

# Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

(*Journal of Mathematics and Science*)

**Vol. 17, No. 1, Januari 2014**

## DAFTAR ISI

Dwi Winarni, Moch. Affandi, Endang Dewi Masithah dan Alfinda Novi Kristanti	STRUKTUR KOMUNITAS TERIPANG DI PANTAI TIMUR SURABAYA	1
Caecilia Noviati Linggasari, Yosephine Wulan Manuhara dan Edy Setiti Wida Utami.	PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK ALGA <i>Eucheuma cottonii</i> TERHADAP KEBERHASILAN MIKROPROPAGASI TEBU ( <i>Saccharum officinarum</i> . L) VARIETAS VMC 86-550	7
Subiyanto, Agoes Soegianto dan Bambang Irawan.	PENGARUH KONFIGURASI HABITAT LAHAN BASAH TERHADAP KELIMPAHAN BURUNG AIR WILAYAH <i>MANGROVE CENTRE</i> DAN SEKITARNYA DI KECAMATAN JENU, KABUPATEN TUBAN	14
Solikhatiningsih, Sri Sumarsih dan Handoko Darmokoesoemo.	AKTIVITAS SELULOLITIK DAN XILANOLITIK ENZIM SAMPAH UNTUK <i>BIOBLEACHING</i> PELEPAH BATANG PISANG	19
Handoko Darmokoesoemo, Harsasi Setyawati dan Ahmad Faisal.	PENENTUAN KONDISI OPTIMUM PENYERAPAN LOGAM KADMIUM OLEH ASAM HUMAT	24
Aminatun, Jan Ady, Tri Saktiani, Retna Apsari dan Suhariningsih	KAJIAN PROSES SINTERING PADA METODE METALURGI SERBUK PADUAN KOBALT SEBAGAI KANDIDAT MATERIAL IMPLAN TULANG	29
Budi Pratikno dan Yuliatri Wirawidya Haryono	INVESTIGASI <i>POWER OF THE TESTS</i> TERKAIT <i>NON-SAMPLE PRIOR INFORMATION</i> PADA HIPOTESIS SATU ARAH	33
Herlia Istiqomah I. P, Herry Suprajitno dan Miswanto	<i>HYBRID</i> ALGORITMA GENETIK DAN <i>HILL CLIMBING</i> UNTUK PERMASALAHAN PENGEPAKAN SEGI EMPAT DUA DIMENSI	39

Terbit dua kali setahun pada bulan Januari dan Juli  
Harga berlangganan Rp. 300.000,00 pertahun termasuk ongkos kirim dalam negeri

Alamat Redaksi:  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga  
Kampus C UNAIR, Jalan Mulyorejo Surabaya (60115)  
Telp.(031) 5936501; 5912878; Fax: (031) 5936502; 5912878  
Email: [fsaintek@unair.ac.id](mailto:fsaintek@unair.ac.id)

---

Dicetak oleh Airlangga University Press (042/03.11/A15E) Kampus C UNAIR,  
Jalan Mulyorejo, Surabaya (60115) Indonesia.  
Telp. (031) 5992246, 5992247. Fax: (031) 5992248, Email: [aupsby@rad.net.id](mailto:aupsby@rad.net.id); [aup.unair@gmail.com](mailto:aup.unair@gmail.com)  
Kesalahan penulisan (isi) diluar tanggungjawab AUP.

# JURNAL MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

(*Journal of Mathematics and Science*)

ISSN: 0852-4556

Alamat: Fakultas Sains dan Teknologi, Kampus C Unair, Jalan Mulyorejo, Surabaya (60115)

Telp. (031) 5936501, Fax: (031) 5936502

Email: [fsaintek@unair.ac.id](mailto:fsaintek@unair.ac.id)

<http://www.jurnal.fst.unair.ac.id>

**Pelindung** : Rektor Universitas Airlangga

**Penanggung Jawab** : Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

## **Dewan Redaksi (*Editorial Board*):**

Ketua : Dr. Moh. Yasin, M.Si.  
Wakil Ketua : Dr. Herry Suprajitno  
Anggota : Dr. Dwi Winarni  
Dr. Alfinda Novita Kristanti  
Dr. Retna Apsari, M.Si.

## **Penyunting Ahli (*Advisory Board*):**

1. Prof. Dr. Sulaiman W. Harun (University of Malaya, Malaysia)
2. Prof. Dr. Ismail bin Moh. (Universiti Malaysia Terengganu, Malaysia)
3. Prof. Dr. Noriah Bidin (Univ. Teknologi Malaysia)
4. Prof. Dr. Kusminarto (Universitas Gadjah Mada)
5. Prof. Dr. Darminto (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
6. Prof. Dr. Yana Maulana Syah (Institut Teknologi Bandung)
7. Prof. Dr. Ni Nyoman Tri Puspaningsih., M.Si. (Universitas Airlangga)
8. Prof. Win Darmanto, M.Si., Ph.D. (Universitas Airlangga)
9. Prof. Dr. I Nyoman Budiantara (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
10. Dr. Mulyadi Tanjung, M.S. (Universitas Airlangga)
11. Drs. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D. (Universitas Airlangga)
12. Dr. Nanik Siti Aminah (Universitas Airlangga)
13. Dr. Endang Semiarti (Universitas Gadjah Mada)
14. Dr. Y. Sri Wulan Manuhara (Universitas Airlangga)
15. Dr. Miswanto, M.Si. (Universitas Airlangga)
16. Dr. Miratul Khasanah, M.Si. (Universitas Airlangga)
17. Andi Hamim Zaidan, M.Si., Ph.D. (Universitas Airlangga)
18. Dr. Ririh Yudhastuti, drh., M.Sc. (Universitas Airlangga)
19. Dr. M. Imam Utoyo, M.Si (Universitas Airlangga)
20. Dr. Sri Sumarsih, M.Si (Universitas Airlangga)

## **Kesekretariatan/ Administrasi:**

- Y.G.Y. Yhuwana, S.Si.
- Dwi Hastuti, S.T.
- Farid A. Z., S.Kom.
- Joko Ismanto, S.T.

**DAFTAR ISI**  
**Vol. 17, No. 1, JANUARI 2014**

Dwi Winarni, Moch. Affandi, Endang Dewi Masithah dan Alfinda Novi Kristanti	STRUKTUR KOMUNITAS TERIPANG DI PANTAI TIMUR SURABAYA	1
Caecilia Noviati Linggasari, Yosephine Wulan Manuhara dan Edy Setiti Wida Utami.	PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK ALGA <i>Eucheuma cottonii</i> TERHADAP KEBERHASILAN MIKROPROPAGASI TEBU ( <i>Saccharum officinarum</i> . L) VARIETAS VMC 86-550	7
Subiyanto, Agoes Soegianto dan Bambang Irawan.	PENGARUH KONFIGURASI HABITAT LAHAN BASAH TERHADAP KELIMPAHAN BURUNG AIR WILAYAH <i>MANGROVE CENTRE</i> DAN SEKITARNYA DI KECAMATAN JENU, KABUPATEN TUBAN	14.
Solikhatiningsih, Sri Sumarsih dan Handoko Darmokoesoemo.	AKTIVITAS SELULOLITIK DAN XILANOLITIK ENZIM SAMPAH UNTUK <i>BIOBLEACHING</i> PELEPAH BATANG PISANG	19.
Handoko Darmokoesoemo, Harsasi Setyawati dan Ahmad Faisal.	PENENTUAN KONDISI OPTIMUM PENYERAPAN LOGAM KADMIUM OLEH ASAM HUMAT	24.
Aminatun, Jan Ady, Tri Saktiani, Retna Apsari dan Suhariningsih	KAJIAN PROSES SINTERING PADA METODE METALURGI SERBUK PADUAN KOBALT SEBAGAI KANDIDAT MATERIAL IMPLAN TULANG	29.
Budi Pratikno dan Yuliatri Wirawidya Haryono	INVESTIGASI <i>POWER OF THE TESTS</i> TERKAIT <i>NON-SAMPLE</i> <i>PRIOR INFORMATION</i> PADA HIPOTESIS SATU ARAH	33.
Herlia Istiqomah I. P, Herry Suprajitno dan Miswanto	<i>HYBRID</i> ALGORITMA GENETIK DAN <i>HILL CLIMBING</i> UNTUK PERMASALAHAN PENGEPAKAN SEGI EMPAT DUA DIMENSI	39.

# STRUKTUR KOMUNITAS TERIPANG DI PANTAI TIMUR SURABAYA

Dwi Winarni<sup>\*1</sup>, Moch. Affandi<sup>1</sup>, Endang Dewi Masithah<sup>2</sup> dan Alfinda Novi Kristanti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya Kampus C. Mulyorejo Surabaya 60115. Telp. 031-5936501.,

<sup>2</sup>Departemen Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya, Kampus C Mulyorejo Surabaya 60115.

<sup>3</sup>Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya, Kampus C Mulyorejo Surabaya 60115.

E-mail: dwiwinarni44@gmail.com

## ABSTRACT

*The objectives of this research were to obtain diversity, relative abundance, distribution, and habitat preference of sea cucumber species along east Surabaya coastal. Identification, data distribution, relative abundance and habitat preference of sea cucumbers were observed at 12 sites along Surabaya east coastal. Parameters to describe environment were water depth, brightness level of water, pH (water and substrate), salinity (water and substrate) and the texture of substrate. The texture of substrate was determined based on particles diameter of substrate (ASTM method). The research revealed that during September 2009 until October 2010, physical and chemical parameters of environment didn't change relatively, and the sea cucumber community in east Surabaya coastal composed of seven species, namely *Phyllophorus dobsoni*, *Paracaudina australis*, *Cholochirus quadrangularis*, *Holothuria sanctori*, *Holothuria sp.*, *H. forskali*, and *H. turriscelsa*. *Phyllophorus dobsoni* was the most abundant species and could be found almost at all sampling sites while sandy substrate was the preferred habitat.*

**Keywords:** sea cucumber, distribution, habitat preference, east Surabaya coastal

## PENDAHULUAN

Teripang atau mentimun laut (*sea cucumber*) merupakan avertebrata laut filum Echinodermata dan kelas Holothuroidea. Habitat teripang tersebar luas di seluruh dunia, mulai dari zona pasang surut sampai laut dalam.

Sepuluh persen dari sekitar 650 jenis teripang di dunia, ditemukan di perairan Indonesia (Samad, 2000). Diketahui juga bahwa sekitar 25 jenis teripang berpotensi komersial diidentifikasi berasal dari perairan Indonesia. Daerah penghasil teripang terbesar adalah pantai-pantai di Indonesia Timur (Samad, 2000). Darsono (2005) melaporkan bahwa terjadi penurunan populasi di tempat-tempat penghasil teripang di Indonesia. Demi ketersediaan spesies-spesies komersial untuk memenuhi permintaan pasar sehingga tidak mengandalkan teripang yang diambil langsung dari habitatnya, beberapa jenis sudah dibudidayakan antara lain di Lampung, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Lombok.

Perairan Pantai Timur Surabaya yang berlokasi di ujung Barat Selat Maduara, secara umum merupakan estuari yang sangat dinamis karena di dalamnya terjadi berbagai proses fisika-kimia, geologis dan biologis yang dikendalikan oleh kekuatan pasang-surut air laut serta *run-off* air tawar dari sungai-sungai yang bermuara di dalamnya. Berbagai bahan terlarut dan tersuspensi yang terkandung dalam aliran air sungai akan masuk, mengalami flokulasi dan mengendap saat bertemu dengan air asin dan menyusun substrat dasar yang sangat subur untuk mendukung berbagai bentuk kehidupan, termasuk di dalamnya adalah hewan teripang. Ada dua jenis teripang yang biasa dikonsumsi yang terdapat di Surabaya dan sekitarnya, yang umumnya disajikan dalam bentuk keripik dan masing-masing dikenal sebagai teripang dan terung. Informasi yang diperoleh dari nelayan juga

menyebutkan bahwa dinding tubuh teripang dapat pula dimanfaatkan sebagai campuran masakan Cina yang diyakini mempunyai khasiat obat. Selain itu, hasil penelitian pada beberapa spesies teripang yang lain menunjukkan adanya kandungan lektin, sterol, saponin, *trypsin* (Abraham *et al.*, 2002) dan glikosida triperten (Kalinin *et al.*, 2005; Zou *et al.*, 2003; Moraes *et al.*, 2004). Althunibat *et al.* (2013) menyebutkan bahwa dua jenis teripang yang diperoleh dari Malaysia yaitu *Holothuria lesson* dan *Sticopus horrens* memiliki bioaktivitas sebagai antioksidan. Golongan glikosida triterpen yang dikandung teripang, menurut Dang *et al.*, (2007) juga menunjukkan bioaktivitas sebagai anti jamur, anti mikroba, sitotoksik dan imunomodulasi

Pemanenan teripang dari kawasan perairan pantai Surabaya berlangsung dari waktu ke waktu, dan jumlah permintaan pasar serta armada nelayan yang mencari komoditas ini jumlahnya cenderung bertambah. Hal demikian ini dikhawatirkan akan menyebabkan pemanenan berlebih (*overfishing*), dan dampak ikutan yang dapat terjadi adalah penurunan populasi di alam sebagaimana yang dilaporkan oleh Darsono (2005). Untuk mengetahui ketersediaan stok yang ada di alam serta antisipasi untuk upaya budidaya teripang guna memenuhi permintaan komoditas yang terus meningkat, diperlukan data hasil penelitian yang sayangnyanya hingga sampai saat ini belum tersedia. Data tentang struktur komunitas teripang yang meliputi jenis, kelimpahan (absolut dan relatif), tingkat keanekaragaman, serta distribusi dan preferensi habitat diperlukan untuk mengantisipasi perlu tidaknya dilakukan usaha budidaya untuk mengurangi ketergantungan pada stok alam serta mengantisipasi terjadinya penurunan populasi lebih lanjut di alam.

## METODE PENELITIAN TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Pantai Timur Surabaya, Laboratorium Ekologi Departemen Biologi FST Universitas Airlangga, dan Lab. Mekanika Tanah dan Batuan, Jurusan Teknik Sipil, FTSP Institut Teknologi 10 N opember Surabaya. Titik sampling sejumlah 12 titik, yang mewakili 4 daerah atau lokasi di perairan Pantai Timur Surabaya (Gambar 1), berturut-

turut dari arah utara yaitu: daerah arah laut di antara desa Nambangan dan Sukolilo (Stasiun A), daerah antara desa Sukolilo dan Kalisari (Stasiun B), di bagian luar muara Kali Wonokromo (Stasiun D), dan di bagian muara Kali Wonorejo dan muara Kali Dadapan yang merupakan perbatasan antara Surabaya dengan Kabupaten Kota Sidoarjo (Stasiun E). Penelitian dilakukan pada akhir bulan September 2009 dan awal Oktober 2010.



A1	S 07°13'46,0"; E 112°49'23,6
A2	S 07°13'52,3"; E 112°49'50,2
A3	S 07°13'56,0"; E 112°50'47,3
B1	S 07°14'28,1"; E 112°49'47,7
B2	S 07°14'52,9"; E 112°50'41,0
B3	S 07°14'43,5"; E 112°51'28,2
D1	S 07°17'21,5"; E 112°51'53,8
D2	S 07°17'39,4"; E 112°53'03,2
D3	S 07°17'33,2"; E 112°53'17,1
E1	S 07°19'14,6"; E 112°52'14,2
E2	S 07°19'48,0"; E 112°53'00,8
E3	S 07°19'51,3"; E 112°53'39,6

Gambar 1. Sebaran titik lokasi penelitian (titik sampling) di Perairan Pantai Timur Surabaya, meliputi stasiun A, B, D dan E

### Pengukuran kondisi lingkungan perairan

Kondisi lingkungan perairan secara umum digambarkan berdasarkan beberapa parameter fisik-kimia lingkungan, yaitu kedalaman laut, tingkat kecerahan, pH (air dan substrat), salinitas (air dan substrat), dan tekstur (atau komposisi kelas ukuran butiran substrat) di masing-masing titik lokasi penelitian. Sampel air diambil menggunakan *water sampler* Wilco, sedangkan sampel substrat diambil menggunakan Ponar dredge. Kedalaman air yang merupakan rentang panjang antara dasar perairan dengan permukaan air diukur menggunakan meteran. Tingkat kecerahan atau tingkat penetrasi sinar matahari ke dalam badan air ditentukan menggunakan keping atau cawan Secchi ("Secchi Disk"). Tingkat keasaman (pH) diukur menggunakan *Universal Indicator* pH 0—14, dan salinitas diukur menggunakan salinometer. Tekstur substrat tergantung pada komposisi penyusun substrat, ditentukan berdasar diameter butiran (metode ASTM dan SNI yang berlaku). Analisis tekstur substrat dilakukan di Lab. Mekanika Tanah dan Batuan, Jurusan Teknik Sipil, FTSP Institut Teknologi 10 N opember Surabaya.

### Pengambilan sampel, identifikasi jenis dan kelimpahan teripang

Pengumpulan sampel teripang dilakukan melalui penyelaman dengan menggunakan metode plot kuadrat. Plot logam (berukuran  $1 \times 1 \text{ m}^2$ ) diletakkan di dasar perairan dan semua spesimen teripang yang

terdapat di dalam luasan plot secara hati-hati dikumpulkan. Cara ini untuk masing-masing titik sampling dilakukan atau diulang sebanyak 9 kali (9 plot). Sampel hewan dibersihkan dan kemudian ditampung dalam kantong plastik, diberi label dengan kode lokasi, dan kemudian diawetkan untuk selanjutnya diidentifikasi dan didata kelimpahannya. Identifikasi dilakukan di Lab. Ekologi Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, sedangkan identifikasi satu spesies (*Phyllophorus dobsoni*) dilakukan di Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.

### Penentuan tingkat keragaman dan distribusi spesies teripang

Tingkat keragaman dan distribusi dapat diketahui dari indeks diversitas dan indeks distribusi yang ditentukan berdasar indeks Shannon (Lee *et al.*, 1978).

### Penentuan preferensi habitat teripang

Preferensi habitat teripang ditentukan berdasar data jenis tekstur substrat dengan keragaman dan kelimpahan tertinggi.

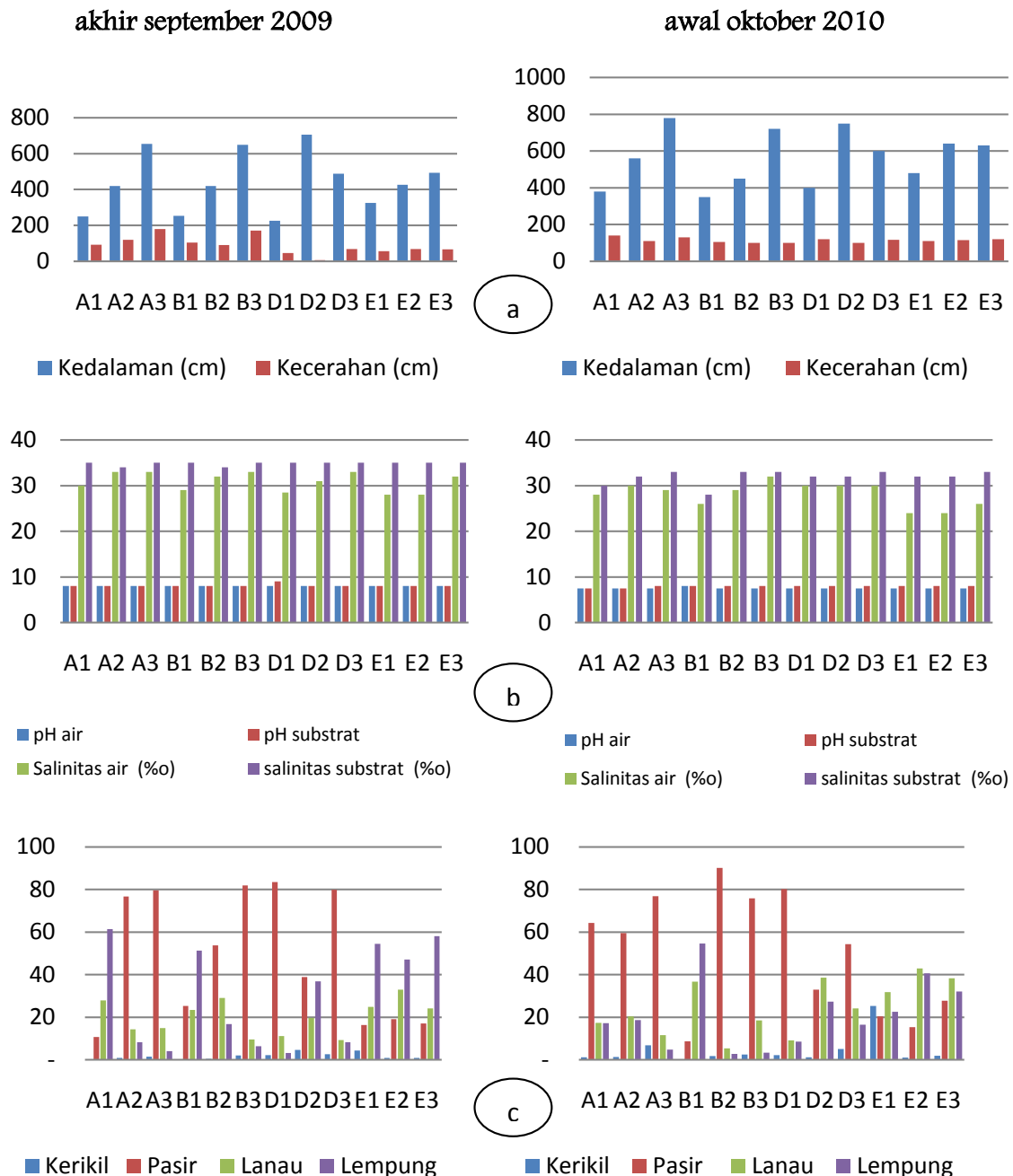
## HASIL

### Kondisi Lingkungan Perairan Pantai Timur Surabaya

Kondisi lingkungan perairan yang diukur pada September 2009 dan Oktober 2010 di tunjukkan oleh Gambar 2. Kondisi lingkungan perairan tahun 2009

menunjukkan bahwa kedalaman laut pada titik-titik sampling berkisar antara 2,5 m hingga 7,05 m; kecerahan antara 6 cm hingga 180 cm, pH air seragam pada angka 8, sedangkan pH substrat antara 8—9. Salinitas air bervariasi antara 28,5—33, dan salinitas substrat relatif seragam pada angka 34—35%. Komposisi kelas ukuran dan butiran substrat bervariasi. Komponen kerikil bervariasi dari 0,45% hingga 4,59%,

paling sedikit (0,45%) pada titik sampling B<sub>2</sub> dan paling tinggi pada titik sampling D<sub>2</sub>. Komponen pasir paling sedikit pada substrat titik sampling A<sub>1</sub> (10,64%) dan tertinggi pada substrat titik sampling D<sub>1</sub> (83,47%). Komponen lanau tersedikit (9,19%) pada titik D<sub>3</sub> dan terbanyak pada titik E<sub>2</sub> (32,99%). Lempung tersedikit pada D<sub>1</sub> (3,11%) dan terbanyak pada A<sub>1</sub> (61,43%).



Gambar 2. Kondisi lingkungan di Pantai Timur Surabaya yang meliputi: kedalaman dan kecerahan (a), pH dan salinitas air dan substrat (b), komponen substrat (c), di semua stasiun pengamatan

Jika dibandingkan dengan data hasil pengukuran tahun 2010, terdapat variasi kondisi lingkungan pada semua parameter lingkungan yang diukur, baik ke dalam air, kecerahan, pH (air dan substrat), juga salinitas (air dan substrat). Kedalaman laut pada titik-titik sampling hasil pengukuran tahun

2010, berkisar antara 3,8 m hingga 7,8 m; kecerahan antara 100 cm hingga 130 cm. Perbedaan kedalaman genangan air di tempat yang sama pada waktu berbeda di perairan pantai adalah fenomena umum dan merupakan satu karakter di lingkungan tersebut. Perbedaan tinggi genangan tersebut, selain merupakan

akibat dari variasi periodisitas tinggi genangan air pasang, dapat pula terjadi akibat perubahan topografi dasar perairan akibat perubahan pola arus dan gelombang laut yang dapat mempengaruhi proses sedimentasi dan resedimentasi di dasar perairan tersebut. Demikian pula perubahan yang terjadi pada parameter lingkungan yang lain, juga menjadi karakteristik. Kedalaman atau tinggi genangan air laut pada hampir semua titik sampling pada tahun ini rata-rata lebih tinggi dibanding dengan data tahun sebelumnya. Hal ini terjadi karena waktu sampling pada tahun 2010 berada di dalam puncak kisaran pasang tinggi. Tingkat kecerahan air laut hasil pengukuran tahun ini sedikit lebih tinggi, hal ini diduga berkaitan dengan momentum dan tingkat genangan air pasang.

Tingkat keasaman (pH) air hasil pengukuran tahun 2010 hampir seragam pada angka 7,5 kecuali pada satu titik yakni B1 yang nilainya 8, sedangkan pH substrat angkanya juga berkisar 7,5—8, namun hampir semua titik nilainya 8 kecuali A1 dan A2. Salinitas air bervariasi antara 24—32. Salinitas substrat di antara

28—33‰, dan suhu air berkisar 29,5—32 °C. Keasaman dan salinitas relatif sama dimungkinkan karena air laut selalu bergerak dan bercampur, meskipun untuk salinitas dan pH, baik pada air laut maupun pada substrat, data tahun 2010 rata-rata sedikit lebih rendah.

### Jenis dan Kelimpahan Teripang di Pantai Timur Surabaya

Jenis (spesies) yang berhasil dikumpulkan di semua lokasi pada pengamatan tahun 2009 adalah tujuh spesies, masing-masing teridentifikasi sebagai adalah: *Phyllophorus dobsoni*, *Paracaudina australis*, *Colochirus quadrangularis*, *Holothuria sanctori*, *Holothuria sp.*, *Holothuria forskali*, dan *Holothuria turriscelsa* (Gambar 3). Dua spesies pertama merupakan spesies yang dikonsumsi dan dikenal sebagai terung (*P. dobsoni*) dan tripang (*P. australis*), sedangkan lima spesies yang berikutnya belum dikenal dan tidak ada laporan sebelumnya.



Gambar 3. Tujuh spesies teripang yang ditemukan di perairan Pantai Timur Surabaya pada September 2009. (a) *Phyllophorus dobsoni*, (b) *Paracaudina australis*, (c) *Choloichirus quadrangularis*, (d) *Holothuria sanctori*, (e) *Holothuria sp.*, (f) *Holothuria forskali*, dan (g) *Holothuria turriscelsa*. Tahun 2010 hanya berhasil menemukan empat spesies yaitu *P. dobsoni*, *P. australis*, *H. sanctori*, dan *H. turriscelsa*.

Kehadiran dan kelimpahan masing-masing spesies teripang pada setiap titik sampling sangat bervariasi (Gambar 4). *P. dobsoni* didapati pada hampir semua titik sampling kecuali E<sub>2</sub>, *P. australis* didapati pada 5 titik dari 12 titik sampling, *H. sanctori* didapati pada 3 titik sampling, dan lainnya hanya ada di 2 titik atau 1 titik sampling. Jumlah kelimpahan atau individu total untuk semua spesies teripang di semua lokasi sampling sebanyak 198 individu. Spesies dengan komposisi terbanyak adalah *P. dobsoni* sebanyak 88 individu (44,44%), diikuti secara berturut-turut *H. sanctori* (14,65%), *C. quadrangularis* dan *H. turriscelsa* (masing-masing 11,62%), *P. australis* (6,57%), dan sisanya *Holothuria sp.* dan *H. forskali* (masing-masing 5,56%). Kelimpahan teripang total di masing-masing titik pengambilan sampel bervariasi antara 1 hingga 84 individu per 9 m<sup>2</sup>. Kelimpahan

tertinggi ada di titik sampling A<sub>3</sub>, dan terendah di stasiun E<sub>2</sub> hanya ada satu individu.

Spesies teripang yang berhasil dikumpulkan di semua lokasi pada penelitian tahun 2010 (awal Oktober) ada empat spesies. Empat spesies tersebut—*Phyllophorus dobsoni*, *Paracaudina australis*, *Holothuria sanctori*, dan *Holothuria turriscelsa*—yang ditemukan pula pada penelitian tahun 2009 (Gambar 3.). Teripang *P. dobsoni* didapati pada hampir semua titik sampling kecuali A<sub>1</sub> dan E<sub>2</sub>, *P. australis* didapati pada 4 titik dari 12 titik sampling, sedangkan *H. sanctori* dan *H. turriscelsa* hanya didapati pada 1 titik sampling. Jumlah kelimpahan atau individu total untuk semua spesies teripang di semua lokasi sampling sebanyak 173 individu, lebih rendah dibanding total individu yang diperoleh tahun 2009. Spesies dengan komposisi terbanyak adalah *P. dobsoni*. sebanyak 160



individu (92,49%), dan secara berturut-turut diikuti oleh *P. australis* (5,78%), *H. turriscela* (1,16%), dan *H. sanctori* (0,58%).

Kelimpahan teripang total di masing-masing titik pengambilan sampel bervariasi antara nol hingga 41 individu per 9 m<sup>2</sup>. Lebih rendah dibanding dengan hasil tahun 2009. Kelimpahan tertinggi ada di titik sampling C<sub>2</sub>, dan stasiun yang tidak didapati satupun individu teripang adalah A<sub>1</sub> dan D<sub>2</sub>.

#### Tingkat keragaman dan distribusi teripang di Pantai Timur Surabaya

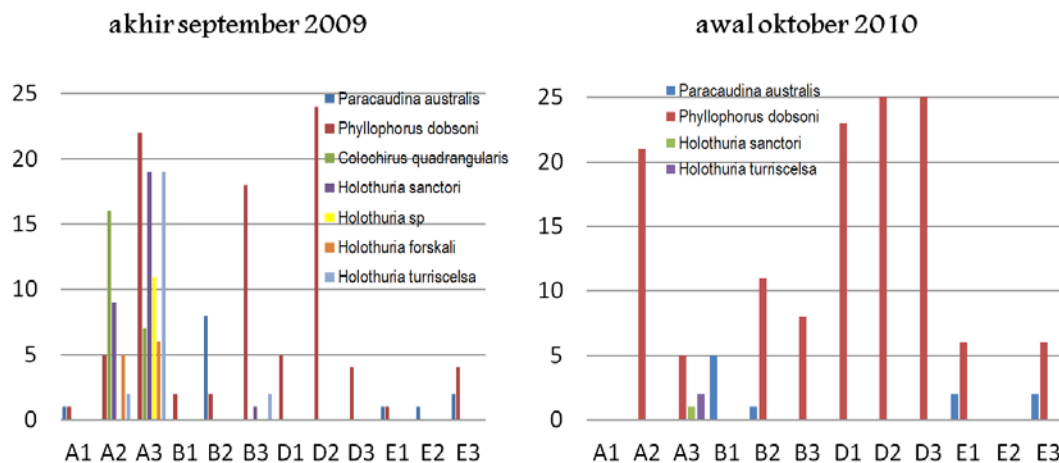
Indeks diversitas spesies teripang di semua lokasi pengambilan sampel pada tahun pengamatan 2009 didapati angka sebesar 1,6419 yang tergolong dalam tingkat keragaman sedang menurut kriteria Lee *et al.* (1978). Adapun indeks diversitas pada masing-masing titik sampling bervariasi, mulai dari 0 (hanya ada satu spesies pada titik sampling B<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, dan E<sub>2</sub>) hingga tertinggi sebesar 1,685 di titik sampling A<sub>3</sub>. Hasil pengamatan setahun kemudian menunjukkan bahwa indeks diversitas spesies teripang di semua lokasi didapati angka sebesar 0,3184 yang tergolong dalam tingkat keragaman rendah, padahal setahun sebelumnya tingkat keragaman sedang. Indeks diversitas pada masing-masing titik sampling bervariasi, mulai dari 0 (hanya ada satu spesies atau tidak ada sama sekali pada titik sampling A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, dan E<sub>2</sub>); 0,2868 di titik B<sub>2</sub>; 0,5623 di

titik E<sub>1</sub> dan E<sub>3</sub> hingga tertinggi sebesar 0,9369 di titik sampling A<sub>3</sub>.

Indeks distribusi masing-masing spesies berkisar antara 0 hingga 1,9062. Berdasarkan data indeks distribusi, diketahui bahwa tingkat distribusi masing-masing spesies berkisar dari tinggi (*P. dobsoni*), sedang (*P. australis*), dan sisanya rendah (*C. quadrangularis*, *H. sanctori*, *Holothuria sp.*, *H. forskali*, dan *H. turriscela*). Data hasil pengamatan tahun 2010 menunjukkan peningkatan tingkat distribusi yaitu berkisar antara 0 hingga 1,9266 dengan urutan tingkat distribusi yang tidak berubah, yaitu tingkat distribusi tinggi (*P.s dobsoni*), sedang (*P. australis*), dan rendah (*H. sanctori* dan *H. turriscela*).

#### Preferensi habitat teripang

Preferensi habitat teripang ditentukan berdasar data jenis tekstur substrat dengan keragaman dan kelimpahan tertinggi. Keragaman spesies dan kelimpahan teripang di perairan Pantai Timur Surabaya, baik pada tahun pengamatan 2009 maupun 2010, terbanyak dijumpai di stasiun A<sub>3</sub> (Gambar 4.). Kondisi substrat dasar di titik ini mayoritas tersusun atas campuran antara butiran-butiran kasar dengan pecahan-pecahan atas cangkang-cangkang yang sudah mati. Di tempat ini, jenis-jenis teripang hidup berdampingan dengan beberapa spesies hewan benthik lain seperti kerang burung, kipas laut, serta beberapa spesies bivalvia besar lainnya.



Gambar 4. Kehadiran berbagai jenis teripang di lokasi penelitian Pantai Timur Surabaya tahun 2009 dan 2010

#### PEMBAHASAN

Dari hasil diketahui bahwa, selain dua spesies teripang yang selama ini telah dikonsumsi di Surabaya dan sekitarnya, yakni terung (*Phylloporus dobsoni*) dan teripang (*Paracaudina australis*), ternyata di perairan pantai Timur Surabaya juga dijumpai lima spesies lain yang belum dikenal, yaitu *Colochirus quadrangularis*, *Holothuria sanctori*, *Holothuria sp.*, *Holothuria forskali*, dan *Holothuria turriscela*. Dibanding dua spesies yang telah dikenal, kelima spesies yang baru terungkap, mempunyai ukuran tubuh, kelimpahan individu, dan tempat sebaran yang lebih kecil. Berdasarkan data yang tergambar dalam Gambar 2. dan Gambar 4., nampak bahwa spesies teripang yang teridentifikasi, menyukai habitat dengan kedalaman lebih dari 400 cm hingga 700 cm, dengan kecerahan sekitar 100 sampai 200 cm. Komponen substrat utama

yang disukai adalah substrat dengan komponen dominan pasir. Teripang *P. dobsoni* mampu hidup dengan baik dengan kelimpahan tinggi pada substrat berpasir hingga substrat dengan perbandingan hampir sama antara komponen pasir dan lempung, sedangkan *P. australis* lebih menyukai substrat mengandung pasir dengan dengan komponen lanau dan lempung lebih dominan.

Berdasar pengamatan lapangan di sekitar Pantai Timur Surabaya, terjadi tingkat eksploitasi yang cukup tinggi pada teripang untuk kepentingan konsumsi. Teripang *P. dobsoni* dan *P. australis* merupakan tangkapan tetap nelayan di wilayah Pantai Timur Surabaya. Informasi dari pengepul menyebutkan bahwa *P. dobsoni* bahkan merupakan komoditas ekspor, terutama ke Hongkong dan Taiwan.

Laju eksploitasi tinggi tidak akan berpengaruh nyata pada keberadaan spesies tertentu jika berimbang dengan laju reproduksi yang tinggi serta kemampuan tinggi untuk hidup dan beradaptasi di berbagai macam habitat. Pemanfaatan *P. dobsoni* untuk kepentingan konsumsi nampaknya masih cukup aman dengan kelimpahan dan tingkat distribusi yang masih cukup tinggi. Hal tersebut berbeda dengan *P. australis* yang ternyata mempunyai tingkat distribusi sedang dan kelimpahan di 2 tahun pengamatan hanya 5,78% dan 6,57% terhadap total spesies. Oleh karena itu, keberadaannya di Pantai Timur Surabaya perlu mendapatkan perhatian. Berdasar informasi dari nelayan, daerah tangkapan *P. australis* bergeser lebih ke timur, yaitu di sekitar pantai selatan pulau Madura.

Penyusunan strategi pelestarian paling tidak memerlukan data tentang biologi reproduksi, tingkat distribusi dan kelimpahannya secara berkala, jika mungkin tiap musim untuk mengantisipasi perbedaan laju reproduksi yang dipengaruhi musim. Meskipun dari penelitian ini kondisi berbagai parameter lingkungan yang mempengaruhi relatif tidak berubah, namun data secara berkala tetap diperlukan terutama jika terjadi perubahan bermakna pada indeks diversitas dan kelimpahan spesies. Keberadaan logam berat baik di substrat dan di tubuh teripang perlu dipertimbangkan untuk mengetahui tingkat akumulasi di dalam tubuh, mengingat bahwa selain di Pantai Timur Surabaya bermuara beberapa sungai. Akumulasi logam berat di tubuh dapat mengganggu fisiologi tubuh (Jakimska *et al.*, 2011) yang kemudian dapat menurunkan kemampuan teripang untuk beradaptasi dan bereproduksi. Adapun untuk lima jenis teripang yang belum dikenal, diperlukan kajian tentang kandungan dan khasiat untuk mengetahui potensinya baik sebagai bahan konsumsi maupun khasiat obat.

#### SIMPULAN DAN SARAN

Selama kurun waktu September 2009-Oktober 2010, teridentifikasi 7 spesies teripang di Pantai Timur Surabaya, yaitu *Phyllophorus dobsoni*, *Paracaudina australis*, *Cholochirus quadrangularis*, *Holothuria sanctori*, *Holothuria sp.*, *H. forskali*, *H. turriscelsa*. Indeks distribusi berkisar tinggi sampai rendah, tidak ada yang sangat tinggi. Teripang yang teridentifikasi menyukai habitat berpasir dengan kedalaman 400-750 cm. Selama kurun waktu pengamatan, parameter fisik dan kimia habitat relatif tidak berubah.

Strategi pelestarian atau pencegahan penurunan jumlah populasi memerlukan data pola reproduksi, tingkat distribusi dan kelimpahan secara berkala, dengan mempertimbangkan berbagai parameter lingkungan yang mempengaruhi, sehingga dapat diperkirakan faktor-faktor utama yang mungkin berperan mengubah habitat atau fisiologinya yang dapat menurunkan kemampuan teripang untuk hidup, beradaptasi dan berbiak.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada DP2M Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional atas dana Hibah Kompetitif Sesuai Prioritas

Nasional Batch II (2009) dan Hibah Penelitian Strategis Nasional (2010).

#### PUSTAKA ACUAN

- Abraham, T.J., Nagarajan, J., Shanmugam, S.A., 2002, Antimicrobial Substances Of Potential Biomedical Importance from Holothurian Species, *IJMS*, Vol 31, No. 2, p. 161-164.
- Althunibat, O.Y., Hashim, R.B., Taher, M., Daud, J.M., Ikeda, M., 2009, In Vitro Antioxidant And Antiproliferative Activities Of Three Malaysian Sea Cucumber Species, *European Journal of Scientific Research*, Vol. 37, No.3, p.376-387.
- Dang, N.H., N.V. Thanh, P.V. Kiem, L.M. Huong, C.V. Minh and Y.H. Kim, 2007, Two New Triterpene Glycosides From Vietnamese Sea Cucumber *Holothuria scabra*, *Archives of Pharmacal Research*, Vol.30, No.11, p. 1387-1391.
- Darsono, P., 2005, Teripang (Holothurians) Perlu Dilindungi, *Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia*, 9 Maret 2005.
- Jakimska, A., Konieczka, P., Skora, K., Namiesnik, J., 2011. Bioaccumulation Of Metals In Tissues of Marine Animals, Part I: The Role and Impact of Heavy Metals on Organisms, *Pol.J. Environ. Stud.*, Vol.20, No. 5, p. 1117-1125
- Kalinin, V.I. Silchenko, A.S., Avilov, S.A., Stonik, V.A., Smirniv, A.V., 2005, Sea Cucumbers Triterpene Glycosides, The Recent Progress In Structural Elucidation and Chemotaxonomy, *Phytochemistry Review*, Vol.4, Issue 2-5, p. 221-236
- Lee, C.D., S.B. Wang and C.L. Kuo, 1978, Benthic Macro Invertebrate and Fish As Biological Indicators Of Water Quality, With Reference Community Diversity Index, *International Conference on Water Pollution Control in Development Countries*, Bangkok, Thailand, p.412.
- Moraes, G., Norhcote P.C., Kalinin V.I., Avilov S.A., Silchenko A.S., Dmitrenok P.S., Stonik V.A., Levin V.S., 2004, Structure of The Major Triterpene Glycoside From The Sea Cucumber *Stichopus mollis* And Evidence to Reclassify This Species Into The New Genus *Australostichopus*, *Biochemical Systematics and Ecology*, Vol. 32.,No. 7, p. 637-650
- Samad, M.Y. 2000. Perbaikan Kualitas Produk Industri Kecil Teripang. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. Vol.3, No.3. Juni. p. 52-53
- Zou, Z.R., Yi, Y.H., Wu, H.M., Wu, J.H., Liaw, C.C., Lee, K.H., 2003, Intercedensides A-C, Three New Cytotoxic Triterpene Glycosides from The Sea Cucumber *Mensamaria intercedens* Lampert, *Journal of Natural Products*, Vol. 66, No. 8, p. 1055-1060.

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK ALGA *Eucheuma cottonii*  
TERHADAP KEBERHASILAN MIKROPROPAGASI TEBU (*Saccharum officinarum*. L)  
VARIETAS VMC 86-550**

**Caecilia Noviati Linggasari<sup>1</sup>, Yosephine Wulan Manuhara<sup>2</sup>, Edy Setiti Wida Utami<sup>3</sup>.**

Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga  
Kampus C Unair, Jl. Mulyorejo, Surabaya 60115

**ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi penambahan konsentrasi ekstrak Eucheuma cottonii sebagai suplemen dan substitusi media MS dengan eksplan tunas apikal tebu (Saccharum officinarum L. var VMC 86-550) secara in vitro melalui organogenesis langsung. Perlakuan dengan cara menambahkan ekstrak Eucheuma cottonii konsentrasi 0, 20, 40, 60, 80 dan 100 mg/L pada media MS dan media tanpa MS. Hasil penambahan Eucheuma cottonii tidak berpengaruh terhadap parameter panjang tunas dan jumlah tunas. Hasil pengujian AAS pada ekstrak Eucheuma cottonii sebagai suplemen media MS tidak dapat memacu pertumbuhan. Untuk unsur N dan P konsentrasinya melebihi batas zona toleransi sedangkan K, Ca dan Mg masih pada zona kahat.*

**Kata kunci :** *Eucheuma cottonii*, mikropropagasi, tebu, tunas apikal, AAS

**PENDAHULUAN**

*Eucheuma cottonii* merupakan salah satu komoditas perikanan penting di perairan tropis Indonesia. Distribusinya meliputi pantai Pulau Madura, Nusa Tenggara Timur, Bali, Jawa dan Sulawesi. Indonesia sebagai produsen rumput laut di pasar domestik maupun pasar dunia menunjukkan perkembangan dan prospek yang baik (Kordi, 2011).

Keuntungan yang diperoleh dari perdagangan rumput laut kering masih sangat rendah karena masih berupa bahan mentah. Oleh karena itu, perlu terus dikembangkan dan digali untuk peningkatan keuntungan rumput laut melalui produk-produk olahan, misalnya agar-agar, algin, penyedia bahan baku industri makanan, farmasi, kosmetik dan pupuk yang berupa karagenan (*carrageenan*). Karagenan adalah senyawa hidrokoloid yang merupakan senyawa polisakarida rantai panjang yang diekstraksi dari rumput laut seperti *Eucheuma cottonii* yang berfungsi sebagai pembentuk gel (*gelling agent*) (Farid, 2008; Kordi, 2011).

Beberapa kajian penelitian mengenai kandungan rumput laut berupa unsur potensial, diantaranya unsur hara makro (N, P, K, S, Ca dan Mg), unsur mikro (Fe, Mn, Bo, Mo, Zn dan Cl), serta zat pengatur tumbuh seperti auksin dan sitokinin. Pemanfaatan ekstrak rumput laut antara lain sebagai sumber makanan, pakan ternak dan pupuk cair organik menggantikan bahan kimia sintetis (Rathore *et al.*, 2008; Handayani, *et al.*, 2004; Zada dan Komala, 2009). Pupuk cair dari ekstrak *Eucheuma cottonii* digunakan sebagai pengganti pupuk sintesis pada tanaman *Glycine max* sehingga pertumbuhan, hasil dan serapan unsur hara meningkat (Rathore *et al.*, 2008). Berikut ini adalah kandungan kimia dari ekstrak *Eucheuma cottonii*.

Tabel 1. Kandungan kimia dari ekstrak alga *Eucheuma cottonii* (Rathore *et al.*, 2008).

Kandungan	Konsentrasi
Nitrogen (%)	0,03
Phosphor (mg/L)	33,99
Potasium (%)	1,97
Sodium (%)	0,51
Calcium (mg/L)	460,11
Magnesium (mg/L)	581,20
Sulfur (%)	0,06
Copper (mg/L)	0,30
Ferrum (mg/L)	10,59
Mangan (mg/L)	2,50
Zeng (mg/L)	0,62

Metode mikropropagasi sangat membantu memperbanyak tanaman secara vegetatif dengan menyediakan bibit tanaman secara massal, cepat, murah, pertumbuhan seragam, tidak tergantung musim dan bebas patogen. Materi tanaman yang diisolasi sebagai eksplan dapat berupa protoplas, sel, jaringan, dan organ yang diupayakan untuk tumbuh dan membentuk tanaman baru atau planlet (Sukmadjaja dan Mulyana, 2011).

Dengan mikropropagasi dan penambahan ekstrak *Eucheuma cottonii* sebagai suplemen dan substitusi media MS diharapkan eksplan tunas apikal tebu (*Saccharum officinarum*) VMC 86-550 dapat tumbuh menjadi planlet melalui organogenesis secara langsung.

**METODE PENELITIAN**

Sumber eksplan berasal dari tunas apikal berumur antara 4-7 bulan (koleksi PTPN XI). *Eucheuma cottonii* diperoleh di tambak Pantai Branta Pamekasan Madura Jawa Timur. Media kultur jaringan yang digunakan adalah media *Murashige and Skoog* (MS) yang mengandung garam-garam anorganik yaitu: makronutrien, mikronutrien, sukrosa, zat besi, myoinositol, vitamin, dan asam amino, *phytagel*, zat pengatur tumbuh BA dan kinetin.

## Metode Ekstraksi Alga

*Eucheuma cotonii* ditimbang 100 gr am, dibersihkan dengan air kemudian diautoklaf selama 10 menit pada suhu 121°C tekanan 12 atm. Alga kemudian dihaluskan menggunakan blender dan disaring dengan kertas saring, kemudian dilarutkan dengan air sehingga diperoleh berbagai variasi konsentrasi, yaitu 0, 20, 40, 60, 80, 100 g/L. Untuk mengetahui kandungan unsur makronutrien dan mikronutrien dilakukan proses *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) pada ekstrak *Eucheuma cotonii*.

## Pembuatan Media MS dan Media tanpa MS.

Untuk membuat 1000 mL media, disiapkan labu erlenmeyer 1000 mL yang berisi 500 mL akuades kemudian menimbang komposisi medium MS yang mengandung makronutrien, mikronutrien, zat besi, vitamin, myoinositol, sukrosa, zat pengatur tumbuh *Benzyl Adenine* (BA) 2 ppm dan kinetin 0,5 ppm dan *Poli Vinil Piroolidon* (PVP) sebagai antioksidan 300 mg/L, arginin 100 mg/L kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*.

Setelah semua bahan tercampur kemudian ditambahkan akuades sampai volume akhir menjadi 1000 mL, kemudian dilakukan pengaturan pH hingga 5,8. Untuk memadatkan media diberikan 2,5 g *phytagel* ke dalam erlenmeyer sambil dipanaskan menggunakan kompor listrik dan diaduk hingga larut. Setelah mendidih, media MS tersebut dibagi menjadi 5 (lima) botol erlenmeyer masing-masing botol berisi 200 mL dan ditambahkan alga dengan berbagai konsentrasi, yaitu 0, 20, 40, 60, 80 dan 100 g/L.

Untuk pembuatan media OMS tidak menggunakan larutan stok MS sebagai sumber makronutrien dan mikronutrien, hanya sukrosa sebagai sumber karbon dan *phytagel* sebagai pematid 10 g. Media tersebut dibagi menjadi 5 (lima) botol erlenmeyer masing-masing botol berisi 200 mL dan

ditambahkan alga dengan berbagai konsentrasi, yaitu 0, 20, 40, 60, 80 dan 100 g/L.

## Penanaman eksplan tunas apikal

Sumber eksplan adalah tunas apikal tebu. Batang tebu dibuka dalam *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC) untuk mendapatkan tunas apikal. Selanjutnya dilakukan sterilisasi dengan cara mencelupkan seluruh bagian tunas apikal kedalam alkohol 70%, kemudian dibakar diatas Bunsen hingga alkohol pada eksplan habis menguap. Tiap lapisan eksplan dikupas secara steril dengan peralatan yang telah disterilkan berupa pinset, skapel atau pisau kecil. Eksplan dikupas sebanyak 3-4 lapis, kemudian dipotong sepanjang  $\pm$  2-3 cm dari pangkal nodus batang. Dilakukan penggoresan dengan scalpel secara membujur kemudian ditanam secara horizontal selanjutnya di inkubasi dalam ruangan dengan temperatur (25 $\pm$ 2) °C selama 2-4 minggu dengan pencahayaan 2000 lux. Selanjutnya planlet dipindahkan ke media pertunasan.

## Penanaman pada media pertunasan.

Setelah eksplan berumur 2-4 minggu dilakukan subkultur ke media baru yaitu media pertunasan. Subkultur dilakukan dengan cara mengelupas sisi-sisi pelepah daun dan mengurangi panjang pelepah. Pada area di sekitar pangkal nodus batang ditusuk-tusuk dengan *needle syringe* untuk merangsang pertumbuhan tunas, kemudian ditanam pada media baru dengan posisi vertikal. Pengamatan dilakukan setiap minggu sampai planlet berumur 8 minggu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Alga sebagai suplemen media MS

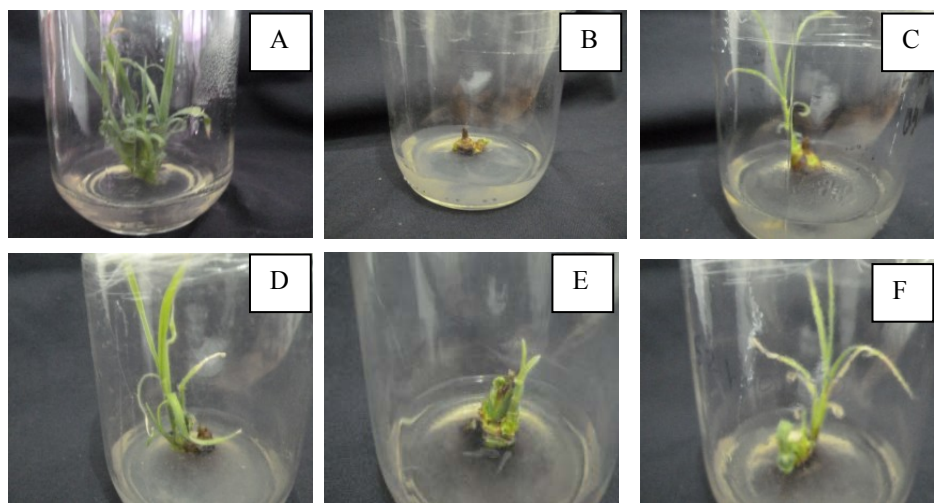
Hasil penelitian pengaruh alga *Eucheuma cotonii* sebagai suplemen media MS disajikan pada tabel 2, sedangkan pertumbuhan dan perkembangan eksplan usia 8 minggu secara visual ditampilkan pada gambar 1.

Tabel 2. Rerata panjang tunas dan jumlah tunas pada eksplan tunas apikal tebu (*Saccharum officinarum* var VMC 86-550) umur 8 minggu pada berbagai variasi konsentrasi *Eucheuma cotonii* sebagai suplemen media MS (n=2).

JENIS MEDIA	PERLAKUAN <i>Eucheuma</i> (g/L)	PANJANG TUNAS (cm)	JUMLAH TUNAS
MSE0H1	KONTROL	9,500 $\pm$ 1,414 a	11,500 $\pm$ 4,95 A
MSE1H1	20	0,750 $\pm$ 1,061 b	1,000 $\pm$ 1,414 A
MSE2H1	40	3,167 $\pm$ 2,887 a	1,333 $\pm$ 0,577 A
MSE3H1	60	5,750 $\pm$ 6,010 a	6,500 $\pm$ 6,364 A
MSE4H1	80	2,850 $\pm$ 0,919 a	2,500 $\pm$ 0,707 A
MSE5H1	100	4,500 $\pm$ 3,536 a	7,500 $\pm$ 9,192 A

Keterangan :

Nilai yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata terhadap kontrol dengan uji lanjut LSD dengan tingkat kepercayaan 95%.



Gambar 1. Pertumbuhan dan perkembangan eksplan tebu *Saccharum officinarum* var VMC 86-550 dengan penambahan alga *Eucheuma cottonii* berbagai variasi konsentrasi sebagai suplemen media MS usia 8 minggu. A. Kontrol B. alga 20 g/L, C. alga 40 g/L, D. alga 60 g/L, E. alga 80 g/L, F. alga 100 g/L.

Dari hasil penelitian parameter panjang tunas, penambahan *Eucheuma cottonii* menunjukkan tidak berbeda nyata bila dibandingkan dengan kontrol, kecuali pada perlakuan penambahan *Eucheuma cottonii* 20 g/L yang berbeda nyata dengan kontrol. Pernyataan ini dapat dikuatkan dengan gambar 1, terlihat konsentrasi 20 g/L respon pertumbuhan yang sangat kecil bila dibandingkan dengan kontrol. Dari data dapat disimpulkan bahwa *Eucheuma cottonii* sampai konsentrasi tertinggi tidak berpengaruh terhadap respon pertumbuhan panjang tunas sehingga masih belum dapat dipakai sebagai suplemen media MS karena nilai reratanya yang lebih rendah dari kontrol.

Pada parameter jumlah tunas, semua perlakuan tidak berbeda nyata dengan kontrol, hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan *Eucheuma cottonii* tidak berpengaruh terhadap respon pertumbuhan. Pada konsentrasi *Eucheuma cottonii* 20 g/L pada minggu ketiga dan keempat menunjukkan perkembangan yang melebihi kontrol. Hal tersebut dapat sebagai pertimbangan bahwa pada waktu tersebut dapat digunakan sebagai suplemen media MS yang baik.

Dari dua parameter panjang tunas dan jumlah tunas dapat disimpulkan bahwa penambahan *Eucheuma cottonii* masih belum bisa dipakai sebagai suplemen media MS. Hal tersebut sesuai fungsinya lebih banyak dipakai sebagai sumber makanan terutama untuk membuat industri agar-agar karena menghasilkan *carrageenan* sebagai pematat (*gelling agent*) (Aslan, 1998).

Menurut pendapat Salisbury dan Ross (1995) dan Lakitan (2011), bahwa jika jaringan tumbuhan mengandung unsur hara tertentu dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari konsentrasi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan maksimum, maka pada kondisi ini dikatakan tumbuhan dalam kondisi berlebih (*luxury consumption*). Kebalikan apabila pada konsentrasi yang terlalu tinggi, unsur hara esensial dapat juga menyebabkan keracunan bagi tumbuhan.

Pada eksplan yang ditumbuhkan pada media MS tanpa alga (kontrol) pertumbuhannya sangat pesat

baik pada jumlah tunas maupun panjang tunas karena saat tersebut berada pada zona toleransi dengan pertumbuhan optimum, sedangkan bila ditambahkan *Eucheuma cottonii* menyebabkan kandungan mineral dalam jaringan sangat berlebih sehingga menyebabkan pertumbuhan terhambat (zona penghambatan). Hal itu ditandai tidak ada penambahan jumlah tunas maupun panjang tunas dan warna daun menguning dengan tanda-tanda klorosis atau nekrosis pada organ tanaman.

Pada tunas *Vigna sinensis* yang di pupuk dengan ekstrak *Sargassum wightii* dan *Caulerpa chemnitzia* keduanya dilarutkan dengan konsentrasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 100% menunjukkan respon yang sama yaitu pada konsentrasi rendah memperlihatkan pertumbuhan yang tinggi, tetapi saat konsentrasi ekstrak tinggi bersifat menghambat pertumbuhan. Pada konsentrasi 20% terjadi pertumbuhan tertinggi, yaitu panjang tunas dan panjang akar. Hal tersebut karena saat konsentrasi rendah unsur hara dapat memacu substansi, misalnya IAA, IBA, giberelin, sitokinin, mikronutrien (Fe, Cu, Zn, Co, Mo, Mn, Ni), vitamin dan asam amino sehingga pertumbuhan meningkat. Hal serupa juga terjadi pada spesies *Vigna mungo* yang disemprot dengan pupuk c air yang mengandung alga *Ulva reticulata* (Forsk.) konsentrasi 0%, 1%, 2%, 4%, 6% dan 8% pertumbuhan terbaik pada konsentrasi 2% terhadap panjang tunas, panjang akar dan luas daun (Sivasankari, *et al*, 2006)

Untuk mengetahui kandungan mineral secara kuantitatif pada ekstrak *Eucheuma cottonii* dilakukan AAS. Hasil pengujian makronutrien ekstrak *Eucheuma cottonii* dan dibandingkan dengan media MS ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis AAS unsur makronutrien pada ekstrak *Eucheuma cottonii* sebagai suplemen dibandingkan dengan media MS.

No	Unsur	Media MS (mg/L)	Total kandungan unsur perlakuan <i>Eucheuma cottonii</i> (mg/L)					
			Kontrol	MSE1H1	MSE2H1	MSE3H1	MSE4H1	MSE5H1
1	N	840,60	840,60	2909,46	4280,62	5651,78	7022,94	8394,10
2	P	38,75	38,75	982,82	1968,81	2920,61	3866,71	4818,51
3	K	782,41	782,41	1435,15	1438,76	683,83	1445,71	1449,19
4	Ca	90,33	90,33	168,95	172,90	176,70	180,49	184,29
5	Mg	36,45	36,45	67,28	67,90	68,49	69,09	69,69

Kandungan semua unsur makronutrien pada perlakuan penambahan ekstrak *Eucheuma cottonii* melebihi kontrol, terutama unsur N dan P menjadi sangat berlebihan. Nitrogen terutama menyusun komponen esensial tumbuhan, seperti asam amino dan enzim. Fosfor merupakan bagian esensial dari berbagai gula fosfat yang sangat berperan pada reaksi fotosintesa, respirasi dan merupakan bagian dari nukleotida dalam DNA dan RNA (Salisbury dan Ross, 1995). Unsur makronutrien terendah pada ekstrak *Eucheuma cottonii* adalah magnesium (Mg). Magnesium merupakan unsur penyusun klorofil dan bergabung dengan ATP supaya dapat berfungsi dalam berbagai reaksi serta sebagai aktivator enzim (Salisbury dan Ross, 1995). Pada ekstrak *Eucheuma cottonii* kandungan magnesium paling kecil, hal tersebut diduga bahwa pada alga tersebut lebih banyak mengandung *phycoerythrin*, *phycocyanin*, *beta karoten* disamping klorofil a.

Dari hal di atas dapat disimpulkan bahwa peranan ekstrak *Eucheuma cottonii* bila ditambahkan pada media MS sebagai suplemen tidak dapat memacu

pertumbuhan karena konsentrasinya yang melebihi batas zona toleransi terutama untuk unsur N dan P. Untuk unsur kalium, kalsium dan magnesium masih terdapat pada zona kahat, sehingga belum dapat memberikan respon yang optimum terhadap pertumbuhan.

Pengujian mikronutrien ekstrak *Eucheuma cottonii* disajikan pada tabel 4. Kandungan semua unsur mikronutrien pada ekstrak *Eucheuma* sp. bila dibandingkan dengan MS nilainya lebih kecil, sehingga kurang merespon pertumbuhan dan perkembangan pada semua konsentrasi karena kekurangan unsur mikronutrien. Tetapi bila ditambahkan ekstrak alga pada media MS sebagai suplemen, konsentrasinya menjadi berlebih sehingga menghambat pertumbuhan. Pada ekstrak unsur Cu sama konsentrasinya dengan media MS. Unsur Cu banyak terdapat pada enzim dan protein yang berperan dalam proses oksidasi dan reduksi, misalnya enzim sitokrom oksidase (proses respirasi) dan plastosianin (protein pada kloroplas) (Lakitan, 2011).

Tabel 4. Hasil analisis AAS unsur mikronutrien pada ekstrak *Eucheuma cottonii* sebagai suplemen dibandingkan dengan media MS.

No	Unsur	Media MS (mg/L)	Total kandungan unsur media <i>Eucheuma cottonii</i> (mg/L)					
			Kontrol	MSE1H1	MSE2H1	MSE3H1	MSE4H1	MSE5H1
1	Co	61877,550	61877,55	113235,93	113235,93	113235,94	113235,95	113235,96
2	Cu	0,010	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	Fe	5,500	5,50	10,07	10,07	10,07	10,07	10,07
4	Mn	6,190	6,19	11,33	11,33	11,34	11,34	11,34
5	Zn	1,956	1,96	3,59	3,60	3,61	3,62	3,63

### Pengaruh Alga sebagai substitusi media MS

Untuk mengetahui pengaruh *Eucheuma cottonii* sebagai substitusi media MS, eksplan ditumbuhkan pada media 0MS (tanpa unsur mikronutrien dan makronutrien, hanya sukrosa dan *phytagel*) dengan 2 macam kontrol yaitu kontrol positif bila eksplan ditumbuhkan pada media MS tanpa penambahan alga dan kontrol negatif bila eksplan ditumbuhkan pada media 0MS tanpa penambahan alga.

Hasil pengujian pengaruh penambahan konsentrasi *Eucheuma cottonii* dapat menggantikan atau mensubstitusi media MS pada parameter panjang tunas dan jumlah tunas disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Rerata panjang tunas dan jumlah tunas eksplan tunas apikal tebu (*Saccharum officinarum* var VMC 86-550) umur 8 minggu pada berbagai variasi konsentrasi *Eucheuma cottonii* sebagai substitusi media MS (n=2)

JENIS MEDIA	PERLAKUAN <i>Eucheuma cottonii</i> (g/L)	PANJANG TUNAS (cm)	JUMLAH TUNAS
MSE0H1	KONTROL (+)	9,500 ± 1,414 b	11,500 ± 4,95 b
0MSE0H1	KONTROL (-)	4,600 ± 4,384 a	3,500 ± 2,121 a
0MSE1H1	20	3,350 ± 1,909 a	2,000 ± 0,000 a
0MSE2H1	40	7,050 ± 0,354 c	4,000 ± 1,414 ab
0MSE3H1	60	0,900 ± 0,566 a	1,500 ± 0,707 a
0MSE4H1	80	1,100 ± 0,849 a	2,500 ± 0,707 a
0MSE5H1	100	1,350 ± 1,202 a	4,000 ± 2,828 ab

Keterangan :

Nilai yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata terhadap kontrol dengan uji lanjut LSD dengan tingkat kepercayaan 95%.

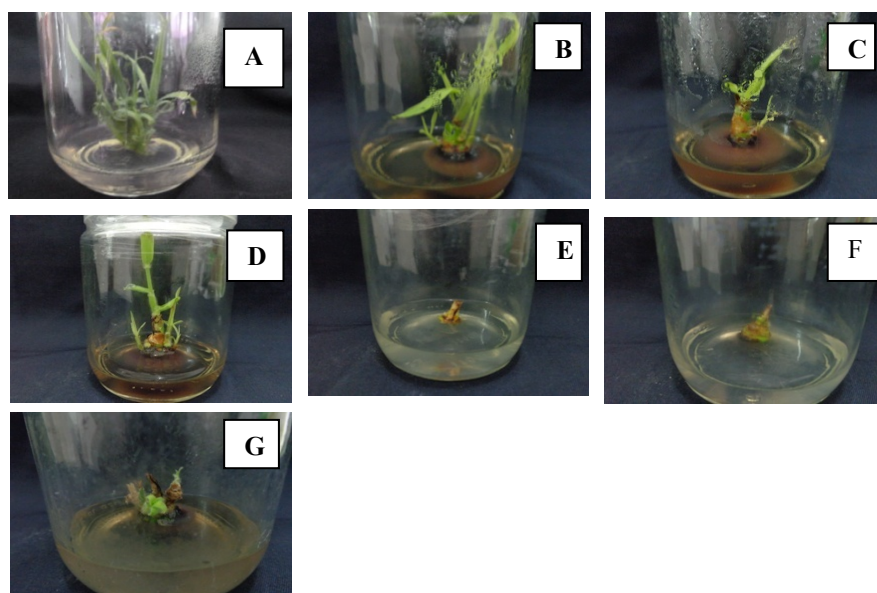
Pada parameter panjang tunas semua perlakuan tidak berbeda nyata dengan kontrol negatifnya. Sedangkan bila dibandingkan dengan kontrol positif, semua perlakuan berbeda nyata, sehingga dapat disimpulkan pada parameter panjang tunas *Eucheuma cottonii* tidak berpengaruh sebagai pengganti/mensubstitusi media MS pada kultur jaringan. Perlakuan 40 g/L saja yang menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol positif maupun kontrol negatif tetapi masih belum bisa dipakai sebagai substitusi media MS. Pada minggu keenam dari grafik terlihat bahwa pada konsentrasi tersebut nilainya berhimpitan dengan kontrol negatif, sehingga disarankan pada konsentrasi 40 g/L *Eucheuma cottonii* minggu keenam baik digunakan sebagai media substitusi MS.

Pada parameter jumlah tunas, konsentrasi *Eucheuma cottonii* 20, 60 dan 80 g/L tidak berbeda nyata dengan kontrol negatif, sedangkan konsentrasi 40 dan 100 g/L tidak beda nyata dengan kontrol positif maupun kontrol negatif. Kesimpulannya bahwa penambahan *Eucheuma cottonii* berpengaruh terhadap

jumlah tunas tetapi tidak dapat berperan sebagai substitusi media MS karena nilai reratanya yang lebih rendah dari normal. Pada data hasil terlihat bahwa kontrol positif menunjukkan respon yang baik terhadap jumlah tunas, sedangkan perlakuan lain sangat rendah pertumbuhannya karena kandungan makronutrien dan mikronutrien sangat kecil (Kadi, 1997).

Dari data di atas pada kedua parameter peranan *Eucheuma cottonii* sebagai substitusi media MS berpengaruh pada kisaran konsentrasi 40, 60 80 dan 100 g/L, meskipun reratanya yang masih lebih kecil daripada kontrol positif. Hal tersebut sesuai pendapat Rathore *et al.* (2008), bahwa kandungan unsur makronutrien dan mikronutrien sangat kecil pada *Eucheuma cottonii* yang dapat memacu pertumbuhan, meskipun di dalamnya terdapat unsur-unsur seperti: N, P, K, Na, Ca, Mg, S, Co, Fe, Mn dan Zn.

Berikut adalah kenampakan visual respon pertumbuhan dan perkembangan *Eucheuma cottonii* sebagai substitusi media MS pada minggu ke-8 disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Pertumbuhan dan perkembangan eksplan tebu (*Saccharum officinarum* L. var VMC-550) dengan penambahan alga *Eucheuma cottonii* berbagai variasi konsentrasi sebagai substitusi media MS usia 8 minggu. A = Kontrol (+), B = Kontrol (-), C = 0MSE1H1, D = 0MSE2H1 E = 0MSE3H1, F = 0MSE4H1, G = 0MSE5H1.

Hasil analisis ekstrak *Eucheuma cottonii* sebagai substitusi (pengganti) media MS disajikan pada tabel 6 dan 7. Pada tabel tersebut terlihat bahwa untuk unsur makronutrien dan mikronutrien terjadi ketidakseimbangan komposisi bila dibandingkan dengan MS. Seandainya dibuat perhitungan dengan

penyamaan unsur P dengan media MS, maka untuk unsur lain kandungannya sangat rendah bila dibandingkan dengan MS sehingga perlu substitusi unsur-unsur tersebut pada media sehingga setara dengan MS.

Tabel 6. Hasil analisis AAS unsur makronutrien pada ekstrak *Eucheuma cottonii* sebagai substitusi dibandingkan dengan media MS

No	Unsur	Media MS (mg/L)	Total kandungan unsur perlakuan <i>Eucheuma cottonii</i> (mg/L)						
			Kontrol (+)	Kontrol (-)	0MSE1H1	0MSE2H1	0MSE3H1	0MSE4H1	0MSE5H1H1
1	N	840,60	840,60	0,00	8260,00	16520,00	24780,00	33040,00	41300,00
2	P	38,75	38,75	0,00	2500,00	5000,00	7500,00	10000,00	12500,00
3	K	782,41	782,41	0,00	81,84	163,68	245,52	327,36	409,20
4	Ca	90,33	90,33	0,00	26,14	52,28	78,42	104,56	130,70
5	Mg	36,45	36,45	0,00	4,24	8,49	12,73	16,98	21,22

Unsur makronutrien yang berperan sebagai substitusi media MS pada semua perlakuan tanpa MS dengan penambahan ekstrak *Eucheuma cottonii*, unsur N dan P saja yang konsentrasinya sangat berlebihan bila dibandingkan kontrol positif (media MS). Untuk unsur lain, yaitu K, Ca dan Mg konsentrasinya masih lebih rendah dari MS. Bila ekstrak *Eucheuma cottonii* digunakan sebagai substitusi media MS, maka perlu penambahan unsur makronutrien lain, yaitu K, Ca dan Mg supaya dapat memacu pertumbuhan menjadi optimum.

Tabel 7. Hasil analisis AAS unsur mikronutrien pada ekstrak *Eucheuma cottonii* sebagai substitusi dibandingkan dengan media MS

No	Unsur	Media MS (mg/L)	Total kandungan unsur perlakuan <i>Eucheuma cottonii</i> (mg/L)						
			Kontrol (+)	Kontrol (-)	0MSE1H1	0MSE2H1	0MSE3H1	0MSE4H1	0MSE5H1H1
1	Co	61877,550	61877,55	0,00	0,05	0,10	0,16	0,21	0,26
2	Cu	0,010	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Fe	5,500	5,50	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02
4	Mn	6,190	6,19	0,00	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09
5	Zn	1,956	1,96	0,00	0,06	0,11	0,17	0,23	0,29

Hasil pengujian unsur mikronutrien, semua unsur memperlihatkan konsentrasi yang lebih kecil dari kontrol positif (media MS), sehingga bila ekstrak *Eucheuma cottonii* digunakan sebagai substitusi media MS, maka perlu penambahan semua unsur mikronutrien pada media tersebut.

*Eucheuma cottonii* mempunyai karakteristik sebagai *gelling agent*, karena saat melarutkannya membutuhkan proses pemanasan dan akan segera memadat bila didinginkan (Bhojwani dan Razdan 1996). *Gelling agent* berperan sebagai media kultur jaringan dan paling banyak diperoleh dari merah ganggang, terutama species *Gelidium amansii*. Kualitas dan kemurnian agar bervariasi dan tergantung kondisi kultur alga, pengolahan dan pemurniannya. Kekuatan dari gel yang dihasilkan mempunyai konsentrasi tertentu dan bervariasi sesuai dengan merek dan pH selama autoklaf. Bahan pembentuk gel bermanfaat untuk memadatkan media sehingga jaringan tidak akan terendam dan mati karena kekurangan oksigen. Bagian yang paling penting dari *gelling agent* adalah harus mampu menahan sterilisasi dengan autoklaf dan medium harus cair saat panas tapi membentuk gel semi padat setelah dingin. Digunakan pada berbagai konsentrasi antara 0,8-1%.

Media 0MS hanya mengandung dekstrosa (glukosa) sebagai sumber karbon, zat pengatur tumbuh dan vitamin, tidak ditambahkan makronutrien dan mikronutrien. Menurut Bhojwani dan Razdan (1996), sumber karbon yang paling banyak digunakan adalah sukrosa konsentrasi 2 -5%. Glukosa dan fruktosa dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan beberapa jaringan dan secara bertahap jaringan yang awalnya hijau akan kehilangan pigmen hijau dalam kultur karena bergantung pada sumber karbon eksternal. Kultur akan menunjukkan pertumbuhan dan proliferasi yang lebih baik dengan penambahan sumber karbon yang cocok di media. Eksplan tumbuh baik bila ditambahkan sukrosa (dikotil), sedangkan monokotil dengan penambahan dekstrosa (glukosa). Pada penelitian ini digunakan sumber karbon dekstrosa karena menggunakan eksplan tebu yang tergolong kelompok monokotil. Kelompok vitamin yang ditambahkan myo-inositol yang berperan dalam jalur biosintesis pektin dan hemiselulosa dalam sintesis dinding sel dan berperan dalam penyerapan dan pemanfaatan ion (Bhojwani dan Razdan, 1996). Pada penelitian ini menggunakan BA (*Benzyl Adenine*) 2 ppm dan kinetin 0,5 ppm keduanya dari kelompok sitokinin. Penggunaan sitokinin karena pada penelitian kultur jaringan melalui organogenesis secara langsung.



Dalam kultur jaringan BA dan kinetin berguna untuk pembelahan sel, modifikasi dominasi apikal dan diferensiasi tunas (Bhojwani dan Razdan, 1996).

Metoda ekstraksi yang digunakan ada beberapa modifikasi. Sebelum dilakukan ekstraksi alga terlebih dulu di autoklaf selama 10 menit selain untuk memudahkan saat diblender juga berguna untuk menetralkan pH. Alga dihaluskan dengan blender supaya unsur-unsur yang terkandung mudah terserap oleh eksplan. Setelah diblender, dilakukan pengenceran dengan air. Saat pengenceran, untuk *Eucheuma cottonii* diencerkan 20 kali, karena akan terbentuk larutan yang sangat kental sebab pada alga ini mengandung *carrageenan* dalam industri dan perdagangan berfungsi sama dengan agar-agar (Aslan, 1998).

Datta, *et al.* (2011), berhasil melakukan penelitian menggunakan karaginan sebagai bahan pematat (*gelling agent*) pada media mikrobiologi untuk studi keanekaragaman bakteri pada kondisi ekstrim alkali dengan pH 12,5. Konsentrasi karaginan dan pengaturan pH pada media kultur bakteri sangat penting untuk membentuk kepadatan media.

Pada penelitian ini digunakan *phytagel* sebagai bahan pematat diproduksi oleh Sigma Chemical Co, ternyata pematat ini berisi sejumlah mineral K, Na, Ca dan Mg tetapi tidak mengandung senyawa organik yang biasa ditemukan dalam agar. Dengan karakteristik *Eucheuma cottonii*, maka diharapkan dapat menggantikan produk *gelling agent* dengan biaya yang lebih murah lagi, karena di dalamnya juga mengandung unsur-unsur yang sama dengan produk pabrik tersebut.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa tidak ada pengaruh pertumbuhan eksplan tunas apikal tebu (*Saccharum officinarum* L. var VMC 86-550) baik sebagai suplemen maupun substitusi media MS

## SARAN

Dari hasil penelitian, maka dapat disarankan:

1. *Eucheuma cottonii* lebih bermanfaat sebagai bahan pematat media kultur jaringan daripada sebagai suplemen media MS. Dalam komposisi media MS sudah ada *phytagel* sebagai bahan pematat yang mengandung unsur makronutrien dan mikronutrien, sehingga disarankan suatu penelitian yang mengganti *phytagel* dengan *Eucheuma cottonii*.
2. *Eucheuma cottonii* bila dipakai sebagai alternatif media pertumbuhan yang murah masih perlu ditambahkan unsur-unsur lain yang belum terpenuhi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aslan, L. M., 1998, *Budidaya Rumput Laut*. Cetakan ke 11, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Bhojwani, S.S. and Razdan M.K., 1996. *Plant Tissue Culture : Theory and Practice a Revised Edition*. Elsevier Science B.V.
- Datta, S., Mody, K., Gopalsamy, G. and Jha B., 2011. Novel application of carrageenan : As a gelling agent in microbiological media to

- study biodiversity of extreme alkaliphiles. *Journal Carbohydrate Polymers* 85:465-468
- Farid, A., 2008. Studi lingkungan perairan untuk budidaya rumput laut (*Eucheuma cottonii*) di perairan Brantas, Pamekasan, Madura. *Jurnal Penelitian Perikanan* 11:1-6.
- Handayani, T., Sutarno dan Setyawan, A.D., 2004. Analisis komposisi nutrisi rumput laut *Sargassum crassifolium*. Agardh. *Jurnal Biofarmasi* 2 (2): 45-52.
- Kadi, A.W. dan Atmadja, 1998. *Rumput Laut (Algae), Jenis Reproduksi, Produksi, Budidaya dan Paska Panen*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI, Jakarta.
- Kordi, K.M.H.G., 2011. *Kiat Sukses Budidaya Rumput Laut di Laut dan Tambak*. Lily Publisher, Yogyakarta
- Lakitan, B., 2011. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Cetakan ke-10, Oktober 2011. PT Raja Grafindo Persada Jakarta.
- Moller, M. and Smth, M.L., 1998. The significance of the mineral component of seaweed suspensions on lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedling growth. *Journal of Plant Physiology*. 153: 658-663.
- Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N., Ghosh, A., Bhatt, B.T., Zodape, S.T. and Patolia, J.S., 2008. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany* 75(5):351-355.
- Salisbury, F.B. dan Ross, C.W., 1995. *Fisiologi Tumbuhan. Jilid 3*. Terjemahan Diah R Lukman dan Sumaryono. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sivasankari, S., Venkatesalu, V., Anantharaj, M. and Chandrasekaran, M., 2006. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*, *Journal Bioresource Technology* ; 97(7):1745-1751.
- Sukmadjaja, D. dan Mulyana, A., 2011. Regenerasi dan pertumbuhan beberapa varietas tebu (*Saccharum officinarum* L.) secara *in vitro*. *Jurnal Agro Biogen* 7(2):106-118.
- Zada, A. dan Komala, S.N., 2009. Pengaruh diet rumput laut *Eucheuma* sp. terhadap jumlah eritrosit tikus wistar dengan diabetes aloksan. *Laporan Akhir Penelitian Karya Tulis Ilmiah*. Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang.

# PENGARUH KONFIGURASI HABITAT LAHAN BASAH TERHADAP KELIMPAHAN BURUNG AIR WILAYAH *MANGROVE CENTRE* DAN SEKITARNYA DI KECAMATAN JENU, KABUPATEN TUBAN

Subiyanto<sup>1\*</sup>, Agoe Soegianto<sup>1</sup> dan Bambang Irawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

\*e-mail: bynt.bio@gmail.com

## ABSTRACT

*The influence of the environment and the presence of waterbird is analyzed in individual abundance of waterbird in the wetland which consists of estuaries, mangroves, beaches, ponds, and rivers around the Mangrove Centre, District of Jenu Tuban. The study can provide information about the habitat elements which is considered as components of wetland habitat configurations which has a capacity of prediction of the emergence of water birds. Habitat configuration which includes elements of the habitat that consists of land area, extensive vegetation cover and salinity, is the independent variable that is expected to predict the emergence of water bird. Data collection was carried out directly in the observation stations and implemented in the laboratory. Samples of data were obtained from seven observation stations in the wetland complex that includes the estuary area, mangrove, beach-1, beach-2, pond-1, pond-2, and rivers. For wide area and vegetation cover were observed directly (in situ) while the salinity was analyzed in the laboratory (ex situ). Pearson Product Moment Correlation used for simple correlation analysis on the variables, and Standard Multiple Regression is used to examine the characteristics of the wetland habitat as the independent variable and the abundance of individuals of each species as the dependent variable, for each period in the rainy season and dry season. The results suggest a link between the configuration of wetland habitat with an abundance of water birds, especially extensive vegetation cover greatly affect the abundance of water birds. So it is recommended to conduct a conservation in a number of wetland, with extensive attention to the addition of vegetation around the open water in the wetland complex in order to maintain the abundance of species of water birds.*

**Keywords:** wetlands, habitat configuration, abundance, waterbirds, conservation.

---

## PENDAHULUAN

Keberadaan lahan basah sebagai suatu ekosistem memiliki fungsi yang sangat penting, diantaranya adalah pengatur fungsi hidrologis, penghasil sumber daya alam hayati, dan fungsi lahan basah sebagai habitat bagi berbagai jenis satwa liar dan tumbuhan.

Perubahan lingkungan dapat berpengaruh terhadap burung air dalam bentuk berkurangnya keanekaragaman, penurunan populasi, peningkatan kelimpahan jenis pada satu lokasi yang dapat memicu kompetisi, berkurangnya sumber makanan, redistribusi/emigrasi burung air dari habitat lama ke lahan basah lain.

Guna menunjang upaya pelestarian burung air, perlu dilakukan penelitian habitat burung air; salah satunya adalah identifikasi konfigurasi habitat lahan basah dan peranannya dalam memelihara kelimpahan jenis burung air. Penelitian serupa pernah dilakukan untuk kawasan Tangerang (Widodo, 1988), wilayah Jakarta, Bekasi, wilayah sungai Cimanuk Indramayu beserta kawasan pantainya (Mustari, 1992), serta Indramayu dan Cirebon utara (Rafina, 2002), sehingga dari data yang diperoleh dapat dijadikan pertimbangan dalam konservasi burung air di wilayah pantai utara Pulau Jawa.

Kabupaten Tuban dengan wilayah daratan seluas 1.839,94 km<sup>2</sup>, memiliki pantai sepanjang 65 km, disepanjang pantai ini terdapat lahan basah yang tergolong sebagai lahan basah pesisir, lahan basah

daratan maupun lahan basah buatan. Kawasan lahan basah ini sering digunakan sebagai habitat burung air sekaligus sebagai tempat mencari makan (*feeding ground*). Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang unsur-unsur habitat yang merupakan komponen konfigurasi habitat lahan basah yang memiliki kapasitas prediksi terhadap kemunculan spesies burung air, dan dapat memberikan informasi tentang peranan konfigurasi habitat lahan basah dalam memelihara kelimpahan burung air.

## METODE PENELITIAN

Penelitian tentang peran konfigurasi habitat lahan basah terhadap kelimpahan burung air ini dilaksanakan pada musim penghujan (bulan Januari-pebruari) dan musim kemarau (juli-agustus) tahun 2013 pada wilayah *Mangrove Centre* dan sekitarnya di Kecamatan Jenu Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur pada koordinat 112°0'48" BT dan 6°50'20" LS, pada wilayah seluas 15,31 ha yang dibagi menjadi tujuh stasiun meliputi stasiun muara, mangrove, pantai-1, pantai-2, tambak-1, tambak-2, dan sungai.

Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan konfigurasi habitat adalah susunan komponen atau unsur-unsur habitat yang memiliki kapasitas prediksi terhadap kemunculan burung air. Komponen habitat yang dimaksud merupakan karakteristik lingkungan lahan basah yang terdiri dari karakteristik morfologi, karakteristik hidrokimia, dan karakteristik vegetasi

(Paracuellos dan Telleria, 1998), dengan penjelasan sebagai berikut:

- Karakteristik Morfologi, meliputi luas area yang merupakan daerah lahan basah terbuka ditambah daerah lahan basah yang mengandung vegetasi.
- Karakteristik Hidrokimia, adalah kadar garam/salinitas.
- Karakteristik Vegetasi, adalah persentase lahan yang tertutup vegetasi.

Luas area setiap stasiun pengamatan ditentukan dengan menggunakan peta digital dari Badan Informasi Geospasial dengan menu *fine area, length or location* kemudian dipilih *measurement* dengan menarik garis penghubung batas area yang dikehendaki pada peta digital maka secara otomatis luas area akan muncul pada kotak menu sebagai *measurement result*. Luas penutupan vegetasi yaitu persentase area yang tertutup oleh tumbuhan. Menurut Brower (1990) rumus yang dapat digunakan dalam perhitungan persen penutupan vegetasi adalah sebagai berikut:  $C = \frac{\sum (M_i \times f_i)}{\sum f}$  dimana: C = nilai penutupan vegetasi (%),  $M_i$  = nilai tengah kelas penutupan ke-i,  $f_i$  = frekuensi munculnya kelas penutupan ke-i,  $\sum f$  = jumlah total frekuensi seluruh penutupan kelas. Kadar garam/salinitas sampel yang diambil dari setiap stasiun pada musim penghujan (januari-pebruari) dan musim kemarau (juli-agustus) tahun 2013, diuji di laboratorium menggunakan alat pengukur kadar garam (*salinity refractometer*).

Kelimpahan (*abundance*) adalah *a very large quantity of something* (Allen, 1984), sehingga dapat diartikan bahwa kelimpahan burung air adalah jumlah terbesar dari suatu jenis burung air pada suatu habitat lahan basah. Kelimpahan juga menggambarkan jumlah individu dari suatu jenis burung yang kemungkinan dapat ditemukan dalam setiap sepuluh jam pengamatan. Kelimpahan individu suatu jenis burung kurang dari 0,1 maka jenis tersebut disebut jarang, antara 0,1 sampai 2,0 disebut tidak umum, antara 2,1 sampai 10,0 disebut sering, antara 10,1 sampai 40,0 disebut umum dan lebih dari 40,0 disebut melimpah (Bibby et al. 1998).

Sensus/penghitungan jenis burung air dilaksanakan dengan metode *encounter rates* (Bibby, 1998) yaitu gabungan antara metoda pengamatan titik dan jalur sepanjang  $\pm 2$  km. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan binokuler dan monokuler dan pengukur waktu. Penghitungan dilakukan berdasarkan jumlah temuan individu dalam satu jalur dalam waktu satu jam pengamatan dengan pengulangan empat kali dalam satu musim pada waktu yang berbeda, pengamatan dilakukan antara pukul 06.00-07.00, 07.00-08.00, 16.00-17.00, dan 17.00-18.00, selama musim penghujan dan musim kemarau tahun 2013, di kompleks lahan basah lokasi penelitian pada titik stasiun pengamatan di sepanjang tepian lahan basah.

Secara garis besar karakteristik burung yang dimasukkan kedalam hitungan untuk setiap periode adalah: (i) jumlah individu setiap spesies pada lahan basah, (ii) jumlah spesies (iii) kepadatan populasi (nilai rata-rata jumlah individu pada setiap lahan basah), (iv) jumlah lahan basah yang ditempati oleh masing-masing individu setiap spesies. Juga, untuk burung air yang ada dikedua periode studi kami hitung: (v) ketahanan

antarmusim dari individu setiap spesies di lahan basah berbeda (proporsi lahan basah yang ditempati pada musim penghujan dan musim kemarau oleh masing-masing individu setiap spesies). Disamping itu juga diperoleh data sekunder dari data penelitian yang sudah dilaksanakan sebelumnya tentang burung air dan lahan basah pantai utara pulau Jawa khususnya yang dilaksanakan di Provinsi Jawa Timur, hasil wawancara dengan masyarakat sekitar lokasi penelitian, serta data yang berasal dari literatur tentang kondisi fisik Pantai Utara Kabupaten Tuban yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Tuban.

Untuk mengetahui hubungan antara konfigurasi habitat lahan basah dan kelimpahan burung air dilakukan analisa *Product Mommment Pearson*, disamping itu juga dilakukan Analisa *Standart Multiple Regression* dengan menggunakan alat bantu analisa data SPSS 19 yang didalamnya sudah tersedia tool untuk meregresikan secara langsung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konfigurasi habitat lahan basah.

Hasil pengamatan pada tahun 2013 periode musim penghujan (Januari-Februari) dan musim kemarau (Juli-Agustus) terhadap karakteristik habitat lahan basah yang meliputi pencatatan luas area lahan basah, luas penutupan vegetasi, serta kadar garam, yang merupakan variabel bebas sekaligus sebagai komponen konfigurasi habitat lahan basah yang berperan sebagai prediktor terhadap kelimpahan burung air, baik yang dilaksanakan langsung di stasiun pengamatan (*in situ*) maupun yang dilaksanakan di laboratorium (*ex situ*) seperti tampak pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Konfigurasi lahan basah (*wetlands*)

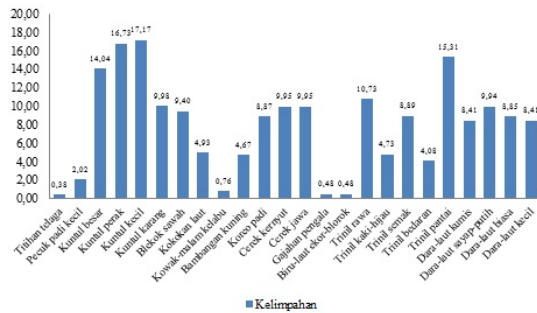
No	Stasiun lokasi	Luas area (m <sup>2</sup> )	Persentase (%)			
			Vegetasi		Salinitas	
			h	k	h	k
1	Muara	22710,37	15	10	1,4	1,5
2	Mangrove	19044,43	95	90	0,2	0,5
3	Pantai-1	30041,75	5	5	3,1	3,4
4	Pantai-2	21022,12	5	5	3,3	3,4
5	Tambak-1	31136,05	30	25	1,9	2,2
6	Tambak-2	26307,99	20	15	2,3	2,8
7	Sungai	15154,91	25	20	0,0	0,1

Keterangan: h= penghujan, k=kemarau

### Kelimpahan burung air

Teramati sebanyak 24 jenis burung air yang menyebar di habitat lahan basah lokasi penelitian yang terbagi menjadi tujuh stasiun yaitu (i) Stasiun muara pada musim penghujan teramati sebanyak 9 jenis dari kemunculan individu sebanyak 18 ekor, musim kemarau muncul 9 jenis dari 21 individu; (ii) Stasiun mangrove pada musim penghujan teramati sebanyak 15 jenis dari kemunculan individu sebanyak 49 ekor, musim kemarau muncul 15 jenis dari 45 individu; (iii) Stasiun pantai-1 pada musim penghujan muncul 9 jenis dari 29 individu, musim kemarau muncul 9 jenis dari 31 individu; (iv) Stasiun pantai-2 pada musim penghujan muncul 9 jenis dari 17 individu, musim kemarau muncul 9 jenis dari 21 individu; (v) Stasiun tambak-1 muncul 10 jenis dari 27 individu, musim kemarau muncul 10 jenis dari 26 individu; (vi) Stasiun

tambak-2 muncul 13 jenis dari 31 individu, musim kemarau muncul 13 jenis dari 24 individu; (vii) Stasiun Sungai muncul 4 jenis dari 7 individu, pada musim kemarau muncul 4 jenis dari 7 individu.



Gambar 1. Rata-rata kelimpahan individu suatu jenis burung air pada musim hujan dan musim kemarau (individu ha<sup>-1</sup>)

Sesuai gambar 1, dapat dijelaskan bahwa rata-rata kelimpahan pada musim penghujan dan musim kemarau untuk sepuluh jenis jenis burung air, tingkat kelimpahannya dapat dikategorikan menjadi : (i) Melimpah (dengan kelimpahan antara 10,1 sampai 40,0) adalah Kuntul kecil (*Egretta garzetta*) dengan tingkat kelimpahan 17,17 , Kuntul perak (*Egretta intermedia*) = 16,73 , Trinil pantai (*Actitis hypoleucos*) = 15,31 , Kuntul besar (*Egretta alba*) = 14,04 , Trinil rawa (*Tringa stagnatilis*) = 10,73 , (ii) Sering (dengan kelimpahan antara 2,1 sampai 10,0) adalah Kuntul karang (*Egretta sacra*) = 9,98 , Cerek kernyut (*Pluvialis fulva*) = 9,95 , Cerek jawa (*Charadrius javanicus*) = 9,95 , Dara-laut sayap-putih (*Chlidonias leucopterus*) = 9,94 , Blekok sawah (*Ardeola speciosa*) = 9,40 , Trinil semak (*Tringa glareola*) = 8,89 , Koreo padi (*Amaurornis phoenicurus*) = 8,87 , Dara laut biasa (*Stema hirundo*) = 8,85 , Dara laut kecil (*Sterna albifrons*) = 8,41 , Dara-laut kumis (*Chlidonias hybridus*) = 8,41 , Kokokan laut (*Butorides striatus*) = 4,93 , Trinil kaki-hijau (*Tringa nebularia*) = 4,73 , Bambang kuning (*Ixobrychus sinensis*) = 4,67 , Trinil bedaran (*Xenus cinereus*) = 4,08 , (iii) Tidak umum (dengan kelimpahan antara 0,1 sampai 2,0) adalah Pecuk-padi kecil (*Phalacrocorax niger*) = 2,02 , Kowak-malam kelabu (*Nycticorax nycticorax*) = 0,76 , Gajahan pengala (*Numenius phaeopus*) = 0,48 , Biru-laut ekor-blorok (*Limosa lapponica*) = 0,48 , Titihan telaga (*Tachybatus ruficollis*) = 0,38.

Dalam penelitian ini ditemukan tujuh suku burung air yaitu (i) Suku Ardeidae meliputi delapan jenis yaitu Kuntul besar, Kuntul perak, Kuntul kecil, Kuntul karang, Blekok sawah, Kokokan laut, Kowak-malam kelabu, dan Bambang kuning; (ii) Suku Scolopacidae meliputi tujuh jenis yaitu Gajahan pengala, Biru-laut ekor-blorok, Trinil rawa, Trinil kaki-hijau, Trinil semak, Trinil bedaran, dan Trinil pantai; (iii) Suku Laridae meliputi empat jenis yaitu Dara-laut kumis, Dara-laut sayap-putih, Dara-laut biasa, Dara-laut kecil; (iv) Suku Charadriidae meliputi dua jenis yaitu Cerek kernyut, dan Cerek jawa; (v) Suku Podicipedidae ada satu jenis yaitu Titihan telaga; (vi) Suku Phalacrocoracidae satu jenis yaitu pecuk padi

kecil; Dan (vii) Suku Rallidae memiliki satu jenis yaitu koreo padi.

Tabel 1 Daftar nilai r hitung Korelasi Product Momment Pearson

Musim	r <sub>xy</sub>		
	Luas area (X <sub>1</sub> )	Luas penutupan vegetasi (X <sub>2</sub> )	Kadar garam (salinitas) (X <sub>3</sub> )
Penghujan	0,27	0,72	-0,06
Kemarau	0,29	0,69	0,09

Variabel tergantung (Y): kelimpahan burung air.

Hasil pengujian dengan korelasi Product Momment Pearson menunjukkan bahwa hubungan antara luas area dan kelimpahan burung air adalah lemah (penghujan r<sub>xy</sub>=0,27 kemarau r<sub>xy</sub>=0,29). Luas penutupan vegetasi dengan kelimpahan burung air menunjukkan korelasi yang cukup tinggi (penghujan r<sub>xy</sub>=0,72 kemarau r<sub>xy</sub>=0,69). Sedangkan kadar garam/salinitas tidak berkorelasi dengan kelimpahan burung air (penghujan r<sub>xy</sub>= -0,06 kemarau r<sub>xy</sub>=0,09).

Disamping pengujian dengan Korelasi Product Momment Pearson juga dilakukan pengujian dengan Standart Multiple Regression menggunakan SPSS 19 dengan hasil sebagai berikut:

#### a. Uji F

Uji F secara simultan pada variabel bebas (luas area X<sub>1</sub>, luas penutupan vegetasi X<sub>2</sub>, dan kadar garam/salinitas X<sub>3</sub>) terhadap variabel terikat (kelimpahan burung air Y) dari data pada data musim penghujan diperoleh nilai F<sub>hitung</sub> sebesar 12,032 dengan nilai probabilitas atau signifikansi (sig.) sebesar = 0,035, nilai F<sub>hitung</sub>(12,032) > F<sub>tabel</sub>(9,28), dan nilai (sig.) 0,035 lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05; Demikian juga dengan data pada tabel anova pada musim kemarau untuk diperoleh nilai F<sub>hitung</sub> sebesar 9,626 dengan nilai probabilitas (sig.)= 0,048. Nilai F<sub>hitung</sub>9,626 > F<sub>tabel</sub> 9,28, dan nilai (sig.) lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05 atau nilai 0,048 < 0,05; Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat (kelimpahan burung air). Uji t

Uji t dilakukan dengan membandingkan t<sub>hitung</sub> dengan t<sub>tabel</sub>, t<sub>hitung</sub> terdapat pada kolom t pada tabel Coefficients hasil per-hitungan SPSS 19 dengan metoda Coefficient Regression Full Model/Enter seperti tampak pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2 Tabel Koefisien untuk Uji t pada Musim Penghujan.

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistic	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	-15,882	10,208	-	-1,556	0,218	-	-
1 Luas area (X <sub>1</sub> )	0,001	0,000	0,316	1,478	0,236	0,561	1,782
Vegetasi (X <sub>2</sub> )	0,518	0,095	1,205	5,424	0,012	0,518	1,931
Salinitas (X <sub>3</sub> )	5,669	2,818	0,552	2,012	0,138	0,339	2,947

Variabel terkendali (dependent variable): Kelimpahan (Y)

Tabel 3 Tabel Koefisien untuk Uji t pada Musim Kemarau.

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistic	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	-7,423	9,724	-	-0,763	0,501	-	-
1 Luas area (X <sub>1</sub> )	0,000	0,000	0,249	1,004	0,389	0,510	1,963
Vegetasi (X <sub>2</sub> )	0,435	0,086	1,132	5,038	0,015	0,622	1,609
Salinitas (X <sub>3</sub> )	5,176	2,529	0,601	2,046	0,133	0,364	2,750

Variabel terkendali (dependent variable): Kelimpahan (Y)

Pada penelitian ini taraf signifikan yang digunakan adalah 5% atau 0,05; sedangkan derajat bebas (*degree of freedom*) adalah 3, sehingga diperoleh t tabel sebesar 2,35336.

Seperti data pada Tabel 2 Tabel Koefisien untuk Uji t pada Musim Penghujan dan Tabel 3 Tabel Koefisien untuk Uji t pada Musim Kemarau, dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Luas area ( $X_1$ ) terhadap kelimpahan burung air ( $Y$ ).

Untuk model 1, luas area ( $X_1$ ), terdapat nilai sig. 0,236 pada musim penghujan dan sig. 0,389 pada musim kemarau, disini nilai sig. lebih besar dari nilai probabilitas 0,05, atau bisa ditulis  $0,236 > 0,05$  dan  $0,389 > 0,05$ , maka tidak ada hubungan antara luas area dengan kelimpahan burung air.

Luas area ( $X_1$ ) mempunyai  $t_{hitung}$  sebesar 1,478 pada musim penghujan dan 1,004 pada musim kemarau dengan  $t_{tabel}$  sebesar 2,35336 dengan demikian diperoleh  $t_{hitung} < t_{tabel}$  sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_1$  tidak memiliki kontribusi terhadap kelimpahan burung air ( $Y$ ).

b. Luas penutupan vegetasi ( $X_2$ ) terhadap kelimpahan burung air ( $Y$ ).

Luas penutupan vegetasi ( $X_2$ ), terdapat nilai sig. 0,012 pada musim penghujan dan sig. 0,015 pada musim kemarau, disini nilai sig. lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05, atau bisa ditulis  $0,012 < 0,05$  dan  $0,015 < 0,05$ , maka ada hubungan yang signifikan antara luas penutupan vegetasi dengan kelimpahan burung air.

Luas penutupan vegetasi ( $X_2$ ) mempunyai  $t_{hitung}$  sebesar 5,424 pada musim penghujan dan 5,038 pada musim kemarau dengan  $t_{tabel}$  sebesar 2,35336 dengan demikian diperoleh  $t_{hitung} > t_{tabel}$  sehingga dapat disimpulkan bahwa luas penutupan vegetasi ( $X_2$ ) memiliki kontribusi terhadap ke limpahan burung air ( $Y$ ).

c. Kadar garam ( $X_3$ ) terhadap kelimpahan burung air ( $Y$ ).

Kadar garam ( $X_3$ ), terdapat nilai sig. 0,138 pada musim penghujan dan sig. 0,133 pada musim kemarau, disini nilai sig. lebih besar dari nilai probabilitas 0,05, atau bisa ditulis  $0,138 > 0,05$  dan  $0,133 > 0,05$ , maka tidak ada hubungan yang signifikan antara kadar garam dan kelimpahan burung air.

Kadar garam ( $X_3$ ) mempunyai  $t_{hitung}$  sebesar 2,012 pada musim penghujan dan 2,046 pada musim kemarau dengan  $t_{tabel}$  sebesar 2,35336 dengan demikian diperoleh  $t_{hitung} < t_{tabel}$  sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar garam ( $X_3$ ) tidak memiliki kontribusi terhadap kelimpahan burung air.

Tabel 4: Statistik hubungan antara konfigurasi lahan basah dengan kelimpahan burung air selama musim penghujan dan musim kemarau. Taraf signifikansi ( $\rho$ ), *significant* (\*), *non-significant* (n.s): \*  $\rho \leq 0,05$ , \*\*  $\rho \leq 0,01$ , \*\*\*  $\rho \leq 0,001$ ; N = 7.

Parameters	Musim penghujan (Jan-Peb)					Musim kemarau (Jul-Agu)				
	Mean	SD	r	sig	$\rho$	Mean	SD	r	sig	$\rho$
Luas area	23631,08	5846,89	0,27	0,23	n.s.	23631,08	5846,89	0,29	0,38	n.s.
Luas vegetasi	27,85	31,07	0,72	0,01	**	24,28	29,92	0,68	0,01	**
Kadar garam	1,74	1,29	0,06	0,13	n.s.	1,88	1,33	0,08	0,13	n.s.

Dengan menggunakan  $\rho$ -value (taraf signifikansi) kurang dari atau sama dengan 0,05, maka data yang terdapat pada Tabel 4 menunjukkan bahwa luas vegetasi dengan taraf signifikansi ( $\rho$ ) sebesar 0,01 berarti terdapat hubungan yang signifikan antara luas vegetasi sebagai komponen konfigurasi habitat lahan basah dengan kelimpahan burung air; Sedangkan luas area dengan taraf signifikansi ( $\rho$ ) sebesar 0,23 dan kadar garam dengan taraf signifikansi ( $\rho$ ) sebesar 0,13 adalah lebih besar dari 0,05 berarti tidak ada hubungan yang signifikan antara luas area dan kadar garam sebagai komponen konfigurasi habitat dengan kelimpahan burung air.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lahan basah wilayah *Mangrove Centre* dan sekitarnya di Kecamatan Jenu Kabupaten Tuban terdiri atas lima tipe habitat yaitu habitat muara, habitat mangrove, habitat pantai, habitat tambak, dan habitat sungai.
2. Kondisi unsur habitat penyusun konfigurasi habitat yang terdiri dari luas area, luas penutupan vegetasi, dan kadar garam pada masing-masing tipe habitat lahan basah cukup bervariasi. Luas penutupan vegetasi terluas adalah pada hutan mangrove yang terpelihara melalui upaya penghijauan, kemudian secara berturut-turut tambak, muara sungai, dan luas penutupan terkecil adalah pantai. Kadar garam terendah adalah sungai, kadar garam semakin meningkat menuju laut, berturut-turut hutan mangrove, muara, tambak, dan yang paling tinggi adalah di pantai.
3. Jenis burung air yang terdapat pada masing-masing tipe lahan basah, menyebar sesuai dengan ketersediaan pakan, tempat berlindung, tempat beristirahat, dan tempat bersarang.
4. Unsur habitat yang paling berpengaruh pada kelimpahan burung air adalah luas penutupan vegetasi, semakin besar persentase luas penutupan vegetasi, semakin tinggi tingkat kelimpahan burung air. Sesuai dengan persentase luas penutupan vegetasi terdapat perbedaan kelimpahan burung air antar tipe habitat lahan basah, berturut-turut dari yang paling banyak kemunculan spesiesnya adalah hutan mangrove (15 spesies), tambak-2 (13 spesies), tambak-1 (10 spesies), muara dan pantai (9 spesies), serta sungai (4 spesies).
5. Suku Ardeidae mendominasi lahan basah Wilayah *Mangrove Centre* di Kecamatan Jenu Kabupaten Tuban. Suku Ardeidae memiliki anggota spesies paling banyak termasuk didalamnya *Egretta alba* (kuntul besar), *Egretta intermedia* (kuntul perak), *Egretta garzetta* (Kuntul kecil), *Egretta sacra* (Kuntul karang), *Ardeola speciosa* (Blekok sawah), *Butorides striatus* (Kokokan laut), *Nycticorax nycticorax* (Kowak-malam kelabu), dan *Ixobrychus sinensis* (Bambangan kuning) merupakan kelompok spesies yang menguasai sebagian besar wilayah lahan basah. Dalam pengertian ini juga menunjukkan bahwa kurang berlimpahnya suatu spesies berpengaruh pada berkurangnya kapasitas

kolonisasi burung air untuk menduduki suatu zona, seperti *Phalacrocorax niger* (pecuk padi kecil) hanya ditemukan di muara sungai dan di tambak, bahkan *Numenius phaeopus* (gajahan pengala) hanya ditemukan di tambak saja. Kelimpahan merupakan prediktor yang baik untuk mendukung kemampuan spesies menempati habitat, hal ini tampak pada family Ardeidae yang mendominasi sebagian besar wilayah lahan basah.

6. Ada pengaruh yang signifikan antara konfigurasi habitat lahan basah dengan kelimpahan burung air, terutama luas penutupan vegetasi sebagai unsur konfigurasi habitat lahan basah (*wetland*) memiliki kontribusi besar terhadap kelimpahan burung air (*waterbirds*), sedangkan luas area dan kadar garam tidak memiliki kontribusi secara langsung pada kelimpahan burung air.

#### SARAN

1. Perlu dilakukan prioritas konservasi pada kawasan yang memiliki potensi sebagai tempat burung air mencari makan, berteduh dan bersarang. Hal ini perlu dilakukan untuk meningkatkan peranan burung air dalam menjaga keseimbangan ekosistem kawasan pantai utara Kabupaten Tuban, yang meliputi wilayah pasang surut dan wilayah pertambakan.
2. Pemerintah Kabupaten Tuban perlu meningkatkan kerjasama dengan industri yang ada di sepanjang pantai utara Kabupaten Tuban seperti PT Semen Indonesia, PT Semen Holchim, PT Transpacific Petrochemical Industry (TPPI), Pengusaha penambangan pasir kwarsa, Pengusaha tambak, untuk secara aktif dan bersungguh-sungguh mewujudkan luasan vegetasi penutup yang memadai guna peningkatan kelimpahan satwa, peningkatan suply oksigen, peningkatan daya serap polutan industri, sekaligus mewujudkan daerah penyangga (*buffer zone*) yang berdaya guna.
3. Melakukan kegiatan aksi lingkungan hidup dalam bentuk penanaman tumbuhan, peningkatan jumlah dan luas ruang terbuka hijau (RTH).
4. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai dampak konservasi lahan basah terhadap kelestarian burung air di wilayah pantai utara Kabupaten Tuban.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Allen R.E. 1984. *The Oxford Dictionary Of Current English*. Oxford University Press. New York.
- Bibby, Jones C.M., Masden S. 1998. *Expedition Field Techniques Bird Surveys*. London: Expedition Advisory Centre Royal Geographical Society.
- Brower, J.E., J.H. Zar., C.N von Ende. 1990. *Field and laboratory methods for general ecology*. 3rd edition. Wn.C Publishing, Dubuque.
- Field A. 2009. *Discovering Statistic Using IBM SPSS Statistic*. 2009. New Delhi. SAGE Publication India Pvt Ltd.
- Mustari A.H. 1992. *Jenis-jenis Burung Air di Hutan Mangrove Delta Sungai Cimanuk, Indramayu-Jawa Barat*. Media Konservasi (IV).
- Paracuellos M., Telleria J.L. 1998. *Factor Affecting the Distribution of a Waterbird Community: The Role of Habitat Configuration and Bird Abundance*. Junta de Andalucia, Almeria, Spain: Dept. of Flora and Fauna, Consejeria de Medio Ambiente.
- Rafina I. 2002. *Evaluasi Lahan Basah sebagai Feeding Ground Burung Air Wilayah Indramayu dan Cirebon Utara*. Jurusan Konservasi Sumber Daya Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Trihendradi, C. 2009. *7 Langkah Mudah Melakukan Analisis Statistik Menggunakan SPSS*. Yogyakarta. C.V. Andi Offset.
- Widodo W dan Hadi D.S. 1988. *Sebuah Tinjauan Feeding Ground Burung-burung Air di Kawasan Hutan Bakau Teluk Naga Tanggerang, Jawa Barat*. Media Konservasi (III).

# AKTIVITAS SELULOLITIK DAN XILANOLITIK ENZIM SAMPAH UNTUK *BIOBLEACHING* PELEPAH BATANG PISANG

Solikhatiningsih<sup>1\*</sup>, Sri Sumarsih<sup>2</sup>, Handoko Darmokoesoemo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi S2 Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

<sup>2</sup> Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

\*Email :

## ABSTRACT

*This research aims to study the cellulolytic and xylanolytic activity of garbage enzyme. The garbage enzyme was prepared by fermentation of garbage parts of fruits, and vegetables, brown sugar and water in a weight ratio of 3: 1: 10 (w/w) for 3 months. Cellulolytic and xylanolytic activities were assayed toward CMC and xylan as substrates respectively. The reducing sugar was determined using DNS method. The garbage enzyme showed cellulose activity of 3.83 U/ml and xylanase activity of 5.66 U/ml. The biobleaching was initiated by boiling the dried stem of banana bunch in buffer pH 8 for 3 hours. The biobleaching process was performed at various concentration of garbage enzyme: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 % (W/V). The mixture of enzymatic reaction was incubated at 40 °C for 2 hours. The pulps were characterized of the water, cellulose, hemicellulose and lignin contents, whiteness, tensile index, tear index and its morphology. The result of this study showed that the addition of 20% garbage enzyme in biobleaching of stems of the banana bunch improved the pulp whiteness of 4.87%. Characteristics of pulps obtained were in accordance with ISO standards SNI-14-0091-1998 as raw material for paper pulp.*

**Keywords:** *garbage enzyme, cellulase, xylanase, biobleaching, stems of the banana bunch*

## PENDAHULUAN

Industri kertas menggunakan bahan baku utama berupa *pulp* dari hasil pengolahan serat tumbuhan. Sebagai konsekuensinya diperlukan pengolahan serat campuran antara selulosa, hemiselulosa dan lignin untuk menghasilkan *pulp* dengan kualitas yang baik. Produksi *pulp* secara komersial dilakukan dengan menggunakan proses kraft, yaitu dengan menggunakan perlakuan suhu dan pH yang tinggi untuk mendegradasi dan melarutkan lignin yang berasosiasi dengan selulosa dan hemiselulosa. *Pulp* hasil produksi menggunakan metode kraft berwarna kecoklatan yang disebabkan oleh residu lignin dan turunan lignin (Shoham *et al.*, 1993). Untuk mengatasi hal tersebut, maka industri melakukan pemutihan terhadap *pulp* menggunakan agen pemutih yaitu klorin. Klorin biasa digunakan untuk pemutihan *pulp* karena murah dan efektif dalam memutihkan *pulp*, namun penggunaan klorin secara terus menerus dalam jumlah banyak menyebabkan pencemaran lingkungan (Saul *et al.*, 2009).

Banyak upaya dilakukan untuk mengurangi dan menggantikan penggunaan klorin dalam industri kertas, salah satunya adalah *biobleaching*. *Biobleaching* merupakan proses pemutihan menggunakan enzim sebagai biokatalisator. Biokatalisator yang digunakan untuk *biobleaching* di industri kertas adalah enzim xilanase, lakase dan selulase. Metode *biobleaching* ini dapat dilakukan dengan menggunakan kombinasi enzim selulase dan xilanase (Saul *et al.*, 2009). Penggunaan enzim xilanase sebanyak 0,5 – 2% dapat meningkatkan derajat putih sekitar 1-3 poin dan menurunkan jumlah noda pada lembaran sekitar 65-81% (Rismijana dkk., 2006).

Enzim selulase dan hemiselulase juga dapat digunakan untuk pemutihan daur ulang *pulp*. Penggunaan enzim dalam proses pembuatan *pulp* dari bermacam-macam bahan serat menunjukkan bahwa perendaman bahan serat dalam larutan enzim mampu

melunakkan serat untuk dijadikan *pulp* (Pala *et al.*, 2004). Pelepa batang pisang mempunyai kandungan serat selulosa yang cukup tinggi dan daur hidup yang relatif pendek, sangat memungkinkan digunakan untuk menggantikan kayu sebagai bahan baku pembuatan kertas (Goswami *et al.*, 2008). Pelepa batang pisang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dapat digunakan sebagai bahan baku pada proses pembuatan *pulp* (Richard *et al.*, 2012; Kumar and Kumar., 2012).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan enzim sampah dan pemanfaatannya untuk *biobleaching* pelepa batang pisang sebagai bahan baku *pulp*.

## METODE PENELITIAN

### Alat

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan diantaranya wadah plastik kedap udara, peralatan gelas dan non gelas yang biasa dipakai di laboratorium biokimia. Instrumen yang digunakan yaitu neraca analitik, sentrifuge, *water bath*, spektrofotometer UV-Vis, pH meter, *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan testometric micro 350.

### Bahan

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian yakni, asam sitrat, natrium fosfat, CMC (*carboxyl methyl cellulose*), *xylan* dari *beechwood*, xilosa, glukosa, asam 3,5-dinitrosalisilat, f enol, natrium (kalium) *tartrat* (garam Rochelle), asam sitrat, natrium dihidrogen fosfat, natrium hidrogen fosfat dihidrat, natrium hidroksida, natrium sulfit. Bahan yang digunakan untuk pembuatan enzim sampah adalah sampah dapur yang terdiri dari kulit buah yakni jeruk, pisang, apel, sisa sayuran yakni kangkung, kacang panjang, daun singkong, bayam, sawi, kubis, gula merah kualitas jelek dan air.

## Cara Kerja

Enzim sampah dibuat dengan cara fermentasi sampah dapur yang terdiri dari kulit buah (jeruk, pisang, dan apel) dan sisa sayur-sayuran (daun singkong, bayam, sawi dan ku bis), gula merah dan air dengan perbandingan berat 3: 1: 10 (b/b), selanjutnya difermentasi selama 3 bulan pada suhu ruang (Tang and Tong., 2011). Supernatan yang merupakan enzim sampah diuji aktivitas selulolitik dan xilanolitik terhadap substrat CMC dan *xylan*. Gula pereduksi yang terbentuk ditentukan dengan menggunakan metode DNS. Pelepah batang pisang dipotong kecil dan dijemur dibawah sinar matahari hingga kering selanjutnya direbus selama 3 jam sehingga menjadi lunak, ditiriskan dan diblender sehingga terbentuk bubur. Sebanyak delapan buah labu Erlenmeyer yang masing-masing berisi 50 g bubur pelepah pisang dan 150 ml larutan buffer fosfat pH 8 masing-masing ditambahkan enzim sampah dengan variasi konsentrasi 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 dan 40% (v/b) dan diinkubasi pada suhu 40°C selama 2 jam. *Pulp* hasil *biobleaching* dicetak menjadi lembaran-lembaran *pulp*, dikeringkan dan ditentukan kadar air, selulosa, hemiselulosa, lignin, penentuan derajat putih, indeks tarik, indeks sobek dan dilakukan analisis terhadap morfologi menggunakan SEM.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas enzim selulase ditentukan berdasarkan gula pereduksi glukosa yang merupakan hasil degradasi substrat CMC oleh enzim selulase. Banyaknya gula pereduksi diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada  $\lambda$  550 nm (Stryer, 2000).

Tabel 1. Aktivitas selulase enzim sampah pada berbagai pH dan suhu

Suhu	pH	Aktivitas selulase enzim sampah (U/ml)
30°C	6	2,17
	7	1,81
	8	1,13
40°C	6	2,52
	7	3,55
	8	3,83
50°C	6	2,5
	7	1,52
	8	1,44

Tabel 1 menunjukkan bahwa aktivitas enzim selulase mempunyai aktivitas tertinggi pada suhu 40°C dan pH 8 yang selanjutnya kondisi ini digunakan untuk aplikasi enzim pada *biobleaching* pelepah batang pisang.

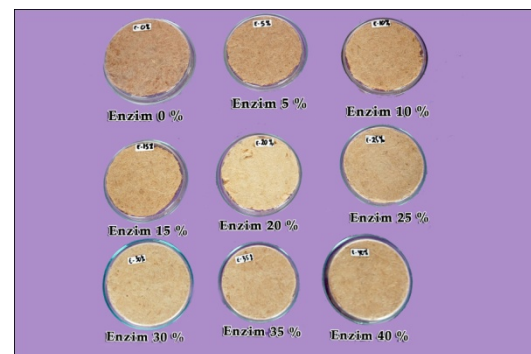
Uji aktivitas enzim xilanase untuk mengetahui adanya enzim xilanase dalam enzim sampah. Uji ini menggunakan substrat *xylan*. Banyaknya gula pereduksi yang dihasilkan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 550 nm.

Tabel 2. Aktivitas xilanase enzim sampah pada berbagai pH dan suhu

Suhu	pH	Aktivitas xilanase enzim sampah (U/ml)
30°C	6	3,30
	7	3,94
	8	2,86
40°C	6	2,83
	7	3,45
	8	5,54
50°C	6	3,28
	7	3,45
	8	5,66

Tabel 2 menjelaskan bahwa enzim xilanase dalam enzim sampah mempunyai aktivitas tertinggi pada suhu 40°C dan pH 8. Kondisi ini selanjutnya digunakan untuk aplikasi enzim pada *biobleaching* pelepah batang pisang.

Proses *biobleaching* dilakukan dengan cara menambahkan enzim sampah dengan variasi 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 dan 40%, diinkubasi selama 120 menit pada suhu 40°C dan pH 8 sehingga enzim sampah dapat mendegradasi selulosa, xilan dan komponen lain pada permukaan serat. *Pulp* hasil *biobleaching* pelepah batang pisang dengan enzim sampah ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil *biobleaching* pelepah batang pisang oleh enzim sampah

*Pulp* hasil *biobleaching* pelepah batang pisang dianalisis penentuan kadar air, selulosa, hemiselulosa, lignin, derajat putih, indeks tarik, indeks sobek dan morfologi.

Tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan enzim sampah pada pelepah batang pisang menurunkan kadar selulosa, hemiselulosa dan lignin. Hal ini menunjukkan bahwa di dalam enzim sampah terdapat enzim selulase, hemiselulase dan ligninase.



Tabel 3. Kadar air, lignin, selulosa dan hemiselulosa pulp pelepah batang pisang hasil *biobleaching* dengan enzim sampah

Konsentrasi Sampel (%)	Kadar (%)			
	Air	selulosa	hemiselulosa	lignin
0	9,61	53,74	28,23	11,88
5	10,59	46,09	25,11	10,92
10	11,27	41,52	22,12	9,86
15	10,51	38,95	19,66	9,10
20	9,87	34,58	18,23	8,58
25	10,38	32,87	16,55	7,98
30	11,52	31,20	15,79	7,84
35	10,56	27,91	14,13	7,15
40	10,70	27,37	13,57	7,02

Hasil penentuan derajat putih menunjukkan bahwa derajat putih pada *pulp* pelepah batang pisang mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya enzim sampah. Penambahan enzim sampah 20% dapat meningkatkan nilai derajat putih 4,97 point.

Tabel 4. Hasil penentuan derajat putih

Konsentrasi enzim sampah (%)	Whiteness (% ISO)	
	Pulp hasil <i>biobleaching</i>	Menurut SNI 14-0091-1998
0	50,36	55 %
5	52,08	
10	54,23	
15	54,80	
20	55,23	
25	54,06	
30	54,32	
35	55,04	
40	54,55	

Semakin banyaknya enzim sampah akan merusak fibril-fibril ikatan antara selulosa, hemiselulosa dan lignin dan membuat serat dalam *pulp* pelepah batang pisang lebih renggang dan menurunkan tingkat pemantulan cahaya pada pengukuran derajat putih (Lakouraj and Movogharnejad., 2005). Selain itu diduga karena kinerja enzim dipengaruhi konsentrasi enzim. Pada kerja enzim tidak semua substrat diikat oleh enzim. Oleh karena itu, saat aktivitas enzim sudah optimum maka penambahan konsentrasi enzim tidak akan memberikan hasil yang lebih baik (Volk and Wheeler., 1993). Menurut spesifikasi kertas nilai derajat putih untuk kertas Koran yang diisyaratkan SNI-14-009-1998 minimal 55% ISO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan enzim sampah sebesar 20% dapat memenuhi persyaratan nilai derajat putih tersebut sehingga dipergunakan sebagai bahan baku *pulp* kertas koran.

Penentuan indeks tarik dilakukan dengan menggunakan alat *tensile tester*.

Tabel 5. Hasil penentuan indeks tarik *pulp*.

Konsentrasi enzim sampah (%)	Indeks tarik (Nm <sup>2</sup> /g)	
	Pulp hasil <i>biobleaching</i>	Menurut SNI 14-0091-1998 ISO
0	25,45	21,40
10	26,05	
20	27,29	
30	26,10	
40	26,00	

Tabel 5 menyajikan nilai indeks tarik *pulp* hasil *biobleaching* enzim sampah terhadap pelepah batang pisang dengan variasi konsentrasi enzim sampah. Nilai indeks tarik pada penambahan enzim sampah 20% lebih besar 1,24 yakni 27,29 Nm<sup>2</sup>/g. Dengan demikian penambahan enzim sampah 20% dapat meningkatkan nilai indeks tarik. Hal ini disebabkan karena serat yang terdegradasi bukan hanya serat-serat pendek, fraksi serat halus dan mikrofibril saja melainkan juga serat-serat panjang sehingga pulp semakin lentur (Widiastono and Hawazul., 2007). Menurut spesifikasi kertas, nilai indeks tarik kertas koran yang disyaratkan SNI-14-0091-1998 minimal 21,5 Nm<sup>2</sup>/g.

Penentuan indeks sobek dilakukan dengan menggunakan alat *tearing tester*. Sifat ketahanan sobek tergantung pada jumlah serat yang berada dalam lembaran, panjang serat, dan jumlah serta kekuatan ikatan antar serat. Adapun hasil penentuan indeks sobek ditampilkan Tabel 6.

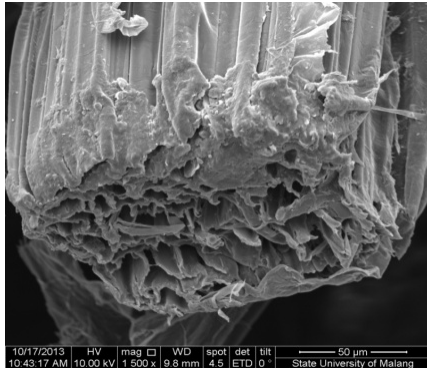
Tabel 6. Hasil penentuan indeks sobek

Konsentrasi enzim sampah (%)	Indeks sobek (mNm <sup>2</sup> /g)	
	dengan penambahan Enzim sampah	Menurut SNI 14-0091-1998 ISO
0	5,42	3,56
10	5,57	
20	5,88	
30	5,37	
40	5,23	

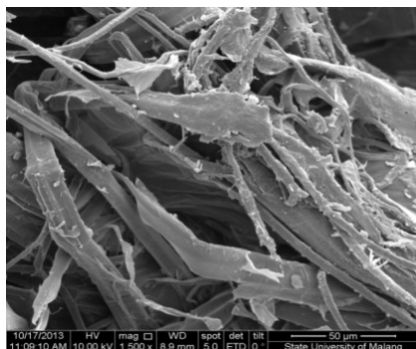
Tabel 6 menjelaskan bahwa dengan meningkatnya prosentase enzim yang ditambahkan, maka semakin berlawanan dengan nilai indeks sobeknya dimana nilai indeks sobek pada penambahan enzim sampah 20% lebih besar 0,65 yakni 5,88 mNm<sup>2</sup>/g. Peningkatan indeks sobek ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada penambahan enzim sampah lebih dari 20%, menurunkan fraksi serat halus atau lepasnya mikrofibril dari serat sebagai efek samping dari kerja enzim pada serat selulosa. Dengan demikian yang tertinggal hanya serat yang berukuran pendek, akibatnya ketahanan sobek lembaran menurun (Dina dan Elyani., 2009). Menurut spesifikasi kertas, nilai indeks sobek yang disyaratkan SNI-14-0091-1998 untuk kertas koran minimal 3,56 mNm<sup>2</sup>/g sedangkan nilai indeks sobek yang diperoleh dari penelitian ini adalah 5,23 - 5,88 mNm<sup>2</sup>/g. Dengan demikian,

lembaran yang dihasilkan memenuhi persyaratan indeks sobek tersebut.

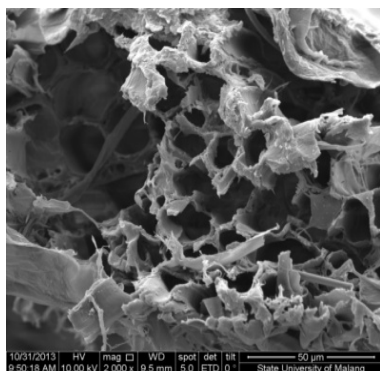
Sampel *pulp* dari pelepah batang pisang yang telah diinkubasi selama 120 menit dengan penambahan enzim sampah 20% dan 40% dianalisis menggunakan SEM untuk melihat morfologinya. Sebagai kontrol digunakan sampel *pulp* dari pelepah batang pisang tanpa penambahan enzim sampah. Adapun hasil analisis morfologi *pulp* menggunakan SEM ditampilkan pada Gambar 2, 3 dan 4.



Gambar 2. Hasil analisis morfologi permukaan melintang *pulp* pelepah batang pisang tanpa perlakuan dengan enzim sampah.



Gambar 3. Hasil analisis morfologi permukaan melintang *pulp* batang pisang hasil perlakuan dengan enzim sampah 20%



Gambar 4. Hasil analisis morfologi permukaan melintang *pulp* pelepah batang pisang hasil perlakuan dengan enzim sampah 40%

Hasil analisis morfologi permukaan serat *pulp* pelepah batang pisang tanpa enzim sampah (0%) menunjukkan serat-serat halus dan padat (Gambar 2), dengan penambahan enzim sampah 20% (Gambar 3) menunjukkan serat-serat halus, lebih bersih dan renggang sedangkan dengan penambahan enzim sampah 40% (Gambar 4) menunjukkan serat-serat halus, rapuh dan renggang. Hal ini terjadi karena enzim sampah mengandung enzim selulase dan xilanase yang dapat mendegradasi serat-serat halus dari *pulp* pelepah batang pisang yang terdiri dari selulosa dan xilan dan dapat pula mendegradasi lignin yang merupakan pengikat antar serat. Kerenggangan yang terjadi pada serat menunjukkan enzim-enzim tersebut bekerja mendegradasi permukaan serat *pulp* pelepah batang pisang (Subramaniyan and Prema., 2002).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat disimpulkan:

1. Enzim sampah mengandung aktivitas selulase 3,83 U/ml dan xilanase 5,54 U/ml pada pH 8 dan suhu 40 °C.
2. Penggunaan enzim sampah 20% dalam biobleaching pelepah batang pisang dapat meningkatkan derajat putih pulp sebesar 4,87%.
3. Karakteristik *pulp* hasil *biobleaching* pelepah batang pisang dengan enzim sampah yaitu nilai derajat putih 55,23% ISO, nilai indeks tarik sebesar 27,29 Nm<sup>2</sup>/g, nilai indeks sobek sebesar 5,88 mNm<sup>2</sup>/g. Karakteristik pulp ini telah memenuhi standar SNI-14-0091-1998.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, disarankan dilakukan uji aktivitas enzim ligninase dan lakase dalam enzim sampah untuk aplikasi *biobleaching pulp* dan industri yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dina, S.F., Elyani, N., 2009, Penggunaan Surfaktan Pada Proses *Biodeinking* Kertas Bekas Perkantoran Untuk Kertas Cetak, *Berita Selulosa*, 44 (1) : 1-10.
- Goswami, T., Kalita, D., Rao, P.G., 2008, Greaseproof Paper from Banana (*Musa Paradisica* L) Pulp Fibre, *Indian Journal of Chemistry Technology*, 15: 457 – 461.
- Kumar, M., Kumar, D., 2012, Comparative Study of Pulping of Banana stem, *International Journal of Fiber and Textile Research*, 1 (1): 1- 5.
- Lakouraj, T.M., Movogharnejad, K., 2005, Experimental Results on Enzymatic Deinking of Non-impact Ink Printed Papers, *Thesis*, Chemical Engineering Mazandaran University, Iran.
- Pala, H., Mota, M., Gama, F.M., 2004, Enzymatic Versus Chemical Deinking Of Non Impact Ink Printed Paper, *Journal of Biotechnology*, 108 : 79–89
- Richard, M., Maurice, K., Hyppolite, N., Ohandja, A., 2012, Optimisation of Graft Copolymerisation of Fibres from Banana

- Trunk, *E-Journal of Chemistry*, 9 (1): 373-380.
- Rismijana J., Nina E., Cucu., 2006, Efektifitas biodeinking pada pengolahan kertas bekas campuran, *Berita Selulosa*, 41 (1): 14-20.
- Saul, D., Gibbs, M.D., Bergquist, P, 2009, Enzymatic Bleaching Of Wood Pulp, *Biological Sciences University of Macquarie*, Australia.
- Shoham, Y., Zosim Z., Rosenberg E., 1993. Partial Decolorization of Kraft Pulp at High Temperature and High pH Values with an Extracelullar Xylanase from *Bacillus stearothermophilus*, *Journal of Biotechnology*, 30: 123-131.
- Stryer, 2000, *Biochemistry*, (diterjemahkan oleh: Sjahbanar, Soebianto Zahir dan Evi Setiadi), Penerbit EGC, Jakarta.
- Subramaniyan, S., Prema P., 2002, Biotecnology of Microbial Xylanase: Enzymology, Molecular Biology, and Application, *Journal of Biotechnolgy*, 22: 33-64.
- Widiastono, T.W., Hawasul, Z.M., 2007, Peningkatan Kualitas Serat Sekunder dengan Perlakuan Enzim dan Polimer, *Berita Selulosa*, 58 (2): 83-89.
- Volk., Wheeler., 1993, *Basic Microbiology*, Edisi 2, (diterjemahkan oleh: Markham), Penerbit Erlangga, Jakarta.

# PENENTUAN KONDISI OPTIMUM PENYERAPAN LOGAM KADMIUM OLEH ASAM HUMAT

Handoko Darmokoesoemo<sup>1</sup>, Harsasi Setyawati<sup>1\*</sup>, Ahmad Faisal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

Kampus C Mulyorejo, Surabaya

\*E-mail: [harsasi85@gmail.com](mailto:harsasi85@gmail.com)

## ABSTRACT

*This research was study on the formation of complexes between metals Cd(II) with humic acid and the optimum conditions of metal Cd(II) adsorption by humic acid. Determination of optimization conditions of metal Cd(II) adsorption by humic acid i.e. variation of contact time, pH and Cd(II) concentration. The results showed the optimum contact time was 90 minutes with a percentage of Cd adsorped was 86.52%, the pH optimum was pH 6 with a percentage of Cd adsorped was 80.39% and the optimum Cd(II) concentration was 500 ppm with the optimum Cd(II) adsorped by humic acid was 221, 8 mg /L. FTIR analysis showed the presence a bond between the metal Cd(II) with oxygen groups of humic acid at wavelength of 354.90  $cm^{-1}$ . The adsorption model of Cd(II) by humic acids showed Langmuir type with correlation coefficient 0,99909.*

**Keywords :** *humic acid, cadmium, Cd(II)-humat complexes.*

## PENDAHULUAN

Logam kadmium (Cd) merupakan logam berat yang sangat toksik dan karsinogenik. Kadmium dapat menyebabkan osteoporosis, anemia, emfisema non-hipertrofik, cedera saluran ginjal, eosinofilia, anosmia dan rinitis kronik jika kadarnya berlebih dalam tubuh (Flora, 2009). Gejala keracunan terus menerus dan kronis oleh logam kadmium dikenal dengan nama penyakit Itai – itai dimana penderita mengalami rasa nyeri di daerah persendian yang disebabkan terjadinya proses *osteomalaci*. Kadmium adalah salah satu logam yang dikelompokkan dalam jenis logam berat non-esensial. Logam ini jumlahnya relatif kecil, tetapi dapat meningkat jumlahnya dalam lingkungan karena proses pembuangan sampah industri maupun penggunaan minyak sebagai bahan bakar (Pacyna and Elisabeth, 2001). Kadmium memiliki mobilitas yang tinggi dibandingkan logam berat lainnya sehingga lebih mudah masuk dan terakumulasi ke dalam rantai makanan (Bernard, 2008).

Salah satu cara penanggulangan pencemaran logam berat adalah dengan mengadsorpsi senyawa logam berat tersebut menggunakan senyawa pengkhelat. Senyawa pengkhelat akan mengikat logam berat melalui ikatan koordinasi. Senyawa pengkhelat yang telah diteliti antara lain adalah EDTA yang digunakan sebagai pengkhelat nikel, alizarin sebagai pengkhelat aluminium, khelat EDTA, EDDS dan NTA untuk menanggulangi pencemaran kromium, serta asam sitrat yang digunakan untuk mengadsorpsi Ni(II) dan Co(II) (Gilbert dkk, 1996; Valic dkk, 2006; Pramudya, 2007; Palma and Nicola, 2012). Pada perkembangan lebih lanjut asam organik memiliki potensi sebagai pengkhelat logam berat.

Salah satu asam organik yang dapat digunakan sebagai adsorpen logam berat adalah asam humat. Gugus-gugus fungsi organik pada asam humat mempunyai kemampuan yang signifikan dalam fungsinya sebagai ligan pada pembentukan kompleks.

Asam humat dapat digunakan untuk menghilangkan kontaminan logam berat Ag dan Pb yang berada pada limbah cair ( Gyula, 2012). Asam humat terbukti efektif sebagai adsorpen logam Pb(II) dan Cu(II) yang terdapat pada abu layang batubara (*fly ash*) dengan cara pembentukan senyawa kompleks. Asam humat memiliki kandungan gugus fungsi yang mengandung atom oksigen seperti -COOH, -OH fenolik, gugus karboksilat dan -C=O yang menyebabkan asam humat memiliki kemampuan yang baik dalam membentuk kompleks dengan ion logam (Yong and Cynthia, 2006).

Adsorpsi adalah proses yang terjadi ketika gas atau zat terlarut cair terakumulasi pada permukaan padat atau cair (adsorpen), membentuk lapisan film molekul atau atom (adsorbat) (Uhrikova, 2007). Interaksi ini terjadi karena adanya gaya tarik atom molekul pada permukaan zat padat dan membentuk lapisan tipis yang menutupi lapisan tersebut. Pada penelitian ini dipelajari kondisi optimum penyerapan Cd(II) oleh asam humat yang meliputi optimasi waktu kontak asam humat, optimasi pH dan optimasi konsentrasi Cd(II). Pada penelitian ini juga dipelajari tipe mekanisme penyerapan Cd(II) oleh asam humat serta ikatan yang mungkin terjadi pada Cd(II) dan asam humat.

## METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini mempunyai derajat kemurnian pro analisis (p.a) antara lain asam humat (sigma Aldrich : FK53680-AG), Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 4H<sub>2</sub>O (Sigma Aldrich, 99%), HNO<sub>3</sub> (Merck, 65%), NaOH (Sigma Aldrich, 99%), HCl (Merck, 37%), dan pelarut yang digunakan adalah akuadem.

### Alat-alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV-1800 Shimadzu, AAS (*Atomic Adsorption*

*Spectrophotometer*) Shimadzu ZENIT 700, FTIR (*Fourier Transformation Infrared Spectroscopy*) 8201PC Shimadzu, corong Buchner, labu kjedahl, pH meter, *stirrer*, timbangan analitik serta peralatan gelas lainnya yang biasa digunakan dalam laboratorium.

#### Penentuan Waktu Kontak Optimum

Diambil 50 mL larutan  $Cd^{2+}$  100 ppm dimasukkan ke dalam masing-masing delapan gelas beker 100 mL. Selanjutnya larutan ditambahkan dengan asam humat masing-masing sebanyak 0,05 gram dan diaduk dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, dan 120 menit. Selanjutnya campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman no.42. Filtrat yang diperoleh kemudian didestruksi menggunakan labu Kjedahl dengan penambahan  $HNO_3$  65%. Hasil destruksi dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan  $HNO_3$  1% sampai tanda batas. Kandungan  $Cd^{2+}$  sisa pada larutan yang tidak diserap oleh asam humat dianalisis dengan AAS.

#### Penentuan pH Optimum

Diambil 50 mL larutan  $Cd^{2+}$  100 ppm dimasukkan ke dalam masing-masing enam gelas beker 100 mL. Selanjutnya pH larutan diatur pada pH 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 dengan penambahan NaOH atau HCl. Setiap larutan yang sudah diatur pHnya kemudian ditambahkan dengan asam humat sebanyak 0,05 gram dan diaduk dengan variasi waktu kontak optimum. Selanjutnya campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman no.42. Filtrat yang diperoleh kemudian didestruksi menggunakan labu Kjedahl dengan penambahan  $HNO_3$  65%. Hasil destruksi dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan  $HNO_3$  1% sampai tanda batas. Kandungan  $Cd^{2+}$  sisa pada larutan yang tidak diserap oleh asam humat dianalisis dengan AAS.

#### Penentuan Konsentrasi $Cd^{2+}$ optimum

Larutan induk  $Cd^{2+}$  1000 ppm diambil sebanyak 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 dimasukkan ke dalam masing-masing labu ukur 50 mL dan ditambah dengan akuadem sampai tanda batas. Selanjutnya pH larutan diatur pada pH optimum dengan penambahan NaOH atau HCl. Selanjutnya larutan ditambahkan dengan asam humat masing-masing sebanyak 0,05 gram dan diaduk dengan variasi waktu kontak optimum. Selanjutnya campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman no.42. Filtrat yang diperoleh kemudian didestruksi menggunakan labu Kjedahl dengan penambahan  $HNO_3$  65%. Hasil destruksi dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan  $HNO_3$  1% sampai tanda batas. Kandungan  $Cd^{2+}$  sisa pada larutan yang tidak diserap oleh asam humat dianalisis dengan AAS.

#### Karakterisasi Senyawa Kompleks Cd(II)-humat dengan FT-IR

Karakterisasi senyawa kompleks Cd(II)-humat menggunakan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi ikatan yang terbentuk pada kompleks Cd(II)-humat pada saat proses penyerapan logam Cd oleh asam humat. Spektrum senyawa kompleks direkam pada daerah bilangan gelombang 4000 - 300  $cm^{-1}$ .

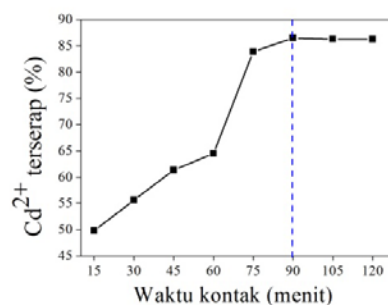
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak optimum merupakan waktu yang dibutuhkan asam humat untuk menyerap ion logam Cd(II) paling banyak. Optimasi waktu kontak dilakukan pada variasi 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dan 120 menit. Hasil penentuan waktu optimum ditunjukkan dalam Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa waktu kontak  $Cd^{2+}$  dengan asam humat mempengaruhi penyerapan  $Cd^{2+}$  oleh asam humat. Semakin lama waktu kontak, penyerapan logam  $Cd^{2+}$  oleh asam humat semakin besar. Pada waktu kontak 15 sampai 75 menit penyerapan logam  $Cd^{2+}$  menunjukkan prosentase 49,8% sampai dengan 83,9%. Besarnya peningkatan prosentase penyerapan ini disebabkan karena permukaan asam humat masih belum banyak yang berikatan dengan ion  $Cd^{2+}$  sehingga dapat melakukan penyerapan secara efektif (Setyowati dan Ulfin, 2007).

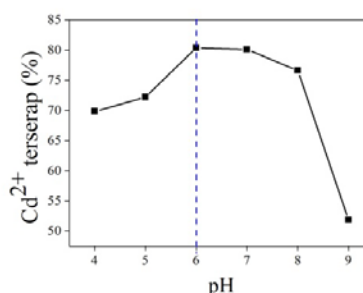
Penurunan penyerapan Cd(II) mulai terjadi pada waktu kontak 75 menit dan di atas 90 menit mulai menunjukkan nilai konstan. Hal ini disebabkan karena luas permukaan asam humat telah sebanding dengan jumlah logam Cd(II) yang terserap, dengan kata lain keseimbangan adsorpsi telah tercapai. Saat keseimbangan adsorpsi telah tercapai, penambahan waktu kontak tidak menambah jumlah logam Cd(II) yang diserap (Rahmawati dan Santoso, 2012). Prosentase penyerapan Cd(II) terbesar terjadi pada menit ke-90 yaitu sebesar 86,5 %.



Gambar 1. Kurva optimasi waktu kontak

### Hasil Penentuan pH Optimum

Pada penelitian ini pH optimum ditentukan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap kelarutan asam humat yang dapat mempengaruhi disosiasi gugus yang bersifat asam pada asam humat serta dapat mempengaruhi kelarutan ion logam dalam larutan. Penentuan pH optimum dimulai dari pH 4 sampai dengan pH 9. Data penentuan pH optimum disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Kurva optimasi pH

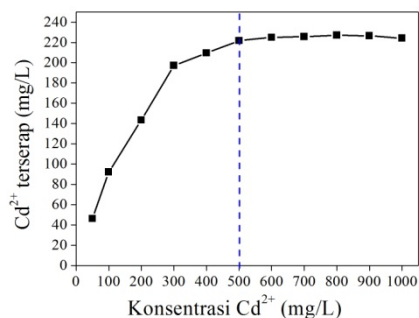
Gambar 2 menunjukkan bahwa penyerapan logam  $Cd^{2+}$  pada pH 4 sampai dengan pH 8 cukup besar yaitu lebih dari 70 %, sedangkan pada pH 9 terjadi penurunan prosentase penyerapan logam  $Cd^{2+}$  menjadi sebesar 51,8 %. Penyerapan logam  $Cd^{2+}$  optimal terjadi pada pH 6 dengan prosentase penyerapan sebesar 80,39%.

Pada pH 4 sampai 8 terjadi penyerapan asam humat yang cukup besar karena pada kisaran pH tersebut asam humat berbentuk sistem koloid polielektrolit yang fleksibel, dimana asam humat mengalami proses deprotonasi. Hal ini menjadikan permukaan asam humat dipenuhi oleh muatan negatif sehingga memudahkan  $Cd^{2+}$  berinteraksi dengan asam humat. Deprotonasi gugus – gugus pada asam humat menjadikan molekul asam humat meregang dan membentuk struktur memanjang untuk meminimalkan tolakan antara muatan – muatan negatif.

Penyerapan optimum  $Cd^{2+}$  oleh asam humat terjadi pada pH 6 dengan prosentase 80,39 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada pH tersebut semua gugus – gugus fungsi asam humat mengalami deprotonasi sehingga menjadikan asam humat bermuatan negatif dan memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam dengan maksimal. Penyerapan logam  $Cd^{2+}$  terendah terjadi pada pH 9 dengan prosentase penyerapan sebesar 51,86 %. Hal ini terjadi karena tingginya konsentrasi ion  $OH^-$  dalam larutan menyebabkan terjadinya reaksi antara  $OH^-$  dengan logam  $Cd^{2+}$  membentuk hidroksida logam sebelum akhirnya berikatan dengan asam humat (Rahmawati dan Santoso, 2012). Selain itu, banyaknya kation basa juga memungkinkan terikat dengan anion asam humat sehingga menghalangi pembentukan kompleks Cd-humat.

### Hasil Optimasi Penentuan Konsentrasi Optimum $Cd^{2+}$

Penentuan konsentrasi optimum  $Cd^{2+}$  dipelajari untuk mengetahui kapasitas maksimum asam humat dalam menyerap ion logam  $Cd^{2+}$ . Optimasi konsentrasi pada penyerapan logam  $Cd^{2+}$  oleh asam humat dilakukan pada pH 6 dengan waktu kontak 90 menit. Variasi konsentrasi  $Cd^{2+}$  yang digunakan dalam penelitian adalah 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 dan 1000 pp m. Hasil penentuan konsentrasi  $Cd^{2+}$  yang teradsorpsi oleh asam humat disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Kurva optimasi konsentrasi  $Cd^{2+}$

Gambar 3 menunjukkan bahwa peningkatan daya serap terbesar terjadi pada konsentrasi 50 ppm sampai 300 ppm yaitu dari 92,27 mg/L sampai 197,3

mg/L. Hal ini disebabkan karena semakin besar konsentrasi  $Cd^{2+}$  yang terdapat dalam larutan maka kemampuan asam humat untuk menyerap  $Cd^{2+}$  semakin besar. Pada konsentrasi 300 pp m sampai 500 ppm peningkatan daya serap mulai menurun, dari 197,3 mg/L sampai 221,8 mg/L. Pada konsentrasi di atas 500 ppm cenderung tidak ada peningkatan daya serap dikarenakan permukaan asam humat telah seluruhnya jenuh dengan logam  $Cd^{2+}$  sehingga telah tercapai kesetimbangan antara luas permukaan asam humat dengan jumlah logam  $Cd^{2+}$  yang teradsorpsi. Pada kondisi kesetimbangan adsorpsi, permukaan asam humat telah dipenuhi oleh adsorbat sehingga tidak mampu lagi menyerap logam  $Cd^{2+}$  (Syauqiah dkk, 2011).

Berdasarkan Gambar 3 konsentrasi optimum  $Cd^{2+}$  ditunjukkan pada konsentrasi 500 ppm dan pada konsentrasi tersebut daya serap asam humat terhadap  $Cd^{2+}$  dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Daya serap (mg/g)} = \frac{(C_{awal} - C_{akhir}) (mg/L)}{\text{Berat asam humat (gr)}} \times \text{vol. larutan (L)}$$

Dari persamaan di atas diketahui daya serap asam humat terhadap  $Cd^{2+}$  sebesar 221,8 mg/g yang artinya setiap gram asam humat hanya dapat menyerap 221,8 mg  $Cd^{2+}$  secara optimum.

### Penentuan Tipe Adsorpsi Isotermis Ion Logam $Cd^{2+}$ oleh Asam Humat

Tipe adsorpsi isotermis penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$  oleh asam humat dapat ditentukan dengan membuat kurva persamaan regresi adsorpsi isotermis *Langmuir* dan adsorpsi isotermis *Freundlich*. Pembuatan kurva persamaan regresi adsorpsi isotermis *Langmuir* dan *Freundlich* ditentukan melalui data pada Tabel 1.

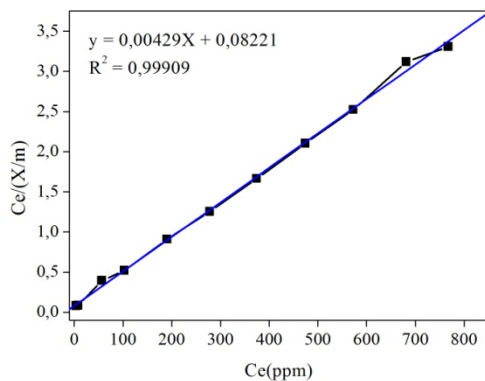
Tipe adsorpsi isotermis *Langmuir* ditentukan berdasarkan dengan kurva hubungan  $C_e/(X/m)$  terhadap  $C_e$  sedangkan tipe adsorpsi isotermis *Freundlich* dibuat berdasarkan kurva hubungan  $\text{Log}(X/m)$  terhadap  $\text{Log} C_e$  dimana  $C_e$  = konsentrasi molekul zat yang berada dalam larutan (mg/L);  $X$ = massa zat teradsorpsi (mg) dan  $m$ = berat adsorben. Kurva adsorpsi isotermis *Langmuir* dan *Freundlich* disajikan dalam Gambar 5 dan Gambar 6.

Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa pada adsorpsi isotermis *Langmuir* memiliki nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) 0,9989 sedangkan pada adsorpsi isotermis *Freundlich* nilai koefisien korelasinya ( $R^2$ ) 0,8943. Berdasarkan nilai koefisien korelasi kedua persamaan adsorpsi isotermis tersebut dapat disimpulkan bahwa tipe adsorpsi logam  $Cd^{2+}$  oleh asam humat mendekati persamaan adsorpsi isotermis *Langmuir* karena memiliki nilai koefisien korelasi yang lebih besar (Kundari dkk, 2010).

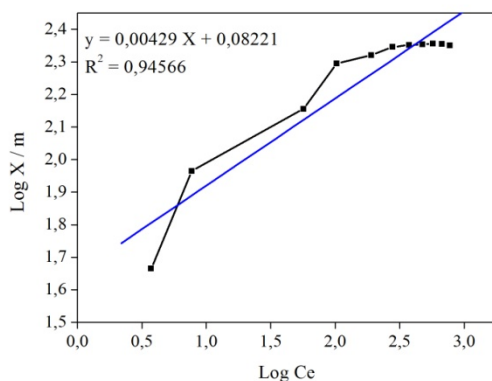
Tabel 1. Data adsorpsi isoteremis penyerapan  $Cd^{2+}$  oleh asam humat

Ce	X/m	Ce/(X/m)	log Ce	log X/m
3,737	46,263	0,080777	0,5725	1,665
7,725	92,275	0,08371715	0,8878	1,965
56,63	143,37	0,394991979	1,753	2,156
102,7	197,3	0,520527116	2,011	2,295
190,5	209,5	0,909307876	2,2798	2,3211
278,2	221,8	1,254283138	2,4443	2,3459
374,4	225	1,664	2,5733	2,3522
474,3	225,7	2,101462118	2,676	2,3535
572,9	227,1	2,522677235	2,758	2,3562
681,4	218,6	3,117108875	2,8282	2,3552
767,8	232,2	3,306632214	2,8897	2,3506

Ce: konsentrasi  $Cd^{2+}$  sisa (mg/L) ; X/m: daya serap asam humat (mg/g)



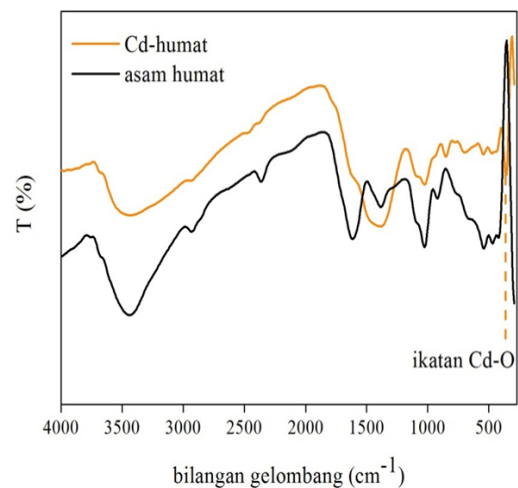
Gambar 5. Kurva Adsorpsi Isoteremis *Langmuir*



Gambar 6. Kurva Adsorpsi Isoteremis *Freundlich*

### Karakterisasi Senyawa Kompleks $Cd(II)$ -humat dengan FTIR

Karakterisasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi ikatan yang terjadi antara logam  $Cd(II)$  dengan asam humat. Spektra FTIR dapat memberikan informasi mengenai gugus fungsi yang terdapat dalam asam humat beserta ikatan logam-ligan yang terbentuk pada senyawa kompleks  $Cd(II)$ -humat. Hasil analisis FTIR  $Cd(II)$ -humat ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum FT-IR asam humat dan  $Cd(II)$ -humat

Gambar 7 menunjukkan bahwa terdapat pita serapan gugus fungsi baru pada bilangan gelombang  $354,90\text{ cm}^{-1}$ . Pita serapan ini mengindikasikan terjadinya ikatan antara logam  $Cd(II)$  dengan asam humat membentuk senyawa kompleks  $Cd(II)$ -humat (Miessler, 2014)

### KESIMPULAN

Asam humat dapat mengadsorpsi logam  $Cd(II)$  dengan kondisi waktu kontak optimum adalah 90 menit dengan prosentase penyerapan asam humat terhadap logam  $Cd^{2+}$  sebesar 86,52%, kondisi pH optimum adalah pH 6 dengan prosentase penyerapan asam humat terhadap logam  $Cd^{2+}$  sebesar 80,39% dan konsentrasi  $Cd(II)$  optimum adalah 500 ppm dengan daya serap asam humat terhadap logam  $Cd(II)$  sebesar 221,8 mg/g.

Tipe adsorpsi yang terjadi pada saat penyerapan  $Cd(II)$  oleh asam humat adalah tipe adsorpsi isoteremis *Langmuir* dengan nilai koefisien korelasi 0,99909. Proses penyerapan  $Cd(II)$  oleh asam humat melibatkan pembentukan senyawa kompleks  $Cd(II)$ -humat yang ditunjukkan melalui spektrum FTIR pada bilangan gelombang  $354,90\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya

ikatan logam Cd(II) dengan gugus O pada asam humat (Cd-O).

#### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait aplikasi asam humat hasil isolasi sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam berat

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bernard A. 2008. Cadmium & its adverse effects on human health. *Indian Journal Med Res*, **4**, 557-564.
- Flora S. 2009. Metal Poisoning: Threat and Management. *Al Ameen J Med Sci*, **2**, 4 -26.
- Gilbert D, Patrick S and Pascal P. 1996. Aluminium-27 Solid-state NMR Study of Aluminium Coordination Complexes of Alizarin. *Magnetic Resonance in Chemistry*, **34**, 638-645.
- Korodi Gyula. 2011. Application of humic acids and their derivatives in environmental pollution control. Hungary; *Journal of AARMS*. **11**, No. 1 (2012), 61-65.
- Kundari, N.A, Susanto., Apri, P., Maria, C. 2010. Adsorpsi Fe dan Mn dalam Limbah Cair dengan Zeolit Alam. Jogjakarta; *Jurnal STTN-BATAN*. 705-710.
- Miessler, Gary L., Fischer, Paul J and Tarr, Donald A., 2014, *Inorganic Chemistry*, 5<sup>th</sup> Ed., Pearson Education Inc., United States, 430-433.
- Pacyna, J and Elisabeth G. 2001. An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. *Environ NRC Research Press*, **9**, 269-298.
- Palma, L and Nicola V. 2012. Metals Extraction from Contaminated Soils: Model Validation and Parameters Estimation. *Journal of The Italian Association of Chemical Engineering*, **28**, 193-198.
- Pramudya S Allyn. 2007. Pengaruh Penambahan EDTA, Asam Humat dan Asam Fulvat dalam Fitoremediasi Tanah Terkontaminasi Logam Nikel, Arsen, dan Merkuri oleh Bunga Matahari. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, **5** No 2, 14-23.
- Rahmawati, A., dan Santoso, S.J. 2012. Studi Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cd pada Asam Humat dalam Medium Air. *Alchemy*. **2 No.1**, 46-57.
- Setyowati, D dan Ulfin, I. 2007. Optimasi Kondisi Penyerapan Ion Aluminium Oleh Asam Humat. *Akta kimindo*, **2 No. 2**, 85-92.
- Uhrikova. D. 2007. *Manual for laboratory practice in physical chemistry for student of pharmacy*. Hal: 1-5 .Department of Physical Chemistry, Comenius University, Bratislava Slovak.
- Valic M and Deepatana A. 2006. Adsorption of Metals from Metal-Organic Complexes Derived from Bioleaching of Nickel Laterite Ores. *Engineering Conferences International Art*, **4**, 1-14.
- Wang Shaobin and Terdkiatburana. 2007. Single and co-adsorption of heavy metals and humic acid on fly ash. Australia; *Journal of Hazardous Materials* **146**, **22**, 1-6.
- Yong R and Cynthia A. 2006. Humic acid preparation, properties and interactions with metals lead and cadmium. Canada; *Journal of Engineering Geology*, **85**, 26-32.



# KAJIAN PROSES SINTERING PADA METODE METALURGI SERBUK PADUAN KOBALT SEBAGAI KANDIDAT MATERIAL IMPLAN TULANG

Aminatun<sup>1\*</sup>, Jan Ady<sup>1</sup>, Tri Saktiani<sup>1</sup>, Retna Apsari<sup>1</sup> dan Suhariningsih<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Jl. Mulyorejo, Kampus C, Universitas Airlangga, Surabaya, 60115

\*e-mail : [aminatun@fst.unair.ac.id](mailto:aminatun@fst.unair.ac.id) dan [ami\\_sofijan@yahoo.co.id](mailto:ami_sofijan@yahoo.co.id)

## ABSTRACT

*This study aimed to find out the optimum sintering temperature and time on the powder metallurgy method to produce cobalt alloy as candidate bone implants material. The quality of the metal alloy of the metallurgy method is determined by the temperature and time of sintering, resulting in the selection of these two parameters will be generated alloy which has a crystal structure as expected with better mechanical properties along with the crystal structure. The sintering process used powder metallurgy method with composition of 63.75 % Co - 30 % Cr - 5 % Mo - 0 , 5 % Mn - 0 , 5 % Si - 0 , 25 % N adjusted to ASTM F75. The initial step is all the ingredients of the milling process were mixed at a speed of 350 rpm for 15 minutes. Furthermore, powder was compressed with 21 MPa pressure at 200°C with 10 minutes holding time in the form of pellets with diameter of 1.5 cm. The pellet was sintered with temperature variations of 1100 °C, 1200 °C and 1300 °C for 2 hours holding time each, and at a temperature of 1300 °C with a variation of 1 hour and 3 hours holding time. The results showed that the crystal structure of the cobalt alloy contained 3 phase, which are phase  $\gamma$  (FCC), phase  $\epsilon$  (HCP), and  $\sigma$  phase (tetragonal).  $\gamma$  phase appears at a temperature of 1300°C with 1 and 2 hours holding time. The emergence of this  $\gamma$ -phase led to the increase of cobalt alloy hardness value, because  $\gamma$ -phase is a stable phase with a density greater than the other phases. The highest hardness value of  $304.7 \pm 9.0$  VHN with the largest  $\gamma$ -phase fraction (34.9 %) was obtained at a sintering temperature of 1300 °C with 2 hours holding time. SEM - EDX test results indicated that cobalt alloys still contain pores or cavities with the uneven elements distribution and oxidation occurs. Based on these results it can be concluded that the sintering temperature of 1300 °C with 2 hours holding time is the optimal sintering temperature and time to produce a cobalt alloy which has potential as bone implant material in terms of hardness value.*

**Keywords:** cobalt alloy, powder metallurgy, sintering

## PENDAHULUAN

Material yang digunakan sebagai implan tulang harus memenuhi beberapa karakteristik yaitu bahan tersebut harus aman, tidak beracun, ringan, tahan korosi dan bersifat poros (Priyotomo, 2005). Selain itu harus bersifat biokompatibel yaitu tidak ditolak tubuh, tidak menimbulkan alergi dan dapat menyatu dengan jaringan, seperti jaringan tulang (Yuswono, 2005). Pada prinsipnya, material logam dapat dimanfaatkan sebagai material implan tulang karena mempunyai sifat kekuatan, ketangguhan dan kekerasan sebagai biomaterial. Pada saat material logam diimplankan ke dalam tubuh tidak patah dan tetap kaku, tidak seperti material keramik dan plastik (Prasetyo, 2010).

Material implan berbasis logam yang banyak digunakan untuk keperluan implan tulang adalah *stainless steel* 316L (ASTM F 138), paduan kobalt (ASTM F75, F 799), titanium murni dan paduan titanium / Ti-6Al-4V (ASTM F 67 dan F 136) (Shamsul, *et.al.*, 2007). Paduan kobalt memiliki tingkat biokompatibilitas yang lebih rendah dari pada paduan titanium, akan tetapi memiliki sifat mekanik yang hampir sama dan harganya lebih murah dibandingkan dengan paduan titanium. Sedangkan jika dibandingkan dengan *stainless steel*, paduan kobalt memiliki sifat biokompatibilitas, ketahanan korosi dan sifat mekanik yang lebih baik, walaupun harganya lebih tinggi dibandingkan *stainless steel*. Uji sitotoksitas komposit paduan kobalt dengan hidroksiapatit pada sel fibroblast menunjukkan bahwa persentase sel hidup berkisar antara 78.6-95.8%, ini menunjukkan bahwa komposit paduan kobalt-hidroksiapatit tidak toksik (Aminatun dkk, 2011). Berdasarkan kelebihan sifat yang dimiliki

paduan kobalt dan potensinya untuk digunakan sebagai implan tulang maka perlu dilakukan kajian tentang proses sintesisnya.

Sejauh ini belum ada informasi yang jelas berapa suhu dan waktu yang optimal dalam proses sintering untuk meningkatkan sifat mekanik paduan kobalt sebagai bahan implan tulang *prosthesis*. Hal ini bisa dimengerti, karena unsur pepadu masing - masing logam Cr dan Mo mempunyai titik lebur (1903<sup>o</sup>C dan 2610<sup>o</sup>C) yang jauh lebih tinggi dari pada Co (1490<sup>o</sup>C) (Yuswono & Andika, 2010). Jadi ada kemungkinan logam pepadunya tidak larut homogen di dalam logam dasarnya karena suhu berpengaruh terhadap sifat mikro (struktur kristal dan morfologi permukaan) dan sifat mekanik (kekerasan) bahan.

Telah dilakukan penelitian oleh Kamardan *et. al* (2010) pembuatan spesimen paduan kobalt dengan perbandingan komposisi Co dan Cr sebesar 7:3 melalui metode metalurgi serbuk dengan variasi suhu sintering yaitu 1000°C, 1100°C, 1200°C, 1300°C dan 1400°C dalam waktu 1 jam. Hasil pengamatan uji kekuatan tekan meningkat dari 91 MPa sampai 95 MPa, dan uji kekerasan Vickers juga meningkat dari 140 sampai 203 VHN. Hasil SEM paduan kobalt setelah disinter dengan dialiri gas argon menunjukkan bahwa pada suhu 1400 °C bahan tersebut retak.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Yuswono dan Andika (2010), pembuatan spesimen paduan kobalt (Co-30%Cr-6%Mo) melalui pengerjaan sinter dilakukan pada suhu 1250°C selama 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanasan pada suhu 1250°C menyebabkan adanya transformasi fasa  $\epsilon$  (kisi kristal heksagonal) ke fasa  $\gamma$  (kisi kristal FCC). Namun

demikian pembentukan fasa  $\sigma$  (rapuh) sangat mungkin terjadi karena fasa  $\sigma$  dengan kisi kristal tetragonal masih tetap terbentuk pada suhu tinggi hingga 1283°C, sehingga sangat penting untuk menghindari pembentukan fasa  $\sigma$  (rapuh) dan menjaga matriks dalam struktur kristal FCC (fasa  $\gamma$ ) (Kamardan, *et.al*, 2010).

Terbentuknya fasa  $\gamma$  bergantung pada komposisi masing – masing unsur penyusunnya, suhu serta waktu proses sintering. Suhu dan waktu proses sintering akan mempengaruhi porositas paduan yang terbentuk yang pada akhirnya mempengaruhi sifat mekanik paduan. Pada suhu dan waktu yang tepat akan dihasilkan paduan dengan struktur kristal sesuai harapan dengan sifat mekanik yang lebih baik seiring dengan struktur kristal yang terbentuk.

Berdasarkan uraian di atas, maka kajian terhadap pengaruh suhu dan waktu sintering perlu dilakukan untuk mendapatkan suhu dan waktu optimal yang dapat menghasilkan paduan kobalt yang optimal pula berdasarkan sifat mikro (struktur kristal, morfologi permukaan dan komposisi unsur penyusun) dan sifat mekanik (kekerasan).

## METODE PENELITIAN

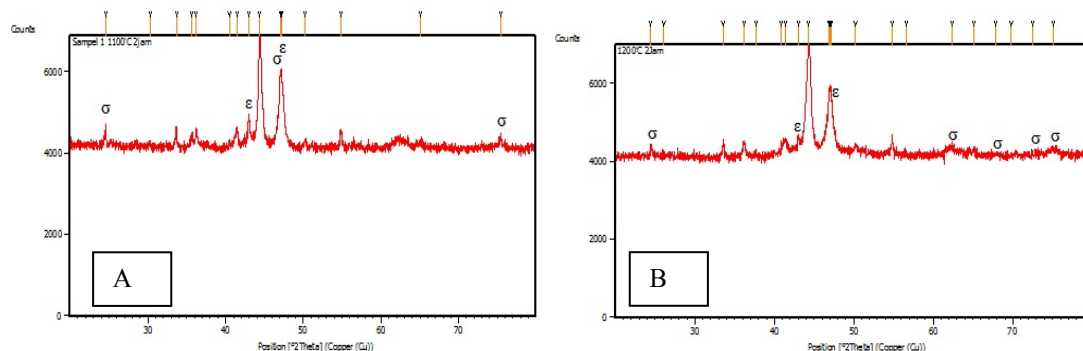
### Alat dan Bahan Penelitian :

Alat yang digunakan untuk pembuatan sampel pada penelitian ini yaitu gelas kimia, spatula, krusibel alumina, *High Energy Milling* (HEM 3D), *furnace programable*, neraca analitik dan mesin hidrolik, sedangkan untuk karakterisasi sampel yaitu difraktometer sinar-X *PANalytical X'Pert PRO*, *Scanning Electron Microscopy* (SEM- Fei Inspect S50) dan *Microvickers Hardness Test (Tester Digital Auto Turret model 402MVD)*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis hasil XRD(*X-Ray Diffraction*)

Uji XRD dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari masing-masing sampel. Hasil uji XRD dari 5 sampel paduan kobalt ditunjukkan pada Gambar 1.



Bahan yang digunakan adalah serbuk kromium [Cr (99+) - Merck], serbuk kobalt [Co(99+) - Sigma-Aldrich], serbuk molibdenum [(Mo (99+) - Merck], serbuk mangan [Mn (99+) – Merck], serbuk silikon (Si - Merck) dan serbuk Cr<sub>2</sub>N (Nilaco).

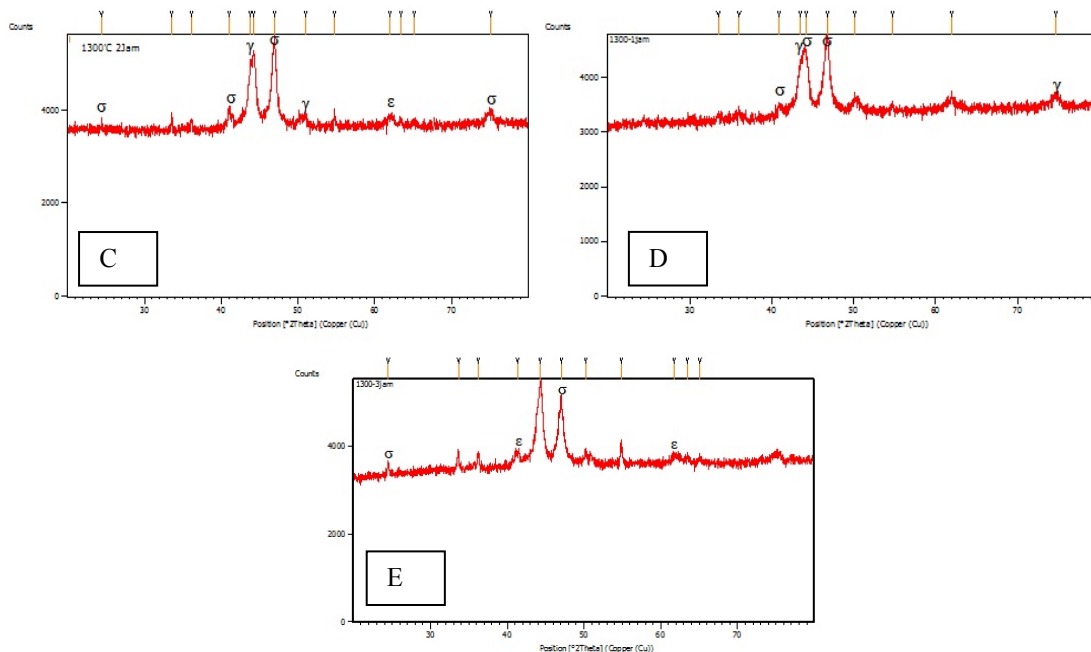
## Prosedur penelitian

### Pembuatan sampel

Pembuatan sampel diawali dengan menimbang bahan dengan komposisi 63,75%Co-30%Cr-5%Mo-0,5%Mn-0,5%Si-0,25%N dengan massa total sampel 2 gram (Arcam, 2007). Selanjutnya masing – masing serbuk logam yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam wadah botol, kemudian dimasukkan ke dalam *vial* dan diputar dengan menggunakan *High Energy Milling* dengan kecepatan rotasi 350 r pm selama 15 menit. Campuran serbuk logam tersebut dikompaksi dengan mesin hidrolik tekanan 21 M Pa pada suhu 200°C dengan waktu penahanan 10 menit. Ukuran diameter sampel adalah 15,5 mm. Spesimen hasil kompaksi disinter dengan variasi suhu sintering 1100°C, 1200°C, dan 1300°C dengan waktu penahanan 2 jam, selanjutnya dinamakan sampel A, B dan C, sedangkan variasi waktu penahanan sintering 1 jam dan 3 jam dengan suhu sintering 1300°C selanjutnya dinamakan sampel D dan E. Seluruh sampel yang telah disinter diampelas secara berurutan dari yang kasar sampai yang halus memakai kertas ampelas dengan nomor 200 sampai 1200 mesh.

### Karakterisasi sampel

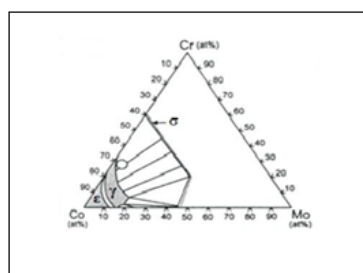
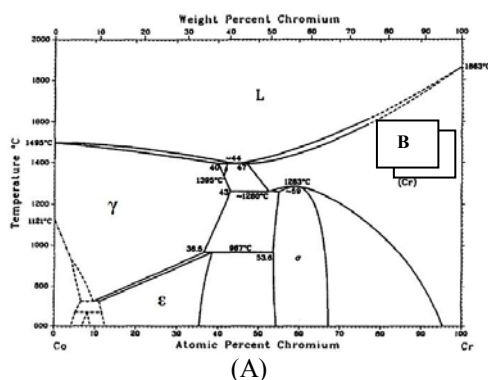
Kelima sampel kemudian dikarakterisasi struktur kristal (fasa yang terbentuk) dengan XRD, morfologi permukaan dan kandungan unsur dengan SEM-EDX dan kekerasan dengan *microhardness test*.



Gambar 1. Spektrum XRD paduan kobalt sampel A (1100°C/2jam), sampel B ((1200°C/2jam), sampel C (1300°C/2jam), sampel D (1300°C/1jam), dan sampel E (1300°C/3jam)

Gambar 1 memperlihatkan bahwa pada paduan kobalt yang telah melalui semua tahapan yaitu *milling*, *pressing* (kompaksi) dan sintering diperoleh hasil bahwa dari sampel dengan pemanasan 1100°C dan 1200°C belum terbentuk fasa FCC ( $\gamma$ ). Hal ini sesuai dengan diagram terner Co-Cr-Mo dimana dengan adanya unsur Mo dalam paduan menyebabkan transformasi fasa HCP ( $\epsilon$ ) ke fase  $\gamma$  berlangsung pada suhu lebih tinggi jika dibandingkan dengan diagram biner (Co-Cr) yaitu pada suhu 1300°C (Gambar 2) (Kamardan, *et.al*, 2010). Namun pada sampel yang disinter suhu 1300°C selama 2 jam muncul tiga fasa

yaitu fasa  $\gamma$ ,  $\epsilon$ , dan fase  $\sigma$ . Munculnya fasa  $\epsilon$  (pada suhu 1100°C dan 1200°C menunjukkan bahwa pada kedua suhu tersebut belum terjadi transformasi yang sempurna dari HCP ke FCC. Transformasi fasa  $\epsilon$  (HCP) ke fasa  $\gamma$  (FCC) mulai terjadi pada suhu 1300°C dengan waktu 1 dan 2 jam. Pada suhu sintering 1300°C selama 3 jam tidak muncul fasa  $\gamma$ . Hal ini diduga karena lama waktu sintering 3 jam menyebabkan struktur kristal mengalami deformasi. Fraksi fasa dari hasil XRD masing – masing sampel dinyatakan dalam Tabel 1.



Gambar 2. (A) Diagram Biner Co-Cr dan (B) Diagram Terner Co-Cr-Mo pada suhu 1300°C (Kamardan, *et.al*, 2010)

Tabel 1. Fraksi Fasa Paduan Kobalt

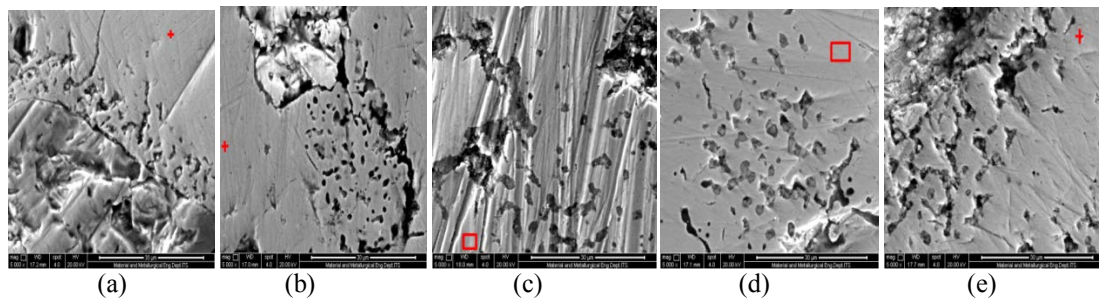
Sampel	Fraksi Fasa (%)		
	$\gamma$	$\epsilon$	$\sigma$
A	-	51.5	48.5
B	-	71.7	28.3
C	34.9	4.9	60.2
D	29.4	-	70.6
E	-	16.4	83.6

Tampak pada Tabel 1 bahwa fasa  $\sigma$  (tetragonal) muncul di semua sampel dengan persentase yang sangat besar, padahal fasa  $\sigma$  yang bersifat rapuh diharapkan persentasenya sangat kecil. Hal ini diduga karena adanya proses yang kurang sempurna saat kompaksi dan sintering. Pada saat kompaksi dengan tekanan 21 MPa, diduga masih belum sempurna sehingga menimbulkan ruang kosong yang kemudian terisi udara. Adanya ruang kosong ini sangat berpengaruh pada proses terbentuknya oksida, dimana pada saat perlakuan selanjutnya yaitu proses sintering, udara yang terjebak pada sampel akan keluar dan bereaksi dengan unsur padu paduan kobalt yang kemudian menimbulkan oksida. Selain itu proses

sintering yang tidak vakum sekalipun dialiri gas argon menyebabkan udara masih terjebak dalam *furnace* dan ikut bereaksi.

#### Analisis hasil SEM-EDX

Morfologi permukaan sampel diamati dengan menggunakan SEM dengan perbesaran 5000x. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan waktu sintering terhadap profil permukaan sampel. Gambar 3 menunjukkan morfologi permukaan masing – masing sampel dan Tabel 2 hasil analisis EDX dengan variasi suhu 1100°C , 1200°C , dan 1300°C selama 2 jam, serta variasi waktu 1 jam dan 3 jam pada suhu 1300°C.



Gambar 3. Morfologi permukaan sampel dari SEM (a) Sampel A, (b) Sampel B, (c) Sampel C, (d) Sampel D dan (e) Sampel E

Tabel 2. Hasil Analisis EDX

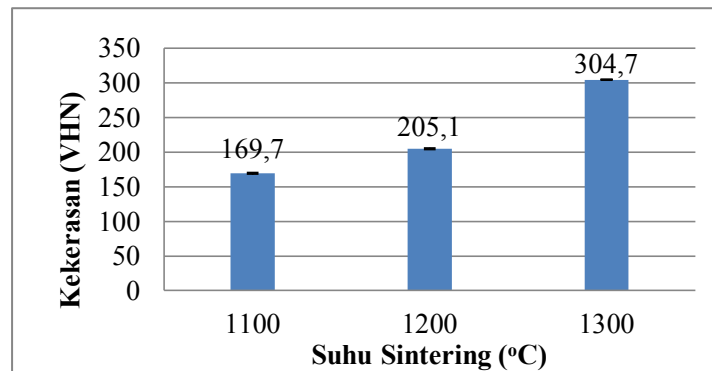
Elemen	Wt% Sampel (persentase berat untuk tipe sampel)					
	Awal	A	B	C	D	E
N K	0.25	1.42	0.85	1.15	0.74	1.19
O K	0.00	5.37	5.41	5.02	5.64	6.09
Si K	0.50	0.96	2.7	1.26	2.91	1.62
Mo L	5.00	4.39	5.88	7.94	12.46	6.73
Cr K	30.00	17.32	12.99	17.96	15.61	20.08
Mn K	0.50	0.95	0.66	0.58	0.46	0.83
Co K	63.75	69.58	71.5	66.1	62.18	63.45

Hasil pengamatan SEM-EDX (Gambar 3 dan Tabel 2) pada kelima sampel memiliki pori atau rongga karena munculnya pori dalam metode metalurgi serbuk ini hampir tidak bisa dihindari meskipun setelah proses sintering. Hal ini sesuai dengan pernyataan yang diungkap dalam Dutta & Dipankar, 2012. Pori atau rongga ini memicu terjadinya oksidasi. Hal ini nampak pada hasil EDX Tabel 2 bahwa pada semua sampel muncul unsur O dengan kadar yang cukup besar (5,02-6,09%wt). Munculnya Oksigen ini memang tidak bisa dihindari karena proses pemanasan dilakukan pada suhu tinggi dengan kondisi *furnace* yang tidak vakum sekalipun sudah dialiri gas argon. Munculnya oksigen ini memicu kromium untuk teroksidasi sehingga kadar kromium pada kelima sampel setelah proses sintering menurun dibandingkan dengan kadar sebelum proses sintering. Pada Gambar 3 dan Tabel 2 tampak sekali bahwa distribusi unsur tidak homogen. Terbukti bahwa pada daerah kecil (tanda kotak merah) yang diidentifikasi terjadi perubahan kadar unsur antara

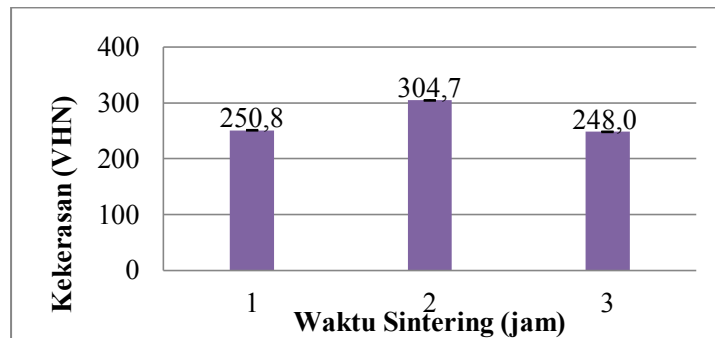
sebelum dan sesudah proses sintering. Ketidakhomogenan ini bisa jadi disebabkan karena waktu yang digunakan pada proses *milling* kurang lama, sehingga unsur penyusun paduan belum tercampur dengan baik. Selain itu, hal tersebut juga muncul sebagai akibat terbentuknya lapisan oksida yang disebabkan karena *furnace* yang tidak dalam kondisi vakum.

#### Analisis hasil kekerasan Vickers

Pengukuran tingkat kekerasan dari paduan kobalt ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan sampel terhadap deformasi tekan atau penetrasi yang bersifat tetap. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Vickers menggunakan alat *Micro Vickers Hardness Test* dengan beban sebesar 1000 gf (1 kgf). Pengujian dilakukan pada 3 titik yang berbeda, sehingga akan diperoleh nilai rata-rata kekerasannya. Pada Gambar 4 dan 5 ditunjukkan data hasil pengukuran nilai kekerasan Vickers.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Kekerasan Terhadap Suhu Sintering



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Kekerasan Terhadap Waktu Sintering

Berdasarkan hasil uji kekerasan pada sampel dengan variasi suhu sintering (Gambar 4) diperoleh nilai kekerasan terendah pada sampel dengan suhu 1100°C dengan nilai  $(169.7 \pm 2.9)$  VHN dan nilai kekerasan terbesar pada sampel dengan suhu 1300 °C dengan nilai  $(304.7 \pm 9.0)$  VHN. Hasil pengukuran ini menunjukkan nilai kekerasan cenderung meningkat seiring dengan peningkatan suhu sintering. Sedangkan untuk hasil pengukuran dengan variasi waktu (Gambar 5) menunjukkan bahwa pada waktu sintering 3 jam dihasilkan nilai kekerasan yang lebih rendah yaitu  $(248.0 \pm 33.9)$  VHN jika dibandingkan dengan waktu sintering 1 jam dan 2 jam. Hal ini diduga karena lama waktu sintering 3 jam menyebabkan ikatan antar partikel semakin lemah. Ditunjukkan dari hasil analisis fraksi fasa pada Tabel 1 bahwa Sampel E (1300 °C – 3 jam) menunjukkan persentase fraksi fasa  $\sigma$  terbesar yaitu 83.6%.

Hasil uji kekerasan ini seiring dengan hasil uji XRD dimana pada karakterisasi XRD menunjukkan semakin besar persentase fraksi fasa  $\sigma$  maka kekerasan semakin menurun. Namun dengan munculnya fasa  $\gamma$  yang stabil maka kekerasannya meningkat, hal ini bisa dilihat dari hasil kekerasan sampel C (1300 °C - 2 jam) dimana pada sampel ini terbentuk fasa  $\sigma$  (58.3%), fasa  $\epsilon$  (5.1%) dan fasa  $\gamma$  (36.6%). Sedangkan hasil SEM pada Sampel A dan B menunjukkan morfologi permukaannya mengalami aglomerasi (penggumpalan), nilai kekerasannya lebih kecil jika dibandingkan dengan sampel C  $(304.7 \pm 9.0)$  VHN yang permukaannya tidak terbentuk aglomerasi. Berdasarkan hasil yang diperoleh ini menunjukkan bahwa hanya pada suhu dan waktu sintering yang tepatlah yang bisa digunakan sebagai aplikasi implan tulang. Sesuai dengan standar ASTM F75 kekerasan paduan kobalt untuk aplikasi implan tulang mempunyai range 25 – 35

HRC (Arcam, 2007) atau dalam kekerasan vickers  $265 < \text{VHN} < 350$ , sehingga dari hasil karakterisasi di atas, yang memenuhi standar ASTM F75 sebagai implan tulang adalah pada suhu 1300°C selama 2 jam. Untuk memastikan kelayakan paduan ini sebagai material implan tulang perlu dilakukan karakterisasi yang lain yaitu uji biokompatibilitas (uji korosi dan sitotoksitas).

#### SIMPULAN

Hasil uji struktur kristal menunjukkan bahwa paduan kobalt hasil metode metalurgi serbuk dengan variasi suhu dan waktu sintering mengandung 3 fasa yaitu fasa  $\gamma$  (FCC), fasa  $\epsilon$  (HCP) dan fasa  $\sigma$  (tetragonal). Fasa  $\gamma$  muncul pada suhu 1300°C dengan waktu penahanan 1 dan 2 jam. Munculnya fasa  $\gamma$  ini menyebabkan nilai kekerasan paduan kobalt meningkat. Nilai kekerasan tertinggi  $304.7 \pm 9.0$  VHN dengan fraksi fasa  $\gamma$  terbesar (34,9%) diperoleh pada suhu sintering 1300°C dengan waktu penahanan 2 jam. Hasil uji SEM-EDX menunjukkan bahwa paduan kobalt masih mengandung pori atau rongga dengan distribusi unsur yang belum merata dan terjadi oksidasi. Suhu sintering 1300°C dengan waktu penahanan 2 jam merupakan suhu dan waktu sintering optimal untuk menghasilkan paduan kobalt yang memiliki potensi sebagai bahan implan tulang.

#### SARAN

Untuk menghindari terjadinya oksidasi maka proses sintering harus dilakukan pada furnace dalam kondisi vakum dan dialiri argon. Selain itu proses kompaksi harus dilakukan pada tekanan yang lebih besar dari 21MPa. Perlu dilakukan uji biokompatibilitas untuk memastikan potensinya sebagai material implan tulang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminatun, Siswanto, Fitri W., 2011, The effect of Co:Cr Variations to Mechanical Properties and Cytotoxicity Co-Cr-HA Composite, *Proceeding 3<sup>rd</sup> International Conference and workshop on Basic and Applied Sciences*, ISBN: 978-979-19096-1-7, Airlangga University, Surabaya
- Arcam AB, 2007, ASTM F75 CoCr Alloy, EBM Material Information, Krokslätts Fabriker 27A, SE 431 37 Mölndal, Sweden.
- Dutta, G. & Dipankar B., 2012, Effect of Sintering Temperature on Density, Porosity and Hardness of a Powder Metallurgy Component, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 8.
- Kamardan, M.G., N. Hidayah, A. Zaidi, M. Noh D, A. Mujahid A., Zaidi, S. Bahrin J. & M. Mahadi A. Jamil, 2010, The Sintering Temperature Effect on Shrinkage Behavior of Cobalt Chromium Alloy, *American Journal of Applied Sciences* 7 (11): 1443-1448, ISSN: 1546-9239.
- Prasetyo, A., 2010, Pengaruh Variasi Kandungan Silikon Terhadap Korosi Paduan Kobalt (ASTM F 75) Hasil Metalurgi Serbuk Dalam Larutan Artificial Blood Plasma Dengan Teknik Polarisasi Potensiodinamik dan Teknik Exposure, *Skripsi FT UI*, Jakarta
- Priyotomo, G., 2005, Pengembangan Material Kobalt Sebagai Material Pengganti Fungsi Tulang Pada Tubuh Manusia, *Seminar Material Metalurgi*, ISBN: 9-793-68847-5.
- Shamsul, A.Z., Nur Hidayah, dan C.M. Ruzaldi, 2007, Characterization of Cobalt-Chromium-HAP Biomaterial for Biomedical Application, *Jurnal of Applied Science Research*, 3 (11): 1544-553, INSINET Publication.
- Yuswono, 2005, Pembuatan Logam Paduan Biocompatibel (Co-30%Cr-5%Mo) Melalui Pengerjaan Tempa, *Seminar Material Metalurgi*, ISBN: 9-793-68847-5.
- Yuswono dan Andika P., 2010, Pembuatan Paduan Logam Co-30%Cr-6%Mo Melalui Pengerjaan Kompak dan Sinter dan Pengaruhnya Terhadap Kandungan Si.M.I. *Mat. Kons.* Vol. 10 No. 2 Desember 2010 : 110 – 118.

# INVESTIGASI POWER OF THE TESTS TERKAIT NON-SAMPLE PRIOR INFORMATION PADA HIPOTESIS SATU ARAH

**Budi Pratikno<sup>1\*</sup> dan Yuliatri Wirawidya Haryono<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan MIPA Matematika Unsoed Purwokerto

\*Email [bpratikto@gmail.com](mailto:bpratikto@gmail.com)

## ABSTRACT.

*This research discussed investigating power of the tests that related to non-sample prior information (NSPI) on a simple linear regression for known variance on one-side hypothesis. Here, the power of the unrestricted test (UT), restricted test (RT), and preliminary-test test (PTT) are used. The method for investigating the best tests is a maximum power and minimum size. A simulation study and graphical analysis are given to make comparison of power of the tests. The result showed that the power of the tests (UT, RT, PTT) are not really different for both types of hypotheses (one-side maximum and minimum). The power of the PTT still lies between the power of the UT and RT (at any case), so it will be a best choice between them.*

**Keywords:** linear model, power, and tests of the UT, RT, PTT.

## PENDAHULUAN

Yunus dan Khan (2011) dan Pratikno (2012) menyatakan bahwa kualitas pengujian hipotesis pada kesimpulan populasi dapat ditingkatkan menggunakan *non-sample prior information* (NSPI). NSPI adalah informasi parameter populasi yang tidak terkait sampel, dan diperoleh dari studi sebelumnya atau pengetahuan para ahli. Bancroft (1944) adalah peneliti pertama yang menggunakan NSPI untuk estimasi parameter. Kemudian dilanjutkan oleh Han dan Bancroft (1968) dan Saleh (2006), dan lain-lain. Selanjutnya, Tamura (1965), Saleh dan Sen (1978, 1982), dan Yunus dan Khan (2011), menggunakan NSPI untuk *testing* hipotesis pada kasus non parametrik. Setelah itu Pratikno (2012) menggunakan NSPI untuk *testing* hipotesis pada kasus parametrik. Penelitian ini adalah pengembangan penelitian dari Pratikno (2012), yaitu melakukan kajian *power of the unrestricted test (UT), restricted test (RT), and preliminary-test test (PTT)* untuk *one-side* hipotesis maksimum yang dibandingkan penelitian sebelumnya. Model yang menjadi bahasan dalam riset ini adalah regresi linear sederhana untuk variansi diketahui (*known variance*), yaitu  $Y = \beta_0 + \beta_1 X + e$ , dimana  $Y$  adalah *response*,  $\beta_0$  adalah parameter *intercept*,  $\beta_1$  adalah parameter *slope*,  $X$  adalah *predictor*, dan  $e$  adalah *error term* yang berdistribusi normal. Estimator untuk  $\beta_0$  dan  $\beta_1$  adalah  $\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X}$  dan

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i X_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)}{n}}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}{n}}, \quad \text{dengan}$$

$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$  dan  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$  adalah rata-rata dari  $Y_i$  dan  $X_i$ .

Menurut Pratikno (2012) distribusi yang berlaku pada model regresi untuk *known variance* adalah distribusi normal (UT, RT) dan *bivariate normal distribution* (PTT). Kedua hal tersebut berlaku untuk kedua jenis hipotesis *one-side maximum* dan *minimum*. Kriteria yang digunakan adalah investigasi *tests* yang memiliki nilai *power* maksimum dan *size* minimum. *Software R* digunakan untuk menggambarkan grafik *power* dan *size* UT, RT dan PTT.

Pada bagian 2 dipresentasikan metode penelitian. Hasil dan pembahasan diberikan pada bagian 3. Pada bagian ini dipaparkan tentang *proposed test, power* dan *size* dan simulasi studi yang menampilkan plot UT, RT, dan PTT dan analisa grafik. Kesimpulan diberikan di bagian 4.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu (1) melakukan review hasil penelitian terdahulu yang dilakukan Pratikno (2012) tentang grafik *power of the tests* (UT, RT, PTT) pada *testing intercept on one-side hypothesis minimum*, (2) melakukan perhitungan dan penggambaran grafik *power of the tests* (UT, RT, PTT) untuk *testing intercept on one-side hypothesis maximum*. Pada tahap ini dilakukan pekerjaan kajian berupa: (a) *proposed tests*, (b) *derive power and size*, (c) *a simulation study*, dan (d) kesimpulan, dan (3) melakukan telaah hasil pada (1) dan (2) untuk menarik sebuah kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini disajikan hasil review penelitian yang telah dilakukan Pratikno (2012) tentang grafik *power of the tests* (UT, RT, PTT) pada *testing intercept on one-side hypothesis minimum*. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *power* PTT adalah pilihan dominan diantara kedua *power* UT dan RT. Pada kasus tersebut PTT memproteksi hasil yang memberikan maksimum *power* dan minimum *size*. Hal ini karena RT mempunyai *power* dan *size* maksimum sedangkan UT mempunyai minimum *power* dan *size*. Kondisi tersebut menyulitkan penarikan kesimpulan yang berbasis maksimum *power* dan minimum *size*,

sehingga PTT menjadi alternatif pilihan yang memproteksi syarat tersebut.

Selanjutnya, pada bagian ini disajikan perhitungan dan penggambaran grafik *power of the tests* (UT, RT, PTT) untuk *testing intercept on one-side hypothesis maximum*, dengan beberapa tahapan sebagai berikut: (3.1) *proposed tests*, (3.2) *derive power and size*, dan (3.3) *a simulation study*.

### Proposed Tests

#### 1. Unrestricted Test

Mengacu pada Pratikno (2012), *test* dimana NSPI tidak terdapat dalam *slope* ( $\beta_1$ ), pada  $H_0 : \beta_0 = 0$  versus  $H_1 : \beta_0 < 0$  dan  $H_0 : \beta_0 = 0$  versus  $H_1 : \beta_0 > 0$  adalah

$$Z^{UT} = \frac{(\hat{\beta}_0 - \beta_0)}{SE(\hat{\beta}_0)} = \frac{\hat{\beta}_0 - 0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \left[ 1 + \frac{n\bar{X}^2}{S_{xx}} \right]^{1/2}} = \frac{\sqrt{n}\hat{\beta}_0}{\sigma \left[ 1 + \frac{n\bar{X}^2}{S_{xx}} \right]^{1/2}} \quad ..(1)$$

dengan  $SE(\hat{\beta}_0) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \left[ 1 + \frac{n\bar{X}^2}{S_{xx}} \right]^{1/2}$  adalah standar

*error* (SE) dari  $\hat{\beta}_0$ ,  $\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X}$ , dan  $S_{xx} = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ . Selanjutnya, mengacu

Pratikno (2012) modifikasi statistik uji dari UT adalah

$$Z_1 = Z^{UT} - \frac{\sqrt{n}(\beta_0 - 0)}{\sigma \left[ 1 + n \frac{\bar{X}^2}{S_{xx}} \right]^{1/2}} \\ = Z^{UT} - \frac{\lambda_1}{m_1}, \quad (2)$$

$$\text{dengan } m_1 = \sigma \left[ 1 + \frac{n\bar{X}^2}{S_{xx}} \right]^{1/2}.$$

#### 2. Restricted Test

Jika NSPI terdapat pada *slope* (diketahui/*fixed*), yaitu  $\beta_1 = b_1$ , maka *test* terkait NSPI yang digunakan adalah RT. Statistik uji untuk RT adalah

$$Z^{RT} = \frac{\tilde{\beta}_0 - 0}{SE(\tilde{\beta}_0)} = \frac{\tilde{\beta}_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{\sqrt{n}(\tilde{\beta}_0)}{\sigma} \quad (3)$$

dengan  $\tilde{\beta}_0 = \bar{Y} - \tilde{\beta}_1 \bar{X} = \bar{Y} - a\bar{X}$ ,

$SE(\tilde{\beta}_0) = \sqrt{Var(\tilde{\beta}_0)} = \sqrt{Var(\bar{Y})} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  adalah

standar *error* (SE) dari  $\tilde{\beta}_0$ , dan  $\sigma$  adalah standar

deviasi. Dari persamaan (3) dapat diperoleh modifikasi statistik uji dari RT adalah

$$Z_2 = Z^{RT} - \frac{(\beta_0 - 0) + (\beta_1 - a)\bar{X}}{\sigma / \sqrt{n}} \\ = Z^{RT} - \frac{\lambda_1 + \lambda_2 \bar{X}}{m_2}, \quad (3)$$

dengan  $m_2 = \sigma$ .

#### 3. Pre-test Test

Nilai NSPI  $\beta_1 = a$  belum diyakini kebenarannya, sehingga statistik uji terkait NSPI yang digunakan adalah PTT. Pada kasus PTT dilakukan *pre-test* (PT) terlebih dahulu. Mengacu pada Pratikno (2012), statistik uji PT untuk menguji  $H_0^* : \beta_1 = a$  versus  $H_a^* : \beta_1 < a$  ( $H_a^* : \beta_1 > a$ ) diberikan sebagai

$$Z^{PT} = \frac{\hat{\beta}_1 - a}{SE(\hat{\beta}_1)} = \frac{\hat{\beta}_1 - a}{\frac{\sigma}{\sqrt{S_{xx}}}} \quad (5)$$

dengan  $SE(\hat{\beta}_1) = \frac{\sigma}{\sqrt{S_{xx}}}$ ,  $S_{xx} = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ ,

dan  $a$  adalah nilai  $\beta_1$  pada  $H_0$ . Modifikasi persamaan (5) dapat diperoleh statistik uji PT adalah

$$Z_3 = Z^{PT} - \frac{\beta_1 - a}{\sigma / \sqrt{S_{xx}}} \quad (6)$$

Secara jelas, bahwa PT dan UT berkorelasi, sedangkan PT dan RT tidak berkorelasi, sehingga kemudian *power* dan *size* dari PTT pada tingkat signifikansi  $\alpha$  diberikan sebagai kombinasi dari kondisi tersebut (Pratikno, 2012).

### Power and Size

#### 1. Unrestricted Test

Mengacu Pratikno (2012) kuasa UT dengan taraf signifikansi  $\alpha_1$  dinyatakan sebagai

$$\pi^{UT}(\lambda) = P(Z^{UT} > z_{\alpha_1} | M_n) \\ = P\left( Z_1 > z_{\alpha_1} - \frac{\lambda_1}{m_1} \right) \\ = 1 - \phi\left( z_{\alpha_1} - \frac{\lambda_1}{m_1} \right) \quad (7)$$

dengan  $\phi(x)$  adalah *cumulative distribution function* (cdf) dari distribusi normal standar. Selanjutnya, ukuran uji UT adalah

$$\alpha^{UT} = P(Z^{UT} > z_{\alpha_1} | H_0)$$



$$\begin{aligned}
&= 1 - \phi \left( z_{\alpha_1} - \frac{\sqrt{n}(\beta_0 - 0)}{\sigma \sqrt{1 + \frac{n\bar{X}^2}{S_{xx}}}} \mid H_0 : \beta_0 = 0 \right) \\
&= 1 - \phi \left( z_{\alpha_1} - \frac{\sqrt{n}(\beta_0)}{m_1} \right) = 1 - \phi(z_{\alpha_1})
\end{aligned} \tag{8}$$

## 2. Restricted Test

Kuasa dari RT dengan taraf signifikansi  $\alpha_2$  diberikan sebagai

$$\begin{aligned}
\pi^{RT}(\lambda) &= P(Z^{RT} > z_{\alpha_2} \mid M_n) \\
&= P\left(Z_2 > z_{\alpha_2} - \frac{\lambda_1 + \lambda_2 \bar{X}}{m_2}\right) \\
&= 1 - \phi\left(z_{\alpha_2} - \frac{\lambda_1 + \lambda_2 \bar{X}}{m_2}\right).
\end{aligned} \tag{9}$$

Selanjutnya, ukuran uji dari RT diberikan sebagai

$$\alpha^{RT} = 1 - \phi\left(z_{\alpha_2} - \frac{\lambda_2 \bar{X}}{m_2}\right).$$

## 3. Pre-test Test

Selanjutnya, menurut Pratikno (2012) kuasa dari PTT dengan taraf signifikansi  $\alpha_3$  adalah

$$\begin{aligned}
\pi^{PTT}(\lambda) &= (\text{menolak } H_0) \\
&= P(Z^{PT} \leq z_{\alpha_3}, Z^{RT} > z_{\alpha_2}) + (Z^{PT} > z_{\alpha_3}, Z^{UT} > z_{\alpha_1}) \\
&= P(Z^{PT} \leq z_{\alpha_3})P(Z^{RT} > z_{\alpha_2}) + (Z^{PT} > z_{\alpha_3}, Z^{UT} > z_{\alpha_1}) \\
&= \phi\left(z_{\alpha_3} - \frac{\lambda_2 \sqrt{S_{xx}}}{\sigma \sqrt{n}}\right) \left(1 - \phi\left(z_{\alpha_2} - \frac{\lambda_1 + \lambda_2 \bar{X}}{\sigma}\right)\right) \\
&+ c_{1\rho} \left( z_{\alpha_3} - \frac{\lambda_2 \sqrt{S_{xx}}}{\sigma \sqrt{n}}, z_{\alpha_1} - \frac{\lambda_1}{m_1}, \rho \neq 0 \right)
\end{aligned} \tag{10}$$

dengan  $c_{1\rho}$  adalah integral dari peluang normal bivariat. Dalam hal ini  $c_{1\rho}$  didefinisikan untuk setiap bilangan riil  $k, l$  dan  $-1 < \rho < 1$ , dengan  $\rho$  adalah koefisien korelasi antara  $Z^{UT}$  dan  $Z^{PT}$ , sebagai

$$c_{1\rho}(k, l, \rho) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} \int_k^\infty \int_l^\infty \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)}(x^2 + y^2 - 2\rho xy)\right] dx dy,$$

dengan  $k = z_{\alpha_3} - \frac{\lambda_2 \sqrt{S_{xx}}}{\sigma \sqrt{n}}$ ,  $l = z_{\alpha_1} - \frac{\lambda_1}{m_1}$ . Kemudian

ukuran uji PTT menurut Pratikno (2012) diberikan sebagai

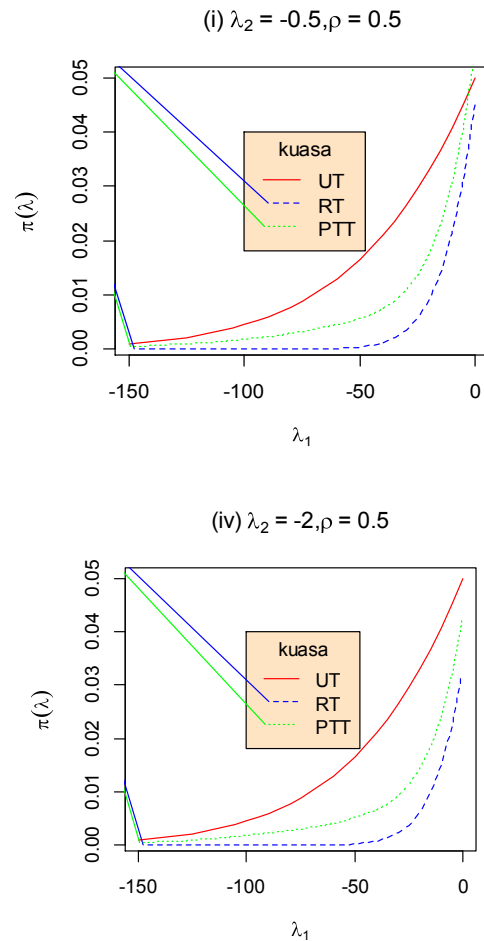
$$\alpha^{PTT} = \phi(z_{\alpha_3}) \left(1 - \phi\left(z_{\alpha_2} - \frac{\lambda_2 \bar{X}}{\sigma}\right)\right) + c_{1\rho}(z_{\alpha_3}, z_{\alpha_1}, \rho \neq 0).$$

## A simulation study

Simulasi ini menggunakan data bangkitan dari *R package*. Grafik kuasa (*power*) dan ukuran (*size*) uji pada kasus ini dibangkitkan dengan  $\beta_0 = -2$ ,  $\beta_1 = -3$ , dan  $X_i$  di generate dari distribusi normal dengan rata-rata 3 dan standar deviasi 5, sedangkan  $\varepsilon_i$  dibangkitkan dari distribusi normal dengan  $\mu = 0$  dan  $\sigma^2 = 1$ . Data tersebut digunakan untuk *one-side hipotesis maximum*, sedangkan untuk *one-side hipotesis minimum* data bangkitan dengan koefisien parameter regresi yang positif telah dilakukan pada penelitian yang lalu.

## 1. Power of the tests

Grafik kuasa uji dari UT, RT, dan PTT didasarkan pada persamaan untuk nilai koefisien korelasi ( $\rho$ ) 0,5 dan nilai  $\lambda_2$  yang berbeda.



Gambar 1 Kuasa dari UT dan RT versus  $\lambda_1$  dengan  $\lambda_2 < 0$  dan  $\rho = 0,5$ .

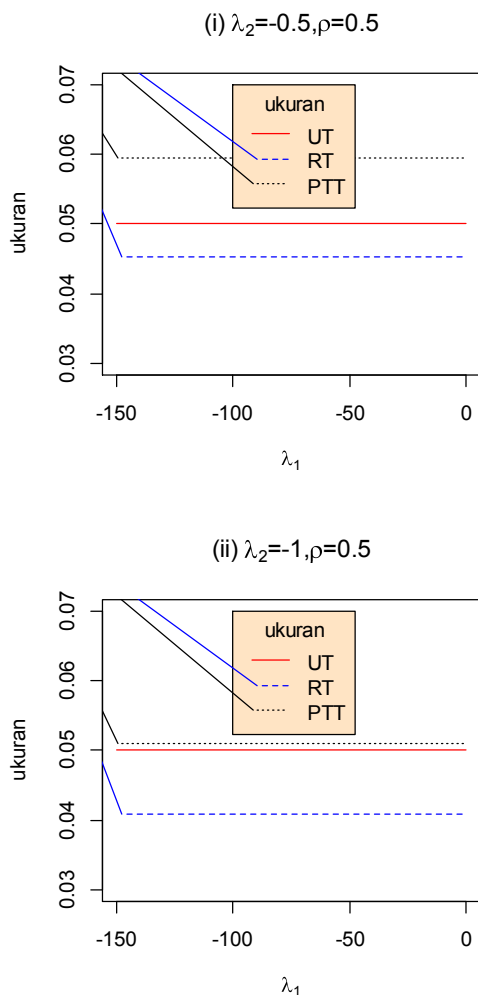
Grafik kuasa dari UT, RT, dan PTT pada saat  $\lambda_1 < 0$  akan mendekati nol.

Pada gambar terlihat bahwa kuasa UT tidak berubah, sedangkan kuasa RT berubah pada saat  $\lambda_2 < 0$ . Artinya ketika terdapat NSPI pada *slope* mengakibatkan berubahnya kuasa jadi lebih kecil. Hal

ini mengakibatkan kuasa PTT berubah pula menjadi lebih kecil pada saat  $\lambda_2 < 0$ . Selain itu, kuasa RT dan PTT selalu lebih kecil dari kuasa UT ketika  $\rho = 0,5$ . Jika korelasi semakin kecil, maka PTT semakin kecil.

## 2. Size of the tests

Grafik untuk ukuran uji diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Ukuran UT, RT, dan PTT versus  $\lambda_1$  dengan  $\lambda_2 < 0$  dan  $\rho = 0,5$ .

Pada grafik di atas memperlihatkan ukuran uji dari PTT lebih besar dari ukuran uji UT dan RT. Ukuran PTT turun sebagaimana nilai  $\lambda_2$  menurun, Ukuran uji PTT akan meningkat menjadi lebih besar dari ukuran uji RT untuk semua nilai  $\lambda_2 < 0$ .

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada bagian 3.1-3.3 menunjukkan bahwa nilai kuasa uji (UT, RT, dan PTT) relatif kecil apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Kenyataan tersebut menunjukkan bahwa NSPI mempunyai pengaruh terhadap nilai kuasa. Pada kondisi ini UT dan PTT masih bisa menjadi pilihan, sedangkan RT sulit dipertimbangkan. Hal ini ditunjukkan dengan kuasa dan ukuran uji UT yang cenderung maksimum, demikian juga dengan PTT yang cenderung berada diantara UT dan RT, sedangkan RT mempunyai minimum *power* dan minimum *size*. Kenyataan ini berbeda dengan penelitian sebelumnya, dimana PTT sangat dominan dan UT cenderung minimum. Namun secara umum, PTT masih menjadi alternatif pilihan diantara keduanya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bancroft, T.A, On Biases in Estimation Due to The Use of The Preliminary Tests of Significance, *Annals Of Mathematical Statistics*. 15, 190-204, 1944.
- Han, C.P. dan Bancroft, T.A, On Pooling Means When Variance Is Un-Known, *Journal of American Statistical Association*, 63, 1333-1342, 1968.
- Judge, G. G. and Bock, M. E., *The Statistical implications of pre-test and stein-rule estimators in econometrics*, North-Holland, New York, 1978.
- Pratikno, B, Tests of Hypotesis for Linear Regression Models with Non Sample Prior Information, Disertasi, University of Southern Queensland, 2012.
- Saleh, E, *Theory of Preliminary Test and Stein-Type Estimation with Applications*. Wiley, New Jersey, 2006.
- Saleh, A. K. Md. E. and Sen, P. K., Nonparametric estimation of location parameter after a preliminary test on regression, *Annals of Statistics*, 6 (1978), 154-168., 1978.
- Saleh, A.K.Md.E. dan Sen, P.K, Nonparametric Tests for Location After Parameter a Preliminary Tests on Regression, *Communication in Statistics-Theory and Methods*, 12(16), 1855-1872, 1982.
- Tamura, R, Nonparametric Inferences With a Preliminary Test, *Bull. Math. Stat.* 11, 38-61, 1965.
- Yunus, R.M. dan Khan, S, Increasing Power Of The Test Through Pre-Test – A Robust Method, *Communications in Statistics – Theory and Method*, 40, 581-597, 2011.

# **HYBRID ALGORITMA GENETIK DAN HILL CLIMBING UNTUK PERMASALAHAN PENGEPAKAN SEGI EMPAT DUA DIMENSI**

**Herlia Istiqomah I. P<sup>\*1</sup>, HerrySuprajitno<sup>1</sup>, Miswanto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Kampus C  
Universitas Airlangga, Jl. Mulyorejo, Surabaya

\*email : herliaputri@yahoo.com

## **ABSTRACT.**

*Rectangular packing problem described as  $n$  item that will be packed to a single object (which is bigger) to get the pack order of items into an object so that will minimize used object height. Hybrid of genetic algorithm and hill climbing is an algorithm that combines the process of genetic algorithm with hill climbing. Generally, the process of genetic algorithm is generate the first population, evaluation of chromosome, selection, crossover, and mutation. In this thesis, selection process used is roulette wheel, crossover process used is order based crossover, and hill climbing process used as replacement of mutation process. There's 3 kinds of data being used and solve with Java programming language using Netbeans IDE 7.2 software. Using hybrid of genetic algorithm and hill climbing with Java programming language, achieved minimum height from used object is 17 for data with 10 items and object width 20. Second data with 49 items and object width 60, the minimum height achieved is 64. And the last with 97 items and object width 80, the minimum height achieved is 130.*

**Keywords:** Two Dimensional Rectangular Packing Problem, Genetic Algorithm, Hill Climbing, and Hybrid.

## **PENDAHULUAN**

Masalah pengepakan segi empat dua dimensi merupakan masalah penempatan sejumlah item ke objek persegi panjang dan meminimalkan ruang obyek yang digunakan. Proses pengepakan harus memastikan bahwa tidak ada tumpang tindih antara item. Agar pengepakan barang optimal, maka diperlukan adanya optimasi. Salah satu penerapan dari optimasi pengepakan segi empat dua dimensi ini adalah dengan menggunakan metode meta-heuristik. Salah satu dari metode meta-heuristik tersebut adalah algoritma genetik. Algoritma genetik merupakan sebuah kelompok dari metode-metode untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dengan menggunakan algoritma yang diinspirasi oleh proses-proses teori evolusi (Fang, 1994). Dalam perkembangannya algoritma genetik dapat dikombinasikan (*hybrid*) dengan berbagai jenis metode lain, diantaranya dengan metode *hill climbing*.

Secara khusus, *hybrid* algoritma genetik dan *hill climbing* dapat mengungguli algoritma genetik secara murni dalam hal menemukan solusi optimal. Hal tersebut dikarenakan proses *hill climbing* sebagai pengganti mutasi memiliki probabilitas yang lebih baik dalam menemukan solusi optimal dibandingkan dengan proses mutasi biasa. Berdasarkan uraian di atas, penulis akan melakukan penelitian terhadap masalah pengepakan segi empat 2D (*2D Rectangular Problem*) menggunakan *hybrid* algoritma genetik dan *hill climbing* dengan algoritma pengisian rekursif sebagai penempatan bidang.

## **MASALAH PENGEPAKAN SEGI EMPAT 2 DIMENSI**

Masalah pengepakan segi empat 2D adalah penempatan sejumlah item berbentuk segi empat (yang kecil) ke dalam satu objek segi empat (yang besar) dalam dua dimensi sehingga dapat meminimalkan tinggi objek yang terpakai. Dalam permasalahannya tersebut, terdapat  $n$  item yang

memiliki lebar  $w_i$  dan tinggi  $h_i$  serta satu objek besar (disebut *strip*) yang memiliki lebar tetap  $W$  dengan tingginya merupakan suatu variabel  $H$ . Fungsi objektif dari permasalahan ini adalah untuk meminimalkan tinggi dari  $H$  sehingga semua item dapat dimasukkan ke dalam *strip*. Permasalahan ini, secara matematik dideskripsikan sebagai berikut:

Meminimumkan  $H$

Kendala:

$$0 \leq x_i \leq W - w_i, 1 \leq i \leq n \quad (1)$$

$$0 \leq y_i \leq H - h_i, 1 \leq i \leq n \quad (2)$$

$$x_i + w_i \leq x_j, x_j + w_j \leq x_i, y_i + h_i \leq y_j, y_j + h_j \leq y_i \quad (3)$$

Dengan  $(x_i, y_i)$  adalah koordinat dari ujung kiri bawah dari item ke  $i$ .  $H$  tinggi dari *strip*/ objek. Ketaksamaan (1) dan (2) menyatakan bahwa setiap item harus ditempatkan ke dalam objek. Pada ketaksamaan (3) setidaknya satu dari empat pernyataan terpenuhi untuk setiap pasang  $i$  dan  $j$ . Ketaksamaan (3) menyatakan bahwa tidak ada dua item yang saling bertumpukan dan menyatakan empat sudut relatif yang dibutuhkan untuk menghindari *overlap*. (Imahori; et al, 2007)

## **ALGORITMA PENGISIAN REKURSIF**

Algoritma ini digunakan untuk menempatkan item ke dalam objek. Algoritma ini berupa:

1. Menempatkan item pertama ke dalam objek (Operasi ini membagi ruang objek menjadi dua subruang).
2. Menempatkan item selanjutnya ke dalam subruang  $S_1$ . Jika hal ini tidak memungkinkan, maka ditempatkan ke dalam subruang  $S_2$ . Lakukan prosedur ini hingga seluruh item ditempatkan ke dalam objek (derehi & Sena, 2006).

## **ALGORITMA GENETIK**

Algoritma genetika adalah teknik pencarian stokastik berdasarkan mekanisme dari seleksi alam dan natural genetik. Algoritma genetika dimulai dengan sebuah kumpulan solusi awal yang acak biasa

disebut dengan populasi awal. Tiap individu dalam populasi disebut kromosom. Kromosom ini berkembang secara berturut-turut sesuai dengan iterasinya dan disebut generasi. Pada setiap generasi, kromosom dievaluasi nilai fitnessnya. Untuk membentuk populasi baru, kromosom baru atau anak diperoleh dari crossover dan mutasi. Generasi baru dipilih berdasarkan nilai fitnessnya, beberapa kromosom induk dan anak akan ditolak sehingga ukuran populasi tetap (Gen & Cheng, 1997).

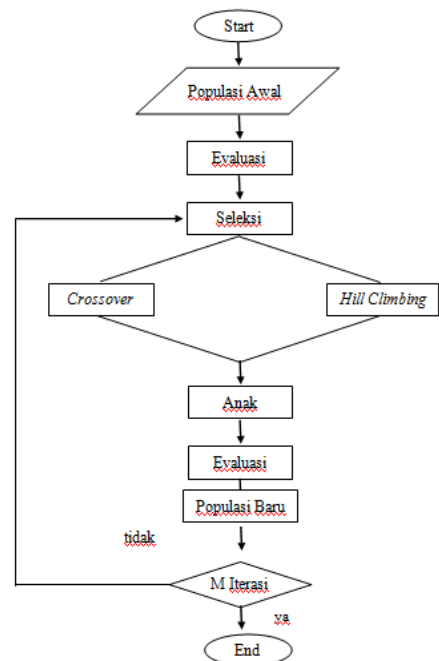
Algoritma genetik secara garis besar dapat diajabarkan sebagai berikut: (Stuart & Peter, 2010)

1. [Mulai] Membangkitkan populasi secara random sebanyak  $n$  individu (solusi fisibel dari permasalahannya).
2. [Fitness] Menilai keandalan setiap individu dalam populasi.
3. [Populasi baru] Menciptakan populasi baru lewat pengulangan pengoperasian operator genetik berikut sampai populasi baru lengkap.
  - a) [Seleksi] Memilih induk dari populasi sesuai dengan nilai keandalannya (keandalan yang lebih baik, lebih berpeluang untuk terpilih).
  - b) [Crossover] Dengan suatu laju *crossover*, *crossover* induk untuk membentuk anak (individu baru). Jika tidak ada *crossover* yang dilaksanakan, anak merupakan kopian yang sama dengan induknya.
  - c) [Mutasi] Menggunakan suatu probabilitas, mutasi induk pada masing-masing sifat.
4. [Mengganti] Menggunakan populasi yang baru dibentuk untuk menjalankan algoritma lebih lanjut.
5. [Menguji] Jika sudah mencapai  $n$  iterasi atau optimal, berhenti dan diperoleh solusi terbaik dari populasi ini. Jika tidak maka kembali ke langkah 2 sampai diperoleh solusi terbaik dari populasi ini.

### HILL CLIMBING

*Hill climbing* adalah sebuah pengulangan yang terus bergerak menuju ke arah peningkatan nilai yaitu semakin membesar. *Hill climbing* akan berakhir saat mencapai “nilai maksimum”, yaitu tidak ada nilai yang lebih tinggi pada *neighbor*-nya. Dalam algoritma ini, struktur data dari simpul hanya merekam keadaan dan nilai dari fungsi obyektif (Stuart & Peter, 2010).

Untuk mempermudah ilustrasi *hybrid* algoritma genetik dan *hill climbing*, maka diuraikan *flowchart* prosedurnya pada Gambar 1.



Gambar 1 *Flowchart* Penyelesaian Pengepakan Segi Empat 2 Dimensi menggunakan *Hybrid* Algoritma Genetik dan *Hill Climbing*.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang dirujuk berdasarkan (Hoper & Turton, 2000), yaitu data kecil berisi 10 unit item, data sedang berisi 49 unit item, dan data besar berisi 97 unit item. Berikut ini perbandingan solusi terbaik dari kecil dan data besar yang dihasilkan dengan nilai  $p_c = 0.8$ ,  $p_{hc} = 0.01$  dengan mengganti nilai jumlah *pop\_size* dan *maks\_iterasi*. Solusi didapatkan menggunakan bahasa pemrograman Java menggunakan *software* NetBeans 7.2. Hasil penyelesaian pada data kecil dengan 10 unit item ditunjukkan pada Tabel 1, penyelesaian pada data sedang dengan 49 unit item ditunjukkan pada Tabel 2 dan penyelesaian pada data besar dengan 97 unit item ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 1 Perbandingan Solusi Terbaik Data Kecil

pop_size	maks_iterasi		
	100	500	1000
10	18	18	17
50	17	17	17
100	17	17	17

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa solusi terbaik yang dihasilkan adalah 17 sp dengan urutan 2 7 3 9 6 5 8 4 1 10. Dalam hal ini semakin besar nilai parameter maksimal iterasi dan *pop\_size* maka solusi yang dihasilkan cenderung semakin baik pula.

Tabel 2 Perbandingan Solusi Terbaik Data Sedang

pop_size	maks_iterasi		
	100	500	1000
10	67	67	66
50	66	65	64
100	65	65	64

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa untuk parameter  $pop\_size=100$  dan  $maks\_iterasi = 1000$  maka solusi terbaik yang dihasilkan adalah 64 sp dengan urutan 16 4 46 49 13 11 24 14 12 15 3 8 41 2 17 33 36 7 30 19 34 23 32 42 29 48 5 43 6 45 39 9 1 37 22 18 28 31 44 21 40 27 10 38 47 35 25 20 26. Dalam hal ini semakin besar nilai parameter maksimal iterasi dan  $pop\_size$  maka solusi yang dihasilkan cenderung semakin baik pula.

Tabel 3 Perbandingan Solusi Terbaik Data Besar

pop_size	maks_iterasi		
	100	500	1000
10	134	133	132
100	130	129	128
1000	127	126	124

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa untuk parameter  $pop\_size=1000$  dan  $maks\_iterasi = 1000$  maka solusi terbaik yang dihasilkan adalah 124 sp dengan urutan 59 12 18 82 72 2 41 15 40 7 19 78 53 84 68 47 61 13 16 27 20 45 74 70 22 71 10 49 17 46 55 30 54 43 42 73 50 65 26 95 48 21 80 60 6 86 88 35 8 67 29 90 14 1 96 39 4 58 25 37 24 81 3 23 89 66 11 92 31 57 28 64 52 91 79 5 38 34 56 87 94 36 62 44 51 85 69 93 97 9 77 33 63 75 83 32 76. Dalam hal ini semakin besar nilai parameter maksimal iterasi dan  $pop\_size$  maka semakin baik pula solusi yang dihasilkan.

## KESIMPULAN

Pada *hybrid* algoritma genetik dan *hill climbing* dengan menggunakan parameter yang berbeda dapat mempengaruhi solusi yang didapatkan. Semakin besar nilai parameter  $pop\_size$  dan  $maks\_iterasi$ , maka semakin banyak solusi dan iterasi yang dilakukan oleh *hybrid* algoritma genetik dan *hill climbing*, sehingga semakin besar pula kemungkinan mencapai solusi yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fang, H.I., 1994, *Genetic Algorithms in Timetabling and Scheduling*, Department of Artificial Intelligence University of Edinburgh.
- Imahori, S., Yagiura, M., Ibaraki, T., 2007, *Hybrid Metaheuristics for Packing Problems, Mathematical Engineering Technical Reports*, University of Tokyo, Tokyo, Japan.
- Dereli, T. dan Sena Das, G., 2006, *A Hybrid Simulated Annealing Algorithm for 2D Packing Problems*, Sakarya University, Turkey.
- Gen, M. and Cheng, R., 1997, *Genetic Algorithms and Engineering Design*, John Wiley & Sons, New York.
- Stuart, J. R. and Peter, N., 2010, *Artificial Intelligence: A Modern Approach Third Edition*, Pearson, New Jersey.
- E. Hopper and B. C. H. Turton, 2000, An Empirical Investigation of Meta-heuristic and Heuristic Algorithms for a 2 D Packing Problem, *European Journal of Operational Research*.

## PETUNJUK PENULISAN MAKALAH

### PERSYARATAN

1. Makalah harus bersifat ilmiah orisinal merupakan karya hasil penelitian, belum pernah dipublikasikan.
2. Panjang tulisan makalah maksimal 10 halaman kertas A4 termasuk tabel dan gambar serta diketik dengan huruf time new roman (*font size* 10) dengan spasi tunggal.
3. Makalah ditulis dalam bahasa Indonesia baku atau bahasa Inggris dan abstrak ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia.

### ORGANISASI MAKALAH

Makalah memuat unsur Judul, Abstract, Pendahuluan, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan, Simpulan, Ucapan Terima Kasih (bila perlu) dan Daftar Pustaka

1. **JUDUL:** bersifat informatif, singkat tapi jelas, di bawah judul dicantumkan nama penulis, asal instansi atau universitas penulis, alamat pos penulis untuk korespondensi. Bila para penulis tidak berasal dari satu instansi atau universitas, maka harus diberi tanda dan masing-masing tanda diberi nama instansi atau universitas
2. **ABSTRACT:** memuat inti permasalahan (tujuan, metode penelitian dan hasil), panjangnya tidak lebih dari 250 kata atau 3-4 % dari panjang makalah. Pada bagian bawah Abstract harus mencantumkan keyword (s), baik dalam bentuk kata atau phrase
3. **PENDAHULUAN:** memuat latar belakang masalah, rencana pengembangan, tujuan dan harapan tentang aplikasi hasil penelitian. Informasi tersebut merupakan argumentasi konsisten dan landasan teoritik
4. **METODE PENELITIAN:** memuat materi atau komponen, alat dan objek yang akan diteliti, cara kerja penelitian, parameter yang diamati, rancangan yang digunakan serta teknis analisis yang dipakai
5. **HASIL DAN PEMBAHASAN:** memuat hasil-hasil utama (sesuai dengan parameter yang diamati), disertai pembahasan ilmiah atau argumentasi yang mendukung
6. **SIMPULAN DAN SARAN:** memuat pernyataan singkat tentang hasil yang diperoleh dikaitkan dengan hipotesis (bila ada) yang telah diajukan. Saran, kalau ada diajukan berkaitan dengan hasil penelitian yang diperoleh dan berkaitan dengan pemantapan atau pengembangannya lebih lanjut.
7. **DAFTAR PUSTAKA:** disusun sebagai berikut :
  - a. Menurut abjad nama akhir pengarang. Acuan yang tidak dikenal pengarangnya digolongkan sebagai Anonimus.
  - b. Contoh penulisan beberapa kepustakaan :
    - i. **Buku:** nama penulis, tahun, judul buku (dicetak miring), jilid, nama penerbit dan kota,  
Contoh:  
Brown, T.A., 1993, *Genetics Molecular Approach*, 2<sup>nd</sup> Ed. Chapman & Hall, London
    - ii. **Jurnal:** nama penulis, tahun, judul, nama jurnal (dalam singkat resmi dan dicetak miring), volume, halaman (awal sampai akhir),  
Contoh:  
Bagnara, J.T., Fernandez, P.J., 1993, Hormonal Influences on The Development of Amphibian Pigmentation Patterns, *Zoological Science*, 10 : 733-748
    - iii. **Karangan dalam buku:** nama penulis, tahun, judul karangan, nama editor, judul buku, jilid, nama penerbit dan kota, halaman mulai dan akhir  
Contoh:  
Zainuddin, 1990, Penelitian Kuantitatif. Dalam : Sudijono dan Sarmanu, Ed. *Penataran Metodologi*, Edisi ke-4: Lemsit Unair Surabaya, 15-20
    - iv. **Karangan yang dibawakan dalam pertemuan ilmiah, laporan ilmiah dan sebagainya :** nama penulis, tahun, judul karangan, nama pertemuan ilmiah atau judul laporan ilmiah, tanggal dan kota tempat pertemuan  
Contoh:  
Pangestu, M, Baikuni A., 1988, Pengaruh penyuluhan terhadap kebersihan lingkungan, *Seminar Nasional Kesehatan Lingkungan*. 15 April, Bogor.