babitha S. 2009. Microbial pigments biotechnology for agro-industrial residues utilisation. Springer, Netherlands.
- Shahitha S & Poornima K. 2012. Enhanced production of prodigiosin production in *Serratia marcescens*. *J Appl Pharm Sci.* 2: 138-140.
- Shirata A, Tsukamoto T, Yasui H, Hata T, Hayasaka S, Kojima A, Kato H. 2000. Isolation of bacteria producing bluish-purple pigment and use for dyeing. *Jap Agric Res Q.* 34: 131-140.
- Sugiharta. 1987. Dasar-dasar pengolahan air limbah. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Venil CK, Zakaria ZA, Ahmad WA. 2013. Bacterial pigments and their applications. *Process Biochem* 48: 1065-1079



## Profil Fitoestrogen Kacang Gude (*Cajanus cajan*) dalam Darah, Urin dan Feses pada Tikus Putih Betina

CN Primiani<sup>✉</sup>, Pujiati

Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP PGRI Madiun, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*  
Diterima 11 Januari 2017  
Disetujui 23 Maret 2017  
Dipublikasikan 1 April 2017

*Keywords:*  
*phytoestrogens profile;*  
*pigeon pea; daidzein;*  
*metabolism*

### Abstrak

Pengembangan kacang gude sebagai sumber fitoestrogen merupakan salah satu upaya pelestarian keragaman hayati. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis metabolisme fitoestrogen kacang gude dalam tubuh dan retensinya dalam jaringan. Hewan coba menggunakan sembilan ekor tikus putih betina galur Sprague Dawley umur 6-7 bulan, dan dikelompokkan menjadi 3 kelompok. Kelompok I kontrol (P1), kelompok II diberi larutan kacang gude perbandingan 24g : 24ml (P2) dan kelompok III diberi larutan kacang gude perbandingan 8g : 24ml (P3). Pemberian larutan kacang gude menggunakan sonde, dimasukkan dalam lambung. Darah, urin, dan feses dikoleksi pada jam ke-8, ke-16, dan ke-24 (fraksi I, fraksi II, dan fraksi III) setelah pemberian kacang gude. Analisis fitoestrogen daidzein dalam darah, urin, dan feses dilakukan menggunakan high performance liquid chromatography (HPLC). Hasil analisis menunjukkan kadar daidzein kacang gude di darah lebih tinggi daripada di urin dan feses. Kadar daidzein meningkat pada fraksi II dan menurun pada fraksi III. Daidzein mengalami absorpsi, distribusi, ekskresi, dan retensi di dalam jaringan. Retensi fitoestrogen daidzein dalam jaringan sebesar 95,472%.

### Abstract

*The purpose of this research to analyze the metabolism of phytoestrogens pigeon pea in the body and its retention in the tissues. Animals used nine female Sprague-Dawley rats 6-7 months. The rats were grouped into 3 treatment groups. The first group was the control (P1), the second group contained those given a solution of pigeon pea seeds under the ratio of 24g : 24ml (P2) and the third group was given a solution of pigeon pea seeds under 8g : 24ml ratio (P3). The provision of pigeon pea solution by gavage using a sonde into the stomach. Blood, urine, and feces were collected on the hour all 8 hours of the 16th, and the 24th hour (fractions I, II fractions and fractions III). Analysis of phytoestrogen daidzein in the blood, urine, and feces was performed using high performance liquid chromatography (HPLC). The analysis showed that the levels of daidzein pigeon pea in the blood is higher than the levels in the urine and feces. Daidzein levels increased in the second fraction and decreases in fraction III. Daidzein experiencing absorption, distribution, excretion and retention in the tissues. Retention phytoestrogen daidzein in tissue 95.472%*

© 2017 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:  
E-mail: [primiani@ikippgrmadiun.ac.id](mailto:primiani@ikippgrmadiun.ac.id)

ISSN 0215-9945

## PENDAHULUAN

Berbagai spesies tumbuhan sebagai bagian dari keanekaragaman hayati, dapat tumbuh baik di wilayah Nusantara. Keragaman spesies sebagian besar tumbuhan lokal sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai tumbuhan obat. Eksplorasi tumbuhan yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan obat herbal sebagai salah satu kekayaan budaya bangsa belum dilakukan secara optimal. Bahan obat sintesis menjadi pilihan utama masyarakat dalam pencegahan dan pengobatan penyakit, karena dianggap lebih efektif dan efisien. Salah satu bahan sintesis dalam bidang kesehatan adalah penggunaan terapi hormon estrogen.

Penggunaan bahan sintesis dalam bidang kesehatan menjadi pilihan masyarakat, karena dianggap lebih praktis dan lebih cepat memberikan kesembuhan. Tenaga kesehatan selalu merekomendasikan penggunaan bahan sintesis sebagai bahan pencegahan dan pengobatan penyakit. Masyarakat belum mengerti efek samping yang ditimbulkan akibat penggunaan bahan obat sintesis. Penggunaan bahan sintesis dalam waktu lama dapat memberikan efek samping dalam sistem tubuh. Hasil penelitian Primiani (2015) menunjukkan bahwa pemberian bahan sintesis daidzein menyebabkan nekrosis dan degenerasi melemak pada hati dan ginjal tikus.

Analisis farmakokinetik dan farmakodinamik pada bahan sintesis lebih mudah dibandingkan pada bahan alam karena mekanismenya berdasarkan satu senyawa aktif. Metabolisme satu bahan aktif dalam proses absorpsi, distribusi dan ekskresi lebih cepat dibandingkan senyawa kompleks. Bahan alam mengandung kompleksitas senyawa, sehingga proses metabolismenya menjadi lebih kompleks dan waktunya lebih lama. Senyawa multi komponen bahan alam berinteraksi dalam sistem tubuh, sehingga memberikan sifat lebih stabil, meskipun dalam waktu lama. Senyawa bahan alam bekerja saling berinteraksi dan bersinergi, memberikan efek fisiologis yang sangat efektif (Xiang *et al.* 2011).

Salah satu bahan alam yang mempunyai struktur senyawa kompleks mirip hormon estrogen adalah kacang gude (*Cajanus cajan*). Kacang gude merupakan salah satu Leguminoceae

lokal yang belum optimal dimanfaatkan sebagai tumbuhan estrogenik. Berdasarkan struktur senyawa kimianya, maka kacang gude sering disebut fitoestrogen. Struktur kimia fitoestrogen mirip hormon estrogen, sehingga efeknya terhadap tubuh juga mirip hormon estrogen. Masyarakat belum mengenal kacang gude, karena pembudidayaannya tidak secara meluas seperti kedelai. Kacang gude ditanam di pekarangan rumah, sehingga produksinya masih terbatas untuk sayuran.

Pengembangan kacang gude sebagai fitoestrogen diperlukan pengujian terus menerus, secara preklinis dan klinis. Usaha mengembangkan kacang gude sebagai bahan obat herbal merupakan salah satu upaya pelestarian keragaman hayati. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis metabolisme fitoestrogen kacang gude dalam tubuh dan retensinya dalam jaringan, diharapkan kacang gude menjadi salah satu alternatif bahan estrogen alami yang lebih efektif dan efisien.

## METODE

Hewan coba menggunakan sembilan ekor tikus putih betina Sprague Dawley 6-7 bulan, 160-200 gram, dipelihara di laboratorium Biosains Universitas Brawijaya. Hewan coba dikelompokkan 3 perlakuan. Pra perlakuan dilakukan aklimatisasi selama 7 hari, diletakkan dalam kandang kelompok sesuai masing-masing perlakuan. Perlakuan uji metabolisme, hewan coba dipindahkan dalam kandang metabolit selama 24 jam pertama. Kelompok I kontrol ( $P_0$ ) kelompok II diberi larutan kacang gude perbandingan 24g:24ml ( $P_2$ ) dan kelompok III diberi larutan kacang gude perbandingan 8g:24ml ( $P_3$ ). Pemberian larutan kacang gude menggunakan sonde, dimasukkan ke dalam lambung. Darah, urin, dan feses dikoleksi pada jam ke-8, jam ke-16, dan jam ke-24 (fraksi I, fraksi II, dan fraksi III) setelah perlakuan. Analisis fitoestrogen daidzein dalam darah, urin, dan feses dilakukan menggunakan metode *high performance liquid chromatography* (HPLC).

Analisis darah, urin, dan feses metode HPLC diadopsi dan dikembangkan dari Murphy (1980) dan Idridge (1982)

associates, Deerfield, IL) untuk dianalisis dengan HPLC Shimadzu.

### Preparasi sampel darah

Sampel darah diambil sebanyak 50  $\mu$ l ditempatkan dalam erlenmeyer bertutup, ditambahkan 10 ml asetonitril, 2 ml HCl 0,1 M dan 5 ml akuades, selanjutnya diaduk menggunakan *stirer* selama 2 jam pada suhu ruang. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatmann No.42 dan diambil filtratnya. Filtrat dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* dengan suhu < 30° C. Residu hasil evaporasi dilarutkan dengan 10 ml metanol grade HPLC 80% dalam air, kemudian disaring menggunakan perangkat saring dengan filter 0,45  $\mu$ m *polytetrafluoroethylene* (Alltech associates, Deerfield, IL) untuk dianalisis dengan HPLC Shimadzu.

### Preparasi sampel urin

Sampel urin diambil sebanyak 0,5 ml ditempatkan dalam erlenmeyer bertutup, ditambahkan 10 ml asetonitril, 2 ml HCl 0,1 M dan 5 ml aquades, selanjutnya diaduk menggunakan *stirer* selama 2 jam pada suhu ruang. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatmann No.42 dan diambil filtratnya. Filtrat dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* suhu < 30° C. Residu hasil evaporasi dilarutkan menggunakan 10 ml metanol grade HPLC 80% dalam air, kemudian disaring menggunakan perangkat saring dengan filter 0,45  $\mu$ m *polytetrafluoroethylene* (Alltech associates, Deerfield, IL) untuk dianalisis dengan HPLC Shimadzu.

### Preparasi sampel feses

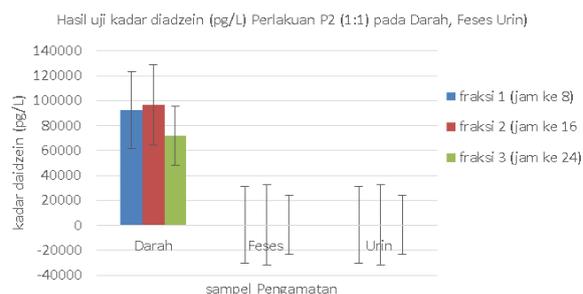
Sampel feses diambil sebanyak 0,5 g ditempatkan dalam erlenmeyer bertutup, ditambahkan 10 ml asetonitril, 2 ml HCl 0,1 M dan 5 ml aquades, selanjutnya diaduk menggunakan *stirer* selama 2 jam pada suhu ruang. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatmann No.42 dan diambil filtratnya. Filtrat dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* dengan suhu < 30° C. Residu hasil evaporasi dilarutkan dengan 10 ml metanol grade HPLC 80% dalam air, kemudian disaring menggunakan perangkat saring dengan filter 0,45  $\mu$ m *polytetrafluoroethylene* (Alltech

### Analisis HPLC

HPLC yang digunakan spesifikasi C18, larutan fase gerak menggunakan asam asetat glasial 0,1% dalam air dan 0,1% asam asetat glasial dalam asetonitril. Injeksi sampel 20  $\mu$ l Kecepatan alir larutan 1 ml/menit, detektor photodiode pada  $\tau$  255 – 300 nm, temperatur kolom 25°C, *flow rate* 0,8 ml/menit, *wavelength* 255 nm, *running time* 40 menit, *post running time* 15 menit.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

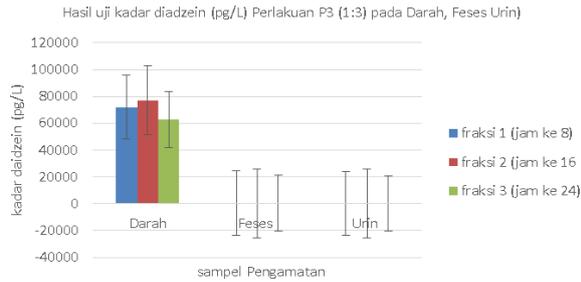
Hasil analisis HPLC menunjukkan bahwa kadar isoflavon daidzein dalam darah, urin, dan feses pada tiga fraksi I, II, dan III dalam perlakuan larutan kacang gude 24g : 24ml (Gambar 1).



**Gambar 1.** Kadar daidzein darah, urin, dan feses perlakuan larutan kacang gude 24g : 24ml (P<sub>2</sub>)

Kadar daidzein dalam darah lebih tinggi daripada dalam urin dan feses. Kadar daidzein dalam darah, urin, dan feses pada fraksi I meningkat, mencapai optimum pada fraksi II, kemudian menurun pada fraksi III.

Hasil analisis HPLC menunjukkan bahwa kadar isoflavon daidzein dalam darah, urin, dan feses pada tiga fraksi I, II, dan III dalam perlakuan larutan kacang gude 8g:24ml (P<sub>3</sub>) (Gambar 2).



**Gambar 2.** Kadar Daidzein Darah, Urin, dan Feses Perlakuan Larutan Kacang Gude 8g : 24ml (P<sub>3</sub>)

Kadar daidzein dalam darah lebih tinggi daripada dalam urin dan feses. Kadar daidzein dalam darah, urin, dan feses pada fraksi I meningkat, mencapai optimum pada fraksi II, kemudian menurun pada fraksi III.

Metabolisme daidzein terjadi dalam plasma darah, urin, dan feses sebagai hasil biotransformasi oleh mikroorganisme usus. Absorpsi daidzein tergantung dari enzim spesifik pada vili-vili usus halus *enterocytes* yang menghidrolisis struktur gula. Daidzein kemungkinan diabsorpsi secara langsung atau dimetabolisme lebih lanjut oleh mikroflora usus. Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, proses absorpsi, distribusi dan ekskresi daidzein terjadi dalam 8 jam, hal ini dapat diamati bahwa pada fraksi 1, 2 dan 3 daidzein dapat dianalisis melalui metode HPLC.

Isoflavon daidzein merupakan salah satu komponen senyawa kimia kacang gude yang akan mengalami proses absorpsi dan distribusi dalam sistem tubuh. Pemberian larutan kacang gude merupakan suatu perlakuan menggunakan bahan alam, sehingga tidak hanya daidzein saja yang berperan. Proses absorpsi terjadi di dalam darah, kadar daidzein pada perlakuan P<sub>2</sub> meningkat mulai

dari fraksi I (92773,474 pg/l), mencapai kadar optimum pada fraksi II (96766,278 pg/l), dan menurun pada fraksi III (72033,062 pg/l). Demikian juga kadar daidzein pada perlakuan P<sub>3</sub> meningkat mulai dari fraksi I (72033,062 pg/l), mencapai kadar optimum pada fraksi II (77165,830 pg/l), dan menurun pada fraksi III (62819,248 pg/l).

Distribusi terjadi di dalam jaringan, fitoestrogen akan berikatan dengan reseptor estrogen, sehingga terjadi perubahan terhadap struktur jaringan. Retensi isoflavon daidzein di jaringan/organ dapat dianalisis dengan menghitung selisih antara retensi total dengan retensi daidzein dalam darah. Proses metabolisme isoflavon daidzein dilanjutkan dengan proses ekskresi, kadar isoflavon daidzein dapat dianalisis melalui urin dan feses.

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, kadar isoflavon daidzein dalam urin dan feses lebih rendah dibandingkan dalam darah. Kebutuhan estrogen dalam jaringan/organ tinggi, sehingga jumlah estrogen yang diekskresikan lebih rendah daripada kadarnya dalam darah. Struktur kimia daidzein mirip estrogen, seperti halnya estrogen endogen, daidzein mengalami sirkulasi enterohepatik yang disekresikan dalam empedu dan diekskresikan secara lambat melalui urin dan feses (Pottenger 2000; Kim *et al.* 2008). Perubahan struktur jaringan akibat proses metabolisme kacang gude dalam tubuh, dapat dianalisis adanya jumlah retensi kacang gude (isoflavon daidzein) dalam jaringan jaringan pada fraksi I, II, dan III (Tabel 1).

**Tabel 1.** Analisis Retensi Daidzein dalam darah dan Organ pada Fraksi I, II, dan III

Bahan	Fraksi ke-	Jumlah intake (µg)	Jumlah yang dikeluarkan urin (µg)	Jumlah yang dikeluarkan feses (µg)	Jumlah yang dikeluarkan (µg)	Retensi (µg)	Kandungan dalam darah (µg)	Retensi dalam darah (%)	Retensi dalam jaringan (%)
P <sub>2</sub>	1	29,776	0,001	0,002	0,003	29,773	0,906	3,044	98,021
	2	29,776	0,001	0,002	0,002	29,774	0,945	3,175	97,883
	3	29,776	0,000	0,001	0,001	29,774	0,835	2,807	97,192
P <sub>3</sub>	1	12,193	0,000	0,001	0,002	12,191	0,703	5,772	94,837
	2	12,193	0,000	0,001	0,001	12,192	0,748	6,135	93,864
	3	12,193	0,000	0,001	0,001	12,192	0,613	5,034	94,966

Ket: larutan biji kacang gude 24g : 24ml (P<sub>2</sub>); larutan biji kacang gude 8g : 24ml (P<sub>3</sub>)

Tabel 1 menunjukkan bahwa retensi isoflavon daidzein dalam darah mengalami penurunan pada fraksi III. Isoflavon daidzein yang diekskresikan melalui urin dan feses sangat sedikit, dibandingkan dengan jumlah *intake* (Tabel 1). Proses sirkulasi dan distribusi isoflavon daidzein ke jaringan, menyebabkan adanya retensi senyawa di dalam darah dan jaringan. Hasil analisis retensi isoflavon daidzein dalam darah dan jaringan menunjukkan bahwa isoflavon daidzein mengalami proses absorpsi, kemudian terdistribusi di seluruh jaringan. Struktur kimia daidzein mirip estrogen, sehingga di dalam sel, daidzein berikatan dengan reseptor estrogen. Ikatan dengan reseptor estrogen akan memberikan potensi estrogenik di jaringan. Fitoestrogen mempunyai afinitas ikatan dengan reseptor estrogen serta memiliki aktivitas mirip estrogen (Jagla 2010; Milligan & Kalita 2010; Orhan *et al.* 2011).

Isoflavon merupakan salah satu metabolit sekunder yang tersebar di berbagai tumbuhan sebagai bentuk glikosida *6''-O-malonyl-7-O-β-D-glucoside* dan *6''-O-acetyl-7-O-β-D-glucosida* yang secara biologis inaktif (Brown & Setchell 2001; Wiseman *et al.* 2002). Absorpsi efektif isoflavon membutuhkan konversi bentuk glikosida menjadi bioaktif aglikon dengan bantuan β glikosidase yang berasal dari bakteri intestinum tenue dan intestinum crassum (Ioku *et al.* 1998; Setchell 2000). Mikroflora usus berperan penting dalam mendegradasi isoflavon sehingga memberi kontribusi dalam bioavailabilitas. Menurut Zhang *et al.* (1999) mikroflora usus berperan penting dalam mendegradasi isoflavon sehingga memberi kontribusi dalam bioavailabilitas. Isoflavon sangat baik diabsorpsi meskipun prosesnya sangat lambat (Shelnutt *et al.* 2000). Menurut Watanabe *et al.* (1998) isoflavon dalam bentuk glikosida tidak diabsorpsi secara utuh oleh sirkulasi intestinal. Ditemukan adanya bukti bahwa bentuk glikosidanya mengalami hidrolisa oleh β glukosidase, yang berperan dalam bioavailabilitas.

## SIMPULAN

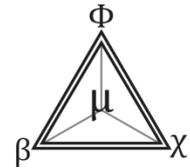
Kacang gude dalam sistem organ mengalami proses metabolisme. Kadar fitoestrogen daidzein

dalam darah lebih tinggi dibandingkan kadarnya dalam urin dan feses. Retensi isoflavon daidzein dalam darah P<sub>2</sub> adalah 3,008% dan P<sub>3</sub> adalah 5,647%. Retensi isoflavon daidzein dalam jaringan P<sub>2</sub> adalah 97,698% dan P<sub>3</sub> adalah 94,556%. Retensi isoflavon daidzein dalam jaringan tinggi, sehingga kacang gude mempunyai potensi baik pada organ. Proses metabolisme dan potensi estrogenik kacang gude dalam organ, memungkinkan kacang gude dapat dikembangkan sebagai bahan estrogen alami.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brown NM & Setchell. 2001. Animal models Impacted by phytoestrogens in commercial chow: implications for pathways influenced by hormones. *Lab Invest* 81:735-747.
- Idridge AC. 1982. High Performance Liquid Chromatography Separation of Soybean Isoflavones and Their Glucosides. *J Chromatogr.*234:494-496.
- Ioku K, Pongpiriyadacha Y, Konishi Y, Takei Y, Nakatani N & Terao J. 1998. B-glucosidase activity in the rat small intestine toward quercetin monoglucosides. *Biosci Biotechnol Biochem.* 62:1428-1431.
- Jagla F, Riečansky L & Pilsakova L. 2010. The physiological actions of isoflavone phytoestrogens. *Physiol Res.* 59:651-664.
- Kim M, Han J, & Kim SU. 2008. Isoflavone daidzein: chemistry and bacterial metabolism. *J Appl Biol Chem.* 51(6):253-261.
- Milligan SR & Kalita JC. 2010. In vitro estrogenic potency of phytoestrogen-glycosides and some plant flavanoids. *Indian J Sci Technol* 3(12):1142-1147.
- Murphy PA. 1980. Separation of genistin, daidzin, and their aglycones and coumestrol by gradient high performance liquid chromatography. *J Chromatogr.* 211:166-169
- Orhan LE, Tosun F, Tamer U, Duran A, Alan B. & Kok AF. 2011. Quantification of genistein and daidzein in two endemic genista species and their antioxidant activity. *J Serb Chem Soc.* 76(1):35-42.
- Pottenger LH, Domoradzki JY, Markham DA, Hansen SC, Cagen SZ & Waechter JM. 2000. The relative bioavailability and metabolism of bisphenol a in rats is dependent upon the route of administration. *Toxicol. Sci.* 54:3-28.
- Primiani CN. 2015. Pemanfaatan bahan alam lokal bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) dan alpukat (*persea americana mill*) terhadap struktur

- jaringan hati dan ginjal tikus putih. Prosiding Seminar Nasional Biologi, 6 Agustus 2015. pp. 21-26, Universitas Diponegoro.
- Shelnutt SR, Cimino CO & Wiggins PA. 2000. Urinary pharmacokinetics of the glucuronide and sulfate conjugates of genistein and daidzein. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 9:413-419.
- Setchell KDR. 2000. Absorption and metabolism of soy Isoflavones from food to dietary supplements and adults to infants. *J Nutr.* 130:654S-655S.
- Watanabe S, Yamaguchi M, Sobue T, Takashi T, Miura T, Arai Y, Mazur W, Wahala K & Adlercrutz H. 1998. Pharmacokinetics of soybean isoflavones in plasma, urine and feces of men after ingestion of 60 g baked soybean powder (Kinako). *J Nutr* 128: 1710-1715.
- Wiseman H, Casey K, Clarke DB, Barnes KA, Bowey E. 2002. Isoflavone aglycon and glucoconjugate content of high- and low-soy U.K. foods used in nutritional studies. *J Agric Food Chem.* 50:1404-1410.
- Xiang C, Qiao X, Wang Q, Li R, Miao W, Guo D & Ye M. 2011. From single compounds to herbal extract: a synergy to systematically characterize the metabolites of licorice in rats. *Drug Met Deposition.* 39(9):1597-1608.
- Zhang Y, Wang GJ, Song TT, Murphy PA, & Hendrich S. 1999. Urinary disposition of the soybean isoflavones daidzein, genistein, and glycitein differs among with moderate fecal isoflavone degradation activity. *J Nutr.* 129:957-962.



## Pengembangan Briket Bonggol Jagung sebagai Sumber Energi Terbarukan

NP Aryani <sup>✉</sup>, Masturi, SS Edie

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima 11 Januari 2017

Disetujui 23 Maret 2017

Dipublikasikan 1 April 2017

*Keywords:*

*Briquettes; corncobs; energy*

### Abstrak

Krisis energi yang terjadi saat ini merupakan masalah yang memiliki pengaruh yang sangat besar karena energi merupakan sumber kebutuhan primer bagi masyarakat luas. Harga minyak dunia yang mengalami kenaikan secara fluktuatif akan memperparah keadaan tersebut. Pengembangan sumber energi pengganti sumber energi yang tersedia saat ini masih perlu dilakukan. Salah satu yang bisa digunakan sebagai sumber energi baru adalah briket. Pada penelitian ini, telah dikembangkan pembuatan briket dengan bahan dasar bonggol jagung. Pembuatan briket dimulai dengan membuat arang bonggol jagung menggunakan metode pyrolysis. Arang tersebut kemudian dihaluskan dan dicampur menggunakan lem kayu supaya merekat satu sama lain. Setelah itu, arang ditekan menggunakan hot press sampai berbentuk seperti tablet dengan diameter 3 cm dan tebal 1 cm. Proses selanjutnya adalah pengeringan selama 2 hari. Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah perbandingan komposisi arang briket bonggol jagung dengan lem kayu, yaitu 1:1, 2:1, dan 3:1. Pengukuran kapasitas panas briket bonggol jagung dilakukan menggunakan bom kalorimeter dan menghasilkan kapasitas panas yang pali baik sebesar 9454.083 kal/g yaitu pada perbandingan arang bonggol jagung dengan lem kayu 2:1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa briket bonggol jagung yang dihasilkan cukup baik jika diaplikasikan sebagai sumber energi terbarukan.

### Abstract

*The current energy crisis is a problem that has a huge impact because energy is a primary source of need for the wider community. The development of energy sources for replace the current energy sources are still needed. One thing that can be used as a new energy source is briquettes. In this research, we have developed briquettes with corn cobs. Briquettes begins by making corncobs charcoal using pyrolysis method. The charcoal is then mashed and mixed using wood glue to stick each other. After that, the charcoal is pressed using hot press until that shaped like a tablet with diameter of 3 cm and 1 cm thick. The next process is drying for 2 days. Variations that made in this study is the variation of composition of the composition of charcoal corncb with wood glue, which is 1: 1, 2: 1, and 3: 1. Measurement of heat capacity of corncob briquettes was done using calorimeter bombs and resulted a good heat capacity of 9454.083 kal / g, ie in the comparison of corncob with 2: 1 wood glue. These results indicate that corncob briquettes are produced quite well if applied as a source of renewable energy.*

© 2017 Universitas Negeri Semarang

## PENDAHULUAN

Kebutuhan suatu negara terhadap energi merupakan suatu keniscayaan, tidak terkecuali Indonesia yang sudah menjadi negara pengimpor minyak fosil. Keadaan ini akan sangat diperparah saat harga minyak dunia mengalami kenaikan secara fluktuatif. Dampak yang ditimbulkan akibat krisis energi ini sangat besar karena energi merupakan sumber kebutuhan primer bagi masyarakat luas. Upaya untuk mengatasi krisis energi ini harus secara terus menerus dilakukan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pengembangan briket yang khusus digunakan untuk mensubstitusi maupun melengkapi kebutuhan energi panas rumah tangga.

Di sisi lain, persoalan produksi sampah, khususnya sampah pertanian, seperti bonggol jagung merupakan persoalan yang harus dipecahkan untuk menjaga lingkungan pertanian tetap lestari. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk memecahkan persoalan itu adalah melalui pengolahan sampah produksi pertanian tersebut menjadi briket.

Bonggol jagung adalah bagian jagung yang sudah tidak dipakai lagi dan merupakan limbah biomassa yang sangat potensial untuk pembuatan briket. Pemanfaatan limbah tongkol jagung dan sekam padi dapat dilakukan dengan membuat briket. Pada penelitian Mangkau *et al.* (2011) penggunaan tongkol jagung sebesar 75% dan sekam padi 25% diperoleh nilai kalor tertinggi sebesar 22343 kJ/kg atau sebesar 5336,536 cal/gram *fixed carbon* tertinggi sebesar 46,34%. Hamidi *et al.* (2011) menyatakan bahwa penambahan tongkol jagung sebesar 15 % dalam pembakaran bahan bakar briket blotong (*filter cake*) dihasilkan nilai kalor sebesar 2726,588 kal/g.

Melihat potensi sampah bonggol jagung sebagai bahan biomassa yang sangat baik, perlu dilakukan penelitian tentang fabrikasi briket bonggol jagung dan memperoleh nilai kapasitas panasnya.

## METODE

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu pembuatan arang aktif bonggol

jagung, pencetakan bonggol jagung menjadi briket, dan karakterisasi briket. Pembuatan arang aktif bonggol jagung dimulai dari pengeringan bonggol jagung dan pembakaran bonggol jagung kering dengan minim oksigen. Tahap pengeringan dilakukan dengan menjemur bonggol jagung di bawah sinar matahari selama kira-kira 3 hari. Pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air yang ada dalam bahan. Selain itu, dengan dikeringkan, berat bonggol jagung akan menjadi lebih ringan sehingga briket akan lebih ringan. Tahap pembakaran bonggol jagung kering dilakukan dalam tungku pembakar minim oksigen agar limbah bonggol jagung menjadi arang. Metode ini disebut dengan metode *pyrolysis* yaitu proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya.

Tahap selanjutnya adalah pencetakan arang bonggol jagung menjadi briket. Awal tahap ini dilakukan dengan menghancurkan arang bonggol jagung menjadi bagian-bagian kecil. Hal ini dilakukan agar saat dilakukan pengepresan akan saling terikat secara kuat karena luasnya permukaan sentuhan. Penghancuran arang bonggol jagung dilakukan menggunakan *ball milling* untuk membuat serbuk arang bonggol jagung. Serbuk arang bonggol jagung kemudian dicampur dengan lem kayu. Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah variasi komposisi arang bonggol jagung dengan lem kayu. Variasi dilakukan dengan perbandingan arang : lem kayu adalah 1:1, 2:1, 3:1.

Arang bonggol jagung yang telah dihancurkan kemudian dicampur dengan lem kayu yang sudah diencerkan dengan air, komposisi lem kayu dengan air adalah 1:1. Tujuan dilarutkannya lem kayu dengan air untuk membantu agar proses intrusi ke dalam pori-pori bonggol jagung lebih merata. Setelah perekat dan arang bonggol jagung yang telah dihancurkan dicampurkan secara merata, selanjutnya dilakukan pencetakan briket. Mula-mula campuran dimasukkan dalam cetakan, kemudian dicetak menggunakan panas (*hot-press*) pada tekanan 3000 psi dan temperatur 95°C tertentu selama 15 menit. Tahap terakhir dari kegiatan ini pengeringan briket menggunakan sinar matahari sampai . Tujuan pengeringan ini

untuk menghilangkan kadar air yang terbawa pada saat proses pencampuran bahan.

Tahap selanjutnya adalah karakterisasi. Karakterisasi utama yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kapasitas panas menggunakan alat kalorimeter Bom. Karakterisasi dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UNNES.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah bonggol jagung yang melimpah berhasil dibuat menjadi salah satu sumber energi alternatif yaitu briket. Arang adalah residu hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan yang mengandung unsur karbon. Arang umumnya didapatkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon seperti kayu, gula, tulang, dan benda lain dengan pemanasan pada suhu tinggi. Arang yang hitam, ringan, mudah hancur, dan menyerupai batu bara ini terdiri atas 85% sampai 98% karbon, sisanya adalah abu atau benda kimia lainnya. Proses pembuatan arang sesungguhnya dapat menghasilkan berbagai arang dengan kegunaan berbeda misalnya arang biasa hasil pembakaran hanya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi penghasil panas. Sementara arang dengan proses pengaktifan fungsinya dapat berubah untuk kesehatan, pertanian, kecantikan, elektronik, dan lain-lain (Hazra, *et al.* 2011).

Arang aktif atau sering juga disebut karbon aktif merupakan senyawa karbon amorf yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus atau dengan proses aktivasi untuk menghilangkan hidrogen, gas-gas, air, atau senyawa lain dari permukaan karbon sehingga permukaan lebih luas atau besar. Pada proses aktivasi terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan atom karbon melalui oksidasi atau pemanasan. Arang aktif terdiri atas 85-95% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk selama proses pembuatan (Alam 2005). Volume pori-pori arang aktif biasanya lebih besar dari 0.2 cm<sup>3</sup>/gram dan bahkan kadang-kadang melebihi 1 cm<sup>3</sup>/gram.

Arang aktif dapat dibuat dari berbagai bahan yang mempunyai kandungan karbon tinggi

seperti batubara (*coal*), tempurung kelapa, limbah industri, kayu, biji aprikot, kulit singkong, dan kulit kemiri (Kumagai *et al.* 2009). Jenis bahan baku yang digunakan akan mempengaruhi mudah atau tidaknya proses aktivasi serta pengaruh terhadap struktur permukaan besar dari karbon aktif yang dihasilkan. Bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan arang aktif terdiri atas 3 kriteria bahan yaitu bahan dasar harus mengandung karbon, pengotor pada bahan dasar harus dijaga seminimal mungkin, dan bahan dasar harus mempunyai kualitas yang konstan (Masturi *et al.* 2011a; Masturi *et al.* 2011b).

Briket yang telah siap pakai kemudian dikarakterisasi menggunakan alat *kalorimeter bom* di Laboratorium Kimia FMIPA UNNES. Penggunaan alat ini dimaksudkan agar kita mengetahui kapasitas panas briket yang telah dihasilkan tanpa ada panas yang keluar. Jika menggunakan cara konvensional, kita bisa memanaskan air yang telah diukur suhu sebelum pemanasan. Setelah mendidih, suhu air diukur kembali. Dengan demikian, diperoleh perubahan suhu dengan mengurangkan suhu setelah pemanasan dengan suhu sebelum pemanasan. Kemudian, untuk mengetahui kapasitas panas digunakan persamaan :

$$Q = mc\Delta T \quad (1)$$

Dengan *c* merupakan kalor jenis air dan *m* adalah massa air. Akan tetapi, kapasitas panas yang dihasilkan melalui cara ini bukan kapasitas panas penuh yang dimiliki briket. Hal ini disebabkan banyaknya kalor yang hilang ketika proses pemanasan. Kalor yang dihasilkan briket akan diserap oleh lingkungan dan oleh tungku pemanas. Oleh karena itu, cara ini kurang efektif jika digunakan untuk mengetahui kapasitas panas briket.

Dari uji alat *kalorimeter bom*, dihasilkan kapasitas panas briket bonggol jagung dengan perbandingan komposisi arang bonggol jagung : lem kayu 1:1, 2:1, 3:1 masing-masing adalah 7865 kal/g, 9454 kal/gram, 6785 kal/g. Nilai kapasitas panas yang paling tinggi dihasilkan dengan perbandingan arang bonggol jagung : lem kayu adalah 2:1. Pada perbandingan 1:1, bubuk arang bonggol jagung sebelum dicetak memiliki konsistensi yang sangat encer dan terlalu banyak mengandung air sehingga ketika proses

pengeringan dengan perlakuan yang sama, briket yang dihasilkan dari perbandingan ini memiliki porositas lebih tinggi. Hal ini berpengaruh pada nilai kapasitas panas yang dihasilkan. Sedangkan pada perbandingan 3:1, solubilitas bahan rendah sehingga daya rekat antar serbuk bubuk arang menjadi kurang baik. Pada perbandingan 2:1, konsistensi dan solubilitas bahan sangat pas jika diolah menjadi briket. Hasil ini sudah cukup baik jika digunakan sebagai sumber energi terbarukan, dibandingkan dengan nilai kapasitas panas beberapa bahan lain yang digunakan untuk sumber panas. Nilai kapasitas panas yang tinggi diduga dipengaruhi oleh karakteristik kimia dan fisika dari bonggol jagung. Bonggol jagung sangat cocok untuk pembuatan tenaga alternatif karena kadar senyawa kompleks lignin dalam bonggol jagung adalah 6,7-13,9%, untuk hemiselulose 39,8% dan selulose 32,3-45,6% (O'Connell 2007). Sedangkan beberapa jurnal menyebutkan kadar senyawa kompleks lignin pada bonggol jagung 15%, selulosa 45%, dan Hemiselulosa 35% (Roney 2009). Walaupun ada perbedaan mengenai kadar kandungan senyawa kimia bonggol jagung yang pasti komposisi kimia tersebut membuat bonggol jagung dapat digunakan sebagai sumber energi.

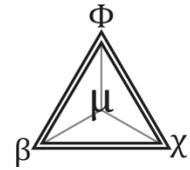
## SIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kapasitas panas yang dihasilkan dari briket bonggol jagung dengan perbandingan komposisi arang bonggol jagung : lem kayu 1:1, 2:1, 3:1 masing-masing adalah 7865 kal/g, 9454 kal/gram, 6785 kal/g. yang menunjukkan angka yang cukup baik jika digunakan sebagai sumber energy. Nilai kapasitas panas yang paling tinggi dihasilkan dengan

perbandingan arang bonggol jagung : lem kayu adalah 2:1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alam LA. 2005. Penghematan Bahan Bakar dengan Substitusi Briket Batubara pada Pengeringan Karet Sit Asap Sistem Kontinyu. *Prosiding Seminar Nasioanl Kehutanan IPB*, pp. 29-35.
- Hamidi N, Wardana I, Sasmito & Handono. 2011. Pengaruh Penambahan Tongkol Jagung Terhadap Performa Pembakaran Bahan Bakar Briket Blotong (Filter Cake), *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2(2): 92-97
- Hazra F & Sari N. 2011. Biomassa tempurung buah nyamplung (*Callophyllum spp*) untuk pembuatan briket arang sebagai bahan bakar alternatif. *Jurnal Sains Terapan*, 3: 34-39
- Kumagai S & Sasaki J. 2009. Carbon/silica composite fabricated from rice husk by means of binderless hot-pressing, *Bioresource Technology*. 100 : 3308-3315.
- Mangkau A, Rahman A, Bintaro G. 2011. Penelitian Nilai Kalor Briket Tongkol Jagung dengan Berbagai Perbandingan Sekam Padi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Masturi, Aliah H, Aji MP, Sagita AA, Bukit M, Sustini E, Khairurrijal, Abdullah M. 2011a. Effect of silica nanoparticles on compressive strength of leaves-waste composite, *AIP Conference Proc*, 1415: 90-93.
- Masturi, Abdullah M, Khairurrijal. 2011b. High compressive strength of home waste and polyvinyl acetate composites containing silica nanoparticle filler, *J Mater Cycles Waste Manag*, 13: 225-231.
- O'Connell J. 2007. *Kingsford Brand Charcoal Ingredients*. California Barbecue Association: California.
- Roney J. 2009. The Beginnings of Maize Agriculture. *Archaeology Southwest*, 23 (1): 1-4.



## Analisis Porositas dan Kuat Tekan Campuran Tanah Liat Kaolin dan Kuarsa sebagai Keramik

F Setiawan <sup>✉</sup>, L Arifani M, A Yulianto, M P Aji

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima 11 Januari 2017

Disetujui 23 Maret 2017

Dipublikasikan 1 April 2017

*Keywords:*

ceramics; kaolin; quartz sand;  
porosity; violence

### Abstrak

Keramik merupakan bahan komposit yang memiliki tahanan suhu tinggi, keausan dan korosi yang lebih baik daripada super alloy namun memiliki sifat getas. Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik keramik dengan penambahan campuran pasir kuarsa terhadap sifat mekaniknya. Preparasi lempung dan pasir kuarsa dilakukan dengan cara ditumbuk menggunakan cawan dan mortar, sehingga diperoleh material serbuk. Penentuan komposisi bahan dihitung berdasarkan persentase massa. Sampel keramik dibuat dengan komposisi berbeda sebanyak 6 sampel, dengan variasi perbandingan kaolin dan pasir kuarsa 8:0, 7:1, 6:2, 5:3, 4:4, 3:5. Pembentukan sampel dengan cara cetak dan proses sintering menggunakan furnace hingga mencapai suhu 750 °C dengan waktu penahanan 1,5 jam. Parameter karakterisasi sampel meliputi porositas dan kekerasan. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa sifat mekanik optimum keramik dihasilkan pada komposisi 50% kaolin dan 50% pasir kuarsa. Pada komposisi tersebut dihasilkan karakteristik porositas 34,83% dan kekerasan 342,53 kgf/cm<sup>2</sup>.

### Abstract

Keramik merupakan bahan material yang banyak dimanfaatkan masyarakat Indonesia sebagai produk kerajinan dan sebagai bahan material bangunan. Produk dari kerajinan keramik dapat berupa porselen, ubin, kendi, patung, atau kerajinan yang tidak banyak menerima beban kerja secara terus menerus. Keramik merupakan bahan komposit yang memiliki tahanan suhu tinggi, keausan dan korosi yang lebih baik daripada super alloy namun memiliki sifat getas (Subiyanto & Subowo 2003). Untuk mendapatkan keramik yang baik, dibutuhkan uji mekanis keramik. Kajian penelitian tentang kekuatan mekanis masih sangat jarang dilakukan karena belum menjadi perhatian utama dalam produksi keramik. Untuk meningkatkan kualitas produk keramik perlu rekayasa sifat mekanis sehingga meminimalisir cacat atau rusak saat pengiriman maupun ketahanan pada produk keramik. Kekerasan keramik kaolin semakin naik seiring dengan naiknya suhu sinter dan tekanan kompaksi (Amin & Irawan 2008). Material keramik berkembang dengan pesat, perkembangan tersebut meliputi kuat tekan keramik, struktur dalam berupa porositas, densitas keramik dan juga komposisi keramik. Penelitian mengenai kuat tekan keramik dan pengujian porositas dengan bahan yang berbeda-beda masih jarang dilakukan. Uji kuat tekan dan porositas bisa digunakan untuk menentukan kualitas keramik yang baik.

© 2017 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:

E-mail: setiawanfjr@outlook.com

ISSN 0215-9945

## PENDAHULUAN

Keramik merupakan bahan material yang banyak dimanfaatkan masyarakat Indonesia sebagai produk kerajinan dan sebagai bahan material bangunan. Produk dari kerajinan keramik dapat berupa porselen, ubin, kendi, patung, atau kerajinan yang tidak banyak menerima beban kerja secara terus menerus. Keramik merupakan bahan komposit yang memiliki tahanan suhu tinggi, keausan dan korosi yang lebih baik daripada super *alloy* namun memiliki sifat getas (Subiyanto & Subowo 2003). Untuk mendapatkan keramik yang baik, dibutuhkan uji mekanis keramik. Kajian penelitian tentang kekuatan mekanis masih sangat jarang dilakukan karena belum menjadi perhatian utama dalam produksi keramik. Untuk meningkatkan kualitas produk keramik perlu rekayasa sifat mekanis sehingga meminimalisir cacat atau rusak saat pengiriman maupun ketahanan pada produk keramik. Kekerasan keramik kaolin semakin naik seiring dengan naiknya suhu sinter dan tekanan kompaksi (Amin & Irawan 2008). Material keramik berkembang dengan pesat, perkembangan tersebut meliputi kuat tekan keramik, struktur dalam berupa porositas, densitas keramik dan juga komposisi keramik. Penelitian mengenai kuat tekan keramik dan pengujian porositas dengan bahan yang berbeda-beda masih jarang dilakukan. Uji kuat tekan dan porositas bisa digunakan untuk menentukan kualitas keramik yang baik.

## METODE

Untuk melakukan uji kuat tekan dan uji porositas keramik langkah pertama yang harus dilakukan yaitu membuat sampel keramik. Sampel keramik dibuat dari bahan kaolin (material lempung) dan pasir kuarsa melalui proses homogenisasi, pencetakan (kompaksi), pembakaran, dan pendinginan. Dalam proses homogenisasi pencampuran bahan dilakukan dengan menggunakan *ball mill* dan mangkuk porselin dengan tujuan untuk memperoleh bagian yang homogen. Proses selanjutnya yaitu

pencetakan sampel dengan cara serbuk keramik dimasukkan kedalam suatu wadah kemudian ditekan dengan alat press dalam hal ini menggunakan dongkrak hidrolik dengan tekanan maksimum 4 ton. Sampel dibuat sebanyak 6 buah dengan perbandingan kaolin:pasir kuarsa yaitu 8:0,7:1,6:2,5:3,4:4,3:5 dan dibakar menggunakan *furnace* dengan suhu 750°C dengan waktu penahanan (*holding time*) 90 menit. Setelah dilakukan pembakaran menggunakan *furnace* selanjutnya sampel didinginkan hingga suhu kamar hal ini dilakukan supaya menghindari sampel mengalami retak-retak.

Karakterisasi keramik (porositas dan kuat tekan) dilakukan dengan cara sederhana. Untuk menguji porositas keramik kaolin dan pasir kuarsa yang telah dibuat dilakukan dengan cara merendam sampel ke dalam air selama 10 jam pada suhu dan tekanan ruang (Gambar 1a). Setelah direndam, sampel ditimbang massanya dengan menggunakan neraca digital. Kekerasan adalah ukuran ketahanan dari suatu bahan untuk menahan deformasi permanen. Kekerasan suatu bahan diukur dengan menekankan sebuah beban ke permukaan bahan. Pengujian kuat tekan keramik juga dilakukan cara sederhana menggunakan alat press hidrolik (Gambar 1b). Sampel diletakkan di tengah-tengah alat kemudian ditekan dengan tekanan sebesar 4 ton. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah uji porositas karena uji kuat tekan keramik merupakan pengujian yang merusak sampel, keramik ditekan sampai keramik retak dan hancur.

Data yang didapat dari eksperimen pengujian porositas maupun pengujian kuat tekan kemudian dianalisis. Porositas keramik dianalisis dengan menggunakan persamaan:

$$\text{porositas} = \frac{p_2 - p_1}{p_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:  $\rho_1$  = massa jenis sampel kering ( $g/cm^3$ )

$\rho_2$  = massa jenis sampel basah ( $g/cm^3$ )

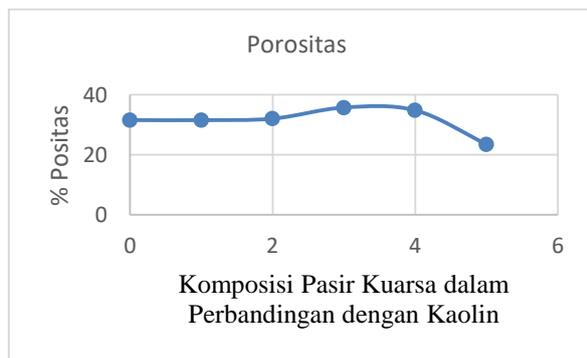
Sementara untuk menghitung kuat tekan keramik digunakan rumus:  $\sigma = \frac{P}{A}$  (2). Dengan  $\sigma$  = kekerasan ( $kgf/cm^2$ ) P= gaya tekan maksimum (kgf) dan A = luasan dari sampel ( $cm^2$ )



**Gambar 1.** (a) pengujian porositas dengan waktu perendaman 10 jam. (b) pengujian kuat tekan dengan alat press hidrolik

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Nilai porositas diukur dan dihitung menggunakan prinsip Archimedes. Grafik hasil pengukuran porositas keramik dengan komposisi lempung dan pasir kuarsa dapat dilihat pada Gambar 2.

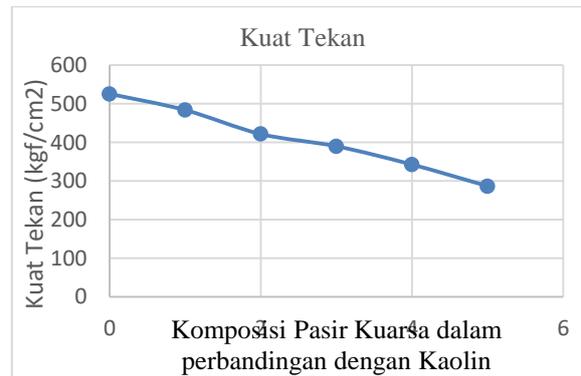


**Gambar 2.** Distribusi porositas keramik dengan komposisi lempung dan pasir kuarsa.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan pasir kuarsa nilai porositas keramik cenderung semakin tinggi, namun data yang ke-6 menunjukkan penurunan. Hasil pengukuran porositas keramik dalam penelitian ini berkisar antara 23,51% hingga 35,80%. Hasil ini sedikit lebih besar daripada porositas keramik yang ada di pasaran yaitu antara 20% - 30% (Kiswanto 2011). Nilai porositas sampel komposit keramik berbasis pasir silika-MgO berada dalam rentang 36,37(1)-38,23(3)% (Istiqomah & Pratapa 2013). Keramik lumpur lapindo dengan *pressureless sintering* dengan tekanan kompaksi 100 MPa (pada pembuatan *green body*), suhu sinter 800°C diperoleh harga kekerasan Vickers tertinggi 914,340±92, 06 MPa (Amin & Irawan 2010).

Untuk nilai porositas diperlihatkan bahwa setiap penambahan 5% pasir kuarsa maka porositas bertambah, artinya bahwa penambahan pasir kuarsa berbanding lurus dengan naiknya porositas. Fungsi awal pasir kuarsa dalam hal ini adalah bahan aditif sebagai penguat ternyata sebaliknya sehingga mempengaruhi nilai porositas keramik (Sriatun *et al.* 2013). Hal ini dikarenakan selama proses sintering pori-pori dalam keramik terisi oleh butiran-butiran pasir kuarsa yang banyak mengandung silika karena ukuran butir silika relatif lebih kecil dari 33 butiran lempung. Besar kecilnya nilai porositas dipengaruhi pada proses pencetakan.

Nilai kekerasan dari hasil pengujian menggunakan alat press di laboratorium komposit berkisar antara 286,76 kgf/cm<sup>2</sup> hingga 525,54 kgf/cm<sup>2</sup>. Hasil uji kekerasan diperlihatkan pada Gambar 3. Kekerasan keramik semakin menurun dengan bertambahnya pasir kuarsa, artinya bahwa kekerasan berbanding terbalik terhadap penambahan pasir kuarsa.



**Gambar 3.** Distribusi kekerasan keramik dengan komposisi kaolin dan pasir kuarsa, penambahan pasir kuarsa mempengaruhi kekerasan pada keramik

Dalam penelitian ini, nilai kekerasan optimum dicapai (yaitu sebesar 525,54 kgf/cm<sup>2</sup>) pada sampel keramik dengan komposisi perbandingan massa kaolin dan pasir silika (kaolin 8 : 0 silika), kaolin sebanyak 32 gram dan silika 0 gram. Nilai kekerasan keramik pada penelitian ini cukup baik, karena keramik dicetak dengan beban penekanan yang tinggi dan diberi aditif. Dengan beban penekanan yang tinggi, dapat diperoleh sampel keramik yang lebih padat. Kekerasan keramik yang berbanding terbalik dengan

penambahan pasir kuarsa sebagai aditif, dikarenakan perbedaan titik lebur antara kaolin dan pasir kuarsa. Titik lebur kaolin lebih rendah dari pasir kuarsa, sehingga butiran material kaolin menyusut lebih cepat pada saat pembakaran dan butiran pasir kuarsa mengisi kekosongan rongga pada keramik. Pasir kuarsa yang banyak mengandung silika berpengaruh mengurangi kekuatan badan keramik, kecuali dalam bentuk butir-butir yang sangat halus, kadang dapat bertindak sebagai pelebur (Bayuseno 2009). Hal ini yang menyebabkan keramik mudah retak dan rapuh karena penambahan kadar pasir kuarsa yang terlalu banyak. Berdasarkan penelitian Karo-Karo & Komaro (2006), kegagalan produk keramik dapat diakibatkan karena bahan mentah kasar mengandung 30,2% kerikil serta pasir yang memiliki susut kering serta susut bakar lebih kecil dibanding lanau atau bahan lainnya yang lebih halus. Bahan mentah juga mengandung 15,91% senyawa montmorillonit yang merupakan senyawa lapis tiga yang dapat menyerap air 16 kali volume awalnya atau memiliki penyusutan yang sangat besar. Kondisi yang berlawanan ini menyebabkan terjadi kerusakan atau pecah ketika pengeringan atau pembakaran

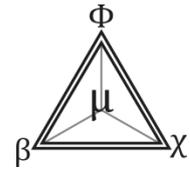
## SIMPULAN

Pada penambahan pasir kuarsa diperoleh keramik dengan nilai porositas 23,51-35,78 % dan nilai kekerasan 286,76-525,54 kgf/cm<sup>2</sup>. Nilai kekerasan dan sifat fisik sampel keramik didapatkan komposisi optimum pada komposisi 50% kaolin dan 50% pasir kuarsa, dengan nilai porositas 34,83 %, nilai kekerasan 342,53

kgf/cm<sup>2</sup>. Penambahan pasir kuarsa mempengaruhi sifat mekanik keramik dengan semakin banyak penambahan pasir kuarsa maka semakin kecil nilai kekerasan. Ukuran butir pasir kuarsa yang relatif lebih kecil dari ukuran butir kaolin menunjukkan persebaran pasir kuarsa pada sampel keramik terlihat kompak dan merata dengan kaolin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin M & Irawan B. 2008. Pengaruh Tekanan Kompaksi Terhadap Karakterisasi Keramik Kaolin Yang Dibuat Dengan Proses Pressureless Sintering. *Traksi*. 8(1): 40-54
- Amin M & Irawan B. 2010. Pengaruh Tekanan Kompaksi Dan Suhu Sintering Terhadap Densitas Keramik Lumpur Lapindo. *Prosiding Seminar Nasional Unimus*. <http://jurnal.unimus.ac.id>. Hal: 290-295
- Bayuseno AP. 2009. Pengembangan dan Karakterisasi Material Keramik Untuk Dinding Bata Tahan Api Tungku Hoffman K1. *Rotasi*. 11(4):
- Istiqomah & Pratapa S. 2013. Sifat Fisis Dan Fasa Komposit Keramik Berbasis Pasir Silika-MgO. *Jurnal Teknik POMITS*. 1(1): 1-3
- Karo-karo U & Komaro M. 2006. Karakterisasi Bahan Mentah dan Analisa Kegagalan Produk Keramik. *TORSI*. IV(2)
- Kiswanto H. 2011. Optimasi Sifat-sifat Mekanik Genteng Press dengan Bahan Aditif Silika dan Dolomit. *Skripsi*. Jurusan Fisika, Universitas Negeri Semarang. Semarang
- Sriatun, Yulianto A. & Sulhadi. 2013. Analisis Sifat Mekanik Genteng Keramik Hasil Campuran Lumpur Lapindo. *Unnes Physics Journal*. 2 (1):
- Subiyanto H. & Subowo. 2003. Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Mekanik Keramik Insulator Listrik. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(1):



## Pembuatan *Carbon Black* Berbasis Nanoserbuk Tempurung Biji Karet Menggunakan *High Energy Milling*

D Ramayana<sup>✉</sup>, I Royani, F S Arsyad

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*  
Diterima 11 Januari 2017  
Disetujui 23 Maret 2017  
Dipublikasikan 1 April 2017

*Keywords:*  
*carbon black; HEM; shell of rubber seed*

### Abstrak

Tempurung biji karet merupakan limbah yang belum banyak dimanfaatkan. Salah satu upaya untuk meningkatkan nilai ekonomi tempurung biji karet adalah diproses menjadi *carbon black*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari karbon dan mengolah tempurung biji karet menjadi *carbon black* berbasis nanoserbuk menggunakan *High Energy Milling* (HEM). *Carbon black* dibuat melalui proses karbonisasi dan aktivasi dengan larutan  $H_3PO_4$ , kemudian karbon dilakukan penghalusan menggunakan HEM. Untuk mengetahui kualitas karbon, karakteristik karbon aktif diuji kadar air, kadar abu, kadar zat menguap dan kadar karbon terikat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik arang aktif memenuhi standar SNI 06-3730-1995 yaitu kadar air (2,5%), kadar abu (3,5%), kadar zat menguap (23,5%) dan kadar karbon terikat (73%).

### Abstract

*Rubber seed shell is a waste that has not been widely utilized. One effort to increase the economic value of rubber seed shell is processed into carbon black. This study aims to determine the characteristics of carbon and treat rubber seed shell into carbon black based nano powder using High Energy Milling (HEM). Carbon black is made through carbonization and activation process with  $H_3PO_4$  solution, then carbon is smoothing using HEM. To determine the carbon quality, the characteristics of activated carbon are tested for moisture content, ash content, volatile substance and bound carbon content. The results showed that the characteristics of activated charcoal fulfilled SNI 06-3730-1995 standard were moisture content (2.5%), ash content (3.5%), vapor content (23.5%) and bound carbon content (73%).*

© 2017 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:  
E-mail: fitri\_sa@yahoo.com

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet alam terbesar di dunia. Sekitar tahun 1980, industri karet Indonesia telah mengalami pertumbuhan produksi yang stabil. Dengan areal perkebunan yang cukup luas, maka potensi biji karet yang dihasilkan tinggi. Total luas perkebunan karet Indonesia telah meningkat secara stabil selama satu dekade terakhir. Luas areal dan produksi karet dari status perusahaan tahun 2012-2016 adalah 3.639.695 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan 2014). Salah satu provinsi penghasil karet terbesar di Indonesia adalah provinsi Sumatera Selatan. Luas areal dan produksi karet di provinsi Sumatera Selatan tahun 2015 sebesar 832.967 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan 2014). Dari perkebunan karet, terutama diambil getah karetnya, sedangkan biji karet dan tempurung biji karet merupakan hasil samping yang belum dimanfaatkan.

Tanaman Karet (*Hevea Brasiliensis*) merupakan tanaman perkebunan bernilai ekonomis tinggi. Tanaman tahunan ini dapat disedap getah karetnya pertama kali pada umur tahun ke-5. Dari getah tanaman karet (*lateks*) tersebut bisa diolah menjadi lembaran karet (*Sheet*), bongkahan (kotak), atau karet remah (*Crumb rubber*) yang merupakan bahan baku industri karet. Kayu tanaman karet, bila kebun karetnya hendak diremajakan, juga dapat digunakan untuk bahan bangunan, misalnya untuk membuat rumah, furniture dan lain-lain (Purwanta 2008).

Namun dalam kenyataannya, masyarakat di Indonesia terutama di Provinsi Sumatera Selatan belum banyak memanfaatkan biji karet. Selama ini biji karet dibuang percuma tanpa diolah menjadi apapun. Hal ini sejalan dengan Susila (2015), bahwa produk utama tanaman karet (*Havea brasiliensis*) adalah getahnya (*lateks*), sedangkan hasil produksi yang berupa biji sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Pengembangan saat ini baru sampai pada pembuatan biodiesel dari biji karet (Susila 2015). Selain sebagai bahan baku biodiesel, tempurung biji karet juga berpotensi untuk pembuatan *carbon black* untuk aplikasi briket. Hal ini diduga karena masih minimnya informasi masyarakat mengenai

manfaat tempurung biji karet, kurangnya potensi masyarakat tentang pentingnya pemanfaatan limbah biji karet, serta kurangnya penyuluhan pemerintah mengenai pemanfaatan limbah biji karet kepada masyarakat. Untuk lebih meningkatkan nilai ekonomisnya, tempurung biji karet dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif dalam pembuatan *carbon black*.

*Carbon black* adalah sebuah serbuk yang sangat halus dengan luas permukaan sangat besar dan hanya terdiri dari atom *carbon*. Dalam pengembangan industri kimia, *carbon black* menjadi salah satu produk unggulan. Sebagian besar *carbon black* dimanfaatkan sebagai bahan baku atau pembantu untuk pembuatan ban, karet, cat dan briket yang dibutuhkan masyarakat banyak. Dalam penelitian ini, digunakan limbah tempurung biji karet sebagai bahan baku pembuatan *carbon black*. Keunggulan tempurung biji karet adalah banyak melimpah dan tersedia di alam. Di sisi lain, tempurung biji karet merupakan bahan organik yang terdiri dari beberapa komponen seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin yang baik untuk pembuatan karbon.

Berdasarkan hal tersebut, pemanfaatan tempurung biji karet perlu dioptimalkan untuk diolah menjadi *carbon black* menggunakan metode *High Energy Milling* (HEM) sehingga *carbon black* yang dihasilkan lebih halus dengan waktu yang singkat. *Carbon black* adalah suatu serbuk yang sangat halus dengan luas permukaan sangat besar dan terdiri hanya dari atom *carbon*. *Carbon black* adalah unsur karbon yang diproduksi dengan pembakaran parsial atau pirolisis terkontrol dari hidrokarbon. Dalam pembuatannya, terdapat beberapa proses yang dikembangkan, diantaranya *oil-furnace*, *lampblack*, *thermal black*, *acetylene black*, dan *channel black*.

Proses karbonisasi merupakan proses pembakaran yang akan mengubah suatu material menjadi karbon. Pembakaran adalah reaksi cepat suatu senyawa dengan senyawa oksigen dengan disertai pembebasan kalor (panas) dan cahaya. Namun pada pembentukan karbon proses karbonisasi yang digunakan adalah pembakaran tak sempurna. Pembakaran tak sempurna adalah proses pembakaran dengan persediaan oksigen terbatas yang akan menghasilkan CO atau karbon

dalam bentuk arang atau jelaga (Fessenden & Fessenden 1982).

Pada proses karbonisasi tempurung biji karet, suhu karbonisasi yang digunakan adalah 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C. Dasar pemilihan dari variasi suhu ini adalah teori mengenai keunggulan aktivasi kimia yakni dalam proses aktivasi kimia suhu yang digunakan relatif lebih rendah dibandingkan dengan aktivasi fisika (Suhendra & Gunawan 2010).

Karbon aktif merupakan suatu bahan yang mengandung karbon amorf yang memiliki permukaan dalam (*internal surface*) sehingga memiliki daya serap tinggi (Purnomo 2010). Selain fungsinya sebagai adsorben, karbon aktif juga dapat digunakan dalam dunia pengobatan sebagai norit (obat diare). Di samping itu, karbon aktif juga memiliki kelebihan lain yakni mudah untuk dibuat, sebab proses pembuatannya termasuk proses yang cukup sederhana. Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan (SNI) 06-3730-1995 pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Persyaratan karbon aktif Standar Nasional Indonesia (SNI 1995)

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air	Maks. 15%
Kadar Abu	Maks.10%
Kadar Zat Menguap	Maks.25%
Kadar Karbon Terikat	Min.65%
Daya Serap Terhadap Yodium	Min. 750 mg/g
Daya Serap Terhadap Benzena	Min. 25%

*High Energy Milling (HEM)* merupakan cara penggilingan baru yang mempunyai beberapa keunggulan bila dibandingkan dengan alat *milling* konvensional. *HEM* mampu menghasilkan partikel lebih kecil dalam waktu *milling* yang lebih singkat (Rochman 2009).

## METODE

### Persiapan Bahan Baku dan Pembuatan Karbon

Tempurung biji karet sebagai bahan baku, setelah itu dilakukan pencucian terlebih dahulu pada tempurung biji karet untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada bahan baku. Bahan baku dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama satu hari. Lalu

tempurung biji karet dikarbonisasi. Karbon yang dihasilkan dihaluskan lalu diayak dengan ayakan 100 mesh.

### Pembuatan Karbon Aktif

Karbon direndam dalam larutan aktivator  $H_3PO_4$  7% selama 24 jam. Setelah itu, karbon dicuci dan disaring, lalu dikeringkan pada suhu 100°C untuk mengurangi jumlah pelarutnya. Karbon aktif yang didapat selanjutnya dianalisa.

### Pembuatan Carbon Black

Karbon aktif yang telah dianalisa, selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan metode HEM dengan optimasi waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam. Setelah dihaluskan lalu *carbon black* dikarakterisasi.

### Analisis Kadar air

Karbon aktif ditimbang  $\pm 2$  gram kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah dikeringkan dan dipanaskan dalam oven pada suhu 100°C selama 2 jam. Karbon tersebut didinginkan di dalam desikator dan ditimbang hingga massanya konstan. Setelah itu dihitung kadar airnya berdasarkan persamaan 1.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

a = Massa karbon aktif mula-mula (gram)

b = Massa karbon aktif akhir (gram)

### Analisa Kadar Abu

Karbon aktif ditimbang  $\pm 2$  gram dan dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah diketahui massanya. Kemudian karbon aktif dipanaskan dalam tanur pada suhu 600°C selama 4 jam. Kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh massa yang konstan. Kadar abu dihitung berdasarkan persamaan 2.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{b}{a} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

a = Massa karbon aktif mula - mula (gram)

b = Massa abu (gram)

### Kadar Zat Menguap

Karbon aktif ditimbang  $\pm 2$  gram dan dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah diketahui massanya. Cawan dipanaskan pada suhu 900°C dalam tanur selama 15 menit. Setelah itu

dimasukkan dalam desikator dan ditimbang hingga massanya konstan. Kadar zat menguap dihitung berdasarkan persamaan 3.

$$\text{Kadar zat menguap} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

a = Massa karbon aktif mula-mula (gram)

b = Massa karbon aktif akhir (gram)

### Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat diperoleh dari hasil pengurangan kadar abu dan kadar zat menguap dihitung dengan persamaan 4.

$$\text{Kadar karbon terikat} = 100\% - (A+B) \quad (4)$$

Keterangan :

A = Kadar abu (%)

B = Kadar zat menguap (%).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Karbon Aktif

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa karbon aktif dari tempurung biji karet dengan aktivator  $H_3PO_4$  7% selama 24 jam telah memenuhi standar kualitas karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995. Hasil analisis karbon aktif tempurung biji karet disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Biji Karet

No.	Uraian	Prasyarat Kualitas	Hasil Analisis
1.	Kadar Air (%)	Maks.15%	2,5%
2.	Kadar Abu (%)	Maks. 10%	3,5%
3.	Kadar Zat Menguap (%)	Maks. 25%	23,5%
4.	Kadar Terikat (%)	Min. 65%	73%

Kadar air karbon aktif tempurung biji karet adalah sebesar 2,5%. Kadar air diasumsikan bahwa kadar air yang merupakan senyawa volatil, karena masih adanya air yang terjebak dalam rongga dan menutupi pori karbon aktif. Semakin rendah kadar air menunjukkan rendahnya air yang tertinggal dan menutupi pori karbon aktif.

Kadar abu karbon aktif tempurung biji karet adalah sebesar 3,5%. Kadar abu diasumsikan sebagai sisa mineral yang tertinggal pada saat

dipanaskan, karena bahan alam sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif tidak hanya mengandung senyawa karbon tetapi juga mengandung mineral dan sebagian dari mineral ini telah hilang pada saat karbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi diperkirakan masih tertinggal. Keberadaan abu yang berlebihan menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang.

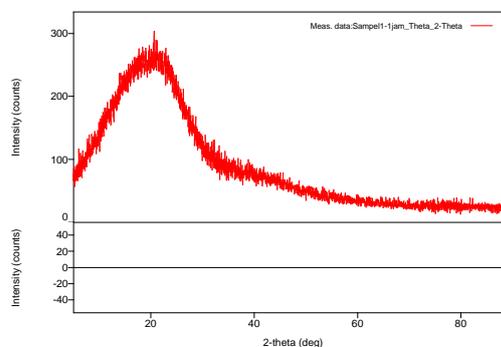
Kadar zat menguap karbon aktif tempurung biji karet adalah sebesar 23,5%. Hal ini menunjukkan bahwa pada karbon aktif yang dibuat, tersisa sedikit zat volatil pada karbon aktif sehingga tidak menutupi pori-pori karbon aktif dan karbon aktif dapat menyerap adsorbat dengan maksimal.

Penetapan kadar karbon terikat bertujuan untuk menentukan kadar karbon murni yang terdapat pada karbon aktif. Kadar karbon terikat karbon aktif yang dihasilkan adalah sebesar 73%.

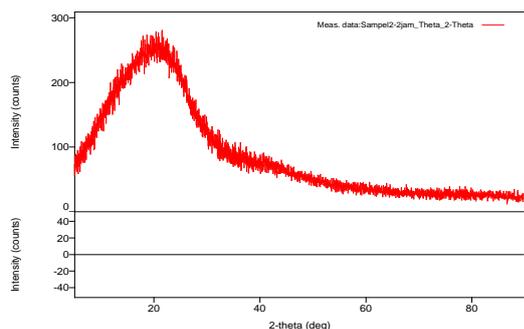
### Sifat Fisis Serbuk Tempurung Biji Karet

Derajat kristalinitas merupakan tingkat keteraturan struktur suatu material (Hussain *et al.* 2000). Gambar 1,2 dan 3 memperlihatkan hasil difraksi sinar-X pada karbon serbuk tempurung biji karet dengan optimasi waktu 1 jam, 2 jam dan 3 jam.

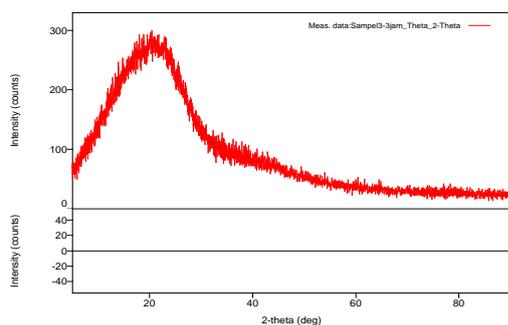
Pada Gambar 1, 2 dan 3 menunjukkan pola difraksi sinar X antara optimasi waktu 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Dari Gambar 1 terlihat bahwa pola difraksi yang paling dominan dimiliki oleh optimasi waktu 1 jam, dan pada Gambar 2 dan 3 mengalami penurunan pola difraksi sinar X untuk optimasi waktu 2 jam dan 3 jam.



**Gambar 1.** Pola difraksi sinar-X berdasarkan optimasi waktu selama 1 jam.



**Gambar 2.** Pola difraksi sinar-X berdasarkan optimasi waktu selama 2 jam.



**Gambar 3.** Pola difraksi sinar-X berdasarkan optimasi waktu selama 3 jam.

## SIMPULAN

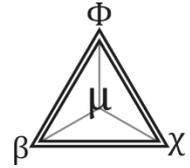
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa tempurung biji karet dapat dioptimalkan menjadi *carbon black*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik arang aktif memenuhi standar SNI 06-3730-1995 yaitu kadar air (2,5%), kadar abu (3,5%), kadar zat menguap (23,5%) dan kadar karbon terikat (73%).

Perlu dilakukan uji penyerapan karbon aktif dari tempurung biji karet melalui aplikasinya sebagai adsorben terhadap limbah cair dan penelitian lanjutan menggunakan variasi variabel

untuk mendapatkan karbon aktif yang memiliki kualitas tinggi yang sesuai standar SNI, baik variasi suhu, ukuran karbon, lama perendaman, jenis aktivator maupun variasi konsentrasi senyawa aktivator dan mampu untuk diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Buana ALLL. 2015. Pemanfaatan Bungkil dan Kulit Biji Karet Sebagai Bahan Bakar Alternatif Biobriket Dengan Perekat Tetes Tebu. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(3):
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2014. Luas Areal dan Produksi Karet. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Fessenden RJ & Fessenden JS. 1982. Kimia Organik. Diterjemahkan oleh Pudjaatmakan, A.H. Edisi Ketiga. Jilid I. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Hussain R, Qadeer R, Ahmad M, Saleem M. 2000. X-Ray Diffraction Study of Heat-Treated Graphitized and Ungraphitized Carbon. *Turk J Chem* 24 (2000): 177-183.
- Purnomo SE. 2010. Pembuatan Arang Aktif Dari Kulit Biji Kopi dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue (Kation dan Naphthol Yellow (Anion)). *Skripsi*. Yogyakarta : UIN Sunan Kalijaga.
- Purwanta HJ. 2008. *Teknologi Budidaya Karet*. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Litbang Pertanian
- Rochman NT. 2009. Alat Pembuat Nanopartikel Made In Indonesia. Nano Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia. 1995. Arang Aktif Teknis (SNI 06-370-1995). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia
- Suhendra D & Gunawan ER. 2010. Pembuatan Arang Aktif Dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya Pada Penyerapan Ion Tembaga (II). Mataram: Universitas Mataram.



## Uji Aktivitas Antibakteri Krim Ekstrak Daun Babadotan (*Ageratum conyzoides. L*) dalam Pelarut Etanol

AS Hidayati<sup>✉</sup>, Harjono

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*  
Diterima 11 Januari 2017  
Disetujui 23 Maret 2017  
Dipublikasikan 1 April 2017

*Keywords:*  
*babadotan; cream;*  
*antibacterial activity; ethanol*  
*solvent*

### Abstrak

Tanaman babadotan tergolong keluarga *Asteraceae*, merupakan salah satu bahan baku obat alami, baik dari daun maupun akar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri ekstrak daun babadotan dengan VCO (*Virgin Coconut Oil*) serta penerapannya pada krim penyembuh luka. Penelitian ini menggunakan metode maserasi untuk mendapatkan ekstrak daun babadotan dengan cara perendaman tanaman dalam pelarut *n*-heksana dilanjutkan dengan pelarut etanol masing-masing selama 3 x 24 jam. Krim penyembuhan luka diformulasi menggunakan bahan utama ekstrak daun babadotan (dalam pelarut etanol) dengan variasi 2,5%, 5% dan 10% dan penambahan variasi VCO 5% dan 10%. Hasil identifikasi fitokimia ekstrak daun babadotan dalam pelarut etanol positif menunjukkan adanya saponin, flavonoid, dan alkaloid. Ekstrak dalam pelarut etanol selanjutnya digunakan dalam formulasi krim penyembuh luka. Pengujian aktivitas antibakteri menunjukkan krim ekstrak daun babadotan dalam pelarut etanol dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli*.

### Abstract

*Babadotan plant included in the family Asteraceae family, is one of the raw materials of natural medicine, both from leaves and roots. This study aims to determine the antibacterial activity of babadotan leaf extract with VCO (Virgin Coconut Oil) and its application to wound healing cream. This research used maceration method to get leaf extract of babadotan by plant immersion in n-hexane solvent followed by ethanol solvent each for 3 x 24 hours. Wound healing creams were formulated using the main ingredients of babadotan leaf extract (in ethanol solvent) with variations of 2.5%, 5% and 10% and the addition of 5% and 10% VCO variations. The results of phytochemical identification of babadotan leaf extracts in a positive ethanol solvent showed the presence of saponins, flavonoids, and alkaloids. The extract in the ethanol solvent is then used in the formulation of wound healing cream. Examination of antibacterial activity showed cream of leaf extract of babadotan in ethanol solvent can inhibit the growth of bacterium *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli*.*

© 2017 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:  
E-mail: [alياهو\\_sekar@yahoo.co.id](mailto:alياهو_sekar@yahoo.co.id)

## PENDAHULUAN

Babadotan (*Ageratum conyzoides*, L.) dikenal secara luas sebagai tanaman obat dan pestisida nabati. Daun babadotan dilaporkan dapat dikembangkan sebagai insektisida botani karena memiliki kandungan bahan aktif saponin, tanin, flavonoid, polifenol serta minyak atsiri (Mahendra 2010). Pemanfaatan tanaman babadotan dalam pengobatan antara lain adalah bagian akar tanaman digunakan untuk menurunkan demam, sedangkan bagian daunnya digunakan sebagai pencuci mata serta mengobati sakit perut dan luka.

Bahan alamiah lainnya yang sering digunakan oleh masyarakat untuk pengobatan adalah minyak kelapa atau *Virgin coconut oil* (VCO). Kandungan senyawa kimia dalam VCO salah satunya adalah asam lemak tak jenuh yang dapat menghalangi radikal bebas dan mempertahankan sistem kekebalan. Hal ini membuat VCO bermanfaat untuk mencegah dan mengobati berbagai gangguan kesehatan. VCO juga memiliki tekstur minyak alami, bebas dari pestisida dan kontaminan lainnya, susunannya memudahkan penyerapan serta memberi tekstur yang lembut dan halus pada kulit.

Garg & Grewal (2015) melaporkan bahwa ekstrak babadotan dalam petroleum eter dan aseton memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *E.coli*, dan *Pseudomonas aerogenase*. Ekstrak babadotan dalam fraksi methanol juga dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri (Lalfakzuala *et al.* 2014). Penelitian Sugara (2011) menunjukkan bahwa uji aktivitas antibakteri ekstrak etil asetat daun babadotan dan semua fraksinya memiliki spektrum luas karena mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan negatif.

Berdasarkan latar belakang dan beberapa hasil penelitian terkait yang telah dipaparkan, maka fokus penelitian ini adalah mengkaji formulasi pembuatan krim ekstrak babadotan dengan VCO. Hasil formulasi krim diteliti lebih lanjut tentang potensinya sebagai krim penyembuhan luka melalui uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli*.

## METODE

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah babadotan (*Ageratum conyzoides*, L.) yang berasal dari Desa Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Sampel babadotan diperoleh dengan cara memotong batangnya kemudian dijemur di terik panas sinar matahari dan setelah kering, batang dan daun dipisahkan. Sampel kemudian diblender sampai ukuran kecil, kemudian ditimbang sebanyak 1000 g untuk dilakukan proses ekstraksi.

Ekstraksi daun babadotan dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut *n*-heksana. Residu yang diperoleh dikeringkan dan ditambah pelarut etanol, kemudian dilakukan proses maserasi dengan mengganti pelarut 3 x 24 jam. Hasil maserasi dikumpulkan dan disaring sehingga menghasilkan filtrat dan residu. Filtrat yang terbentuk kemudian diuapkan menggunakan *rotary evaporator* hingga diperoleh ekstrak etanol. Ekstrak etanol yang diperoleh diambil secukupnya untuk dilakukan pengujian selanjutnya, yakni uji fitokimia meliputi uji flavonoid, uji saponin, dan alkaloid.

Pada tahap ekstraksi ini komponen berminyak (fasa minyak) diantaranya adalah asam stearat, lilin lebah, setil alkohol, minyak mineral dan stearil alkohol. Sedangkan, komponen fasa air adalah propylene glikol, dan trietanolamin. Dalam penelitian ini, formulasi dimodifikasi sedemikian rupa sehingga sesuai dengan tujuan penelitian. Formula untuk berbagai krim dapat dilihat pada Tabel 1.

Secara singkat, komponen berminyak dan komponen berair ditimbang dan dilarutkan dalam air dengan suhu 75°C secara terpisah. Fasa air secara bertahap ditambahkan ke dalam fasa berminyak dan diaduk terus menerus sampai campuran didinginkan dan krim dipindahkan ke dalam wadah plastik dan diberi label yang sesuai.

Metode yang dipilih pada pengujian aktivitas antibakteri krim ekstrak babadotan adalah metode difusi agar. Dasar pemilihan metode ini adalah karena cepat, mudah dan sederhana pengerjaannya. Prinsip metode difusi agar adalah zat uji (krim ekstrak babadotan) dengan konsentrasi 2,5; 5; dan 10% (b/v) yang diteteskan pada kertas cakram yang dapat berdifusi dengan baik pada permukaan media padat yang

sebelumnya telah diinokulasi bakteri uji pada permukaannya.

**Tabel 1.** Formulasi modifikasi ekstrak krim babadotan

Bahan	Formulasi						
	R 1	R2	R 3	R4	R5	R6	Kont rol
Asam stearat (g)	2, 5	2, 5	2,5 1,5	2, 5	2, 5	2, 5	2,5 1,5
Lilin lebah (g)	1, 5	1, 5	5,0 6,5	1, 5	1, 5	1, 5	5,0 6,5
Stearil alkohol (mL)	5, 0	5, 0	5,0 5,0	5, 0	5, 0	5, 0	5,0 5,0
Setil alkohol (mL)	6, 0	6, 0	2,0 57,	6, 0	6, 0	6, 0	2,0 67,5
Mineral oil (mL)	5, 0	5, 0	5 0	5, 0	5, 0	5, 0	5, 0
Propilin glikol (g)	2, 0	2, 0	2, 0	2, 0	2, 0	2, 0	2, 0
Triethanol amine (g)	5, 0	5, 0	1 0	10 5,	10 10		
VCO (mL)	2, 5	2, 5	2, 0	0 52			
Ekstrak Kasar (g)	5 6	0 62	5 6	57 ,5			
Aquademi n (mL)	5	,5	0				

Media nutrien agar (NA) yang digunakan sebagai media pertumbuhan bakteri disiapkan dengan cara memanaskan NA kembali, kemudian dituang ke dalam cawan petri steril secara aseptis. Bakteri ditanam pada media NA dengan cara memasukkan 1 mL biakan bakteri hasil pengenceran ke dalam media NA kemudian menggoyangkannya seperti angka 8 (delapan). Kertas cakram dicelupkan ke dalam ekstrak masing-masing pada konsentrasi yang telah ditentukan selama 20 menit agar ekstrak tersebut bisa meresap ke dalam kertas cakram, kemudian diangin-anginkan dan diletakkan pada media NA yang telah ditanami bakteri.

Seluruh cawan petri yang berisi pembenihan bakteri diinkubasi selama 24 jam pada suhu kamar, kemudian diamati dan diukur daerah hambat pertumbuhan bakteri di sekitar kertas cakram, dilanjutkan dengan menghitung luas

daerah hambat atau zona beningnya (Sudarwati 2015).

Uji identifikasi fitokimia ini dilakukan dengan cara ekstrak babadotan ditambahkan 5 tetes kloroform lalu disaring, setelah itu tambahkan 3 ml aquadest lalu dikocok selama 2-3 menit. Larutan dibagi menjadi 2 bagian, yang bagian pertama untuk menguji flavanoid dengan cara menambahkan 3-5 tetes HCl p.a. dan serbuk Mg, dan bagian kedua untuk menguji saponin dengan mengocok fraksi air selama 1-2 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi daun babadotan dilakukan dengan metode maserasi menggunakan variasi pelarut *n*-heksana dan etanol. Metode maserasi dipilih karena pengerjaan dan peralatan yang digunakan sederhana dan dapat digunakan untuk senyawa yang tidak tahan panas serta rendemen yang didapatkan lebih besar karena penarikan senyawa aktif oleh pelarut dilakukan secara berulang-ulang. Variasi pelarut dilakukan secara bertahap yaitu menggunakan pelarut *n*-heksana terlebih dahulu selanjutnya etanol. Pelarut pertama yang digunakan adalah *n*-heksana karena pelarut bersifat non polar sehingga mampu menarik senyawa-senyawa lemak yang terdapat dalam serbuk babadotan. Menurut Sugara (2011), perendaman dengan heksana bertujuan untuk memisahkan lemak dan senyawa-senyawa non polar pada sampel babadotan. Pelarut kemudian diganti dengan etanol karena pelarut bersifat polar sehingga dapat melarutkan senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam babadotan. Setiap pelarut dilakukan proses maserasi selama 3 x 24 jam dengan pergantian pelarut setiap hari. Ekstrak kental yang didapatkan dari proses ekstraksi menggunakan pelarut *n*-heksana adalah 22,50 g dan etanol adalah 50 g.

Metode maserasi adalah salah satu cara untuk memisahkan senyawa metabolit sekunder dari sampel tanaman dengan perendaman menggunakan pelarut organik tanpa pemanasan. Metode maserasi dipilih selain karena sederhana dalam perlakuannya juga bertujuan untuk menghindari rusaknya senyawa-senyawa aktif yang terdapat dalam daun bandotan yang tidak tahan terhadap suhu tinggi (Sugara 2011). Prinsip

dasar proses ekstraksi adalah “*like dissolve like*”, artinya senyawa non polar yang terkandung dalam sampel tanaman hanya akan larut dalam pelarut non polar dan demikian pula untuk senyawa-senyawa yang bersifat polar dan semi polar (Harborne 1996).

Hasil uji dan identifikasi fitokimia pada ekstrak dau babadotan dapat ditunjukkan pada Tabel 2. Uji identifikasi fitokimia ekstraksi babadotan dengan menggunakan metode maserasi ini adalah untuk mengetahui secara kualitatif kandungan senyawa aktif tertentu seperti flavanoid dan saponin.

**Tabel 2.** Hasil uji fitokimia ekstrak *n*-heksana dan ekstrak etanol

Tes fitokimia	Ekstrak heksana	<i>n</i> - Ekstrak etanol
Flavanoid	-	+
Saponin	-	+
Alkaloid	+	+

Keterangan :(-) Hasil negatif; (+) Hasil positif

Tabel 2 menunjukkan bahwa ekstrak etanol positif mengandung senyawa flavonoid, saponin dan alkaloid. Adanya senyawa flavonoid, *p*-hidrokuinon, terpenoid dan steroid pada daun tanaman babadotan sesuai dengan hasil yang dikemukakan oleh beberapa peneliti sebelumnya (Ming 1999; Kamboj & Saluja 2008) yang menyebutkan bahwa tanaman babadotan mengandung senyawa-senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, terpena, kromen, kromon, benzofuran, kumarin, minyak atsiri, sterol dan tanin sehingga tanaman ini dipercaya memiliki banyak manfaat yang salah satunya adalah sebagai antibakteri.

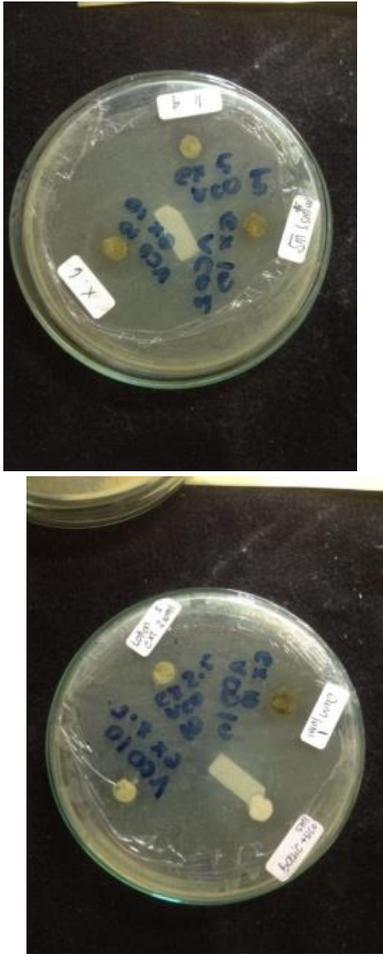
Analisis fitokimia merupakan salah satu cara untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder pada suatu tanaman secara kualitatif. Analisis ini sangat berguna untuk menentukan golongan utama senyawa aktif dalam sampel tanaman yang memiliki aktivitas antibakteri. Bioaktivitas tanaman sangat dipengaruhi oleh kandungan senyawa kimia yang terdapat dalam bahan. Perbedaan kandungan senyawa kimia menunjukkan perbedaan aktivitas farmakologis dari tanaman.

Senyawa flavanoid dilaporkan memiliki beberapa efek biologis diantaranya adalah antiinflamasi, antialergi, antivirus, dan antikanker (Kavitha 2012). Saponin memiliki kemampuan sebagai pembersih dan antiseptik yang berfungsi membunuh kuman atau mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang biasa timbul pada luka sehingga luka tidak mengalami infeksi yang berat (Robinson 1995).

Hasil pembuatan krim diperoleh krim ekstrak babadotan dengan menggunakan metode maserasi, dimana krim ini menggunakan *vanishing cream* dengan kandungan 2,5; 5; dan 10% ekstrak babadotan dengan dan VCO 5 dan 10% dalam 100 g krim. Krim yang sudah dibuat kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui aktivitas antibakterinya. Pengujian yang dilakukan adalah uji aktivitas antibakteri. Berdasarkan secara visual krim babadotan berwarna hijau. Hasil pengujian aktivitas antibakteri ditunjukkan pada Gambar 1.

Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa krim ekstrak babadotan dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis*, tetapi tidak dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, hasil selengkapnya pada Tabel 3. Pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode cakram karena mudah dilakukan dan tidak membutuhkan waktu yang lama. Media yang sudah ditanami bakteri dan sudah ditambahkan ekstrak kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam karena bakteri *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli* dapat tumbuh baik pada kondisi tersebut. Aktivitas antibakteri ekstrak daun babadotan ditunjukkan dengan adanya zona hambat (zona bening).

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa krim ekstrak daun babadotan mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli*, karena diduga pada ekstrak etanol daun babadotan mengandung senyawa flavonoid, saponin, dan alkaloid yang dapat dilihat dari hasil uji fitokimia yang telah dilakukan. Pada uji antibakteri ekstrak etanol daun babadotan (*Ageratum conyzoides* L.) terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli*, menunjukkan bahwa adanya kenaikan diameter zona bening seiring dengan naiknya konsentrasi ekstrak dan meningkatnya volume VCO.



(a) (b)

**Gambar 1.** Hasil pengujian aktivitas antibakteri pada bakteri: a) *Bacillus subtilis*, b) *Escherichia coli* krim babadotan.

**Tabel 3.** Hasil uji aktivitas antibakteri krim ekstrak daun babadotan terhadap bakteri *Bacillus subtilis*, dan *Escherichia coli*.

Kode sampel	Zona hambat (mm)	
	<i>B.subtilis</i>	<i>E.coli</i>
Basic	0,3	0,7
Ekstrak 2,5 +	1,0	0,9
VCO 5	1,2	1,1
Ekstrak 5 + VCO	1,3	1,4
5	1,5	1,8
Ekstrak 10 + VCO	1,7	2,2
5	1,9	2,5
Ekstrak 2,5 +		
VCO 10		
Eksrtak 5 + VCO		
10		
Ekstrak 10 +VCO		
10		

Fakta lainnya mengenai ekstrak babadotan sebelumnya telah dilaporkan menunjukkan aktivitas antibakteri. Studi oleh Osho dan Adetunji (2011) melaporkan bahwa aktivitas antibakteri minyak atsiri dari ekstrak daun *A. conyzoides* sementara Mitra (2013) telah melaporkan aktivitas antibakteri positif dari fraksi yang berbeda dari ekstrak daun tanaman ini. Onuoha *et al.* 2013) telah melaporkan ekstrak metanol mengandung aktivitas bakteriasidal tinggi (Garg & Grewal 2015).

**SIMPULAN**

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah: hasil pemeriksaan identifikasi fitokimia ekstrak etanol babadotan positif mengandung senyawa flavonoid, saponin dan alkaloid. Krim ekstrak babadotan (*Ageratum conyzoides L.*) dapat menghambat bakteri *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli*. Semakin banyak ekstrak babadotan (*Ageratum conyzoides L.*) yang ditambahkan semakin besar daya hambat bakterinya.

**DAFTAR PUSTAKA**

Aditya N. 2013. Bioaktivitas Ekstrak Daun (*Moringa oleifera*) Terhadap *Escherichia coli* Penyebab Kolibasilosis pada Babi. Skripsi. Universitas Udayana: Denpasar.

Almagboul AZ, Farroq AA, & Tyagi BR. 2001. Antimicrobial Activity of Certain Sudanese Plants Used Infolkloric Medicine: Screening for Antibacterial Activity, partII. *Fitoterapia* 56:103-109.

Arum YP. 2010. Isolasi dan Uji Daya Antimikroba Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura*). *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.

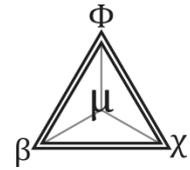
Garg P. & Grewal A. 2015. In Vitro Antibacterial Activity of *Ageratum conyzoides L.* (Asteraceae). *World J Pharm Pharm Sci* 4(7): 893-897.

Harborne JB. 1996. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: Penerbit ITB.

Kamboj A & Saluja AK. 2008. *Ageratum conyzoides L.*: A Review on Its Phytochemical and Pharmacological Profile. *Inter J Green Pharm* 2:59-68.

Kavitha T, Nelson R, Thenmozhi R & Priya E. 2012. Antimicrobial Activity and Phytochemical

- Analysis of Anisomeles Malabarica (L) R.BR. *J of Microb Biot Res* 2(1): 1-5.
- Ming LC. 1999. *Ageratum conyzoides: A Tropical Source of Medicinal and Agricultural Products.*. In: J. Janick (ed.) Perspectives on New Crops and Uses. ASHS (American Society for Horticultural Science) Press, Alexandria, VA, USA.:469-473.
- Mitra PK. 2013. Antibacterial Activity of an Isolated Compound (Ac-1) from the Leaves of *Ageratum conyzoides* Linn. *J of Med Plant Stds* 1(3):145-50
- Nuria, MC, Faizatun A & Sumantri. 2009. Uji Aktifitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 *Escherichia coli* ATCC 25922, dan *Salmonella typhi* ATC 1408.5 *Mediagro* (2) : 26-37.
- Onuoha OG, Ayo JA, Osuagwu V & Iruolaje FO. 2013. Investigation of the Anti-Bacterial Activity of *Ageratum conyzoides* Extract on Microorganisms Isolated from septic wound. *Topclass J of Herbal Med* 2(8): 182-188.
- Peoloengan, Chairul M, Komala I, Salmah S, & Susan MN. 2006. Aktivitas Antimikroba dan Fitokimia dari Beberapa Tanaman Obat. *Artikel Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.*
- Sugara TH. 2011. Karakterisasi Senyawa Aktif Antibakteri Dari Fraksi Etil Asetat Daun Tanaman Bandotan (*Ageratum conyzoides* L. ). *Tesis.* Institut Pertanian Bogor.



## Sintesis Silika Gel Teraktivasi dari Pasir Kuarsa untuk Menurunkan Kadar ION Cu<sup>2+</sup> dalam Air

Susanti , N Widiarti, AT Prasetya

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*  
Diterima 11 Januari 2017  
Disetujui 23 Maret 2017  
Dipublikasikan 1 April 2017

*Keywords:*  
quartz sand, activated silica gel, Cu<sup>2+</sup> ions

### Abstrak

Pasir kuarsa merupakan hasil alam yang melimpah dengan kandungan utama silika sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam pembuatan silika gel. Penelitian ini mempelajari penurunan kadar ion logam Cu<sup>2+</sup> dalam air menggunakan silika gel teraktivasi. Silika gel teraktivasi dibuat dari pasir kuarsa melalui proses sol gel. Karakterisasi silika gel teraktivasi menggunakan XRD dan metode BET. Hasil analisis dengan XRD menunjukkan puncak pada  $2\theta = 21,64^\circ$  adalah tridymite dan fasa monoclinic. Analisis dengan metode BET menunjukkan bahwa silika gel kering teraktivasi memiliki luas permukaan dan pori-pori yang besar dengan luas permukaan 222,068 m<sup>2</sup>/g. Pada proses penurunan kadar ion Cu<sup>2+</sup> digunakan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal larutan Cu<sup>2+</sup>. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar ion Cu<sup>2+</sup> oleh silika gel teraktivasi optimal pada pH 6 dengan waktu kontak 80 menit dan konsentrasi 30 ppm dengan kapasitas adsorpsi 0,0074 mg/g.

### Abstract

Quartz sand is an abundant natural product with the main content of silica so it can be utilized as the main ingredient in the manufacture of silica gel. This study studied the decrease of Cu<sup>2+</sup> metal ion content in water using activated silica gel. Activated silica gel is made from quartz sand through sol gel process. Characterization of activated silica gel using XRD and BET method. The result of analysis with XRD showing peak at  $2\theta = 21,64^\circ$  is tridymite and monoclinic phase. The BET method analysis showed that the activated dry silica gel had a large surface area and pores with a surface area of 222.068 m<sup>2</sup>/g. In the process of decreasing levels of Cu<sup>2+</sup> ions is used pH variation, contact time, and initial concentration of Cu<sup>2+</sup> solution. The results showed decreased levels of Cu<sup>2+</sup> ions by activated silica gel at optimally pH 6 with contact time of 80 min and concentration of 30 ppm with adsorption capacity of 0.0074 mg/g.

© 2017 Universitas Negeri Semarang

 Alamat korespondensi:  
E-mail: santialibi@gmail.com

ISSN 0215-9945

## PENDAHULUAN

Sungai memiliki peranan penting dalam kehidupan setiap makhluk hidup. Dengan perannya, air akan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh kondisi/ komponen lainnya. Fungsi sungai bagi sektor pertanian adalah sebagai sarana irigasi bagi lahan pertanian seperti sawah, kebun dan sektor pertanian lainnya (Agustira *et al.* 2013). Bentuk pencemaran yang secara umum banyak dihasilkan dari hasil pabrik maupun industri rumahan seperti elektroplating atau penyepuhan logam berat yang menggunakan bahan kimia berbahaya seperti  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  sehingga limbahnya sangat berbahaya untuk lingkungan jika tidak diolah terlebih dahulu (Marwati *et al.* 2007). Tembaga merupakan salah satu logam berat yang digunakan dalam pembuatan perabot rumah tangga di mana limbah hasil produksi langsung dibuang disungai sekitar sehingga sangat berbahaya jika air sungai yang mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$  dikonsumsi oleh makhluk hidup karena dapat mengakibatkan kelumpuhan bahkan sampai kematian dini. Salah satu upaya pengurangan kadar logam dalam air adalah metode adsorpsi menggunakan silika gel. Adapun bahan-bahan yang selama ini dikembangkan sebagai adsorben adalah abu sekam padi, arang aktif, biomassa algae coklat dan pasir kuarsa.

Pasir kuarsa merupakan hasil alam yang melimpah di Indonesia. Berdasarkan data dari berbagai sumber, menjelaskan bahwa pasir kuarsa memiliki kandungan silika sekitar 55,3-99,7% (Fairus *et al.* 2009). Oleh karena itu, silika dari pasir kuarsa dapat dimanfaatkan sebagai sumber utama bahan pembuat silika gel, yang selanjutnya diaplikasikan untuk menurunkan kadar air yang mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Silika gel kering dan teraktivasi dapat berfungsi sebagai adsorben yang baik, sehingga air yang mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$  dapat diturunkan kadarnya menggunakan silika gel dari silika pasir kuarsa.

## METODE

Tahapan penelitian ini adalah sintesis natrium silikat dari pasir kuarsa, sintesis silika gel dari natrium silikat, aktivasi silika gel dan

dilanjutkan dengan aplikasi silika gel dalam penurunan kadar ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ .

Proses pembuatan larutan natrium silikat dibuat dengan cara merendam pasir kuarsa murni dengan 250 ml NaOH 4N kemudian dididihkan dan diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm sampai terbentuk bongkahan kental. Setelah kering, dilebur dengan *furnace* pada temperatur 500°C selama 8 jam. Setelah dingin, ditambahkan 200 mL aquades dan direndam selama 24 jam, kemudian disaring dengan kertas whatman 42 (Mujiyanti *et al.* 2010 dengan dimodifikasi).

Silika gel dibuat dengan cara menambahkan HCl 3N secara bertetes ke dalam larutan natrium silikat pada *stirrer* sampai terbentuk gel. Gel yang terbentuk ditambah aquades sampai pH 7 dan dioven pada suhu 100°C selama 18 jam. Setelah dingin, dicuci sampai pH netral dan diayak hingga lolos ayakan 100 mesh (Sriyanti *et al.* 2005 dengan dimodifikasi).

Aktivasi silika gel dilakukan dengan cara memasukkan 10 g silika gel kering ke dalam larutan 100 ml HCl 1 M. Larutan tersebut dipanaskan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* 150 rpm selama 60 menit, kemudian disaring. Residu yang dihasilkan, dicuci berulang-ulang hingga pH mencapai 7 (netral). Residu dioven pada suhu 120°C selama 3 (tiga) jam, dan dikarakterisasi dengan XRD (Kartika, 2009)

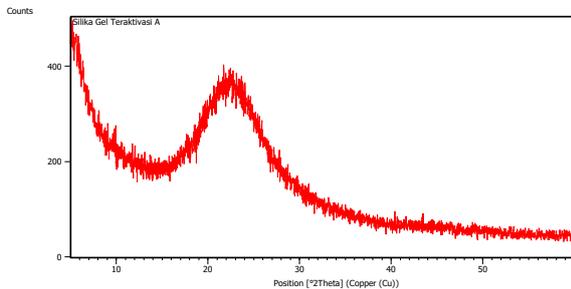
Aplikasi silika gel dalam menurunkan kadar ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dilakukan dengan variasi pH, waktu dan konsentrasi. Sebanyak 50 ml larutan  $\text{Cu}^{2+}$  10 ppm diatur keasamannya pada pH 3, 4, 6 dan 9, waktu 20, 80, 100 dan 150 menit dan konsentrasi 10, 30, 100, 120 dan 150 kemudian ditambahkan larutan HCl 0,01M atau NaOH 0,01M untuk menstabilkan pH. Sebanyak 0,5 gram adsorben dimasukkan dan diputar dengan *shaker* selama 60 menit pada suhu kamar kemudian disaring. Konsentrasi ion logam yang tersisa dalam larutan ditentukan dengan SSA dan diukur pula pH filtrat yang tersisa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Silika gel teraktivasi dikarakterisasi dengan metode BET dan XRD. Hasil analisis XRD yang dilakukan dengan sudut ( $2\theta$ ) = 0°-70° diperoleh

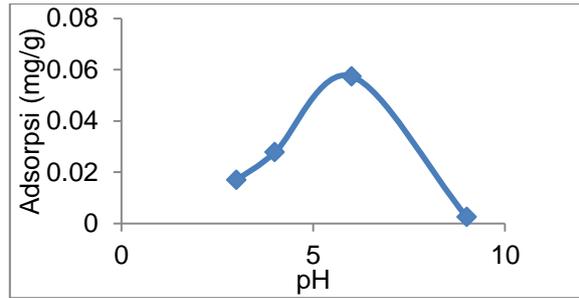
diffaktogram seperti tampak pada Gambar 1. Aktivasi dengan HCl bertujuan untuk memperlebar pori-pori silika gel kering, sehingga proses penyerapan logam dalam air sungai dapat maksimal (Yahya 2012).

Gambar 1 menunjukkan pola difraksi pada sampel silika gel teraktivasi teraktivasi yang dievaluasi dengan membandingkan nilai d puncak-puncak pada sampel dengan puncak-puncak standar SiO<sub>2</sub> JCPDS (*Joint Commite for Powder Difrraction Standard*) dengan nomor 341382. Fasa SiO<sub>2</sub> ditemukan pada daerah 2θ= 20–27° dan puncak tajam pada 2θ=21,64° yang menunjukkan bahwa silika gel kering mengandung senyawa SiO<sub>2</sub> dalam bentuk amorf. Pernyataan ini didukung oleh Kalapathy *et al.* (2002) yang menyatakan bentuk puncak yang lebar dengan pusat puncak disekitar 22° menunjukkan bahwa silika geel berfasa amorf. Analisis luas permukaan dengan menggunakan BET bertujuan untuk mengetahui luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori. Silika gel teraktivasi HCl 1M memiliki luas permukaan 222,068 m<sup>2</sup>/g, volume pori 71,2425 cc/g, dan ukuran pori 16,200 Å.



**Gambar 1.** Diffaktogram silika teraktivasi

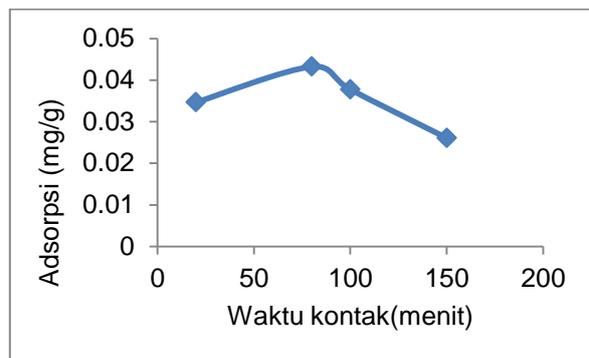
Kemampuan silika gel teraktivasi dalam menurunkan kadar ion logam Cu<sup>2+</sup> dalam air divariasi untuk mendapatkan kondisi optimum. Penentuan kondisi optimum proses adsorpsi dalam penelitian ini diawali dengan mencari pH optimum, waktu optimum kemudian konsentrasi optimum. Variasi pH yang dilakukan dalam perendaman silika gel kering teraktivasi terhadap air yang mengandung ion Cu<sup>2+</sup> dengan pH 3,4, 6 dan 9 yang dianalisis dengan SSA. Hasil penentuan pH optimum ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Adsorpsi ion Cu<sup>2+</sup> dengan silika gel teraktivasi

Gambar 2 menunjukkan penurunan optimal terjadi pada pH 6 sebanyak 0,574 mg/g dari 0,5 gram silika gel teraktivasi dalam 50 mL larutan Cu<sup>2+</sup> 10 ppm. Semakin tinggi pH atau semakin basa larutan maka semakin banyak ion Cu<sup>2+</sup> yang terserap. Namun jika sudah mencapai hasil kali kelarutan (Ksp) maka akan terjadi endapan. Menurut Ibrahim (2015), ion logam yang terserap lebih kecil pada pH rendah. Permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H<sup>+</sup> (karena gugus fungsi yang terdapat pada adsorben terprotonasi).

Variasi waktu kontak yang dilakukan dalam perendaman silika gel teraktivasi terhadap air yang mengandung ion Cu<sup>2+</sup> dengan rentang waktu 20, 80, 100 dan 150 menit yang dianalisis dengan SSA. Hasil penentuan waktu optimum dilihat pada Gambar 3.

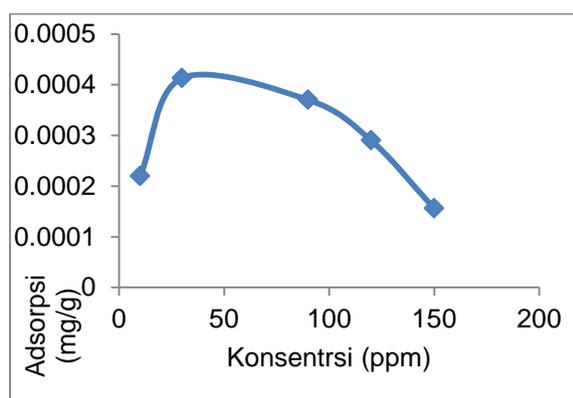


**Gambar 3.** Penurunan ion Cu<sup>2+</sup> dengan silika gel teraktivasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa penurunan optimum terjadi pada waktu ke-80 menit sebanyak 0,432 mg/g dari 0,5 gram silika gel kering teraktivasi dalam 50 mL larutan Cu<sup>2+</sup> 10 ppm. Semakin lama waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat, memungkinkan terjadinya peningkatan proses penyerapan. Akan tetapi, jika terlalu lama dapat menurunkan tingkat

penyerapan atau terjadi proses desorpsi yaitu lepasnya ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang sudah terikat oleh adsorben. Hal ini sesuai dengan penelitian Ibrahim (2015) yang memperoleh daya serap adsorpsi optimum terjadi pada waktu kontak ke-90 menit.

Variasi konsentrasi yang dilakukan dalam perendaman silika gel teraktivasi dalam air yang mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan konsentrasi 10, 30, 100, 120 dan 150 ppm, dianalisis dengan SSA. Hasil penentuan waktu optimum ditunjukkan pada Gambar 4



**Gambar 4.** Penurunan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan silika gel teraktivasi

Dari keempat variasi yang dilakukan, penurunan optimum terjadi pada konsentrasi 30 ppm sebanyak sebanyak 0,797 mg/gram dari 0,5 gram silika gel teraktivasi dalam 50 mL larutan  $\text{Cu}^{2+}$  10 ppm. Terjadinya daya serap adsorpsi pada konsentrasi rendah dikarenakan permukaan adsorben yang belum banyak berikatan dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$  sehingga penyerapannya berlangsung efektif, tetapi apabila dilakukan penambahan konsentrasi maka daya serap yang terjadi kurang efektif. Hal ini sesuai dengan penelitian Fatimah (2014) yang meneliti silika gel dengan biomassa *aspergillus niger* mencapai daya serap adsorpsi optimum pada konsentrasi 20 ppm.

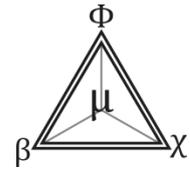
## SIMPULAN

Silika gel teraktivasi hasil sintesis dari pasir kuarsa memiliki karakteristik luas permukaan 222,068  $\text{m}^2/\text{g}$ , volume pori 71,2425  $\text{cc}/\text{g}$ , dan ukuran pori 16,200 Å. Pada karakterisasi dengan XRD bersifat amorf pada  $2\theta = 21,64^\circ$ . Silika gel teraktivasi dari pasir kuarsa dapat menurunkan kadar  $\text{Cu}^{2+}$  dalam air sebanyak 99,53% pada

kondisi optimal pada pH 6, waktu kontak ke-80 menit dan konsentrasi awal 30 ppm dengan kapasitas adsorpsi 0,797 mg/gram dari 0,5 gram adsorben dalam 50 mL larutan  $\text{Cu}^{2+}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustira R, Lubis KS & Jamilah. 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air Dan Debit Sungai Pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 1(3): 2337-6597.
- Cheremenisoff ON. 1987. Carbon Adsorption Hand Book, Science Publisher Inc, Michigan, USA.
- Fairus S, Haryono MH, Sugito & Agus S. 2009. Proses Pembuatan Waterglass Dari Pasir Silika Dengan Pelebur Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* 8(2): 56-62.
- Ibrahim, DM. 2015. Optimasi adsorpsi Pb (II) Oleh Biomassa *Aspergillus Niger* Yang Diimobilisasi Silika Gel. *Indo J Chem Sci* 4(2): 81-83
- Kalpathy U, Proctor A, Shultz J. 2002. An Improved Method For Production of Silica From Rice Hull Ash. *Biores Tech* 85: 285 -289
- Kartika E. 2009. Memperbaiki Kualitas Air Pengisi Broiler Di Pabrik Gula Sragi Dengan Cara Adsorpsi Ion Kesadahan Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Marwati S, Regina TP & Marfuatun. 2009. Pemanfaatan Ion Logam Berat Tembaga (II), Kromium (II), Timbal (II), Seng (II) Dalam Limbah Cair Electroplating Untuk Pelapisan Logam Besi. *Jurnal Penelitian Saintek* 14(1): 17-40
- Mujiyanti DR, Nuryanto & Eko SK. 2010. Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Abu Sekam Padi Yang Dimobilisasi Dengan 3-(Trimetoksisilil)-Propantiol. *Sains Dan Terapan Kimia* 4 (2): 150-167
- Sembiring Z, Buhani, Suharso, & Sumadi. 2009. The Isothermic Adsorption of Pb(II), Cu(II) and Cd(II) Ions on *Nannochloropsis* sp Encapsulated by Silica Aqua-Gel. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Lampung University. 9(1): 1-5.
- Sriyanti, Taslimah, & Choiril A. 2005. Sintesis Kadmium (II) Pada Bahan Hibrida Amino-Silika Dari Abu Dekam Padi Melalui Proses Sol Gel. *JKSA* 8(1):1-12
- Yahya NF. 2012. Penurunan Kadar Cr dan Pb dalam Air Sumur Gali di Wilayah Industri Electroplating menggunakan Silika Gel Kering Sekam Padi. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.



## Aktivitas Antibakteri Kombinasi Temu Putih dan Temulawak terhadap *Streptococcus Mutans*

R Putri<sup>✉</sup>, S Mursiti, W Sumarni

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*  
Diterima 11 Januari 2017  
Disetujui 23 Maret 2017  
Dipublikasikan 1 April 2017

*Keywords:*  
antibacterial; white turmeric;  
curcuma; *Streptococcus mutans*

### Abstrak

Temu putih (*Curcuma zedoaria*) dan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan tanaman yang memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yang dapat berfungsi sebagai antibakteri. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efek antibakteri ekstrak tunggal dan kombinasi temu putih dan temulawak terhadap *Streptococcus mutans*. Perbandingan temu putih dan temulawak yang digunakan dalam larutan sampel kombinasi ekstrak adalah 1:1, 1:3, 3:1, dengan konsentrasi 5/10 dan 10/10 (b/v). Metode penelitian yang dilakukan dimulai dengan maserasi menggunakan pelarut n-heksan dan etanol 70% kemudian dilakukan uji fitokimia, dan pengujian karakteristik ekstrak menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS), selanjutnya dilakukan uji aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans* dengan metode difusi cakram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol temu putih dan temulawak mengandung senyawa flavonoid, saponin, dan tannin. Karakterisasi menggunakan GC-MS ekstrak temu putih dan temulawak didapatkan 3 senyawa aktif utama yang memiliki aktivitas antibakteri yakni germacrone,  $\alpha$ -curcumene, dan zingiberene. Ekstrak tunggal temu putih memiliki daya antibakteri yang paling baik diantara sampel lainnya. Kombinasi ekstrak temu putih dan temulawak tidak memiliki efek antibakteri yang lebih baik dari ekstrak tunggalnya.

### Abstract

*White Turmeric and Curcuma are worthwhile plant because the secondary metabolic compound in it that have antimicrobial effect. This research aims to find the effect of single extract antibacterial and combination of white turmeric and curcuma towards Streptococcus mutans. Ratio of white turmeric and curcuma which are used in the solvent sample of combination extract are 1:1, 1:3, 3:1, with concentration 5/10 and 10/10 (b/v). Method of the study is started with maceration using solvent n-Hexane and ethanol, then phytochemical check. The extract characteristic check is used Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS), after that antibacterial activity test towards Streptococcus mutans is done by diffusion disk method. The result of the study shows that white turmeric and curcuma ethanol extract contains flavonoid, saponin, and tannin. Characterization of white turmeric extract using GC-MS shows 3 top compounds that have antibacterial effect; germacrone,  $\alpha$ -curcumene, and zingiberene. Single extract white turmeric has finest antibacterial capacity. On the other side, combination of white turmeric and curcuma extract does not have better effect than the single extract.*

© 2017 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:  
E-mail: kumalasari\_berliana@yahoo.com

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki potensi dalam mengembangkan tanaman obat. Salah satu contoh tanaman obat yang khasiatnya telah diketahui adalah tanaman rempah temu-temuan. Beberapa diantara rempah temu-temuan yang banyak dimanfaatkan sebagai obat antara lain temu putih (*Curcuma zedoaria*) dan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb).

Tanaman temu putih dan temulawak banyak karena berkhasiat sebagai antibakteri. Bagian dari kedua tanaman ini yang paling sering dimanfaatkan adalah bagian rimpangnya. Berdasarkan penelitian, ekstrak rimpang temu putih dan rimpang temulawak mengandung senyawa antibakteri (Alexander 2015).

Ekstrak etanol rimpang temu putih memiliki aktivitas antimikroba terhadap *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, dan *Candida albicans* (Bugno *et al.* 2007). Selain itu, Jung-eun *et al.* (2008) juga menyatakan bahwa temulawak memiliki potensi sebagai antibakteri *Streptococcus mutans* sehingga digunakan sebagai terapi untuk mencegah karies gigi.

Karies gigi adalah penyakit bakterial yang menyerang gigi. Penyakit gigi dan mulut ini paling sering dijumpai di masyarakat. Salah satu bakteri yang menyebabkan karies gigi adalah *Streptococcus mutans*. *Streptococcus mutans* merupakan bakteri plak dengan jumlah relatif besar, sebagai pembentuk polisakarida ekstraselular yang stabil, memiliki kemampuan berkoloni pada tingkat keasaman (pH) permukaan gigi yang relatif rendah sehingga sangat berperan pada pembentukan karies (Santoso *et al.* 2012).

Berdasarkan kegunaan temu putih dan temulawak, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui aktivitas antibakteri ekstrak tunggal dan kombinasi ekstrak temu putih dan temulawak terhadap bakteri *Streptococcus mutans* yang dapat mengakibatkan karies gigi. Pengkombinasian kedua ekstrak dilakukan untuk mengetahui apakah kombinasi ekstraktemu putihdan temulawak dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* dibandingkan dengan ekstrak tunggalnya.

## METODE

Rimpang temu putih dan temulawak masing-masing diekstraksi dengan cara remaserasi menggunakan pelarut *n*-heksan dan etanol 70% selama 3×24 jam. Serbuk rimpang temu putih dan temulawak masing-masing direndam menggunakan pelarut *n*-heksan selama 3×24 jam sambil sesekali diaduk. Setiap 24 jam campuran disaring dan diganti dengan pelarut yang baru.. Ekstrak *n*-heksantemu putih dan temulawak kemudian dipisahkan residu dan filtratnya. Residu tadi kemudian dimaserasi lagi menggunakan etanol 70% dan direndam selama 3×24 jam sambil sesekali diaduk. Maserat kemudian dipekatkan dengan menggunakan *rotary evaporator* untuk memperoleh ekstrak pekat. Ekstrak pekat tersebut digunakan untuk uji fitokimia, kemudian dikarakterisasi menggunakan GC-MS.

Pengujian aktivitas antibakteri menggunakan kertas cakram yang telah direndam dengan larutan sampel yaitu ekstrak tunggal temu putih, ekstrak tunggal temulawak, kombinasi ekstrak temu putih dan temulawak dengan berbagai perbandingan konsentrasi, kontrol positif dan kontrol negatif yang ditunjukkan pada Tabel 1. Kertas cakram kemudian diletakkan pada lempeng media yang telah ditanami bakteri dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam kemudian diukur zona bening masing-masing sampel yang terbentuk.

**Tabel 1.** Sampel uji antibakteri

No	Kode Sampel	Rasio (TP:TL)			
		Konsentrasi 5/10 (b/v)		Konsentrasi 10/10 (b/v)	
		TP	TL	TP	TL
1	TP	5	0	10	0
2	TL	0	5	0	10
3	TPTL-A	2,5	2,50	5	5
4	TPTL-B	3,75	1,25	7,5	2,5
5	TPTL-C	1,25	3,75	2,5	7,5
6	K (+)	0	0	0	0
7	K (-)	0	0	0	0

Keterangan:

TP : Ekstrak tunggal temu putih

TL : Ekstrak tunggal temulawak

TPTL-A : Kombinasi ekstrak 1:1

TPTL-B : Kombinasi ekstrak 3:1

TPTL-C : Kombinasi ekstrak 1:3

K (+) : Kontrol positif amoxicillin

K (-) : Kontrol negatif etanol 70%

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak pekat temu putih yang dihasilkan sebanyak 54,36 gram dan temulawak sebanyak 69,01 gram. Tabel 2 adalah hasil uji fitokimia masing-masing ekstrak pekat sehingga dapat digunakan untuk mengetahui kandungan kimia secara kualitatif.

**Tabel 2.** Hasil uji fitokimia

Golongan senyawa	Hasil	
	Temu putih	Temulawak
Alkaloid	-	-
Flavonoid	+	+
Saponin	+	+
Tannin	+	+

Ekstrak pekat temu putih dan temulawak dikarakterisasi untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam ekstrak tersebut. Karakterisasi menggunakan GC-MS menunjukkan bahwa di dalam ekstrak temu putih dan temulawak terkandung tiga senyawa aktif utama yang memiliki aktivitas antibakteri, yakni Germacrone,  $\alpha$ -Curcumene, dan Zingiberene.

Setelah dilakukan uji fitokimia dan analisis GC-MS, selanjutnya kedua ekstrak diuji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Streptococcus mutans*. Hasil uji antibakteri pada ekstrak temu putih dan temulawak dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil uji antibakteri dan aktivitas antibakteri berbagai jenis sampel

No	Kode sampel	Diameter zona hambat (mm)	
		Konsentrasi (b/v)	
		5/10	10/10
1	TP	4,3	9,5
2	TL	3,6	9,0
3	TPTL-A	3,0	6,8
4	TPTL-B	3,4	7,9
5	TPTL-C	2,6	6,5
6	K (+)	12,1	11,9
7	K (-)	0,0	1,4

Keterangan:

TP : Ekstrak tunggal temu putih

TL : Ekstrak tunggal temulawak

TPTL-A : Kombinasi ekstrak 1:1

TPTL-B : Kombinasi ekstrak 3:1

TPTL-C : Kombinasi ekstrak 1:3

K (+) : Kontrol positif amoxicillin

K (-) : Kontrol negatif etanol 70%

Aktivitas antibakteri yang dilihat dari terbentuknya zona hambat atau zona bening penghambatan pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* akibat senyawa metabolit sekunder dan senyawa aktif minyak atsiri yang terkandung dalam ekstrak pekat etanol temu putih dan temulawak. Bakteri *Streptococcus mutans* merupakan bakteri Gram positif yang lebih peka terhadap senyawa antibakteri dibandingkan bakteri Gram negatif. Senyawa antibakteri dapat mencegah sintesis peptidoglikan pada sel bakteri (Nugroho, 2016).

Berdasarkan hasil uji fotikimia, diperoleh tiga senyawa metabolit sekunder dalam masing-masing ekstrak pekat etanol temu putih dan temulawak yang memiliki efek antibakteri, yakni flavonoid, saponin, dan tannin. Ketiga senyawa ini memiliki mekanisme antibakteri yang khas. Senyawa antibakteri kelas flavonoid memiliki kemampuan untuk menginaktivasi protein (enzim) pada membran sel bakteri sehingga mengakibatkan struktur protein menjadi rusak dan menyebabkan ketidakstabilan pada dinding sel. Sel bakteri kehilangan bentuk dan mengalami lisis (Rinawati 2010). Senyawa saponin memiliki kemampuan untuk menyebabkan lisis pada dinding sel bakteri (Noer & Leni 2006), sedangkan senyawa tannin bekerja dengan cara merusak dinding sel bakteri dan menginaktivasi enzim dan mendestruksi atau menginaktivasi fungsi materi genetik bakteri (Grandiosa 2010).

Selain karena kandungan metabolit sekunder, penghambatan pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* juga dikarenakan adanya beberapa senyawa aktif utama didalam minyak atsiri temu putih dan temulawak yang teridentifikasi pada analisis GC-MS, yakni senyawa Germacrone,  $\alpha$ -Curcumene, dan Zingiberene. Senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa golongan sesquiterpene yang memiliki daya

antimikroba. senyawa sesquiterpene memiliki sifat hidrofob sehingga mengganggu integritas sel bakteri dengan cara menurunkan cadangan ATP intrasel, menurunkan pH sel, terabsorpsi dan terpenetrasi kedalam sel bakteri, kemudian bakteri akan mengalami presipitasi dan denaturasi protein, dan akan melisis membran sel bakteri (Alexander 2015).

Hasil uji antibakteri ekstrak pekat temu putih dan temulawak dalam bentuk ekstrak tunggal dan kombinasi menunjukkan bahwa sampel ekstrak tunggal temuputih (TP) memiliki daya antibakteri yang paling baik dibandingkan dengan sampel yang lain, baik pada konsentrasi 5/10 maupun 10/10 (b/v), dibuktikan dengan diameter zona bening atau zona hambat bakteri yang paling besar. Pada sampel kombinasi ekstrak, semakin banyak kandungan temu putih dibanding temulawak di dalam larutan sampel maka aktivitas antibakterinya pun semakin besar (Tabel 3).

Pengkombinasi ekstrak temu putih dan temulawak terhadap bakteri *Streptococcus mutans* mengalami penurunan aktivitas antibakteri dari ekstrak tunggalnya. Ketiga sampel kombinasi ekstrak memiliki zona hambat yang lebih kecil jika dibandingkan dengan ekstrak tunggalnya. Hal ini dapat disebabkan karena adanya interaksi yang tidak sinergis antara senyawa-senyawa bioaktif yang terkandung dalam temu putih dan temulawak jika dikombinasikan, karena ekstrak yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstrak kasar yang tidak murni dan diduga mengandung senyawa lain yang tidak teridentifikasi yang mengganggu kerja senyawa. Selain itu, kemungkinan dapat terjadi karena adanya senyawa antagonis pada ekstrak temulawak yang menghambat kerja senyawa pada ekstrak temu putih atau sebaliknya. Antagonisme adalah keadaan saling mengganggu atau menghambat kerja satu sama lain atau zat kimia mengganggu zat kimia lain jika diberikan bersama atau digabung (Darwis *et al.* 2012).

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari uji aktivitas antibakteri, maka ekstrak tunggal dan kombinasi temu putih dan temulawak dapat dikatakan sebagai zat yang memiliki daya antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*, sehingga dapat digunakan sebagai zat tambahan untuk anti karies gigi.

## SIMPULAN

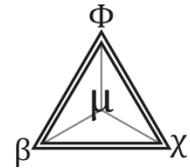
Pada penelitian ini, ekstrak tunggal dan kombinasi temu putih (*Curcuma zedoaria*) dan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) konsentrasi 5/10 (b/v) memiliki efek menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* kategori lemah, sedangkan untuk konsentrasi 10/10 (b/v) termasuk ke dalam kategori sedang. Kombinasi ekstrak temu putih dan temulawak tidak memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan ekstrak tunggalnya masing-masing.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander DKN. 2015. Efek Ekstrak Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) terhadap Resisten *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Majority* 4(8):177-184.
- Bugno A, Maria AN, Adriana, ABA, Tatiana CP, & Mariangela TA. 2007. Antimicrobial Efficacy of *Curcuma zedoaria* Extract as Assessed by Linear Regression Compared with Commercial Mouhrinse. *Braz Journal Microbiol* 38:440-445.
- Darwis W, Hefiedzani M, & Raden RSA. 2012. Efektivitas Ekstak Akar Daun Pecut Kuda *Stachytarpeha jamaicensis* (L) Vahl dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Candida albicans* Penyebab Kandidiasis Vaginalis. *Konservasi Hayati* 8(2):1-6.
- Grandiosa R. 2010. Efektivitas Penggunaan Larutan Filtrate Jintan Hitam (*Nigella sativa*) Dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Aeromonas hydrophila* Secara In-Vitro dan Uji Toksisitasnya Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*). Bandung: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran.
- Jung-eun K, Kim HE, Hwang JK, Lee HJ, Kwon HK, & Kim BI. 2008. Antibacterial Characteristic of *Curcuma xanthorrhiza* Extract on *Streptococcus mutans* Biofilm. *J Microbiol* 46(2):228-231.
- Noer IS & Leni N. 2006. Bioaktivitas *Ulva reticulata* Forsskal. Asal Gili Kondo Lombok Timur Terhadap Bakteri. *Jurnal Biotika* 5(1):45-60.
- Nugroho KMD. 2016. Isolasi Senyawa Bioaktif Batang Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) sebagai Bahan Baku Antibakteri. *Indo J Chem Sci* 5 (3):208-112.
- Rinawati ND. 2010. Daya Antibakteri Tumbuhan Majapahit (*Crescentia cujete* L.) Terhadap Bakteri *Vibrio alginolyticus*. Surabaya: Jurusan Biologi

Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Noverber.  
Santoso O, Aini PW, & Nila K. 2012. Pengaruh Larutan  
Ekstrak Siwak (*Salvadora persica*) terhadap

*Streptococcus mutans*: Studi *In Vitro* dan *In Vivo*.  
*Media Medika Indonesiana* 46(3):163-167.



## Pengalaman Pengguna Laman Pelayanan Publik

YA Adha<sup>1✉</sup>, WW Winarno<sup>2</sup>, PI Santosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Gadjah Mada, Indonesia

<sup>2</sup>Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Yayasan Keluarga Pahlawan Negara, Indonesia

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima 11 Januari 2017

Disetujui 23 Maret 2017

Dipublikasikan 1 April 2017

#### Keywords:

PULSE, HEART

### Abstrak

Penyelenggara pelayanan publik mengembangkan sistem layanan publik untuk melayani pengguna (masyarakat) secara efisien, efektif. Perkembangan konten-konten pada sistem daring menjadikan semakin sulit diukur oleh instansi untuk melihat kualitas pengalaman pengguna. Mengembangkan suatu sistem tidak hanya melihat dari sistem daring tersebut tetapi juga dilihat dari pengalaman pengguna. Dengan menggunakan metrik PULSE dan HEART, yang akan dikembangkan dengan metode variabel kualitas interaksi layanan dan perceived benefit. Metrik PULSE dan HEART digunakan untuk meneliti pengalaman pengguna terhadap suatu produk. Penggunaan metode ini akan diterapkan terhadap sistem layanan publik pemerintah pada bidang pendidikan sistem daring pendaftaran penyetaraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri pada Kementerian Riset, Teknologi dan pendidikan tinggi. Metode penelitian menggunakan kuesioner dengan responden pengguna pelayanan penyetaraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri, total 90 responden. Enam hipotesis diuji coba dengan menggunakan SmartPLS 3 dan semua hipotesis dapat diterima.

### Abstract

Public service providers develop a public service system to efficiently and effectively serve the users (community). The development of content in the online system is made increasingly difficult to measure by institution to look at the quality of user experience. Developing a system is not only seen on the online system but also views of the user experience. By using the PULSE and HEART metrics method, this research developed a method emphasizing quality of service interaction variable and perceived benefit variable. PULSE and HEART metrics methods were used to examine the user experience towards a product. The use of these methods would be implemented to the government public service of online education system, which working in registering certificate equivalency degree from graduates of foreign universities in Ministry Research, Technology, and Higher Education. The method of this research employed questionnaires to 90 respondents including the users of equivalency degree of foreign university. Six hypotheses are tested by using SmartPLS 3 and resulting all hypotheses were acceptable.

© 2017 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

E-mail: yas.ti14@mail.ugm.ac.id

## PENDAHULUAN

Penggunaan internet pada tahun terakhir telah membawa dampak positif bagi perkembangan teknologi informasi di Indonesia, pengguna internet di Indonesia berdasarkan data dari Kementerian Komunikasi dan Informatika tahun 2014 sebanyak 82 juta orang dan Indonesia peringkat ke-8 di dunia dalam penggunaan Internet pada Kemkominfo (2014). Dengan semakin banyaknya pengguna internet maka kebutuhan dalam penggunaan pelayanan yang berbasis pada teknologi informasi akan semakin meningkat, pada saat ini instansi swasta dan khususnya pemerintah memfokuskan pada peningkatan pelayanan dengan memanfaatkan perkembangan teknologi informasi yang bertujuan untuk meningkatkan pelayanan kepada pengguna pelayanan. Setiap tahun kebutuhan pelayanan publik selalu mengalami peningkatan oleh karena itu pengembangan pelayanan publik menjadi salah satu fokus pemerintah.

Berdasarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *E-Government*, Kementerian yang memiliki layanan publik membuat suatu sistem informasi untuk memudahkan masyarakat mengakses informasi dari kementerian. Pada tahun 2009 Presiden Republik Indonesia mengeluarkan undang-undang nomor 25 tentang pelayanan publik, dengan adanya undang-undang tersebut kementerian yang memiliki pelayanan publik mengembangkan sistem yang bertujuan untuk membuat suatu pelayanan publik lebih efisien dan efektif.

Pengembangan *E-Government* pada pelayanan publik menjadi salah satu konsentrasi pemerintah yang sesuai dengan hakekat pelayanan publik di antaranya (Holle 2011):

- a. Meningkatkan Mutu dan produktivitas pelaksanaan tugas dan fungsi pemerintah dibidang pelayanan publik.
- b. Mendorong upaya mengefektifkan sistem dan tata laksana pelayanan, sehingga pelayanan publik dapat terselenggarakan lebih berdaya guna dan berhasil guna.
- c. Mendorong tumbuhnya kreativitas, prakarsa dan peran serta masyarakat dalam derap langkah pembangunan serta dalam upaya

meningkatkan kesejahteraan masyarakat luas.

Sistem daring berbasis laman banyak berkembang diberbagai bidang. Pemerintah pada bidang pelayanan terus mengembangkan konten-konten lamannya secara berkala, yang menjadi permasalahan saat ini adalah perkembangan konten-konten sistem daring tersebut menjadikan semakin sulit bagi lembaga institusi khususnya pemerintah untuk mengukur kualitas pengalaman pengguna laman pelayanan. Salah satu kementerian yang mengembangkan sistem pelayanan publik pada bidang pendidikan ialah Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemristekdikti), dengan pelayanan publik penyetaraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri.

Pendaftaran penyetaraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri pada Kemristekdikti menggunakan sistem daring. Laman tersebut diperuntukan bagi pengguna yang ingin menyetarakan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri dengan jenjang pendidikan yang ada di Indonesia. Laman pendaftaran tersebut membawa sikap positif terhadap Kemristekdikti dikarenakan kinerja menjadi lebih baik dan efektif, karena sebelumnya pendaftaran penyetaraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri menggunakan sistem luring, akan tetapi apakah sikap positif tersebut juga dirasakan oleh pengguna laman pendaftaran penyetaraan ijazah perguruan tinggi luar negeri, bahwa selayaknya pengguna pelayanan juga mendapatkan sikap positif dari suatu produk layanan. Dengan adanya pengembangan konten-konten pada laman diperlukan metode untuk mengukur kualitas laman terhadap pengalaman pengguna. Penelitian ini bertujuan mengukur kualitas pengalaman pengguna dari sebuah produk layanan publik, dengan mengambil studi pada Kemristekdikti yaitu laman pendaftaran penyetaraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri, menggunakan metode *PULSE* dan *HEART* yang dikombinasikan dengan *WEBQUAL*.

## METODE

Berdasarkan ISO 9241-210, 2010 pengalaman pengguna adalah persepsi dan respon seseorang yang dihasilkan dari penggunaan atau

penggunaan terantisipasi dari sebuah produk, sistem, atau jasa. Pengembangan sebuah produk tidak lepas dari hasil umpan balik dari pengalaman pengguna produk (ISO 9241-210 2010 dan Santosa 2014).

#### A. PULSE dan HEART

Metrik *PULSE*, *HEART* dan *GSM* diperkenalkan oleh Rodden *et al.* (2010), mengatakan bawah metrik *PULSE*, *HEART* dan *GSM* sebagai alat untuk mengukur laman berskala besar terhadap pengalaman pengguna, metrik *PULSE* (*Page views, Uptime, Latency, Seven day active user, Earning*) dan *GSM* (*Goal, Signal, Metric*) yang berfokus kepada produk, Serta metrik *HEART* (*Happiness, Engagement, Adoption, Retention, Task success*) yang berfokus kepada pengguna.

Terkait dengan *PULSE* dijelaskan pada, pada penelitian ini penggunaan *PULSE* terdiri dari (Rodden *et al.* 2010 dan Santosa 2014):

- *Uptime*: rata-rata jumlah jam laman untuk melakukan pelayanan pada periode waktu tertentu
- *Latency*: waktu rata-rata yang diperlukan untuk mengakses laman dalam periode tertentu.
- *Earning*: manfaat yang dirasakan pengguna setelah selesai menggunakan laman tersebut.

Definisi dari *HEART* dijelaskan oleh, yang menjadi fokus pada penelitian ini ialah (Rodden *et al.* 2010 dan Santosa 2014):

- *Happiness*: metrik ini berkaitan erat dengan aspek pengguna seperti kepuasan pengguna, rekomendasi positif serta persepsi kemudahan penggunaan
- *Task success*: metrik ini berkaitan dengan efisiensi, efektivitas tingkat kesalahan

Penelitian sebelumnya menggunakan metrik *PULSE* dan *HEART* ialah P. Santosa dalam Santosa (2014) menggunakan metode *PULSE* dan *HEART* dengan mengkombinasikan variabel *perceived benefit* dan *perceived cost*, untuk mengukur pengalaman pengguna terhadap toko daring dari segi manfaat yang didapat dengan biaya yang dikeluarkan oleh pengguna, hasilnya ialah manfaat yang didapat dalam penggunaan toko daring lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan oleh

pengguna, bahwa kebahagiaan dan sukses menjalankan tugas mempengaruhi pengalaman pengguna.

#### B. WEBQUAL

Metode *WEBQUAL* adalah metode untuk mengukur kualitas suatu laman berdasarkan pengalaman pengguna. Metode ini adalah pengembangan dari metode *SERVQUAL* yang banyak digunakan sebelumnya untuk mengukur kualitas jasa (Sanjaya 2012), *WEBQUAL* memiliki tiga variabel utama sebagai berikut (Wicaksono & Susanto 2013):

- Kualitas kegunaan (*Usability*) adalah persepsi pengguna terhadap kemudahan dibaca dan dipahami, serta kemudahan beroperasi dan bernavigasi.
- Kualitas informasi (*Information Quality*) adalah persepsi pengguna terhadap informasi yang disediakan sesuai dengan kebutuhan dan tujuan, selalu up-to-date dan akurat, serta informasi yang dapat dipercaya, relevan, mudah dibaca, dan dipahami.
- Kualitas interaksi layanan (*Service Interaction Quality*) ialah persepsi pengguna terhadap semua proses layanan dapat diselesaikan secara online, proyeksi gambar sesuai dengan laman pemerintah, serta penggunaan laman sebagai sarana interaksi alternatif yang keamanannya lebih baik.

Penelitian sebelumnya yang menggunakan *WEBQUAL* di antaranya:

1. Sanjaya (2012) menggunakan metode *WEBQUAL* untuk mengukur kualitas layanan laman kominfo pada jurnal tersebut tidak merubah metode *WEBQUAL*, pada pengukuran tersebut menghasilkan bahwa dari 3 variabel hanya 2 variabel yang dinilai berpengaruh kepada kepuasan pengguna yaitu variabel kualitas kegunaan dan variabel kualitas interaksi layanan.
2. Wicaksono & Susanto (2013) memodifikasi 4 variabel metode *WEBQUAL* yaitu kualitas kegunaan, kualitas informasi, kualitas interaksi layanan dan kualitas desain laman dengan menambahkan variabel *User Satisfaction* dan variabel *Intent to Reuse*, dihasilkan bahwa terdapat hubungan positif dan signifikan antara variabel kualitas layanan laman, tingkat kepuasan dan

intensitas penggunaan. Beberapa bagian dari persepsi interaksi dan informasi memiliki kontribusi terbesar terhadap kualitas layanan. Perlu menjadi perhatian ialah pembaharuan konten laman serta kecepatan akses.

**Perceived Benefit**

*Perceived benefit* atau manfaat dapat didefinisikan dengan banyak cara, misalkan terkait dengan kegiatan, produk, atau layanan (Santosa 2010). Pada Santosa (2015) manfaat didefinisikan sebagai suatu istilah yang digunakan untuk mengukur hasil yang diharapkan positif, ketika kecepatan akses internet menjadi lambat, selama ada sesuatu yang menarik atau memberikan manfaat untuk pengguna, maka pengguna akan bersedia tetap menunggu mengakses laman tersebut (Santosa 2014).

Desain laman dibagi menjadi dua kategori yaitu faktor motivator dan faktor *hygiene* (Zhang *et al.* 2000), faktor motivator adalah unsur yang meningkatkan kepuasan pengguna terhadap laman. Faktor *hygiene* ialah unsur yang harus ada agar laman bekerja dengan normal (Santosa 2014). Dengan ini dapat diasumsikan bahwa faktor motivator berfokus pada pengguna sedangkan faktor *hygiene* berfokus pada produk. Berdasarkan Santosa (2014), bahwa *Uptime* dan *Latency* termasuk pada faktor *hygiene* dengan demikian kedua variabel ini dapat digabungkan menjadi variabel operasional pada penelitian ini variabel operasional, operasional yang dimaksud ialah dapat digunakan oleh pengguna dengan baik oleh karena itu variabel operasional dapat diasumsikan dengan variabel kualitas kegunaan. Laman yang memberikan kemudahan operasi terhadap pengguna akan berdampak positif terhadap kebahagiaan dan keberhasilan hasil yang akan didapat. Kualitas kegunaan mempunyai pengaruh kepada pengalaman pengguna. Oleh sebab itu:

H<sub>1</sub>: Kualitas kegunaan mempunyai hubungan positif dengan tingkat *Happiness*.

H<sub>2</sub>: Kualitas kegunaan mempunyai hubungan positif dengan tingkat *Task Success*.

Pengguna akan bersabar dan rela menunggu pada waktu tertentu selama laman yang digunakan mempunyai manfaat atau keuntungan bagi pengguna, *Earning* pada hal ini dapat diganti

dengan *Preceived Benefit* (Santosa 2014). Pada laman pendaftaran penyeteraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri mensyaratkan para pengguna layanan untuk mendaftar dan mengisi borang secara daring sebelum menyerahkan berkas yang akan di verifikasi serta dinilai oleh tim kemristekdikti, serta akan mendapatkan notifikasi untuk mengambil surat keputusan penyeteraan setelah dinyatakan sesuai dengan peraturan yang berlaku dengan begitu ada maanfaat dan keuntungan yang didapat setelah pengguna melakukan pendaftaran, maka:

H<sub>3</sub>: *Preceived Benefit* mempunyai hubungan positif dengan tingkat *Happiness*.

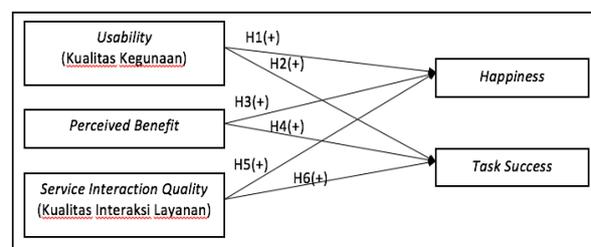
H<sub>4</sub>: *Preceived Benefit* mempunyai hubungan positif dengan tingkat *Task success*.

Berdasarkan Undang-undang Nomor 25 tahun 2009 tentang pelayanan publik. Pelayanan publik adalah rangkaian kegiatan dalam dalam memenuhi kebutuhan pelayanan sesuai dengan peraturan perundang-undang bagi setiap warga negara dan penduduk atas barang, jasa, dan/atau pelayanan administratif yang disediakan oleh penyelenggara pelayanan publik. Laman pendaftaran penyeteraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri termasuk bagian dari pelayanan publik pemerintah, yang berdasarkan peraturan pelayanan publik bahwa layanan pada laman ini harus memenuhi kebutuhan pengguna sesuai dengan peraturan yang ada pada Kemristekdikti, oleh karena itu:

H<sub>5</sub>: Kualitas interaksi layanan mempunyai hubungan positif dengan tingkat *Happiness*.

H<sub>6</sub>: Kualitas interaksi layanan mempunyai hubungan positif dengan tingkat *Task success*.

Dari hipotesis diatas dapat digambarkan sebagai model penelitian ini (lihat Gambar.1).



**Gambar 1.** Model Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menggunakan metode *PULSE* dan *HEART* yang telah di modifikasi dengan *WEBQUAL*, *PULSE* termasuk faktor *hygiene* yang berfokus pada produk, pada penelitian ini variabel *Uptime* dan *Latency* digabungkan berdasarkan menjadi variabel operasional, variabel operasional pada penelitian ini diasumsikan sebagai variabel kualitas kegunaan, *Earning* dapat digantikan menjadi *perceived benefit*, bahwa laman memiliki manfaat atau keuntungan bagi pengguna. Pada laman pelayanan publik juga dapat memiliki interaksi layanan, sebagai contoh pemberitahuan kepada pengguna setelah melakukan proses pada laman pelayanan, atau pemberitahuan informasi yang bersifat penting bagi pengguna laman pelayanan, kualitas interaksi layanan termasuk faktor *hygiene*. Hasil yang diinginkan pada setiap pelayanan yang berhubungan terhadap pengguna adalah kebahagiaan dan keberhasilan tugas pengguna layanan. Kebahagiaan dan keberhasilan tugas termasuk pada faktor motivator yang berfokus pada pengguna.

Untuk pengambilan sampel menggunakan kuesioner yang telah dimodifikasi disesuaikan dengan laman pendaftaran penyeteraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri, yang dijadikan subyek adalah pengguna laman pendaftaran tersebut yang telah mendapatkan surat keputusan penyeteraan ijazah, total ada 90 pengguna yang berpartisipasi pada penelitian ini.

Pengguna yang telah mendapatkan surat keputusan penyeteraan telah mengikuti tahap

demis tahap proses tersebut, pengguna diminta mengisikan kuesioner yang terdiri dari 20 pertanyaan ada lima variabel yang masing-masing variabelnya berisikan empat pertanyaan indikator, yang bertujuan untuk mengetahui persepsi dari pengguna tentang pengalaman mereka menggunakan laman pendaftaran penyeteraan ijazah lulusan luar negeri. Pengukuran indikator-indikator menggunakan skala likert dari "1" yang berarti "sangat tidak setuju" sampai "5" yang diartikan "sangat setuju".

Data analisis dan pengujian hipotesis menggunakan perangkat lunak *SmartPLS 3* dengan lisensi versi *student*. Data analisis menggunakan *PLS* diperlukan 2 tahap analisis yaitu model pengukuran dan model struktural (Santosa 2015).

### Model Pengukuran

Analisis Model pengukuran dilakukan untuk menilai validitas dan reliabilitas model (Ghozali & Latan 2015). Besaran nilai yang digunakan untuk mengukur validitas dan reliabilitas yaitu nilai *cross loading* harus lebih dari 0,7, akan tetapi untuk penelitian yang sifatnya pengembangan nilai dari *cross loading* antara 0,5-0,7 masih dianggap cukup (Ghozali & Latan 2015). Pada Tabel 1 semua indikator pada masing-masing variabel diatas 0,7, dan pada Tabel 2 *discriminant validity* adalah baik. Dengan demikian model pengukuran memuaskan dan dapat menganalisis model struktural.

**Tabel 1.** Crossloading

Indikator	<i>Usability</i> (U)	<i>Perceived Benefit</i> (PB)	Service		
			Interaction Quality (SIQ)	<i>Happiness</i> (H)	<i>Task Success</i> (TS)
U1	0,856				
U2	0,731				
U3	0,777				
U4	0,725				
PB1		0,838			
PB2		0,823			
PB3		0,726			
PB4		0,818			
SIQ1			0,867		
SIQ2			0,821		
SIQ3			0,810		
SIQ4			0,722		

Indikator	Usability (U)	Perceived Benefit (PB)	Service		
			Interaction Quality (SIQ)	Happiness (H) Task Success (TS)	
H1				0,866	
H2				0,794	
H3				0,747	
H4				0,790	
TS1					0,743
TS2					0,726
TS3					0,807
TS4					0,729

**Tabel 2.** Discriminant Validity

	H	PB	SIQ	TS	U
H	0,800				
PB	0,658	0,803			
SIQ	0,773	0,548	0,807		
TS	0,750	0,557	0,679	0,752	
U	0,625	0,458	0,574	0,672	0,774

**Model Struktural**

Model struktural menunjukkan hubungan antara variabel dalam model penelitian, sehingga dapat menentukan apakah hipotesis tertentu didukung oleh data. Tabel 3 ialah hasil dari analisis model struktural, jalur hipotesis sesuai dengan nilai *path coefficient* ( $\beta$ ). Dengan menggunakan nilai  $\alpha=0,05$ , dapat disimpulkan bahwa hipotesis didukung dengan data yang didapat. Hasil analisis hipotesis dalam jalur masing-masing variabel.

**Tabel 3.** Path Coeficient

Hipotesis	Path Coeficient( $\beta$ )	Nilai t	Keterangan
H1: U --> H	0,208	2,437	Diterima
H2: U --> TS	0,381	4,217	Diterima
H3: PB --> H	0,292	3,338	Diterima
H4: PB --> TS	0,186	1,936	Diterima
H5: SIQ --> H	0,494	6,426	Diterima
H6: SIQ --> TS	0,358	3,735	Diterima

Enam hipotesis yang akan diujikan menggunakan level signifikan 0,05 ( $\alpha = 0,05$ ),  $n = 90$  kuesioner, maka nilai  $t_{tabel} = 1,662$ .

Hipotesis 1 menyatakan kualitas kegunaan mempunyai hubungan positif dengan *happiness*,

pada Tabel 3 koefisien jalur pada kualitas kegunaan dan *happiness*  $\beta=0,208$  dengan nilai  $t = 2,437 > t_{tabel}$ , bahwa kualitas kegunaan yang dipersepsikan oleh pengalaman pengguna mempunyai nilai yang signifikan terhadap kepuasan, kemudahan pengguna terhadap laman tersebut. Dengan demikian adanya hubungan positif antara kualitas kegunaan dan *happiness*, dapat dikatakan kualitas kegunaan dan *happiness* saling mempengaruhi, maka hipotesis 1 diterima.

Hipotesis 2 menyatakan kualitas kegunaan mempunyai hubungan positif dengan *task success*, pada Tabel 3 dapat dilihat nilai dari koefisien jalur pada kualitas kegunaan dengan *task success* ialah  $\beta = 0,381$  dengan nilai  $t = 4,217 > t_{tabel}$ , kualitas kegunaan yang dipersepsikan pengguna mempunyai nilai signifikan terhadap *task success*, dengan memudahkan pengguna dalam menggunakan laman maka efektivitas akan sangat terasa oleh pengguna, berdasarkan hasil yang didapat kualitas kegunaan mempunyai pengaruh positif terhadap *task success*, maka hipotesis 2 diterima.

Hipotesis 3 menyatakan *perceived benefit* mempunyai hubungan positif dengan *happiness*. Jika merujuk pada data di Tabel 3 nilai koefisien dari *perceived benefit* dengan *happiness* ialah  $\beta = 0,292$  dengan nilai  $t = 3,338 > t_{tabel}$ , persepsi pengguna terhadap manfaat yang didapat terhadap penggunaan laman layanan tersebut menjadikan pengaruh positif terhadap persepsi kepuasan pengguna. Dengan demikian *perceived benefit* mempunyai pengaruh terhadap *happiness*, maka hipotesis 3 diterima.

Hipotesis 4 *perceived benefit* mempunyai hubungan positif terhadap *task success*, dilihat pada tabel 3 nilai jalur koefisien dari *perceived*

*benefit* terhadap *task success*  $\beta=0,186$  dengan nilai  $t = 1,936 > t_{tabel}$ . manfaat yang didapat pengguna layanan penyetaraan ijazah lulusan perguruan luar negeri adalah surat keputusan penyetaraan, efektifitas laman agar pengguna dapat menerima surat keputusan sesuai yang diharapkan pengguna juga sebagai pengaruh positif terhadap persepsi pengguna, dari hasil tersebut hipotesis 4 dapat diterima

Hipotesis 5 kualitas interaksi layanan mempunyai hubungan positif terhadap *happiness*, melihat jalur pada table 3. Kualitas interaksi mempunyai jalur koefisien dengan *happiness*  $\beta = 0,494$  dengan nilai  $t = 6,426 > t_{tabel}$ . Sebagai penyelenggara layanan interaksi terhadap pengguna tentunya selalu dilakukan interaksi layanan melalui laman juga diperlukan, dengan adanya kualitas interaksi layanan yang baik, maka kepuasan pengguna juga meningkat. Hasil tersebut dapat dikatakan bahwa kepuasan interaksi layanan mempunyai pengaruh yang positif terhadap persepsi pengguna, maka hipotesis 5 diterima.

Hipotesis 6 kualitas interaksi layanan mempunyai hubungan positif terhadap *task success*, melihat table 3 bahwa nilai koefisien pada jalur kualitas interaksi layanan terhadap *task success* ialah  $\beta=0,358$  dengan nilai  $t = 3,735 > t_{tabel}$ . ketepatan waktu interaksi layanan yang sesuai dengan prosedur operasi standar adalah tujuan dari penyelenggaraan pelayanan publik, dengan adanya ketepatan waktu layanan, maka efisiensi serta efektivitas mempengaruhi persepsi pengguna, jika melihat dari hasil yang diujikan. Bahwa kualitas interaksi layanan mempunyai hubungan positif dengan *task success*, maka hipotesis 6 diterima.

## SIMPULAN

Pada penelitian ini mengusulkan model untuk mengukur pengalaman pengguna pada laman pelayanan publik, dengan mengambil salah satu pelayanan publik pada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yaitu laman pendaftaran penyetaraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri. Pengembangan pelayanan publik terus ditingkatkan untuk melayani pengguna pelayanan publik sesuai dengan undang-undang yang berlaku, yang diharapkan dari perkembangan tersebut ialah adanya umpan balik

positif dari pengguna pelayanan publik yang akan berdampak dengan kinerja instansi sebagai penyelenggara pelayanan publik.

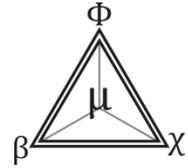
Enam hipotesis diuji dengan data didukung dari pengguna laman pendaftaran penyetaraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri yang telah mengikuti proses penyetaraan dari awal sampai dikeluarkannya surat keputusan penyetaraan ijazah lulusan perguruan tinggi luar negeri. Kualitas kegunaan mempengaruhi positif pada kepuasan pengguna dan juga pada *task success*, bahwa kemudahan dalam penggunaan dapat memberikan kepuasan dan efektivitas yang positif. Manfaat yang didapat oleh pengguna juga mempengaruhi persepsi dari pengguna, jika laman pelayanan publik memiliki manfaat yang dibutuhkan oleh pengguna, maka kepuasan serta efisiensi yang diterima oleh pengguna akan menghasilkan umpan balik yang positif. Pelayanan publik juga dilihat dari kualitas interaksi layanan, jika layanan yang diberikan kepada pengguna mempunyai kualitas yang baik, akan memberikan kepuasan serta umpan balik yang positif dari pengguna terhadap penyelenggara layanan publik.

Penelitian ini memiliki keterbatasan dikarenakan penelitian ini tidak bersifat longitudinal, pada *PULSE* ada dua variabel yang tidak digunakan yaitu *page view* dan *seven-day active user*, pada *HEART* ada tiga variabel yang tidak digunakan *Engagement, adoption, Retention*. Sedangkan pada *WEBQUAL* ada satu variabel yang tidak digunakan yaitu kualitas information. Diharapkan dimasa yang akan datang dapat menggunakan variabel tersebut pada studi longitudinal, serta dapat diuji coba pada penyelenggara pelayanan publik yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ghozali I & Latan H. 2015. *Partial Least Squares Konsep, Teknik dan Aplikasi Menggunakan Program SmartPLS 3*, 2nd ed. Semarang: Badan Penerbit UNDIP.
- Holle ES. 2011. Pelayanan Publik Melalui Electronic Government Upaya Meminimalisir Praktek Mal administrasi dalam Meningkatkan Public Service. *Jurnal Sasi* 17(3): 21-30.
- International Organization for Standardization. 2010. *Ergonomics of human system interaction - Part 210:*

- Human-centered design for interactive systems (formerly known as 13407)*. ISO F±DIS 9241-210:2010. Diambil kembali dari <https://www.iso.org>: <https://www.iso.org>
- Kemkominfo. 2014. Kemkominfo: Pengguna Internet di Indonesia Capai 82 Juta. Dipetik 9 18, 2016 : 16.35, dari [kominfo.go.id](http://kominfo.go.id): [https://kominfo.go.id/index.php/content/detail/3980/Kemkominfo%3A+Pengguna%20+Internet+di+Indonesia+Capai+82+Juta/0/berita\\_satker#VjC4Lq4rKRs](https://kominfo.go.id/index.php/content/detail/3980/Kemkominfo%3A+Pengguna%20+Internet+di+Indonesia+Capai+82+Juta/0/berita_satker#VjC4Lq4rKRs)
- Presiden Republik Indonesia. 2003. Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 3 tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan E-Government.
- Presiden Republik Indonesia. 2009. Undang-Undang Nomor 25 Tahun 2009 Tentang Pelayan Publik.
- Rodden K, Hutchinson H & Xin F. 2010. Measuring the User Experience on a Large Scale : User-Centered Metrics for Web Applications. *Proceedings of CHI 2010*, ACM Press
- Sanjaya I. 2012. Pengukuran Kualitas layanan website kementerian kominfo dengan menggunakan metode webqual 4.0. *Jurnal penelitian iptek-kom* **14**(1): 1-14.
- Santosa PI. 2010. Cost and benefit of information search using two different strategies. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)* **8**(3): 195-206. DOI: 10.12928/telkomnika.v8i3.621
- Santosa PI. 2014. Measuring User Experience in An Online Store Using PULSE and HEART Metrics. *Kursor* **7**(3): 145-154. DOI: 10.21107/kursor.v7i3.1096
- Santosa PI. 2015. Student Engagement with Online Tutorial: A Perspective on Flow Theory. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)* **10**(1): 60-67.
- Wicaksono BL & Susanto A. 2013. Evaluasi Kualitas Layanan Website Pusdiklat BPK Ri Menggunakan Metode Webqual Modifikasian dan Importance Performance Analysis. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)* **2**(2): 21-34
- Zhang P, Small RV, Von Dran GM & Barcellos S. 2000. A Two Factor Theory for Website Design. *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 1-10. DOI: 10.1109/HICSS.2000.926847



## Aplikasi Kendali LQR Diskrit untuk Sistem Pergudangan Barang Susut dengan Peninjauan Berkala pada Radioisotop Fosfor-32

DA Munawwaroh

Departemen Matematika, FSM, Universitas Diponegoro, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*  
Diterima 11 Januari 2017  
Disetujui 23 Maret 2017  
Dipublikasikan 1 April 2017

*Keywords:*  
*lqr control; inventory system; perishable goods; periodic review policy; radioisotope phosphorous-32.*

### Abstrak

Pada penelitian ini dibahas mengenai pengendalian sistem pergudangan untuk barang yang mengalami penyusutan. Teknik kendali yang digunakan adalah kendali regulator linier kuadratik dengan waktu diskrit. Kendali regulator linier kuadratik merupakan kendali optimal dengan fungsi objektif berbentuk kuadrat dan memiliki kendala berbentuk linier. Teknik kendali tersebut bertujuan untuk mengoptimalkan pemesanan kepada pemasok tunggal, karena diasumsikan tidak terjadi kekurangan barang, meskipun terdapat waktu tundaan dalam proses pengiriman barang. Sistem pergudangan yang telah diberikan kendali LQR diaplikasikan untuk mengoptimalkan pemesanan radioisotop fosfor-32 yang memiliki waktu paruh 14,26 hari. Salah satu kegunaan dari radioisotop fosfor-32 adalah untuk mengetahui pola penyebaran pupuk dan efektifitas pupuk pada bidang pertanian.

### Abstract

*This research discusses about inventory control with periodic review policy for perishable goods. Optimal control linear quadratic regulator in discrete time is used in this research. This optimal control has quadratic equation for objective function and linear equation for the constraint. This control can be used to optimize ordering to single supplier, because lost sales and back order are not permitted, although has a lead time. This LQR control for inventory systems will applied to optimize ordering radioisotope phosphorous-32 which has a half-life 14,26 days. One of the uses of radioisotopes phosphorus-32 is to determine the pattern of spread of fertilizer and effectiveness of fertilizers in agriculture.*

© 2017 Universitas Negeri Semarang

Alamat korespondensi:  
E-mail: [dita.anies.m@gmail.com](mailto:dita.anies.m@gmail.com)

ISSN 0215-9945

## PENDAHULUAN

Bahan radioaktif terdiri dari atom atom yang tidak stabil. Agar atom tidak stabil menjadi stabil, maka atom-atom tersebut melepaskan kelebihan energi yang disebut radiasi, melalui proses yang disebut peluruhan radioaktif. Radioisotop adalah isotop suatu unsur radioaktif yang memancarkan sinar radioaktif. Pada (Rahman *et al* 2012) disebutkan bahwa radioisotop fosfor-32 memiliki waktu paruh 14,26 hari. Radioisotop fosfor-32 memiliki manfaat pada bidang pertanian dan bidang kesehatan. Pada bidang pertanian radioisotop fosfor-32 dapat digunakan untuk perunut gerakan pupuk disekitar tanaman setelah ditabur. Gerakan pupuk jenis fosfat, dari tanah sampai ke dalam tumbuhan dapat ditelusuri dengan mencampurkan radioisotop tersebut ke dalam senyawa fosfat dalam pupuk. Hal tersebut dapat digunakan untuk mengetahui pola penyebaran pupuk dan efektifitas pemupukan.

Waktu paro (*half life*) adalah waktu yang diperlukan oleh inti radioaktif untuk meluruh hingga aktifitasnya menjadi setengah aktifitas mula-mula. Padahal dalam proses pemesanan hingga barang sampai ditempat tentu membutuhkan waktu tundaan. Oleh karena itu, jika suatu distributor yang ingin menyediakan radioisotop fosfor-32 untuk memenuhi kebutuhan konsumen, maka diperlukan perhitungan untuk mengoptimalkan persediaan radioisotop fosfor-32.

Pada bidang kontrol terdapat penelitian berkesinambungan yang berasal dari (Ignaciuk & Bartoszewicz 2008a) dan (Ignaciuk & Bartoszewicz 2008b) yang membahas mengenai strategi kontrol linier kuadrat. Lebih khusus yang diaplikasikan pada sistem pergudangan barang yaitu (Ignaciuk & Bartoszewicz 2010) membahas strategi kontrol linier kuadrat untuk sistem pergudangan dengan waktu tundaan, tetapi dengan asumsi bahwa barang tidak mengalami penyusutan. Kemudian, (Ignaciuk & Bartoszewicz 2012) melanjutkan penelitian mengenai strategi kontrol linier kuadrat untuk sistem pergudangan dengan waktu tundaan dengan asumsi bahwa barang mengalami penyusutan sebesar  $\sigma$ .

Selanjutnya, (Munawwaroh & Salmah 2014) melakukan penelitian dengan menyelesaikan masalah sistem pergudangan tanpa penyusutan

barang dengan menggunakan kontrol regulator linier kuadrat. Lalu, berawal dari ide yang disampaikan (Ignaciuk & Bartoszewicz 2011), maka (Munawwaroh & Sutrisno 2014) mengaplikasikan sistem pergudangan dengan strategi kontrol regulator linier kuadrat pada transmisi jaringan tunggal.

Proses penyelesaian dengan menggunakan teknik kendali regulator linier kuadrat digunakan teori pendukung dari (Olsder 1994), (Ogata 1995) dan (Ogata 2010). Sedangkan untuk penyelesaian secara aljabar matriks digunakan teori pendukung dari (Mital 1976). Penulis telah mengaplikasikan sistem pergudangan dengan asumsi barang mengalami penyusutan dan terdapat waktu tundaan yang diberikan kontrol regulator linier kuadrat diskrit pada persediaan radioaktif I-131 yang telah dimanfaatkan untuk bidang kesehatan (Munawwaroh 2016). Selanjutnya, dalam penelitian ini penulis akan mengaplikasikan kendali tersebut pada radioisotop fosfor-32 yang telah dimanfaatkan pada bidang pertanian.

## METODE

Pada penelitian ini, penulis menggunakan studi literatur yang berasal dari strategi kontrol linier kuadrat yang telah dilakukan penelitian oleh Ignaciuk & Bartoszewicz (2010) dan Ignaciuk & Bartoszewicz (2010) diaplikasikan pada sistem pergudangan dengan penambahan asumsi barang susut. Penulis telah mengembangkan strategi kontrol yang berbeda yaitu kontrol regulator linier kuadrat pada Munawwaroh & Salmah (2014) selanjutnya diaplikasikan dalam bidang komunikasi yaitu sistem jaringan tunggal pada Munawwaroh & Sutrisno (2014). Kemudian, penulis menggunakan penelitian dari Rahman *et al* (2012) untuk mengembangkan aplikasi yang telah digunakan pada Munawwaroh (2016).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini penulis akan melakukan aplikasi dari sistem pergudangan dengan asumsi barang susut, terdapat waktu tundaan, berbentuk diskrit, pada salah satu jenis barang susut yaitu radioisotop fosfor-32. Penulis menyajikan hasil simulasi numerik dari program MATLAB 7.6.0 (R2008a) yang diaplikasikan pada

sistem pergudangan untuk radioisotop fosfor-32 berupa grafik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini, terdapat asumsi yang harus dipenuhi yaitu jumlah permintaan bergantung waktu dan terbatas, sumber barang berasal dari pemasok tunggal, permintaan selalu terpenuhi, tidak diijinkan *backorder*, serta tidak diijinkan *lost sales*, jumlah barang yang tersedia tidak boleh melebihi kapasitas gudang, dan dibutuhkan waktu tundaan (*lead time*) hingga barang sampai ditangan. Diasumsikan bahwa barang mengalami penyusutan, sampai digudang dalam kondisi 100 %, tetapi mengalami penyusutan selama proses penyimpanan.

**Pemodelan Matematika**

Dalam memodelkan sistem pergudangan akan diberikan variabel-variabel yang berpengaruh dalam sistem, yaitu  $T$  adalah periode peninjauan gudang,  $kT$  adalah periode sampling, dengan nilai  $k = 0,1,2,3, \dots, L_p$  adalah waktu tundaan, dengan  $L_p = n_p \times T$ ,  $n_p$  adalah suatu interger positif,  $u(k)$  adalah jumlah pesanan barang untuk mengisi gudang pada saat  $kT$ ,  $d(kT)$  adalah jumlah permintaan barang pada saat  $kT$ ,  $y(kT)$  adalah jumlah barang yang ada digudang pada saat awal waktu  $kT$ ,  $y_d$  adalah kapasitas maksimal barang dalam gudang,  $d_{max}$  adalah jumlah permintaan barang maksimum,  $h(kT)$  adalah jumlah barang yang telah dikirim pada saat  $kT$ ,  $\mathbf{x}(kT)$  adalah jumlah barang saat  $kT$ , dan terdapat faktor penyusutan  $\sigma$ , dengan  $0 \leq \sigma < 1$ .

Selanjutnya, harus terpenuhi persamaan berikut.

$$0 \leq h(kT) \leq d(kT) \leq d_{max} \tag{1}$$

Diberikan persamaan agar stock barang seimbang yaitu

$$y[(k + 1)T] = \rho y(kT) + u_R(kT) - h(kT), \tag{2}$$

dengan  $u_r(kT)$  adalah jumlah pemesanan yang diterima pada saat  $kT$ , dan  $\rho = 1 - \alpha$ , dengan  $0 \leq \rho \leq 1$ .

Pemesanan pertama dilakukan pada waktu  $kT = 0$ , maka  $y(kT) = 0$  untuk  $k \leq n_p$ . Dikarenakan kondisi awal tersebut dan

$u_R = u[(k - n_p)T]$  untuk  $k \geq 0$ , sehingga

$$\begin{aligned} y(kT) &= \sum_{j=0}^{k-1} \rho^{k-1-j} u_R(jT) - \sum_{j=0}^{k-1} \rho^{k-1-j} h(kT) \\ &= \sum_{j=0}^{k-n_p-1} \rho^{k-n_p-1-j} u(jT) - \sum_{j=0}^{k-1} \rho^{k-1-j} h(kT). \end{aligned}$$

**Representasi Ruang Keadaan (State-Space)**

Didefinisikan

$$\mathbf{x}(kT) = [x_1(kT) \ x_2(kT) \ \dots \ x_n(kT)] \tag{3}$$

adalah vektor state dengan  $x_1(kT)$  menyatakan jumlah barang yang sudah berada didalam gudang pada saat  $kT$ , sedangkan  $x_i(kT)$  menyatakan jumlah barang yang dipesan pada saat  $k - n + i - 1$ , dengan  $n = n_p + 1$ . Dibentuk persamaan Ruang Keadaan dan Persamaan Keluaran dalam sistem diskrit LTI, sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mathbf{x}[(k + 1)k] &= \mathbf{G}\mathbf{x}(kT) + \mathbf{H}u(kT) + \mathbf{v}h(kT), \\ y(kT) &= \mathbf{C}^T \mathbf{x}(kT), \end{aligned} \tag{4}$$

Dengan  $\mathbf{G}$  adalah matriks keadaan dengan ukuran  $n \times n$ , dan  $\mathbf{H}, \mathbf{v}, \mathbf{C}$  adalah vektor, berukuran  $n \times 1$ . Bentuk vektor matriks tersebut adalah :

$$\begin{aligned} \mathbf{G} &= \begin{bmatrix} \rho & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}; \mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; \\ \mathbf{v} &= \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \end{aligned} \tag{5}$$

Tujuan dari masalah optimal linier kuadratik adalah menentukan aturan kendali yang membawa state awal  $\mathbf{x}_0 = 0$  menuju ke  $\mathbf{x}(kT) = \mathbf{x}_d$  tak nol, dengan  $k = \infty$ . Dibentuk indeks performansi yang bersesuaian dengan persamaan ruang keadaan dan persamaan keluaran tersebut adalah

$$J(u) = \sum_{k=0}^{\infty} \left\{ u^2(kT) + w [y_d - y(kT)]^2 \right\}. \tag{6}$$

Indeks performansi yang digunakan untuk Persamaan (6) adalah indeks performansi yang berbentuk fungsi biaya. Fungsi biaya yang

dimaksudkan disini adalah biaya yang timbul akibat biaya setup setiap kali pesan dan biaya penyimpanan. Sedangkan, adanya konstanta positif  $w$  sebagai konstanta pembobotan yang menghubungkan pengaruh biaya penyimpanan terhadap biaya setup.

Selanjutnya, digunakan Kendali Regulator Linier Kuadratik-Steady State yang bertujuan menentukan aturan kendali yang membawa state awal tak nol menuju ke suatu state nol. Akan didefinisikan variable baru sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{x}}(kT) &= \mathbf{x}(kT) - \mathbf{x}_{ss} = \mathbf{x}(kT) - \mathbf{x}_d; \\ \tilde{y}(kT) &= y(kT) - y_{ss} = y(kT) - y_d; \\ \tilde{u}(kT) &= u(kT) - u_{ss} = u(kT) - (1 - \rho)y_d, \end{aligned} \tag{7}$$

dengan

$$\mathbf{x}_d = \begin{bmatrix} x_{d1} \\ x_{d2} \\ \vdots \\ x_{dn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ \sigma \\ \vdots \\ \sigma \end{bmatrix} y_d = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 - \rho \\ \vdots \\ 1 - \rho \end{bmatrix} y_d \tag{8}$$

Diperoleh persamaan ruang keadaan dan persamaan keluaran dengan menggunakan variable baru yang didefinisikan pada Persamaan (7), sebagai berikut :

$$\tilde{\mathbf{x}}[(k+1)k] = \mathbf{G}\tilde{\mathbf{x}}(kT) + \mathbf{H}\tilde{u}(kT) + \mathbf{v}h(kT), \tag{9}$$

$$\tilde{y}(kT) = \mathbf{C}^T \tilde{\mathbf{x}}(kT), \tag{10}$$

dengan  $\mathbf{G}$ ,  $\mathbf{H}$ ,  $\mathbf{v}$  dan  $\mathbf{C}$  sesuai pada Persamaan (5).

Selanjutnya, dapat digunakan bentuk penyelesaian masalah pada Regulator Linier Kuadratik untuk mencari  $\tilde{u}(kT)$  yang meminimalkan indeks perfromansi baru, yaitu:

$$J(\tilde{u}) = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{\infty} [\tilde{\mathbf{x}}^T(kT) \mathbf{Q} \tilde{\mathbf{x}}(kT) + \tilde{u}^T(kT) \mathbf{R} \tilde{u}(kT)] \tag{11}$$

### Penyelesaian Masalah Regulator Linier Kuadratik - Steady State

Misal diberikan kendali umpan balik adalah  $\tilde{u}(kT) = -\mathbf{K}(kT)\tilde{\mathbf{x}}(kT)$ , dengan  $\mathbf{K}(kT)$  adalah matriks umpan balik. Persamaan Riccati digunakan untuk mendapatkan vektor kendali optimal  $\tilde{u}(kT)$ . Di asumsikan bahwa  $\lambda(kT) = \mathbf{P}(kT)\tilde{\mathbf{x}}(kT)$ ,

dengan  $\mathbf{P}$  adalah matriks simetris, dengan kata lain,  $\mathbf{P}^T = \mathbf{P}$ , dan  $\mathbf{P} \geq 0$ . Selanjutnyam dilakukan

proses operasi matriks hingga diperoleh matriks  $\mathbf{P}$  dan  $\mathbf{K}$  adalah

$$\mathbf{P} = \mathbf{G}^T \mathbf{P} [\mathbf{I} + \mathbf{H}\mathbf{H}^T \mathbf{P}]^{-1} \mathbf{H} + \mathbf{Q}. \tag{14}$$

$$\mathbf{K} = \mathbf{H}^T \mathbf{P} [\mathbf{I} + \mathbf{H}\mathbf{H}^T \mathbf{P}]^{-1} \mathbf{G}. \tag{15}$$

Untuk mencari matriks  $\mathbf{P}$  akan digunakan iterasi matriks, yang bertujuan agar setiap elemen pada matriks  $\mathbf{P}$  dapat dinyatakan dalam tiga variabel yaitu  $p_{11}, \rho$ , dan  $w$ . Suatu matriks simetris  $\mathbf{P}$  berbentuk

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdots & p_{2n} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \cdots & p_{3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ p_{n1} & p_{n2} & p_{n3} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}, \tag{16}$$

Iterasi diteruskan hingga seluruh elemen terganti, sehingga diperoleh pola pada matriks  $\mathbf{P}$  adalah sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} p_{11} & \frac{p_{11} - w}{\rho} & \frac{p_{11} - w \sum_{j=0}^1 \rho^{2j}}{\rho^2} & \cdots & \frac{p_{11} - w \sum_{j=0}^{n-2} \rho^{2j}}{\rho^{n-1}} \\ p_{12} & \frac{p_{11} - w \sum_{j=0}^1 \rho^{2j}}{\rho^2} & \frac{p_{11} - w \sum_{j=0}^1 \rho^{2j}}{\rho^3} & \cdots & \frac{p_{11} - w \sum_{j=0}^{n-2} \rho^{2j}}{\rho^n} \\ p_{13} & p_{23} & \frac{p_{11} - w \sum_{j=0}^1 \rho^{2j}}{\rho^4} & \cdots & \frac{p_{11} - w \sum_{j=0}^{n-2} \rho^{2j}}{\rho^{n+1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ p_{1n} & p_{2n} & p_{3n} & \cdots & \frac{p_{11} - w \sum_{j=0}^{n-2} \rho^{2j}}{\rho^{2(n-1)}} \end{bmatrix}, \tag{17}$$

dengan

$$p_{11} = \frac{-\rho^{4n-2}}{\left( p_{11} - w \sum_{i=0}^{n-2} \rho^{2i} + \rho^{2(n-1)} \right)} - w \sum_{i=0}^{n-2} \rho^{2i} + \rho^{2n}. \tag{18}$$

Persamaan (18) mempunyai akar,

$$p_{11}^{\pm} = \frac{1}{2} \rho^{2(n-1)} \left[ \rho^2 + w - 1 \pm \sqrt{w^2 + 2w(\rho^2 + 1) + (\rho^2 - 1)^2} \right] + w \sum_{j=0}^{n-2} \rho^{2j}. \tag{19}$$

Selanjutnya, diperoleh matriks  $\mathbf{K}$  yaitu

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} \rho^n & \rho^{n-1} & \rho^{n-2} & \cdots & \rho \end{bmatrix} \gamma. \tag{20}$$

dengan,

$$\gamma = \frac{\left[ \sqrt{w^2 + 2w(\rho^2 + 1) + (\rho^2 - 1)^2} - w + \rho^2 - 1 \right]}{2\rho^2}, \tag{21}$$

dihasilkan

$$\begin{aligned} \tilde{u}(kT) &= -\mathbf{K}\tilde{\mathbf{x}}(k) \\ &= -\gamma \sum_{j=1}^n \rho^{n-j+1} \tilde{x}(k). \end{aligned} \quad (22)$$

Digunakan persamaan (7) dan (8), untuk memperoleh

$$u(k) = -\gamma \sum_{j=1}^n \rho^{n-j+1} x_j(k) - r, \quad (23)$$

Dengan  $r = (1 - \rho + \gamma\rho)y_d$ . Dari persamaan (5) diperoleh variabel keadaan  $x_j (j = 2, \dots, n)$  yang merupakan kontroler pada  $n - 1$  sehingga nilai  $x_j = u(k - n + j - 1)$ . Selanjutnya, dikarenakan  $x_1(k) = y(k)$  dan  $n = n_p + 1$ , maka didapatkan hasil kontrol optimal dengan menggunakan LQR diskrit adalah

$$u(k) = r - \gamma \rho^{n_p+1} y(k) - \gamma \sum_{j=k-n_p}^{k-1} \rho^{k-j} u(j). \quad (24)$$

**Analisis Kestabilan**

Kestabilan sistem diskrit LTI dapat dianalisis dengan melihat nilai eigen dari sistem tersebut. Selanjutnya, akan dicari nilai eigen yang bersesuaian dengan matriks **G-HK**, yaitu

$z = \mu_1, z = \mu_2, \dots, z = \mu_{n-1}, z = \mu_n$  yang berasal dari persamaan karakteristik

$$|z\mathbf{I} - (\mathbf{G} - \mathbf{HK})| = 0, \quad (25)$$

dengan **I** adalah matriks Identitas. Suatu sistem diskrit dikatakan stabil jika modulus dari nilai eigen kurang dari satu. Sehingga sistem (1) akan stabil, jika memiliki

$$|\mu_n| < 1 \Leftrightarrow 0 < \rho(1 - \gamma) < 2. \quad (26)$$

Diperhatikan bahwa  $0 < \rho \leq 1$  dan dari persamaan (21) akan diperoleh juga bahwa untuk sebarang nilai  $w$  akan berakibat  $0 < \gamma < 1$ . Oleh karena itu, dapat dipastikan bahwa sistem pada persamaan (4) akan selalu stabil asimtotik.

**Sifat-sifat dari Sistem Pergudangan Barang Susut dengan Pemasok Tunggal**

Berikut ini akan dijelaskan sifat-sifat dari model sistem pergudangan barang susut dengan kebijakan peninjauan berkala yang mengambil pasokan barang dari pemasok tunggal. Teorema pertama mendefinisikan bahwa jumlah barang yang dipesan akan selalu non-negative dan terbatas.

**Teorema 1.** (Ignaciuk & Bartoszewicz 2012)

Jika jumlah pemesanan pada persamaan (24) diaplikasikan pada persamaan (4), (5), dan (8), maka jumlah pemesanan akan selalu terbatas serta untuk setiap  $k \geq 0$  pemesanan akan memenuhi pertidaksamaan berikut.

$$u_{\min} \leq u(k) \leq \max \{r, u_{\max}\}, \quad (25)$$

dengan

$$\begin{aligned} u_{\min} &= \frac{r(1 - \rho)}{1 - \rho + \gamma\rho}, \text{ dan} \\ u_{\max} &= \frac{r(1 - \rho) + \gamma\rho^n d_{\max}}{1 - \rho + \gamma\rho} \end{aligned} \quad (26)$$

Selanjutnya, teorema kedua menjamin bahwa jumlah barang yang ada digudang tiak akan melebihi kapasitas gudang.

**Teorema 2.** (Ignaciuk & Bartoszewicz 2012)

Jika persamaan (24) diaplikasikan pada persamaan (4), (5) dan (8), maka jumlah barang yang berada digudang akan memenuhi

$$\forall_{k \geq 0} y(k) \leq y_d. \quad (27)$$

Terakhir, teorema ketiga akan menjamin bahwa stok barang yang berada digudang selalu dapat memenuhi seluruh permintaan.

**Teorema 3.** (Ignaciuk dan Bartoszewicz, 2012)

Jika Persamaan (24) diaplikasikan pada persamaan (4), (5) dan (8), serta kapasitas maksimal gudang akan memenuhi

$$y_d > \frac{d_{\max}}{1 - \rho + \gamma\rho} \left( \gamma \sum_{j=1}^{n_p} \rho^j + 1 \right), \quad (28)$$

maka jumlah barang yang ada digudang untuk setiap  $k \geq n_p + 1$  akan selalu positif tegas (*strictly positive*).

**Simulasi Numerik**

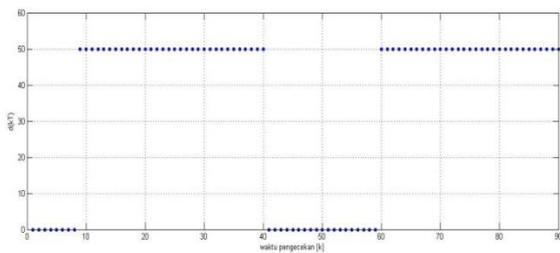
Sistem pergudangan yang berupa sistem diskrit LTI pada persamaan (4), (5) dan (8) dengan kendali LQR diskrit pada persamaan (24) akan diaplikasikan dalam sistem pergudangan untuk persediaan radioisotop fosfor-32. Telah diketahui bahwa waktu paruh adalah waktu yang dibutuhkan untuk suatu radioaktif menyusut hingga mencapai 0.5 massanya. Pada radioisotop fosfor-32 memiliki waktu paruh yaitu 14,26 hari, peninjauan persedian adalah 1 hari dan waktu yang dibutuhkan barang sampai adalah 8 hari. Model pada sistem pergudangan ini memiliki asumsi bahwa barang sampai digudang dalam

keadaan 100%, dan penyusutan terjadi selama proses penyimpanan. Diperhatikan persamaan waktu paro berikut.

$$N_T = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t_{\frac{1}{2}} \frac{T}{t_{\frac{1}{2}}}} \quad (29)$$

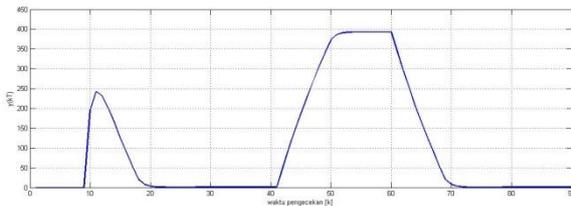
dengan  $N_T$  adalah jumlah barang pada waktu  $T$ ,  $N_0$  adalah jumlah barang pada waktu awal,  $T$  adalah periode peninjauan gudang, dan  $t_{\frac{1}{2}}$  adalah waktu paruh. Selanjutnya didapatkan  $\sigma = 0.047$  dan  $\rho = 1 - \sigma = 1 - 0.047 = 0.953$ .

Perusahaan memiliki kapasitas gudang maksimum ( $y_d$ ) adalah 395 satuan massa barang dan bisa melayani permintaan konsumen sejumlah 50 satuan massa barang per hari. Jumlah barang yang dipesan pemasok diawal waktu adalah 247.55 satuan massa barang. Perusahaan sudah memiliki permintaan konsumen selama 90 hari kedepan, disajikan dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik jumlah permintaan konsumen  $d(kT)$  selama waktu pengecekan  $k$

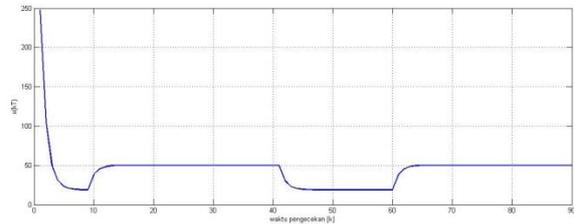
Hasil simulasi numerik dengan menggunakan program MATLAB 7.6.0 (R2008a) diperoleh Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik jumlah barang yang tersedia digudang  $y(kT)$  selama waktu pengecekan  $k$

Pada Gambar 2. dapat dilihat bahwa gudang dalam keadaan kosong pada awal masa tunggu 8 hari, kemudian jumlah barang yang berada digudang akan mengalami peningkatan dan penurunan sesuai dengan permintaan konsumen. Namun, dapat dilihat bahwa jumlah barang yang berada didalam gudang tiak akan melebihi kapasitas

maksimal gudang ( $y_d$ ). Selanjutnya, akan disajikan jumlah barang yang harus dipesan kepada pemasok tunggal selama 90 hari.



**Gambar 3.** Grafik jumlah barang yang dipesan  $u(kT)$  selama waktu pengecekan  $k$

Pada Gambar 3. Dapat dilihat terdapat peningkatan dan penurunan jumlah pemesanan, hal tersebut sesuai dengan fluktuasi permintaan.

**SIMPULAN**

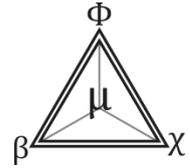
Sistem pergudangan yang telah diberikan kontroler dapat mengoptimalkan perencanaan jumlah barang yang dipesan, sehingga permintaan konsumen akan selalu terpenuhi dan kapasitas gudang dapat dimaksimalkan. Penambahan asumsi barang mengalami penyusutan pada model juga tetap dapat mendapatkan jumlah pemesanan optimal, terutama bila diaplikasikan pada radioisotop fosfor-32 yang mengalami penusutan sebesar  $\sigma = 0.047$ . Model ini dapat menjamin bahwa permintaan konsumen terhadap radioisotop fosfor-32 akan tetap terpenuhi.

Pada model penelitian ini perlu dikembangkan untuk sistem pergudangan barang susut dengan menambahkan penyusutan terjadi saat proses waktu tundaan dan juga selama proses penyimpanan radioisotop fosfor-32.

**DAFTAR PUSTAKA**

Ignaciuk P & Bartoszewicz A. 2008a. Linear Quadratic Optimal Discrete-Time Sliding-Mode Controller for Connection-Oriented Communication Networks. *IEEE Transactions on Industrial Electronic.* **55**(11): 4013 - 4021 DOI: 10.1109/TIE.2008.921464  
 Ignaciuk P & Bartoszewicz A. 2008b. Linear Quadratic Optimal Sliding Mode Congestion Control in Multi-Source Connection-Oriented Data Transmission Network. *IEEE 10th International*

- Workshop on Variable Structure Systems, VSS'08.*: 67 - 72. DOI: 10.1109/VSS.2008.4570684.
- Ignaciuk P & Bartoszewicz A. 2010. Linear-Quadratic Optimal Control Strategy for Periodic-Review Inventory Systems. *Automatica* 46(12): 1982-1993. DOI: 10.1016/j.automatica.2010.09.010
- Ignaciuk P & Bartoszewicz A. 2011. LQ Optimal Sliding-Mode Supply Policy for Periodic-Review Perishable Inventory Systems. *Journal of The Franklin Institute* 349(4): 1561-1582. DOI: 10.1016/j.jfranklin.2011.04.003
- Ignaciuk P & Bartoszewicz A. 2012. Linear-Quadratic Optimal Control of Periodic-Review Perishable Inventory Systems. *IEEE Transaction on Control Systems Technology* 20(5): 1400-1407. DOI: 10.1109/TCST.2011.2161086
- Mital KV. 1976. *Optimization Methods in Operations Research and Systems Analysis*. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Munawwaroh DA & Sutrisno. 2014. Kendali LQR Diskrit untuk Sistem Transmisi Data dengan Sistem Jaringan Tunggal. *Jurnal Matematika* 17(3): 104 - 110
- Munawwaroh DA. 2016. Aplikasi Kendali LQR Diskrit untuk Sistem Pergudangan Barang Susut dengan Peninjauan Berkala pada radioaktif I-131. *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika*. FPMIPATI - Universitas PGRI Semarang. Semarang, 13 Agustus 2016
- Ogata K. 1995. *Discrete Time Control Systems*. Prentice-Hall
- Ogata K. 2010. *Modern Control Engineering*. Prentice-Hall
- Olsder GJ. 1994. *Mathematical Systems Theory*. The Netherlands : Delft
- Rahman WY, Sarmini E, Herlina, Abidin, Triyanto & Hambali. 2012. Pembuatan Radioisotop Fosfor-32 untuk Sintesa ATP Bertanda  $^{32}P[(Y^{12}P)ATP]$ . *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir*. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses bahan. Buku I hal. 113-117



## Characteristic of Near Ring From Group Object of Categories

NP Puspita<sup>✉</sup>, Titi Udjiani SRRM, Suryoto, B Irawanto

Departemen Matematika, FSM, Universitas Diponegoro, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima 11 Januari 2017

Disetujui 23 Maret 2017

Dipublikasikan 1 April 2017

*Keywords:*

category; group object; near ring,  $B_1$ -near ring

### Abstract

Setiap objek pada kategori dengan objek terminal dan produk disebut grup objek jika memiliki beberapa aksioma seperti aksioma grup tetapi didefinisikan oleh diagram komutatif. Aksioma-aksioma tersebut seperti asosiatif, eksistensi elemen identitas dan elemen invers. Untuk setiap objek kelompok  $G$ , himpunan endomorfisme dari  $G$  ke  $G$  dilambangkan dengan  $\text{Hom}(G, G)$ .  $\text{Hom}(G, G)$  berada tepat di dekat ring pada operasi penjumlahan  $\dot{+}$  dan operasi perkalian  $\circ$ . Dalam penelitian ini kami menunjukkan bahwa  $\text{Hom}(G, G)$  dapat dipertimbangkan sebagai cincin  $B_1$  di dekat kedua operasi tersebut.

### Abstract

Every object on category with terminal object and product is called group object if its have some axioms like group axioms but defined by comutative diagram. Its axioms such as associative, existence identity element and invers element. For any group object  $G$ , set of endomorphism from  $G$  to  $G$  denoted by  $\text{Hom}(G,G)$ .  $\text{Hom}(G,G)$  is right near ring over addition operation  $\dot{+}$  and multiplication operation  $\circ$ . In this research we shown that  $\text{Hom}(G,G)$  can be considering as  $B_1$ -near ring over both operation.

**PENDAHULUAN**

Category consist of class of objects and morphisms from one object to object and satisfies some axioms Schubert (1972). On Categories there are terminal object, initial object, product and coproduct. On Clay (1994) every object on category that consists terminal object and product and fullfil some axioms like group axioms we called as group object. Dual from group object is cogroup object. In this article we need study category and fungtor in Schubert (1972), Adamek *et al* (2004) and Pareigis(1970).

Near ring is generalization from ring. A Set  $N$  with additive operation "+" and multiplicative operation " $\square$ " is called near ring provided  $(N, +)$  is Abelian group,  $(N, \square)$  is semigroup and  $(N, +, \square)$  satisfied left distributive or right distributive law (Pilz, (1983)). If  $(N, +, \square)$  satisfied left distributive law we called  $(N, +, \square)$  as left near ring. On Clay (1994) and Puspita (2007) explained that set of endomorphism from group object  $G$  denoted by  $Hom(G, G)$ . On  $Hom(G, G)$  defined binary operation " $\oplus$ " and " $\circ$ " i.e  $(f \oplus g) = (\pi \circ [f, g])$  and " $\circ$ " defined like composition function for any  $f, g \in Hom(G, G)$

Some research about near ring have been studied by several authors i.e in Pilz (1983), Ashraf and Siddeque (2015), Boua (2012).

On Balakhrisnamet al (2011) introduced  $B_1$ near ring as special near ring. Near ring  $(N, +, \square)$  is called  $B_1$ -near ring if for every  $a \in N$  there exist  $x \in N^*$  such as  $Nax = Nxa$ . In this article shown that for any group object, then left near ring  $(Hom(G, G), \oplus, \circ)$  is  $B_1$ -near ring. Silviya et al (2010) researched about strong S1 near ring

**RESULT AND DISCUSSION**

**Near ring dan  $B_1$ -Near ring**

In this chapter we have definition of near ring as generalization from ring. Beside that we see some examples of near ring.

**Definition1 (Pilz 1983).**

Non empty set  $N$  with two binary operation "+" and " $\bullet$ " called **near ring** if

1. Tuple  $(N, +)$  is group,
2. Tuple  $(N, \bullet)$  is semigroup,
3. Triple  $(N, +, \bullet)$  satisfied left or right distributive

a. Left Distributive:

$$(\forall n_1, n_2, n_3 \in N) n_1 \bullet (n_2 + n_3) = n_1 \bullet n_2 + n_1 \bullet n_3$$

b. Right Distributive:

$$(\forall n_1, n_2, n_3 \in N) (n_1 + n_2) \bullet n_3 = n_1 \bullet n_3 + n_2 \bullet n_3$$

Near ring that satisfied left distributive law called as left near ring. Near ring  $N$  over operation "+" and " $\bullet$ " denoted by  $(N, +, \bullet)$ .

**Example 2:** Let group  $\Gamma$  with operation "+" with identity element  $o$  ("omykron"). Ifond  $\Gamma$  defined operation " $\bullet$ " i.e  $(\forall \delta, \gamma \in \Gamma) \gamma \bullet \delta = o$ , then  $(\Gamma, +, \bullet)$  is near ring.

**Example 3:** Let group  $(\Gamma, +)$ . Suppose  $End(\Gamma) = \{f \mid f : \Gamma \rightarrow \Gamma\} = \Gamma^\Gamma$  is set of all function from group  $\Gamma$  to group  $\Gamma$ , then  $End(\Gamma)$  is near ring over addition operation " $\tilde{\oplus}$ " and composition function " $\circ$ " defined as below

$$(\forall f, g \in End(\Gamma)) (\forall x \in \Gamma) (f \tilde{\oplus} g)(x) = f(x) + g(x)$$

$$(\forall f, g \in End(\Gamma)) (\forall x \in \Gamma) (f \circ g)(x) = f(g(x))$$

1. Tuple  $(End(\Gamma), \tilde{\oplus})$  is group.

For  $f, g \in End(\Gamma)$ , and  $x \in \Gamma$ ,

$$(f \tilde{\oplus} g)(x) = f(x) + g(x),$$

Because of  $f(x) + g(x) \in \Gamma$ ,

then  $f \tilde{\oplus} g \in End(\Gamma)$ .

For  $f, g, h \in End(\Gamma)$ , and  $x \in \Gamma$ ,

$$\begin{aligned} ((f \tilde{\oplus} g) \tilde{\oplus} h)(x) &= (f \tilde{\oplus} g)(x) + h(x) = f(x) + g(x) + h(x) \\ &= f(x) + (g \tilde{\oplus} h)(x) = (f \tilde{\oplus} (g \tilde{\oplus} h))(x) \end{aligned}$$

Existence identity element

$$\begin{aligned} (\exists o \in \text{End}(\Gamma))(\forall x \in \Gamma)(\forall f \in \text{End}(\Gamma))(f \tilde{\oplus} o)(x) \\ = f(x) + o(x) = f(x) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\exists o \in \text{End}(\Gamma))(\forall x \in \Gamma)(\forall f \in \text{End}(\Gamma))(o \tilde{\oplus} f)(x) \\ = o(x) + f(x) = f(x) \end{aligned}$$

For  $f \in \text{End}(\Gamma)$ , there exist  $f^{-1} : \Gamma \rightarrow \Gamma$  i.e  $f^{-1} = -f$ , or  $-f : \Gamma \rightarrow \Gamma \ x \mapsto -f(x)$ , such as

$$\begin{aligned} (f \tilde{\oplus} (-f))(x) &= f(x) - f(x) = -f(x) + f(x) \\ &= (-f \tilde{\oplus} f)(x) = o(x) \end{aligned}$$

So proved that  $(\text{End}(\Gamma), \tilde{\oplus})$  is group

2. Set  $(\text{End}(\Gamma), \circ)$  is semigrup.

For any  $f, g \in \text{End}(\Gamma)$ , and  $x \in \Gamma$ ,  $(f \circ g)(x) = f(g(x))$ , because of  $f(g(x))$  is also function from  $\Gamma$  to  $\Gamma$ , then  $f \circ g \in \text{End}(\Gamma)$ .

$$\begin{aligned} (\forall f, g, h \in \text{End}(\Gamma))(f \circ g) \circ h(x) \\ = (f \circ g)(h(x)) = f(g(h(x))) \end{aligned}$$

$$((f \circ g) \circ h)(x) = f((g \circ h)(x)) = (f \circ (g \circ h))(x)$$

3. Set  $(\text{End}(\Gamma), \tilde{\oplus}, \circ)$  is right distributive.

$$\begin{aligned} (\forall f, g, h \in \text{End}(\Gamma))((f \tilde{\oplus} g) \circ h)(x) &= (f \tilde{\oplus} g)(h(x)) \\ &= f(h(x)) + g(h(x)) = (f \circ h)(x) + (g \circ h)(x) \\ &= ((f \circ h) \tilde{\oplus} (g \circ h))(x) \end{aligned}$$

From (1) - (3), then it is proved that  $(\text{End}(\Gamma), \tilde{\oplus}, \circ)$  is near ring.  $\square$

$B_1$ -near ring is special near ring. Definition of  $B_1$ -near ring giving as follow

**Definition 4 (Balakhrisnam et al 2011).**

Near ring  $(N, +, \square)$  is  $B_1$  - near ring if for any  $a \in N$ , there exist  $x \in N \setminus \{0\}$  such as  $Nxa = Nax$ .

We have sufficient condition such that a near ring can be considered as  $B_1$ -near ring on this theorem

**Theorem 5 (Balakhrisnam et al 2011 and Fraleigh 1994).**

If  $(N, +, \square)$  is near ring with unit element then  $N$  is  $B_1$ -near ring

**Proof :**

Suppose near ring  $(N, +, \square)$  with unit element 1.

For any  $a \in N$ , there exist  $1 \in N$  such that  $N.1.a = N.a.1 = Na$ . It is shown that  $N$  is  $B_1$ -near ring.  $\blacksquare$

**$B_1$  -Near ring from Group Object of category**

Suppose a category  $C$ . Group object on  $C$  is result from define some object like a group on structure algebra with category rules. On a category  $C$ , for have a group object we need product and terminal object Schubert (1972). Some axioms that must be have by object on category like group axioms as follow:

1. Associative

Let  $G \in |C|$ , and  $\pi \in \text{Hom}(P(G, G), G)$ .

For prove associative on category  $C$ , suppose

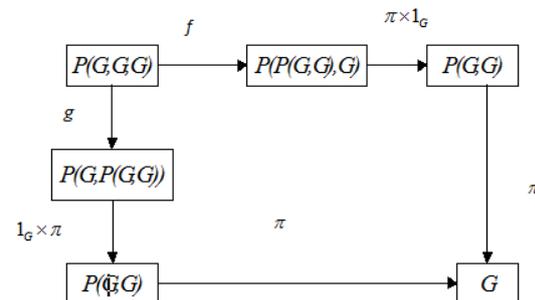
$$f = [[\pi_1, \pi_2], \pi_3] \text{ dan } g = [\pi_1, [\pi_2, \pi_3]],$$

$\pi_i : P(G, G, G) \rightarrow G$ , for  $i = 1, 2, 3$

$f = [[\pi_1, \pi_2], \pi_3] : P(G, G, G) \rightarrow P(P(G, G), G)$  and

$g = [\pi_1, [\pi_2, \pi_3]] : P(G, G, G) \rightarrow P(G, P(G, G))$

Then for product  $(P(G, G, G), \pi_1, \pi_2, \pi_3)$  will be satisfied commutative diagram on Figure 1



**Figure 1.** Associative Diagram

$$\text{Then } \pi \circ (\pi \times 1_G) \circ f = \pi \circ (1_G \times \pi) \circ g.$$

**Existence Identity Element.**

To explain identity element on categories we need terminal object  $T$ , and  $\mu \in Hom(T, G)$ , such that follow diagram is commutative.

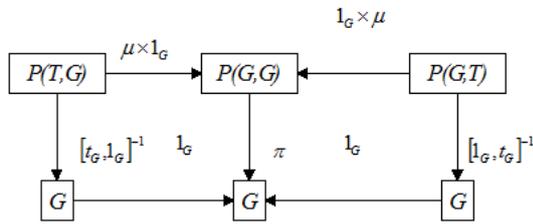


Figure 2. Identity element Diagram

**Existence invers element**

On last we need to proof existence invers element. We need morphism  $\alpha \in Hom(G, G)$ , for any  $g \in G$ , then  $\alpha(g) = g^{-1}$ , and fullfil commutative diagram as follow

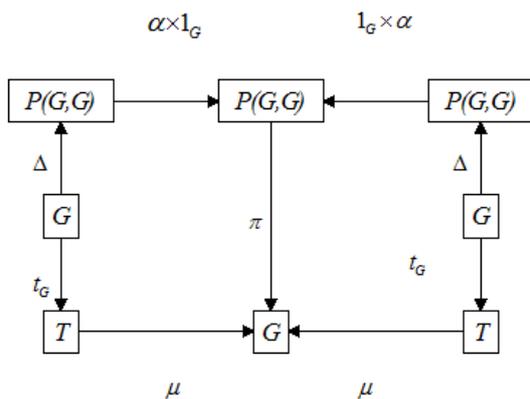


Figure 3. Invers Element Diagram

From 1 - 3 we have definition a group object.

**Definition 6 (Clay 1994).**

Let category  $C$ ,  $A, B \in |C|$  and terminal object  $T$ .

Product  $A$  and  $B$  denoted by  $P(A, B)$ .

**Group Object** is quadruple  $(G, \pi, \mu, \alpha)$  with  $G \in |C|$ ,  $\pi \in Hom(P(G, G), G)$ ,  $\mu \in Hom(T, G)$ ,  $\alpha \in Hom(G, G)$ , and Figure 1, 2 and 3 commutative.

**Theorem 7 (Clay 1994 and Puspita 2007).**

Let group object  $(G, \pi, \mu, \alpha)$  on category  $C$ . For  $X \in |C|$ , defined operation " $\bar{\oplus}$ " on

$Hom(X, G)$ , i.e for any  $f, g \in Hom(X, G)$ ,  $f \bar{\oplus} g = \pi \circ [f, g]$ . Then  $Hom(X, G)$  is group over " $\bar{\oplus}$ ", with identity element  $\mu \circ t_X$ , and  $-f = \alpha \circ f$ .

**Proof : (Puspita 2007)**

**Corollary 8 (Clay 1994 and Puspita 2007).**

If  $(G, \pi, \mu, \alpha)$  group object then maka  $(Hom(G, G), \bar{\oplus})$  is group.

**Proof :**

From Theorem 7 we have  $(Hom(X, G), \bar{\oplus})$  is group. If  $X = G$ , then we have proof that  $(Hom(G, G), \bar{\oplus})$  ■

**Teorema 9 (Clay 1994 and Puspita 2007).**

Let Group Object  $(G, \pi, \mu, \alpha)$  on category  $C$  and

$X \in |C|$ . For every  $f \in Hom(X, G)$ , and  $g_1, g_2 \in Hom(G, G)$ ,

1.  $(g_1 \bar{\oplus} g_2) \circ f = (g_1 \circ f) \bar{\oplus} (g_2 \circ f)$ .
2.  $(g_1 \circ g_2) \circ f = g_1 \circ (g_2 \circ f)$ .
3.  $1_G \circ f = f$ .

**Proof : (Puspita 2007).**

**Corollary 10 (Puspita 2007).**

For object group  $(G, \pi, \mu, \alpha)$  on category  $C$ .

$(Hom(G, G), \bar{\oplus}, \circ)$  is right near ring

**Proof:**

From Corollary 8 shown that  $(Hom(G, G), \bar{\oplus})$  is group.

If  $X = G$ , for group object  $(G, \pi, \mu, \alpha)$  on category  $C$  we have for any  $f \in Hom(G, G)$ ,  $g_1, g_2 \in Hom(G, G)$ , by Theorem 9 (2), then  $Hom(G, G)$  closed and associative over " $\circ$ ". From Theorem 9 (1) satisfied right distributive law  $(g_1 \bar{\oplus} g_2) \circ f = (g_1 \circ f) \bar{\oplus} (g_2 \circ f)$ .

So we have proved that for any group object  $(G, \pi, \mu, \alpha)$ , then  $(Hom(G, G), \bar{\oplus}, \circ)$  is right near ring.

**Corollary 11.**

Near ring  $(Hom(G, G), \bar{\oplus}, \circ)$  is right  $B_1$ -near ring.

**Proof:**

From Corollary 10 we have shown that  $(Hom(G, G), \bar{\oplus}, \circ)$  is right near ring. From Theorem 9 (3) there is  $1_G \in Hom(G, G)$  for any  $f \in Hom(G, G)$  such that  $f \circ 1_G = 1_G \circ f = f$  or  $1_G \in Hom(G, G)$  is unit element on  $(Hom(G, G), \bar{\oplus}, \circ)$ . Furthermore based on Theorem 5 we have  $(Hom(G, G), \bar{\oplus}, \circ)$  is  $B_1$ -near ring. ■

**CONCLUSION**

Group object is object on category  $\mathcal{C}$  with terminal object and product that satisfied some axioms like group axioms on algebra structure. Near ring is generalization from ring by reduces some ring axioms. Then every ring is near ring. One of special near ring is  $B_1$  near ring that form by add one axiom on near ring.

From an group object  $G$  can be constructed a near ring i.e near ring from set all endomorphism from  $G$  to  $G$  over binary operation  $\bar{\oplus}$  and  $\circ$  denoted  $(Hom(G, G), \bar{\oplus}, \circ)$ . Near ring  $(Hom(G, G), \bar{\oplus}, \circ)$  have identity element over multiplication i.e  $1_G$ . It is implies that near ring  $(Hom(G, G), \bar{\oplus}, \circ)$  can be considering as  $B_1$ -

near ring. So every near ring from object group can be considering as  $B_1$ -near ring.

**ACKNOWLEDGMENTS**

The authors would like to express heartfelt thanks to the Prof. Dr. Widowati, M.Si Dean of Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University for providing financial support on DIPA FSM 2016.

**REFERENCES**

Adamek J, Herrlich H & Strecker GE. 2004. *Abstract and Concrete Categories : The joy of Cats*. Boston : Free Software Foundation.

Ashraf M & Siddeeqe MA. 2015. On Semigroup Ideals and Generalized n Derivation in Near Rings, *Sarajevo Journal Of Mathematics* 11(24): 155-164 DOI: 10.5644/SJM.11.2.02

Balakhrisnam R, Silviya S & Chelvam TT. 2011.  $B_1$  near-ring, *International Journal of Algebra* 5(5): 199-205.

Boua A. 2012. Some Condition under which prime Near-Rings are Commutative Rings, *International Journal Open Problems Compt. Math.* 5(2): 7-15 DOI: 10.12816/0006101

Clay JR. 1994. Some Applications of Near rings, Rings and Radicals, *Proceedings of the Internationals Conference, Shijiazhuang*.

Fraleigh J. 1994. *A first Course in Abstract Algebra*. Addison - Wesley Publishing Company, Singapore.

Pareigis B. 1970. *Categories and Functors*, New York : Academic Press.

Pilz G. 1983. *Near-ring: The Theory and its Application*, North Holland, Amsterdam.

Puspita NP. 2007. *Pembentukan Near Ring dari Obyek Grup dan Kogrup suatu Kategori* [Skripsi]. Yogyakarta: Gadjah Mada University.

Schubert H. 1972. *Categories*, New York : Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg.

Silviya S, Balakrishnan R & Chelvam TT. 2010. Strong  $S_1$  near ring. *International Journal of Algebra* 4(14): 685-691.

## PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Artikel merupakan hasil penelitian atau kajian konseptual dalam bidang matematika, fisika, kimia atau biologi. Artikel dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris. Penulisan artikel menggunakan pengolah kata Microsoft Word, dengan huruf Arial ukuran 11, spasi 1,5, jarak 2 cm dari semua sisi, rumus dan persamaan ditulis dengan Microsoft Equation, jumlah halaman 14–18, ukuran kertas A4, dalam satu kolom. Artikel diserahkan ke staf redaksi dalam bentuk *print out* sebanyak dua eksemplar disertai *softcopy* (format doc) atau dikirim melalui e-mail.

### Sistematika Penulisan Artikel

#### Judul

Judul artikel dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris (sesuai bahasa naskah), bersifat informatif, terdiri atas 5–15 kata. Judul memuat variabel-variabel yang diteliti dan menggambarkan isi naskah. Di bawah judul ditulis nama penulis (tanpa gelar), dilengkapi dengan nama dan alamat institusi disertai e-mail dan alamat surat.

#### Abstrak dan kata kunci

Abstrak ditulis secara ringkas dan padat, 1 paragraf, memuat masalah dan/atau tujuan penelitian, prosedur, hasil dan simpulan penelitian. Ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, terdiri dari 170-200 kata. Kata kunci memuat kata-kata pokok, terdiri dari 3-5 kata dipisahkan oleh koma, diurutkan sesuai abjad.

#### Pendahuluan

Bagian pendahuluan dipaparkan secara terintegrasi dalam bentuk paragraf-paragraf sebanyak 15-20% dari panjang artikel, memuat latar belakang atau rasional penelitian, landasan teori atau kajian pustaka, rumusan masalah dan tujuan penelitian.

#### Metode Penelitian (Kajian konseptual menyesuaikan)

Bagian metode ditulis sebanyak 10–30% dari panjang artikel, berisi rancangan penelitian, teknik pengumpulan data dan sumber data, serta cara analisis data.

#### Hasil dan Pembahasan (Kajian konseptual menyesuaikan)

Hasil dan pembahasan dipaparkan sebanyak 50-75% dari panjang artikel. Hasil merupakan bagian utama artikel ilmiah yang berisi hasil analisis data dan hasil pengujian hipotesis. Untuk memperjelas hasil secara verbal data dapat disajikan dalam bentuk tabel atau gambar (grafik dikategorikan sebagai gambar). Judul tabel diletakkan bagian atas, terdiri dari tiga garis horizontal, tanpa garis vertikal. Judul gambar ditulis di bagian bawah.

Pembahasan merupakan bagian terpenting dari keseluruhan isi artikel ilmiah, memuat jawaban masalah penelitian, penafsiran temuan-temuan, pengintegrasian temuan dari penelitian ke dalam kumpulan pengetahuan yang telah ada, penyusunan teori baru atau pemodifikasian teori yang sudah ada.

#### Penutup

Penutup berisi simpulan dan (jika ada) saran. Simpulan memuat jawaban atas pertanyaan penelitian. Saran-saran mengacu pada hasil dan pembahasan (tidak harus ada). Ditulis dalam bentuk paragraf tanpa penomoran.

#### Daftar Pustaka

Daftar Pustaka dituliskan secara lengkap, sesuai dengan rujukan dalam uraian naskah, dan disusun berdasarkan urutan alfabet. Sumber rujukan minimal 80% berupa pustaka terbitan 10

tahun terakhir. Rujukan minimal 50% berupa artikel-artikel penelitian dalam jurnal atau laporan penelitian. Penulisan daftar pustaka adalah sebagai berikut.

**Contoh :**

**Buku**

Morshed MM & Haseeb ASMA. 2009. *Physical and Chemical Characteristics of Commercially Available Brake Shoe Lining Materials: A Comparative Study*. Dhaka: Materials and Metallurgical Department. Bangladesh University of Engineering and Technology

Ariyanto S, Sujoko AR & Mardiaty M. 1998. *Prosedur Penelitian Pendidikan*. Jakarta: Rinneka Karya.

**Artikel dalam jurnal ilmiah**

Lee MS, Chang PC, Shien JH, Cheng MC & Shieh HK. 2001. Identification and subtyping of avian influenza viruses by reverse Transcription-PCR. *J Virol Methods* 97: 13-27

Wherry EJ & Ahmed R. 2004. Memory CD8 T Cell differentiation during viral infection. *J Virol* 78: 5535-5545

**Buku terjemahan**

Ary D, Jacobs LC & Razavieh A. 1976. *Pengantar Penelitian Pendidikan*. Diterjemahkan oleh Furchan A. 1982. Surabaya: Usaha Nasional.

**Skripsi, Tesis, Disertasi, Laporan Penelitian**

Kuntoro T. 2006. *Pengembangan Kurikulum Pelatihan Magang di STM Nasional Semarang: Suatu Studi Berdasarkan Dunia Usaha*. Tesis. PPS Unnes. Semarang

**Makalah seminar**

Siddiqui. 2004. *Cardiac Rehabilitation*. South Asia 4th Asian Pacific Congress of Cardiology. Singapore. 14-17 January

**Makalah dalam prosiding**

Siregar M & Sambas EN. 1999. *Floristic Composition of Peat Swamp Forest in Mensemat-Sambas, West Kalimantan*. Proceeding of the International Symposium on Tropical Peatlands. Bogor: 153-164

**Tata cara penulisan rujukan dalam naskah:**

- ..... di permukaan virion (Harris *et al.* 2006).
- Penelitian Susanti *et al.* (2008) menunjukkan bahwa....
- .... menstimulasi sel TH2 (Tan & Vanitha 2004).
- .... ikatan virus pada reseptor (Harvey *et al.* 2004; Gambaryan *et al.* 2006)

Artikel yang tidak dimuat, tidak akan dikembalikan kecuali atas permintaan penulis. Artikel dikirim ke:

Staf Redaksi Jurnal MIPA

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229

Telp : 62248508112

Fax : 62248508005

E-mail : mipa.jurnal@gmail.com





<b>FORMULIR BERLANGGANAN JURNAL MIPA</b>	
Mohon dicatat sebagai pelanggan Jurnal MIPA	
Nama	:
Alamat	:
No. Telp	:
Email	:
Berlangganan mulai Volume ..... Nomor ..... Tahun .....Selama.....Tahun	
Harga Langganan <span style="float: right;">Harga per eksemplar Rp. 50.000,-</span> <input type="checkbox"/> 1 Tahun = Rp. 100.000,- <input type="checkbox"/> 2 Tahun = Rp. 200.000,- <span style="float: right; font-size: small;">+ ongkos kirim Jawa (Rp. 10.000,-) Luar Jawa (Rp. 15.000,-)</span>	
Biaya berlangganan saya kirim melalui rekening Bank Mandiri No. Rek.: 136-00-1015061-0 a/n Stephani Diah Pamelasari	.....     (.....)



<b>FORMULIR BERLANGGANAN JURNAL MIPA</b>	
Mohon dicatat sebagai pelanggan Jurnal MIPA	
Nama	:
Alamat	:
No. Telp	:
Email	:
Berlangganan mulai Volume ..... Nomor ..... Tahun .....Selama.....Tahun	
Harga Langganan <span style="float: right;">Harga per eksemplar Rp. 50.000,-</span> <input type="checkbox"/> 1 Tahun = Rp. 100.000,- <input type="checkbox"/> 2 Tahun = Rp. 200.000,- <span style="float: right; font-size: small;">+ ongkos kirim Jawa (Rp. 10.000,-) Luar Jawa (Rp. 15.000,-)</span>	
Biaya berlangganan saya kirim melalui rekening Bank Mandiri No. Rek.: 136-00-1015061-0 a/n Stephani Diah Pamelasari	.....     (.....)

