

JURNAL BIOLOGI SUMATERA

(Sumatran Journal of Biology)

Volume 3, Nomor 1 Januari 2008
ISSN 1907-5537

PENANGGUNG JAWAB

□ Dwi Suryanto

KETUA EDITOR (*CHIEF EDITOR*)

□ Erman Munir

DEWAN EDITOR (*EDITORIAL BOARD*)

□ Syafruddin Ilyas, Erman Munir, Ternala A. Barus, Dwi Suryanto, Retno Widhiastuti

EDITOR TEKNIK (*MANAGING EDITOR*)

□ Riyanto Sinaga

BENDAHARA

□ Etti Sartina Siregar

PENERBIT (*PUBLISHER*)

□ Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara,
Medan, Indonesia

ALAMAT EDITOR (*EDITORIAL ADDRESS*)

Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia
Jln. Bioteknologi No. 1, Kampus USU, Padang Bulan, Medan 20155

JURNAL BIOLOGI SUMATERA*(Sumatran Journal of Biology)*

	Halaman
Skrining Fitokimia Tumbuhan yang Digunakan oleh Pedagang Jamu Gendong untuk Merawat Kulit Wajah di Kecamatan Medan Baru <i>Juliati Br. Tarigan, Cut Fatimah Zuhra, dan Herlince Sihotang</i>	1 – 6
Aktivitas Antioksidan Senyawa Flavonoid dari Daun Katuk (<i>Sauropus androgunus</i> (L) Merr.) <i>Cut Fatimah Zuhra, Juliati Br. Tarigan, dan Herlince Sihotang</i>	7 – 10
Produktivitas Primer Fitoplankton dan Hubungannya dengan Faktor Fisik-Kimia Air di Perairan Parapat, Danau Toba <i>Ternala Alexander Barus, Sri Sayrani Sinaga, dan Rosalina Tarigan</i>	11 – 16
Pengaruh Asam A- Pikolinat terhadap Aktivitas Enzim Polifenoloksidase pada Lini Kalus Padi (<i>Oryza sativa</i> L.) Kultivar Sei Lilin <i>Elimasni</i>	17 – 22
Efektivitas Kontrasepsi Hormonal Pria yang Menggunakan Kombinasi Testosteron Undekanoat dan Noretisteron Enantat <i>Syafruddin Ilyas</i>	23 – 28
Keterkaitan Nisbah Tajuk Akar dan Efisiensi Penggunaan Air pada Rumput Gajah dan Rumput Raja Akibat Penurunan Ketersediaan Air Tanah <i>Riyanto Sinaga</i>	29 – 35

SKRINING FITOKIMIA TUMBUHAN YANG DIGUNAKAN OLEH PEDAGANG JAMU GENDONG UNTUK MERAWAT KULIT WAJAH DI KECAMATAN MEDAN BARU

Juliati Br. Tarigan, Cut Fatimah Zuhra, dan Herlince Sihotang

Departemen Kimia FMIPA – USU

Abstract

Result of survey for pedagang jamu gendong gived of information about vegetable used for skin care of face applied to face and drinked. Pedagang jamu gendong only three Kelurahan obtained from Six kelurahan at the Kecamatan Medan Baru such as Kelurahan Padang Bulan, Titi Rante, and Babura, they were live grouped. Only three from all Vegetable used for skin care of face that was contained alkaloid, flavonoid, terpenoid/steroid, saponin, and tannin compounds such as lempuyang gajah (*Zegiber zorumbet* Val.), temu giring (*Curcuma heyneana* Val. V.Zyp), temu kunci (*Kaempferia pandurata*). Material applied to skin care of face commonly contained of compounds bioactive flavonoid and saponin. Material applied to drink commonly contained alkaloid, flavonoid and terpenoid/steroid.

Keywords: phytochemistry screening, jamu gendong, alkaloid, flavonoid, terpenoid

PENDAHULUAN

Perawatan kecantikan secara tradisional merupakan salah satu manifestasi kebudayaan yang diturunkan secara turun temurun dan telah menjadi satu bentuk seni kecantikan. Penilaian bentuk dan rupa serta norma-norma kecantikan berubah sesuai dengan tuntutan jaman, dan dipengaruhi oleh perkembangan teknologi. Banyak usaha yang telah dilakukan oleh para ahli kecantikan dalam perawatan kecantikan baik menggunakan alat-alat modern maupun dengan pemakaian jamu-jamu tradisional. Perawatan kulit wajah merupakan bagian dari perawatan kecantikan yang telah dikenal sejak jaman dahulu kala dan telah menjadi bagian dari kebudayaan masyarakat.

Perawatan kulit wajah dengan bahan sintetik/kimia sering kali menimbulkan masalah, dimana ikatan kimia yang terjadi antara bahan kimia dengan kulit wajah sering kali menyebabkan terjadinya iritasi. Sebagai contoh minyak mineral yang sering digunakan sebagai bahan dasar formulasi kosmetik perawatan wajah dapat menimbulkan komedo. Hal ini terjadi karena ukuran molekul dari minyak mineral yang pada umumnya besar akan menyebabkan sukar menyerap ke dalam pori-pori kulit sehingga dapat menyumbat pori-pori tersebut dan menimbulkan komedo (Anonim 1, 2005).

Oleh karena itu *trend* yang populer saat ini adalah *back to nature* atau kembali ke alam yaitu dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan/herbal sebagai bahan utama perawatan kulit wajah. Hal ini

disebabkan karena bahan-bahan alami lebih dapat diterima oleh tubuh dibandingkan bahan sintetik. Tumbuhan yang dapat digunakan tentunya tumbuhan yang memang dikenal sejak dahulu kala bermanfaat dalam perawatan kulit wajah dan biasanya telah diolah sedemikian rupa dalam bentuk jamu-jamuan yang dapat diminum atau dioleskan langsung pada wajah. Merawat diri dari dalam sangat perlu untuk memastikan kesehatan tubuh yang seterusnya akan menyempurnakan kecantikan luar. Dengan demikian jamu dan kecantikan merupakan pasangan kembar yang tidak dapat dipisahkan satu sama lainnya dan kecantikan merupakan idaman setiap orang khususnya wanita.

Jamu dibuat dari bahan asli tumbuh-tumbuhan, daun, akar, buah-buahan dan bunga-bunga yang mempunyai khasiat untuk merawat kesehatan dan kecantikan (Mursito, 1999). Kandungan senyawa kimia aktif yang terdapat pada tanaman adalah alkaloida, flavonoida, terpenoida, steroida, tanin dan saponin yang dapat diketahui dengan cara skrining fitokimia (Achmad, 2006). Umumnya tumbuh-tumbuhan yang berkhasiat dalam perawatan kulit wajah ini sering dipasarkan oleh pedagang jamu gendong dalam bentuk cairan yang dikemas dalam botol ataupun dalam bentuk lulur jika ada konsumen yang memesannya. Jamu yang dijual pedagang jamu gendong ini biasanya merupakan jamu hasil racikan sendiri atau dicampurkan dengan jamu yang telah dikemas secara modern. Dalam prakteknya, pembeli akan menyampaikan keinginannya atau keluhan sakitnya pada pedagang jamu dan selanjutnya

pedagang jamu akan meracik jamu tersebut. Untuk itu sangat diperlukan pengetahuan dari pedagang jamu terutama untuk menyampaikan informasi berkaitan dengan khasiat dari jamu yang diraciknya tersebut. Pengetahuan akan khasiat jamu ini sangat penting agar konsumen lebih yakin dan mendapatkan jamu yang tepat sesuai dengan keinginannya. Demikian juga untuk para pedagang jamu sendiri akan lebih percaya diri dalam memasarkan jamunya.

Berdasarkan hal tersebut di atas peneliti tertarik untuk meneliti tentang tumbuhan yang digunakan oleh pedagang jamu gendong sebagai bahan jamu yang bermanfaat dalam perawatan kulit wajah dan sekaligus meneliti kandungan senyawa kimia alkaloida, flavonoida, terpenoida/steroida, tanin dan saponin yang terdapat pada masing-masing tumbuhan tersebut dengan cara skrining fitokimia.

BAHAN DAN METODE

Bahan-Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah Tanaman hasil survei, NaOH 10%, Serbuk logam Mg, HCl pekat, FeCl₃ 1%, H₂SO₄ pekat, Serbuk logam Zn, Asetat anhidrida, Kalium iodida, Iodium, Bismut (II) nitrat, HNO₃, Raksa (II) klorida, Cerium sulfat 1%, NaOH 2N, Etanol 95%, Metanol, Eter, dan Etil asetat.

Metode

Pengumpulan Sampel

Informasi mengenai tumbuhan yang digunakan sebagai sampel diperoleh melalui wawancara dengan pedagang jamu gendong yang berdomisili di Kecamatan Medan Baru dengan cara mengisi kuesioner tentang tumbuhan yang diketahui oleh pedagang jamu gendong berkhasiat dalam perawatan kulit wajah. Pertanyaan yang diajukan sebagai berikut: nama tumbuhan, bagian yang digunakan, fungsinya dan cara pemakaian.

Pengolahan Sampel

Bagian tumbuhan yang digunakan oleh pedagang jamu gendong dalam perawatan kulit wajah, dibeli di pasar tradisional dengan memilih bahan yang sesuai, jika tidak ada dijual di pasar maka diambil dari rumah warga yang menanam tumbuhan tersebut. Setelah dikumpulkan, dibersihkan dengan air bersih, kemudian ditiriskan selanjutnya untuk sampel daun dikeringkan dengan cara diangin-anginkan di udara terbuka dan untuk sampel dalam bentuk akar/rimpang dikeringkan dahulu 1 hari dalam bentuk utuh di bawah sinar matahari, kemudian diiris tipis dan dikeringkan dengan menggunakan alat pengering yang dilengkapi dengan lampu pijar sampai menjadi kering,

selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan blender kemudian disimpan dalam wadah yang dilengkapi dengan kapur tohor. Untuk sampel buah dan bunga digunakan dalam bentuk basah dimana terlebih dahulu dihaluskan dengan menggunakan blender.

Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia serbuk simplisia dan sampel dalam bentuk basah meliputi pemeriksaan kandungan senyawa alkaloida, flavonoida, terpenoida/steroida, tanin dan saponin menurut prosedur yang telah dilakukan oleh Harbone (Harbone, 1987) dan Depkes (Depkes, 1995).

Pemeriksaan Alkaloida

Serbuk simplisia ditimbang sebanyak 0,5 gram kemudian ditambahkan 1 ml asam klorida 2 N dan 9 ml air suling, dipanaskan di atas penangas air selama 2 menit, didinginkan dan disaring. Filtrat yang diperoleh dipakai untuk test alkaloida sebagai berikut:

- 1) Filtrat sebanyak 3 tetes ditambahkan dengan 2 tetes pereaksi Bouchardat, reaksi positif ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna coklat sampai hitam.
- 2) Filtrat sebanyak 3 tetes ditambah dengan 2 tetes pereaksi Dragendorff, reaksi positif ditandai dengan terbentuknya warna merah atau jingga.
- 3) Filtrat sebanyak 3 tetes ditambahkan dengan 2 tetes larutan pereaksi Mayer, reaksi positif ditandai dengan terbentuknya endapan menggumpal berwarna putih atau kuning.
- 4) Filtrat sebanyak 3 tetes ditambahkan dengan 2 tetes pereaksi Wagner, reaksi positif ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna coklat.

Prosedur yang sama juga dilakukan untuk sampel dalam bentuk basah.

Pemeriksaan Flavonoida

Serbuk simplisia ditimbang sebanyak 0,5 gram lalu ditambahkan 10 ml metanol, direfluks selama 10 menit, disaring panas-panas melalui kertas saring. Filtrat diencerkan dengan 10 ml air suling, setelah dingin ditambahkan 5 ml eter, dikocok hati-hati, lalu didiamkan sebentar. Lapisan metanolnya diambil, diuapkan pada temperatur 40°C, sisanya dilarutkan dalam 5 ml etil asetat, disaring. Filtratnya digunakan untuk uji flavonoida dengan cara berikut:

- 1) Sebanyak 1 ml larutan percobaan diuapkan sampai kering, sisanya dilarutkan dalam 2 ml etanol 95%, lalu ditambahkan 0,5 gram serbuk seng dan 2 ml asam klorida 2 N, didiamkan selama 1 menit, kemudian ditambahkan 10 tetes asam klorida pekat. Jika dalam waktu 2 – 5 menit

terjadi warna merah intensif menunjukkan adanya flavonoida.

- 2) Sebanyak 1 ml larutan percobaan diuapkan sampai kering, sisanya dilarutkan dalam 2 ml etanol 95%, lalu ditambahkan 0,1 gram serbuk magnesium dan 10 tetes asam klorida pekat. Jika terjadi warna merah jingga sampai warna merah ungu menunjukkan adanya flavonoida.
- 3) Sebanyak 1 ml larutan percobaan diuapkan sampai kering, sisanya dilarutkan dalam 2 ml etanol 95%, lalu ditambahkan pereaksi NaOH 10%. Jika terjadi warna biru violet menunjukkan adanya flavonoida.
- 4) Sebanyak 1 ml larutan percobaan diuapkan sampai kering, sisanya dilarutkan dengan 2 ml etanol 95%, lalu ditambahkan pereaksi FeCl₃ 1%. Jika terjadi warna hitam menunjukkan adanya flavonoida.
- 5) Sebanyak 1 ml larutan percobaan diuapkan sampai kering, sisanya dilarutkan dengan 2 ml etanol 95% lalu ditambahkan pereaksi H₂SO₄ pekat. Jika terjadi warna hijau kekuning-kuningan menunjukkan adanya flavonoida.

Pemeriksaan Terpenoida/Steroida

Sebanyak 1 gram serbuk simplisia disari dengan 20 ml eter selama 2 jam, disaring kemudian dilakukan pemeriksaan pada masing-masing pereaksi dengan prosedur sebagai berikut:

- 1) Filtrat sebanyak 3 tetes ditambah dengan 2 tetes pereaksi Salkowsky (H₂SO₄ pekat). Apabila terbentuk warna merah menunjukkan adanya terpenoida/steroida.
- 2) Filtrat sebanyak 3 tetes ditambahkan dengan 2 tetes pereaksi Liebermann – Bouchard. Apabila terbentuk warna ungu atau merah yang berubah menjadi biru ungu atau biru hijau menunjukkan adanya terpenoida/steroida.
- 3) Filtrat sebanyak 3 tetes ditambahkan dengan 2 tetes pereaksi cerium sulfat 1%. Apabila terbentuk warna coklat menunjukkan adanya terpenoida/steroida.

Prosedur yang sama juga dilakukan untuk sampel dalam bentuk basah.

Pemeriksaan Tanin

Serbuk simplisia ditimbang sebanyak 1 gram, disari dengan 10 ml air suling lalu disaring. Filtrat diencerkan dengan air sampai tidak berwarna. Larutan diambil sebanyak 2 ml dan ditambahkan dengan 1 – 2 tetes pereaksi besi (III) klorida 1%. Jika terjadi warna biru kehitaman atau hijau kehitaman menunjukkan

adanya tanin. Prosedur yang sama juga dilakukan untuk sampel dalam bentuk basah.

Pemeriksaan Saponin

Serbuk simplisia ditimbang sebanyak 0,5 gram dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 10 ml air panas, didinginkan, kemudian dikocok kuat-kuat selama 10 detik. Jika terbentuk busa setinggi 1 – 10 cm yang stabil tidak kurang dari 10 menit dan tidak hilang dengan penambahan 1 tetes asam klorida 2 N menunjukkan adanya saponin. Prosedur yang sama juga dilakukan untuk sampel dalam bentuk basah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil Wawancara

Berdasarkan pemantauan lapangan di Kecamatan Medan Baru, pedagang jamu gendong hanya terdapat di 3 Kelurahan (ada 6 Kelurahan di Kecamatan Medan Baru) yaitu Kelurahan Padang Bulan, Titi Rante, dan Babura.

Hasil wawancara dengan pedagang jamu gendong memberikan informasi tentang tumbuhan yang sering digunakan dalam perawatan wajah baik yang diminum ataupun dioleskan dalam bentuk lulur adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Nama tumbuhan yang digunakan dalam perawatan kulit wajah

Nama Tumbuhan	Bagian yang Digunakan	Cara Pemakaian	
		Diminum	Dioleskan/ Lulur
Mangkokan	Daun	-	√
Kemuning	Daun	-	√
Temu Mangga	Rimpang	-	√
Temu Giring	Rimpang	-	√
Temu Kunci	Rimpang	-	√
Melati	Bunga	-	√
Bengkoang	Umbi (Pati)	-	√
Asam Jawa	Daun yang muda	-	√
Jambu	Daun yang muda	-	√
Nangka	Daun yang tua	-	√
Tomat	Buah	-	√
Mentimun	Buah	-	√
Sirih	Daun	√	-
Kencur	Rimpang	√	-
Temulawak	Rimpang	√	√
Lempuyang	Rimpang	√	-
Kunyit	Rimpang	√	√
Jahe	Rimpang	√	-
Jeruk Nipis	Buah	√	√

Tabel 2. Hasil skrining fitokimia

Sampel	Kandungan Kimia				
	Alkaloida	Flavonoida	Triterpenoida	Saponin	Tanin
Daun Mangkokan	-	+	-	+	-
Daun Sirih	+	+	+	-	+
Daun Jambu	+	-	+	-	+
Daun Nangka	-	+	+	-	+
Daun Kemuning	-	+	-	+	+
Kencur	+	+	+	-	-
Temu Lawak	+	+	+	-	+
Lempuyang	+	+	+	+	+
Kunyit	+	+	+	-	+
Jahe	+	+	+	-	+
Temu Mangga	+	+	+	-	+
Temu Giring	+	+	+	+	+
Temu Kunci	+	+	+	+	+
Daun Asam Jawa	+	+	-	-	+
Bunga Melati	+	+	-	-	+
Tomat	+	+	+	-	-
Mentimun	-	-	+	+	-
Bengkoang	+	-	-	+	-
Jeruk Nipis	-	-	+	-	-

Hasil Skrining Fitokimia

Hasil skrining fitokimia terhadap bagian tumbuhan yang digunakan dalam perawatan kulit wajah dengan menggunakan beberapa pereaksi untuk mengetahui kandungan senyawa kimia alkaloida, flavonoida, terpenoida/steroida, tanin dan saponin tercantum dalam Tabel 2.

Pembahasan

Bahan-bahan jamu yang terdapat di dalam jamu gendong yang digunakan untuk perawatan kulit wajah dapat digolongkan atas 2 jenis, yaitu:

- 1) Bahan cair yang umumnya diminum dan merupakan hasil perasan simplisia yang segar. Bagian ini terutama mengandung temu-temuan antara lain rimpang kencur, rimpang kunyit, rimpang temulawak, rimpang jahe, dan rimpang lempuyang. Disamping itu ada juga bahan lain yang selalu ditambahkan ke dalam jamu tersebut yaitu: air gula, air perasa buah jeruk nipis, dan amilum beras.
- 2) Bahan lulur yang biasanya dioleskan ke kulit wajah. Bagian ini terutama mengandung daun-daunan yaitu daun mangkokan, daun kemuning, daun asam jawa serta temu-temuan yakni temu mangga, temu giring, temu kunci dan temulawak. Bahan yang dibuat menjadi masker dalam perawatan kulit wajah adalah tomat, mentimun dan bengkoang.

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari pedagang jamu gendong, umumnya fungsi dari jamu

tersebut baik yang diminum maupun yang dioleskan adalah untuk menghaluskan dan menyegarkan kulit. Apabila dibandingkan dengan literatur masih ada fungsi lain yang lebih spesifik misalnya untuk flek hitam, jerawat dan lain sebagainya, misalnya temulawak dan kencur dapat digunakan untuk obat jerawat (Mursito, 2004). Jamu yang secara umum diminum dalam perawatan kulit adalah jamu kunyit asam sehingga kurang bervariasi dibandingkan literatur.

Berdasarkan skrining fitokimia diperoleh kandungan kimia pada masing-masing tanaman sebagai berikut:

- 1) Tumbuhan yang mengandung senyawa alkaloida adalah:

- Daun Sirih	- Daun Jambu
- Rimpang Kencur	- Rimpang Temulawak
- Lempuyang Gajah	- Rimpang Kunyit
- Rimpang Jahe	- Temu Mangga
- Temu Giring	- Temu Kunci
- Daun Asam Jawa	- Bunga Melati
- Tomat	- Bengkoang
- 2) Hampir semua tumbuhan yang menjadi sampel mengandung senyawa flavonoida kecuali daun jambu, mentimun, buah jeruk nipis, dan bengkoang.
- 3) Untuk senyawa bioaktif terpenoida/steroida umumnya hampir semua tumbuhan sampel memilikinya dan hanya 5 tumbuhan yang tidak mengandung terpenoida/steroida yaitu daun mangkokan, daun kemuning, daun asam jawa, bunga melati, dan bengkoang.

- 4) Tumbuhan yang mengandung senyawa saponin adalah:
- Daun Mangkokan
 - Lempuyang Gajah
 - Bengkoang
- 5) Tumbuhan yang mengandung senyawa tanin adalah:
- Daun Sirih
 - Daun Nangka
 - Temu Lawak
 - Kunyit
 - Temu Mangga
 - Temu Kunci
 - Bunga Melati

Dari keseluruhan tumbuhan tersebut hanya 3 tumbuhan yang mengandung senyawa alkaloida, flavonoida, terpenoida/steroida, saponin dan tanin yaitu lempuyang gajah, temu giring, dan temu kunci.

Berdasarkan hasil skrining fitokimia dan informasi dari para pedagang jamu gendong diketahui bahwa bahan yang diminum umumnya mengandung senyawa alkaloida, flavonoida dan terpenoida, sedangkan bahan yang digunakan sebagai lulur atau yang dioleskan ke wajah umumnya mengandung senyawa bioaktif flavonoida dan saponin. Berdasarkan literatur secara umum senyawa flavonoida berfungsi sebagai antioksidan yang dapat menghambat kerja radikal bebas (Hanani Endang, 2005) dan saponin berfungsi sebagai antimikroba (Robinson, 1995).

Radikal bebas sebagai hasil samping dari proses metabolisme merupakan penyebab kerusakan kulit. Bahan ini berupa molekul atau atom yang tidak stabil karena mempunyai susunan elektron yang tidak normal. Keberadaan radikal bebas itu dapat mempengaruhi produksi enzim yang berfungsi mempertahankan fungsi sel antara lain menyebabkan kerusakan kolagen dan elastin sehingga kulit menjadi kendur dan tidak elastis. Radikal bebas dapat berasal dari luar tubuh berupa makanan yang banyak mengandung bahan pengawet, pewarna, asam lemak tidak jenuh, pestisida, radiasi ultraviolet, asap rokok, dan lain-lain (Mursito, 1999).

KESIMPULAN

- 1) Dari 6 Kelurahan yang terdapat pada Kecamatan Medan Baru, pedagang jamu gendong hanya terdapat pada 3 Kelurahan yakni Kelurahan Padang Bulan, Titi Rante, dan Babura, dimana umumnya mereka tinggal secara berkelompok.
- 2) Terdapat 19 jenis tumbuhan yang biasa digunakan dalam perawatan kulit wajah baik yang digunakan dengan cara dioles/lulur atau diminum dalam bentuk jamu. Bagian tumbuhan yang digunakan

ada dalam bentuk daun, bunga, rimpang dan buah/umbi.

- 3) Dari keseluruhan tumbuhan tersebut hanya 3 tumbuhan yang mengandung senyawa alkaloida, flavonoida, terpenoida/steroida, saponin dan tanin yaitu lempuyang gajah, temu giring dan temu kunci.
- 4) Bahan yang digunakan sebagai lulur atau yang dioleskan ke wajah umumnya mengandung senyawa bioaktif flavonoida dan saponin.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, S.A., 2006, *Kimia Bahan Alam dan Potensi Keanekaragaman Hayati*, Workshop Peningkatan Sumber Daya Manusia Pengelolaan dan Penelitian Potensi Keanekaragaman Hayati, Padang.
- Anonim 1, 2005, *7 Bahan Kosmetik Harus Dihindari*, www.astaga.com
- Anonim 2, 1997, *Cosmetic Regulation Around The World: Part 1 – The United State*, SPC Asia.
- Darwis, D., 2006, *Teknik Penelitian Kimia Organik Bahan Alam*, Workshop Peningkatan Sumber Daya Manusia Pengelolaan dan Penelitian Potensi Keanekaragaman Hayati, Padang.
- Departemen Kesehatan RI, 1989, *Materia Medika Indonesia*, Jilid VI, Jakarta.
- Hanni, 2003, *Membantu Menjaga Kesehatan Kulit, Tumbuhan sebagai Bahan Kosmetik*, www.pikiran-rakyat.com
- Hanani, E., A. Mun'im dan R. Sekarini, 2005, *Identifikasi Senyawa Antioksidan Dalam Spons Callyspongia Sp. dari Kepulauan Seribu*, Majalah Ilmu Kefarmasian, Vol. II, No. 3. Jakarta
- Harbone, J.B., 1987, *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*, Terbitan Kedua, ITB Bandung.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2006, *Program Iptekda – LIPI: Intermediasi Iptek Menuju Dunia Bisnis*, LIPI, Jakarta.
- Manitto, P., 1981, *Biosintesis Produk Alami*, Penerjemah Koensoemardiyah, IKIP Semarang Press, Semarang.
- Mursito, B., 2004, *Tampil Percaya Diri Dengan Ramuan Tradisional*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Robinson, T., 1995, *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*, Penerjemah Padmawinata K., ITB Bandung, Bandung.
- Ronald, 2006, *Obat-obatan Ramuan Tradisional*, CV Yrama Widya, Bandung.
- Rostamailis, 2005, *Perawatan Badan, Kulit dan Rambut*, Rineka Cipta, Jakarta.

Salisbury, F. dan Ross, C., 1995, *Fisiologi Tumbuhan*, Penerjemah Lukman D.R. dan Sumaryono.

Sastrohamidjojo, H., 1991, *Spektroskopi*, Cetakan Pertama, Liberty, Yogyakarta.

Sastrohamidjojo, H., 1996, *Sintesis Bahan Alam*, Cetakan Pertama, UGM Press, Yogyakarta.

Yuliani, S., 2001, *Prospek Pengembangan Obat Tradisional Menjadi Obat Fitofarmaka*, Jurnal Litbang Pertanian, 20 (3), Jakarta.

AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SENYAWA FLAVONOID DARI DAUN KATUK (*Sauropus androgunus* (L) Merr.)

Cut Fatimah Zuhra, Juliati Br. Tarigan, dan Herlince Sihotang

Departemen Kimia FMIPA – USU

Abstract

Isolation of flavonoid compound on leaf of katuk (*Sauropus androgunus* (L) Merr) was done by maseration using methanol, then concentrated extract was fractionation with n-hexane. Separation carry out with column chromatography using silica gel adsorbent 60 neutral G of E type and mobile phase n-hexane: acetate ethyl (3 : 7) v/v. The result spectrum UV estimated obtained flavonoid that type of flavanon.

Flavonoid obtained was examined antioxidant test with method of DPPH using visible spectrophotometer at wavelength 515 nm during 0-30 minutes produce decrease of absorbance from each test solution compared with solution control with value of IC₅₀ equal to 80,69 µg/ml. That is showing the flavonoid have strong antioxidant activity, because IC₅₀ less than 200 µg/ml.

Keywords: antioxidant activity, flavonoids, (*Sauropus androgunus* (L) Merr), katuk leaf

PENDAHULUAN

Secara alamiah, setiap makhluk hidup atau organisme akan sampai pada proses menjadi tua. Proses tua tersebut memang normal terjadi dan tidak dapat dihindari. Proses tua dianggap sebagai siklus hidup yang normal bila datangnya tepat waktu. Sayangnya, terkadang terjadi proses penuaan dini yang terlalu cepat.

Kemajuan Ilmu Pengetahuan kemudian menemukan bahwa banyak sekali faktor penyebab terjadinya proses tua secara dini yaitu antara lain karena faktor genetik, gaya hidup, lingkungan, mutasi gen, rusaknya sistem kekebalan dan radikal bebas. Dari semua faktor penyebab tersebut, teori radikal bebas merupakan teori yang paling sering diungkapkan (Kosasih, dkk., 2006). Radikal bebas dapat berasal dari polusi, debu maupun diproduksi secara kontinyu sebagai konsekuensi dari metabolisme normal (Septiana, dkk., 2002).

Sebab itu tubuh kita memerlukan suatu substansi penting yakni antioksidan yang dapat membantu melindungi tubuh dari serangan radikal bebas dengan meredam dampak negatif senyawa ini. Antioksidan berfungsi mengatasi atau menetralkan radikal bebas sehingga diharapkan dengan pemberian antioksidan tersebut proses tua dihambat atau paling tidak “tidak dipercepat” serta dapat mencegah terjadinya kerusakan tubuh dari timbulnya penyakit degeneratif (Kosasih, dkk., 2006).

Sumber-sumber antioksidan dapat berupa antioksidan sintetik maupun antioksidan alami. Tetapi saat ini penggunaan antioksidan sintetik mulai dibatasi

karena ternyata dari hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa antioksidan sintetik seperti BHT (*Butylated Hydroxy Toluena*) ternyata dapat meracuni binatang percobaan dan bersifat karsinogenik. Oleh karena itu industri makanan dan obat-obatan beralih mengembangkan antioksidan alami dan mencari sumber-sumber antioksidan alami baru (Takashi dan Takayuni, 1997).

Ada banyak bahan pangan yang dapat menjadi sumber antioksidan alami, misalnya rempah-rempah, teh, coklat, dedaunan, biji-biji serelia, sayur-sayuran, enzim dan protein. Kebanyakan sumber antioksidan alami adalah tumbuhan dan umumnya merupakan senyawa fenolik yang tersebar di seluruh bagian tumbuhan baik di kayu, biji, daun, buah, akar, bunga maupun serbuk sari (Sarastani, dkk., 2002). Senyawa fenolik atau polifenolik antara lain dapat berupa golongan flavonoid. Kemampuan flavonoid sebagai antioksidan telah banyak diteliti belakangan tahun ini, dimana flavonoid memiliki kemampuan untuk merubah atau mereduksi radikal bebas dan juga sebagai anti radikal bebas (Giorgio, 2000).

Tanaman katuk (*Sauropus androgunus* (L) Merr) mempunyai banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari. Hasil penelitian Kelompok Kerja Nasional Tumbuhan Obat Indonesia menunjukkan bahwa tanaman katuk mengandung beberapa senyawa kimia, antara lain alkaloid papaverin, protein, lemak, vitamin, mineral, saponin, flavonid dan tanin. Beberapa senyawa kimia yang terdapat dalam tanaman katuk diketahui berkhasiat obat (Rukmana, 2003).

Dari uraian di atas peneliti tertarik untuk mengisolasi flavonoid dari daun katuk (*Sauropus androgynus* (L) Merr) dan menguji aktivitasnya sebagai antioksidan.

BAHAN DAN METODE

Bahan-Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah metanol, etil asetat, n-heksana, amilum dan khloroform, FeCl₃, NaOH, silika gel 60 F₂₅₄, silika gel G type E, asam asetat glasial, KI, Na₂S₂O₃ · 5H₂O, H₂SO₄, K₂Cr₂O₇, Na₂SO₄ adalah buatan E' Merck.

Metode

Penyediaan Sampel

Sampel yang diteliti adalah daun katuk (*Sauropus androgynus* (L) Merr). Sampel dibersihkan dari pengotor, dihaluskan dengan menggunakan blender sampai diperoleh serbuk daun katuk lalu di keringkan di udara terbuka. Sampel lalu ditimbang.

Uji Skrining Fitokimia

Untuk mengetahui adanya senyawa flavonoid yang terdapat dalam daun katuk (*Sauropus androgynus* (L) Merr) maka dilakukan uji pendahuluan (skrining fitokimia). Uji pendahuluan secara kualitatif dengan reaksi warna, yaitu dengan mengekstraksi sampel kulit jeruk purut dengan metanol dan dididihkan selama lebih kurang 25 menit, disaring dalam keadaan panas, kemudian pelarut diuapkan sampai kering. Ekstrak dikocok kuat dengan kloroform lalu ditambahkan air suling sampai terbentuk dua lapisan. Lapisan air dibagi 3 (tiga) bagian:

- 1) Filtrat pertama ditambah 2 tetes FeCl₃ 1%, yang menghasilkan warna hitam, yang menunjukkan adanya senyawa flavonoid.
- 2) Filtrat pertama ditambah 2 tetes NaOH 10%, yang menghasilkan warna hijau kebiruan, yang menunjukkan adanya senyawa flavonoid.
- 3) Filtrat pertama ditambah 2 tetes MgCl₂, yang menghasilkan warna merah jambu, yang menunjukkan adanya senyawa flavonoid.

Isolasi Flavonoid dari Daun Katuk (*Sauropus androgynus* (L) Merr)

Serbuk daun katuk ditimbang sebanyak 1000 g, dimasukkan ke dalam bejana dan ditambahkan pelarut metanol sampai semua sampel terendam oleh pelarut dan dibiarkan selama 48 jam. Maserat disaring dan diperoleh ekstrak daun katuk. Maserasi dilakukan kembali secara berulang-ulang menggunakan pelarut metanol sampai ekstrak metanol yang diperoleh

memberikan hasil uji yang negatif pada pereaksi untuk identifikasi senyawa flavonoid. Ekstrak metanol yang diperoleh dikumpulkan dan dipekatkan dengan menggunakan alat rotari evaporator pada suhu 60⁰C sehingga diperoleh ekstrak pekat metanol. Ekstrak pekat yang diperoleh diekstraksi partisi dengan n-heksan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas dipisahkan (tidak dilanjutkan), lapisan bawah ditambah etil asetat dan dikocok sampai terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah dipisahkan (tidak dilanjutkan) dan lapisan atas dicuci dengan aquadest hingga diperoleh fraksi etil asetat.

Analisis Kromatografi Lapis tipis dilakukan terhadap ekstrak pekat etil asetat dengan menggunakan fasa diam silika gel 60 F₂₅₄. Fasa gerak yang digunakan adalah campuran n-heksana: metanol dengan perbandingan (9 : 1) v/v; (8 : 2) v/v; (7 : 3) v/v; (6 : 4) v/v; (5 : 5) v/v; (4 : 6) v/v; (3 : 7) v/v; (2 : 8) v/v; (1 : 9) v/v. Dari hasil analisis KLT menunjukkan bahwa pemisahan yang baik diberikan pada fasa gerak n-heksana: etil asetat (3 : 7) v/v. Harga R_f dapat dilihat pada khromatogram.

Isolasi senyawa flavonoid secara kromatografi kolom dilakukan terhadap ekstrak pekat etil asetat daun katuk yang telah diperoleh. Fasa diam yang digunakan adalah Silika gel 60 G netral type E (E Merck Art. 7734) dan fasa gerak campuran pelarut n-heksana: etil asetat (3 : 7) v/v.

Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH

Sebanyak 25 mg ekstrak kasar ditimbang kemudian dilarutkan dalam labu ukur 25 ml dengan metanol lalu volumenya dicukupkan dengan metanol sampai garis tanda (larutan induk 1000 ppm). Larutan induk dipipet sebanyak 0,1 ml; 0,2 ml; 0,3 ml; dan 0,4 ml ke dalam labu ukur 25 ml untuk mendapatkan konsentrasi larutan uji 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm dan 16 ppm. Kedalam masing-masing labu ukur ditambahkan 5 ml larutan DPPH 0,5 mM lalu volumenya dicukupkan dengan metanol sampai garis tanda. Larutan blanko dibuat dengan cara larutan DPPH 0,5 mM dipipet sebanyak 5 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml lalu volumenya dicukupkan dengan metanol sampai garis tanda.

Absorbansi DPPH diukur dengan spektrometer sinar tampak pada panjang gelombang 515 nm, pada waktu selang 5 menit mulai 0 menit sampai 30 menit. Kemampuan antioksidan diukur sebagai penurunan serapan larutan DPPH akibat adanya penambahan sampel.

Nilai serapan larutan DPPH sebelum dan sesudah penambahan ekstrak tersebut dihitung sebagai persen inhibisi (% inhibisi) dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{sampel}})}{A_{\text{kontrol}}} \times 100\%$$

Keterangan:

A_{kontrol} = Absorbansi tidak mengandung sample

A_{sampel} = Absorbansi sampel

Selanjutnya hasil perhitungan dimasukkan ke dalam persamaan regresi dengan konsentrasi ekstrak (ppm) sebagai absis (sumbu X) dan nilai % inhibisi (antioksidan) sebagai ordinatnya (sumbu Y). Nilai IC_{50} dari perhitungan pada saat % inhibisi sebesar 50%. $Y = aX + b$ (Cahyana, 2002).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

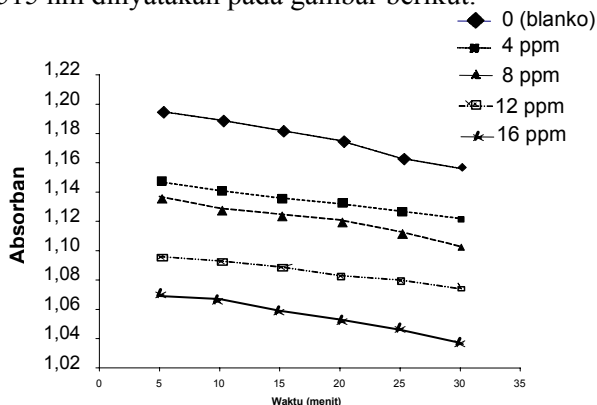
Isolasi Flavonoid dari Daun Katuk

Dari hasil skrining pendahuluan terhadap ekstrak metanol dari daun katuk bahwa di dalam daun katuk mengandung senyawa flavonoida.

Dari hasil analisis Spektrum ultra violet visible (UV-Visibel) flavonoid dari daun katuk (*Sauropus androgunus* (L) Merr) dalam pelarut methanol memberikan serapan maksimum pada panjang gelombang 292 nm yang menunjukkan flavonoid ini adalah flavonoid jenis flavanon.

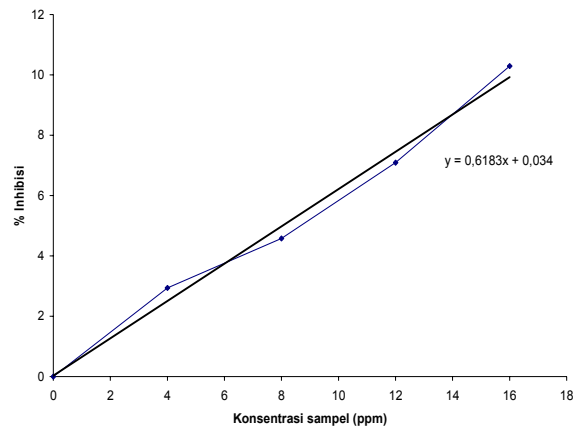
Aktivitas Anti-Radikal Bebas DPPH Secara Spektrofotometri

Pemeriksaan aktivitas anti radikal bebas DPPH secara spektrofotometri dilakukan dengan mereaksikan sampel dengan larutan DPPH. Pengukuran absorbansi sampel dilakukan pada konsentrasi 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm dan 16 ppm yang dibandingkan dengan kontrol (tanpa penambahan sampel) pada waktu 0-30 menit. Data hasil pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 515 nm dinyatakan pada gambar berikut.



Gambar 1. Hasil analisis aktivitas antioksidan dengan metode DPPH

Aktivitas antioksidan diukur sebagai penurunan serapan larutan DPPH akibat adanya penambahan sampel. Nilai serapan larutan DPPH terhadap sampel dihitung sebagai persen inhibisi setelah 30 menit (% inhibisi). Dari data pengukuran nilai absorbansi pada panjang gelombang setelah 30 menit dapat dianalisis pengaruh konsentrasi sampel dengan persentase inhibisi seperti dinyatakan pada gambar berikut.



Gambar 2. Hubungan konsentrasi (ppm) sampel dengan persentase inhibisi (%)

Dengan memasukkan nilai hasil perhitungan ke dalam persamaan linear dengan konsentrasi (ppm) sebagai absis (X) dan nilai persentase inhibisi sebagai ordinat (Y), nilai IC_{50} dari perhitungan pada saat % inhibisi sebesar 50% dengan persamaan $Y = aX + b$ adalah sebesar 80,81 ppm (Lampiran 5).

Pembahasan

Pemeriksaan aktivitas antiradikal bebas DPPH secara spektrofotometri dilakukan dengan mereaksikan sampel dengan larutan DPPH pada panjang gelombang 515 nm. Metode DPPH dipilih karena sederhana, mudah, cepat dan peka serta hanya memerlukan sedikit sampel.

Aktivitas diukur dengan menghitung jumlah pengurangan intensitas warna ungu DPPH yang sebanding dengan pengurangan konsentrasi larutan DPPH. Peredaman tersebut dihasilkan oleh bereaksinya molekul Difenil Pikril Hidrazil dengan atom hidrogen yang dilepaskan satu molekul komponen sampel sehingga terbentuk senyawa Difenil Pikril Hidrazin dan menyebabkan terjadinya peluruhan warna DPPH dari ungu ke kuning.

Dari Gambar 1 dapat dilihat adanya penurunan nilai absorbansi DPPH yang diberi sampel terhadap kontrol pada setiap kenaikan konsentrasi. Penurunan nilai absorbansi DPPH mempunyai arti bahwa telah terjadinya penangkapan radikal DPPH oleh sampel. Dengan penangkapan radikal tersebut

mengakibatkan ikatan rangkap diazo pada DPPH berkurang sehingga terjadinya penurunan absorbansi.

Dari data pengukuran nilai absorbansi pada menit ke-30 dapat dianalisis pengaruh konsentrasi sampel dengan persentase inhibisi dimana peningkatan aktivitas sebanding dengan bertambahnya konsentrasi. Ditentukan persamaan regresi dan untuk selanjutnya dari persamaan diplotkan aktivitas 50% sehingga diperoleh harga konsentrasi efektif (IC_{50}) yaitu sebesar 80,81 ppm. IC_{50} merupakan bilangan yang menunjukkan konsentrasi ekstrak (ppm) yang mampu menghambat proses oksidasi sebesar 50%. Semakin kecil nilai IC_{50} berarti semakin tinggi aktivitas antioksidan. Secara spesifik suatu senyawa dikatakan sebagai antioksidan sangat kuat jika nilai IC_{50} kurang dari 50 ppm, kuat untuk IC_{50} bernilai 50-100 ppm, sedang jika bernilai 100-150 ppm, dan lemah jika nilai IC_{50} bernilai 151-200 ppm (Anonim, 2005)

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Semakin tinggi konsentrasi sampel yang digunakan maka nilai absorbansi DPPH semakin menurun, ini menunjukkan adanya aktivitas antioksidan dari sampel.
2. Nilai IC_{50} yang diperoleh sebesar 80,81, hal ini berarti bahwa flavonoid dari daun katuk (*Sauropus androgunus* (L) Merr) memiliki kemampuan sebagai antioksidan yang kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Awika, Joseph M.; Llyod W. Rooney; Xianli Wu; Ronald L. Prior; and Luis Cisneros-Zevallos., (2003), *Screening Methods to Measure Antioxidant Activity of Sorghum (Sorghum bicolor) and Sorghum Products*. *J. Agric. Food Chem.* 51. 6657-6662.
- Cahyana, M. Taufik Ekaprasada. A. Herry, (2002), *Isolasi Senyawa Antioksidan Kulit Batang Kayu Manis (Cinnamomum burmannii Nees ex Blume)*, ISSN No. 0216-0781.
- Gil, Maria I; Francisco A. Tomas-Barberari; Betty hess-Pierce; Deirdre M. Holcroft; and Adel A. Kader, (2000), *Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and It's Relationship with Phenolic Composition and Processing*. *J Agric Food Chem*, 48.
- Giorgi. P., (2000), *Flavonoid an Antioxidant*. *Journal National Product*. 63. 1035-1045.
- Hafid, Achmad Fuad., (2003), *Aktivitas Anti-Radikal Bebas DPPH Fraksi Metanol Fagrae auriculata dan Fagrae cellanica*. *Majalah Farmasi Airlangga*. Vol. III, No. 1.
- Hanani, Endang; Abdul Mun'im dan Ryany Sekanni, (2005), *Identifikasi Senyawa Antioksidan dalam Spons Callyspongia Sp dari Kepulauan Seribu*. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. Vol. III, No. 3. 127-133.
- Hernani, Mono Rahadjo., (2005), *Tanaman Berkhasiat Antioksidan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Kosasih, E.N., Tony S. dan Hendro H. (2006). *Peran Antioksidan pada Lanjut Usia*. Pusat Kajian Nasional Masalah Lanjut Usia. Jakarta
- Robinson. T. (1991), *Kandungan Kimia Organik Tumbuhan Tinggi*. Terjemahan Kosasih Padmawinata. Penerbit ITB, Bandung.
- Rukmana, R. dan Indra M.H., (2003), *Katuk. Potensi dan Manfaatnya*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sarastani, Dewi; Suwarna T. Soekarto; Tien R. Muchtadi; Dedi Fardiaz dan Anton Apriyanto., (2002), *Aktivitas Antioksidan Ekstrak dan Fraksi Ekstrak Biji Atung.*, *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. Vol. XIII. No. 2. 149-156.
- Takashi. Miyake and Takayumi Shibamoto, (1997), *Antioxidant Activities of Natural Compound Found in Plants*. *J. Agric. Food. Chem.* 45. 1819-1822.

PRODUKTIVITAS PRIMER FITOPLANKTON DAN HUBUNGANNYA DENGAN FAKTOR FISIK-KIMIA AIR DI PERAIRAN PARAPAT, DANAU TOBA

Ternala Alexander Barus, Sri Sayrani Sinaga, dan Rosalina Tarigan

Departemen Biologi, Universitas Sumatera Utara

Abstract

The aimed of this research were to investigated the value of primary productivity in Lake Toba as result of activity of phytoplankton photosynthesis and its relation with the value of physic and chemical factors of water. This research has been done during March - April 2008 at the 4 sampling locations around Parapat, Toba Lake. The sampling location determined depends on various activities in each sampling location. Primary Production was measured by the Oxygen Method were two bottles with a given concentration of phytoplankton are suspended at the depth from which the samples were obtained. The other analysis would be conducted to measurement the physic and chemical factors of water, such as the temperature, pH, Dissolved Oxygen, Secchi Disk visibility, BOD₅, NO₃, PO₄, and the density of plankton. The mean value of primary productivity range from 387,873 to 825,739 mg C/m³/dy, with the lowest value obtained at location 4 and highest value at location 2. The lowest value of primary productivity equal to 187,68 mg C/m³/dy obtained at surface (location 4). According to statistical test obtained that there no significance difference of value of primary productivity which is compared between locations, since the value of primary productivity at surface was different compared with the value obtained at deepness 2,5 m (significance value equal to 0,034 which is smaller than 0,05). Activity of settlement/domestic and hotels (2nd and 3rd locations) giving contribution to increase the nutrient concentration of water, causing optimal growth of phytoplankton.

Keywords: primary productivity, phytoplankton, physic and chemistry factors, lake

PENDAHULUAN

Danau Toba yang merupakan suatu ekosistem air telah banyak mengalami perubahan terutama akibat dari berbagai aktivitas manusia yang terdapat di sekitar ekosistem air ini. Permasalahan yang dialami ekosistem Danau Toba terutama adalah penurunan kualitas air akibat dari berbagai limbah yang dibuang ke dalam danau sehingga menimbulkan pencemaran, seperti limbah rumah tangga, limbah pertanian, limbah dari budidaya perikanan di dalam keramba serta limbah minyak yang berasal dari aktivitas transportasi air. Hal ini terutama dapat dilihat di kawasan sekitar Parapat dan Balige.

Selain itu terjadi perusakan kawasan hutan, berupa penebangan hutan untuk berbagai keperluan, di sekitar danau yang menyebabkan terjadinya fluktuasi aliran air yang masuk ke dalam danau.

Danau Toba yang mempunyai luas permukaan lebih kurang 112.970 ha, merupakan danau yang paling luas di Indonesia. Secara geografis Danau Toba terletak diantara 98° - 99° Bujur Timur dan 2° - 3° Lintang Utara, berjarak sekitar 175 km dari kota Medan, terletak pada ketinggian 995 m di atas permukaan laut, dengan kedalaman maksimum

yaitu 525 m yang terdapat di kawasan perairan Haranggaol. Danau ini merupakan sumber daya air yang mempunyai nilai yang sangat penting ditinjau dari fungsi ekologis serta fungsi ekonomis. Hal ini berkaitan dengan fungsi Danau Toba sebagai habitat berbagai jenis organisma air, fungsi air Danau Toba sebagai sumber air minum bagi masyarakat sekitarnya, sebagai sumber air untuk kegiatan pertanian dan budi daya perikanan serta untuk menunjang berbagai jenis industri (misalnya kebutuhan air untuk industri pembangkit listrik Sigura-gura, Asahan). Tak kalah pentingnya adalah fungsi Danau Toba sebagai kawasan wisata yang sudah terkenal ke mancanegara dan sangat potensial untuk pengembangan kepariwisataan di Propinsi Sumatera Utara.

Produktivitas primer adalah suatu proses pembentukan senyawa-senyawa organik melalui proses fotosintesis. Proses fotosintesis sendiri dipengaruhi oleh faktor konsentrasi klorofil a, serta intensitas cahaya matahari. Nilai produktivitas primer dapat digunakan sebagai indikasi tentang tingkat kesuburan suatu ekosistem perairan. Sejauh ini, data dan informasi mengenai hubungan produktivitas primer dengan konsentrasi klorofil a serta

hubungannya dengan faktor fisik-kimia air di perairan Parapat, Danau Toba belum diketahui.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara nilai produktivitas primer dengan konsentrasi klorofil a dan hubungan antara faktor fisik-kimia perairan dengan nilai produktivitas di perairan Parapat, Danau Toba.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2008 di perairan Parapat, Danau Toba. Lokasi pengambilan sampel dilakukan secara *Purposive Random Sampling* berdasarkan perbedaan aktivitas, dengan 3 kedalaman yang berbeda pada setiap stasiun pengamatan, yaitu 0 m (permukaan), 2,5 m dan 5 m. Pembagian kedalaman ini didasarkan pada hasil pengukuran batas penetrasi cahaya yaitu 5 meter.

Pengukuran nilai produktivitas dilakukan dengan menggunakan metode Botol Terang-Gelap. Sampel air yang diambil dimasukkan ke dalam botol terang dan gelap dengan volume yang sama dan dilakukan dengan dua kali ulangan untuk masing-masing stasiun pengamatan dan terlebih dahulu diukur konsentrasi oksigen terlarut pada awal percobaan (DOawal). Untuk mendapatkan sampel air dari kedalaman 2,5 meter dan 5 meter digunakan lamnot. Botol terang dan gelap kemudian direndam pada

setiap kedalaman selama 6 jam, dari pukul 10.00 - 16.00 WIB. Setelah masa percobaan berakhir, botol diangkat keluar dan dilakukan kembali pengukuran konsentrasi oksigen terlarut (DOakhir). Pengukuran konsentrasi oksigen terlarut dilakukan dengan metode Winkler.

Nilai produktivitas dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_N = \text{Produktivitas kotor (P}_g\text{)} - \text{Respirasi (R)}$$

$$R = [O_2]_{\text{awal}} - [O_2]_{\text{akhir pada botol gelap}}$$

$$P_g = [O_2]_{\text{akhir pada botol terang}} - [O_2]_{\text{akhir pada botol gelap}}$$

Dimana:

P_N = Produktivitas Primer Netto

R = Respirasi

P_g = Produktivitas Primer Kotor

Untuk mengubah nilai mg/l menjadi mg C/m³ maka nilai dalam mg/l dikalikan dengan faktor 375,36. Hal ini untuk menghasilkan mg C/m³. Untuk mendapatkan nilai produktivitas primer dalam satuan hari maka nilai per jam harus dikalikan dengan 12 (mengingat cahaya matahari hanya diperoleh selama 12 jam per hari).

Tabel 1. Nilai produktivitas primer, faktor-faktor fisik-kimia air dan kelimpahan plankton

Lok.	Kedalaman Air (m)	PP (mgC/m ³ /hari)	Temperatur (°C)	pH	DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Kelimpahan Plankton (Indv./L)
1	0	525,505	25	6,9	6,2	0,8	1,1262	0,0358	3.149,02
	2,5	788,255	25	7,2	6,0	0,6	1,1844	0,0483	
	5	525,505	25	7,3	5,4	0,4	1,1553	0,0318	2.896,18
	Rata-rata	613,088	25	7,13	5,87	0,60	1,1553	0,0386	3.022,60
2	0	825,79	25	7,3	6,9	0,8	1,0971	0,0398	10.112,07
	2,5	1.163,62	24	7,4	5,2	0,6	1,0776	0,0438	
	5	487,97	24	7,4	6,6	0,4	1,1359	0,0996	7.054,77
	Rata-rata	825,793	24,33	7,37	6,23	0,60	1,1035	0,0611	8.583,42
3	0	600,575	25	7,0	6,6	3,8	1,1553	0,0239	22.868,8
	2,5	788,255	24	7,0	6,0	1,8	1,2038	0,0318	
	5	487,97	24	7,1	6,6	1,2	1,1842	0,03545	14.033,12
	Rata-rata	625,600	24,33	7,03	6,40	2,27	1,1811	0,0304	18.450,96
4	0	187,68	25	7,1	6,4	1,6	1,1262	0,0318	6.970,69
	2,5	337,825	25	7,0	6,0	1,4	1,0388	0,0159	
	5	638,115	24	7,0	5,4	1,5	1,0582	0,0239	6.519,75
	Rata-rata	387,873	24,67	7,03	5,93	1,50	1,0744	0,0239	6745,22

Keterangan:

Lok. 1 : Kontrol (2^o39'33,1" N/98^o55'55,8" E)

Lok. 2 : Dermaga/Hotel (2^o39'32" N/98^o55'57,2" E)

Lok. 3 : Pemukiman (2^o38'50,2" N/98^o55'16,5" E)

Lok. 4 : Keramba Jaring Apung (2^o42'10,18" N/98^o55'12,72" E)

Selain itu dilakukan pengukuran nilai klorofil a menggunakan spektrofotometer, serta pengukuran nilai faktor-faktor fisik-kimia air meliputi penetrasi cahaya, temperatur air, pH, DO, BOD₅, NO₃, PO₄ dan kelimpahan plankton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran diketahui bahwa kedalaman penetrasi cahaya adalah 5 m. Kedalaman penetrasi seperti ini menunjukkan keadaan air yang relatif masih jernih. Konsentrasi oksigen terlarut pada lokasi penelitian berkisar antara 5,93 – 6,40 mg/L, sementara nilai pH berkisar antara 7.03 - 7.37 (Tabel 1).

Dari hasil pengukuran di lokasi penelitian perairan Danau Toba, diperoleh bahwa nilai produktivitas primer rata-rata berkisar antara 387,873 – 825,739 mg C/m³/hari (Tabel 1), dengan nilai terendah diperoleh pada lokasi 4 dan nilai tertinggi pada lokasi 2. Menurut Brehm & Meijering (1990), nilai produktivitas primer rata-rata tahunan di danau-danau temperata berkisar antara 20 – 100 mg C/m³/hari (*oligotrofik*). Mengingat pengukuran di Danau Toba dilakukan hanya sekali, maka dapat dimengerti bahwa hasil pengukuran yang dilakukan jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai produktivitas primer menurut Brehm & Meijering (1990) tersebut. Selanjutnya pada Tabel 1 dapat

dilihat bahwa berdasarkan kedalaman danau, nilai produktivitas primer terendah diperoleh pada permukaan (lokasi 4) sebesar 187,68 mg C/m³/hari. Meskipun kepadatan plankton di lokasi 4 ini tinggi yaitu sebesar 6.970,69 indiv./L, tetapi jenis-jenis plankton yang dijumpai di dominasi oleh zooplankton (Tabel 3) yang tidak berperan dalam produktivitas primer. Berdasarkan kedalaman danau juga diperoleh bahwa nilai produktivitas primer tertinggi di peroleh pada kedalaman 2,5 m (lokasi 2) sebesar 1.163,62 mg C/m³/hari. Hal ini memberikan indikasi bahwa kedalaman 2,5 m merupakan kedalaman yang ideal bagi terjadinya proses fotosintesis yang optimal. Adanya berbagai aktivitas di bagian permukaan danau menyebabkan proses fotosintesis menjadi tidak efektif, meskipun jika ditinjau dari aspek intensitas cahaya matahari sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi proses fotosintesis, seharusnya bagian permukaan air akan menyerap cahaya lebih baik dibandingkan dengan lapisan air di bawahnya.

Berdasarkan uji statistik diperoleh bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara nilai produktivitas primer yang dibandingkan antar lokasi penelitian, seperti terlihat pada Tabel 2. Selanjutnya dapat dilihat bahwa nilai produktivitas primer pada permukaan berbeda nyata dengan nilai yang diperoleh pada kedalaman 2,5 m, ditandai dengan nilai signifikan (0,034) yang lebih kecil dari 0,05.

Tabel 2. Hasil uji t terhadap nilai produktivitas primer berdasarkan lokasi dan kedalaman

Paired Samples Test									
Between	Locations	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	PP_1 - PP_2	-237.7283	278.54285	113.71464	-530.0411	54.5845	-2.091	5	.091
Pair 2	PP_1 - PP_3	-37.5350	310.44072	126.73689	-363.3226	288.2526	-.296	5	.779
Pair 3	PP_1 - PP_4	200.1917	393.44319	160.62251	-212.7016	613.0850	1.246	5	.268
Pair 4	PP_2 - PP_3	200.1933	310.13769	126.61318	-125.2762	525.6629	1.581	5	.175
Pair 5	PP_2 - PP_4	437.9200	498.91475	203.68109	-85.6589	961.4989	2.150	5	.084
Pair 6	PP_3 - PP_4	237.7267	337.12743	137.63170	-116.0669	591.5202	1.727	5	.145
Between Water deep									
Pair 1	PP_0 - PP_2.5	-215.8337	232.03865	82.03805	-409.8229	-21.8446	-2.631	7	.034
Pair 2	PP_0 - PP_5	-.0025	338.12133	119.54394	-282.6790	282.6740	.000	7	1.000
Pair 3	PP_2.5 - PP_5	215.8312	433.00248	153.08949	-146.1679	577.8304	1.410	7	.201

Tabel 3. Kelimpahan plankton (Indv./L) pada lokasi penelitian

TAKSA	Permukaan (0 m)				Kedalaman 5 m			
	1	2	3	4	1	2	3	4
FITOPLANKTON								
I. Bacillariophyceae								
A. Achnanthaceae								
1. <i>Achnanthes</i>	-	458,60	657,32	-	-	114,65	198,73	-
B. Chaetoceraeae								
2. <i>Chaetoceros</i>	-	336,31	366,88	267,52	-	152,87	168,15	23,94

TAKSA	Permukaan (0 m)				Kedalaman 5 m			
	1	2	3	4	1	2	3	4
C. Cymbellaceae								
3. <i>Cymbella</i>	84,07	252,22	749,04	45,86	53,50	168,15	833,12	-
D. Epithemiaceae								
4. <i>Rophalodia</i>	99,36	236,94	466,24	-	-	114,65	382,17	-
E. Fragillariaceae								
5. <i>Asterionella</i>	-	435,67	909,55	-	-	252,23	603,82	-
6. <i>Diatoma</i>	-	214,01	626,75	-	-	137,58	91,72	-
7. <i>Fragillaria</i>	-	405,09	1941,40	-	-	290,45	909,55	-
8. <i>Tabellaria</i>	-	282,80	924,84	-	-	145,22	420,38	-
F. Naviculaceae								
9. <i>Navicula</i>	-	466,24	726,11	-	-	244,59	57,39	-
10. <i>Neidium</i>	-	221,66	573,25	53,50	-	198,73	236,94	-
11. <i>Pinnularia</i>	-	275,16	580,89	-	-	137,58	305,73	-
G. Nitzchiaceae								
12. <i>Nitzchia</i>	-	114,65	435,67	-	-	76,43	175,80	-
H. Surirellaceae								
13. <i>Cymatopleura</i>	-	129,94	710,83	-	-	99,36	183,44	-
14. <i>Surirella</i>	-	175,79	1054,78	-	-	114,65	535,03	-
II. Chlorophyceae								
I. Chlorococaceae								
15. <i>Chlorococcum</i>	198,72	-	-	-	-	-	-	-
J. Cladophoraceae								
16. <i>Pithophora</i>	-	53,50	236,94	-	-	-	122,29	-
K. Desmidiaceae								
17. <i>Closterium</i>	-	53,50	252,23	-	-	122,29	275,16	-
18. <i>Hyalotheca</i>	-	275,16	756,69	-	-	76,43	343,95	-
19. <i>Staurastrum</i>	642,04	894,27	2277,71	1834,39	359,24	535,03	985,99	-
L. Tribonemataceae								
20. <i>Tribonema</i>	435,67	298,09	336,31	-	435,67	114,65	229,30	-
M. Hydrodictiaceae								
21. <i>Hydrodictyon</i>	-	168,15	267,52	-	-	107,01	152,87	-
22. <i>Pediastrum</i>	351,59	588,53	894,27	-	206,37	343,95	565,61	236,94
N. Mesotaeniaceae								
23. <i>Gonatozygon</i>	420,38	389,81	481,53	-	175,80	382,16	481,53	-
O. Oocystaceae								
24. <i>Planktospaeria</i>	-	267,51	313,38	-	-	129,94	236,94	-
P. Palmellaceae								
25. <i>Sphaerocystis</i>	-	107,01	221,66	-	-	68,79	114,65	-
Q. Phacotaceae								
26. <i>Peninopera</i>	168,15	84,08	145,22	321,02	22,30	76,43	91,72	129,94
R. Protococcaceae								
27. <i>Protococcus</i>	137,58	359,24	336,31	-	-	53,50	53,50	-
S. Ulotrichasceae								
28. <i>Ulotrix</i>	351,59	619,11	1138,85	733,76	191,08	206,37	573,25	321,02
T. Ulvaceae								
29. <i>Enteromorpha</i>	-	84,08	244,59	-	-	61,15	38,22	-
U. Volvocaceae								
30. <i>Volvox</i>	145,22	321,02	336,31	-	114,65	221,66	412,74	-
V. Zygnemataceae								
31. <i>Spirogyra</i>	114,65	259,87	856,05	-	99,36	183,44	596,18	-
ZOOPLANKTON								
III. Ciliata								
a. Halteridae								
32. <i>Halteria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
IV. Crustaceae								
b. Bosminidae								
33. <i>Bosmina</i>	-	-	-	473,88	298,09	91,72	282,80	458,60
c. Cyclopidae								
34. <i>Diacyclops</i>	-	-	-	-	-	-	-	145,22
35. <i>Ectocyclops</i>	-	-	-	-	-	-	-	305,72
36. <i>Eucyclops</i>	-	-	-	-	-	-	-	206,37
37. <i>Megacyclops</i>	-	-	-	-	-	-	-	328,66
d. Diaptomiidae								
38. <i>Diaptomus</i>	-	-	-	259,87	259,87	-	-	321,02
39. <i>Eudiaptomus</i>	-	-	-	-	99,36	-	-	206,37

TAKSA	Permukaan (0 m)				Kedalaman 5 m			
	1	2	3	4	1	2	3	4
V. Filosa								
e. Euglyphidae								
40. <i>Euglypha</i>	-	-	-	-	-	-	-	38,22
VI. Granulo-reticulosa								
f. Raphidiophriidae								
41. <i>Raphidiophrys</i>	-	336,30	489,17	236,84	45,86	160,51	328,66	107,01
VII. Lobosa								
g. Arcellidae								
42. <i>Arcella</i>	-	137,58	221,66	76,43	30,57	229,30	321,02	175,80
h. Centropyxidae								
43. <i>Centropyxis</i>	-	191,08	626,75	84,08	168,15	382,16	504,46	198,73
I. Diffugiidae								
44. <i>Diffugia</i>	-	76,43	214,01	15,29	22,93	107,01	236,94	91,72
VIII. Monogononta								
j. Brachionidae								
45. <i>Mytilina</i>	-	68,79	152,87	53,50	45,86	206,37	328,66	183,44
46. <i>Keratella</i>	-	206,37	649,68	664,97	160,51	428,02	458,60	733,76
k. Testudinellidae								
47. <i>Fillinia</i>	-	122,29	412,74	580,89	38,22	259,87	405,09	810,19
l. Trichocercidae								
48. <i>Trichocerca</i>	-	145,22	282,80	710,83	68,79	259,87	321,02	466,24
TOTAL	3.149,02	10.112,07	22.868,8	6.970,69	2.896,18	7.054,77	14.033,12	6.519,75

Keterangan:

- Lok. 1 : Kontrol (2°39'33,1" N/98°55'55,8" E)
 Lok. 2 : Dermaga/Hotel (2°39'32" N/98°55'57,2" E)
 Lok. 3 : Pemukiman (2°38'50,2" N/98°55'16,5" E)
 Lok. 4 : Keramba Jaring Apung (2°42'10,18" N/98°55'12,72" E)

Keadaan ini memberikan gambaran bahwa secara umum tingkat homogenitas Danau Toba sangat tinggi. Hal ini dikuatkan dari hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya mengenai pola temperatur air danau di beberapa lokasi penelitian (Terangna, cs, 2002 and Barus, 2007), bahwa nilai temperatur pada bagian permukaan Danau Toba tidak berbeda jauh dengan besaran temperatur pada bagian danau yang lebih dalam (pada kedalaman 200 – 500 m), dengan selisih hanya sekitar 1°C. Hal ini menunjukkan bahwa sulit menemukan lapisan air di mana terjadi *termoklin*, yaitu terjadinya penurunan temperatur air secara drastis sejalan dengan bertambahnya kedalaman air. Diduga adanya aktivitas vulkanis pada lapisan bumi yang terletak di bawah Danau Toba menyebabkan temperatur air pada lapisan yang dalam tidak berbeda jauh dengan permukaan. Demikian juga halnya dengan kandungan oksigen terlarut yang relatif konstan sampai pada lapisan air yang dalam di Danau Toba. Dengan kata lain bahwa Danau Toba memiliki karakter yang unik dengan adanya proses pencampuran air yang baik sehingga tidak terjadi stagnasi lapisan air sebagaimana umumnya dijumpai pada danau-danau di daerah tropis.

Nilai Kelimpahan plankton pada lapisan permukaan (0 m) berkisar antara 3.149,02 - 22.868,8 indiv./L, dengan nilai terendah pada lokasi 1 dan tertinggi pada lokasi 3 (Tabel 3). Sedangkan pada kedalaman 5 m nilai kelimpahan plankton berkisar

antara 2.896,18 - 14.033,12 indiv./L, dengan nilai terendah pada lokasi 1 dan tertinggi pada lokasi 3. Adanya kegiatan pemukiman di sekitar lokasi 3 yang membuang limbah ke dalam badan air menyebabkan peningkatan konsentrasi bahan nutrisi yang mendukung pertumbuhan plankton.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa kelimpahan plankton pada lapisan permukaan di setiap lokasi penelitian lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kelimpahan plankton pada kedalaman 5 m. Selanjutnya diperoleh bahwa pada lokasi 4 jenis plankton yang banyak dijumpai adalah zooplankton, sementara pada lokasi 2 dan 3 jenis yang dijumpai umumnya adalah fitoplankton. Hal ini memberikan indikasi bahwa kegiatan pada lokasi 2 dan 3 (kawasan dermaga dan pemukiman) memberikan kontribusi bagi peningkatan konsentrasi bahan nutrisi dalam air yang menyebabkan pertumbuhan fitoplankton yang optimal.

Selanjutnya diperoleh bahwa nilai kelimpahan plankton pada lokasi 4 (keramba jaring apung) lebih rendah dibandingkan dengan kelimpahan plankton pada lokasi 2 dan 3. Keberadaan keramba jaring apung sebagai tempat budidaya ikan nila dengan pemberian pakan berupa pelet sebenarnya dapat merupakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan plankton, karena pelet tersebut tidak habis dikonsumsi oleh ikan budidaya. Tetapi diduga karena ikan budidaya dalam keramba juga mengkonsumsi

plankton sebagai makanan alami maka dapat dimengerti bahwa kelimpahan plankton di lokasi ini lebih rendah dibandingkan dengan lokasi lainnya.

Dari hasil penelitian terhadap fitoplankton diperoleh bahwa jenis-jenis yang mempunyai kelimpahan yang tinggi adalah *Staurastrum*, *Flagillaria*, *Ulotrix*, *Surirella* dan *Asterionella*, sementara dari jenis zooplankton adalah *Trichocerca*, *Fillinia*, *Keratella*, and *Bosmina*.

KESIMPULAN

- Nilai rata-rata Produktivitas Primer fitoplankton berkisar 387,873 - 825,739 mg C/m³/hari, dengan nilai terendah pada lokasi 4 dan nilai tertinggi pada lokasi 2.
- Nilai Produktivitas primer terendah diperoleh sebesar 187,68 mg C/m³/hari pada lokasi 4 di permukaan.
- Berdasarkan uji statistik diperoleh bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara nilai produktivitas primer yang dibandingkan antar lokasi penelitian, seperti terlihat pada Tabel 2. Selanjutnya dapat dilihat bahwa nilai produktivitas primer pada permukaan berbeda nyata dengan nilai yang diperoleh pada kedalaman 2,5 m, ditandai dengan nilai signifikan (0,034) yang lebih kecil dari 0,05.
- Aktivitas pemukiman dan hotel (lokasi 2 dan 3) memberikan kontribusi peningkatan konsentrasi nutrisi dalam air yang menyebabkan pertumbuhan fitoplankton yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Barus, T.A. 2007. "Keanekaragaman Hayati Ekosistem Danau Toba dan Upaya Pelestariannya. Pidato Pengukuhan GB, Universitas Sumatera Utara.
- Barus, T.A. 2005. "Penggunaan Parameter Limnologi dalam Penentuan Daya Dukung Danau Toba untuk Budidaya Ikan Sistem Jala Apung". Makalah, disampaikan pada seminar nasional *Penanggulangan Kematian Masal Ikan Mas di Danau Toba*, 3 Maret 2005, Univ. HKBP Nommensen, Medan.
- Barus, T.A. 2004. "Faktor-Faktor Lingkungan Abiotik dan Keanekaragaman Plankton sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba". *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. XI, No. 2, Juli 2004, hal. 64-72.
- Barus, T.A. 2004. *Pengantar Limnologi, Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. Medan: Penerbit USU Press.
- Baur, W.H. (1987). *Gewässergüte bestimmen und beurteilen*. - 2. Aufl. - Paul Parey Verlag, Hamburg - Berlin.
- Brehm, J. & Meijering, M.P.D. 1990. *Fließgewässerkunde*. - 2. Aufl., Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg - Wiesbaden.
- Terangna, N., Hidayat, R., Sutriati, A., Augustiza, H. And Jursal. 2002. *Pengelolaan Kualitas Air Danau Toba*. Puslitbang Sumber Daya Air, Bogor.

PENGARUH ASAM α -PIKOLINAT TERHADAP AKTIVITAS ENZIM POLIFENOLOKSIDASE PADA LINI KALUS PADI (*Oryza sativa* L.) KULTIVAR SEI LILIN

Elimasni

Departemen Biologi FMIPA – USU

Abstract

The research of α -picolinic acid influences to polyphenoloxidase activities of the rice (*Oryza sativa* L.) callus line had been conducted. The rice calli were induced from Sei Lilin cultivar rice seeds, cultured on the MS medium, supplemented with 10^{-5} M 2,4-dichlorophenoxy acetic acid. The tolerant callus line was selected by subculturing a part of calli on the selection medium with the addition of 25-150 ppm α -picolinic acid. Polyphenoloxidase activities were determined by using pyrogallol as the source of substrat, the purpurogallin formed (U/mg protein/minute) was measured by using a spectrophotometer at 420 nm. The experimental result showed that polyphenoloxidase were changed during the period of investigation, both in the control callus line and in the tolerant callus line. Generally, PPO activities sharply decreased on the first day and increased on the following days until the optimal condition regained. PPO activities of the tolerant callus line were higher than those of the control callus line. The highest activities of PPO were detected on the callus of P₁₅₀ treatment (1,62 U/mg protein).

Keywords: α -picolinic acid, polyphenoloxidase, *Oryza sativa*, tissue culture

1. PENDAHULUAN

Padi (beras) adalah makanan utama bagi penduduk di negara-negara Asia. Sebanyak kurang lebih 90% dari jumlah penduduk Indonesia menggunakan beras sebagai makanan pokok untuk memenuhi kebutuhan pangannya. Untuk itu diupayakan peningkatan hasil sebanyak-banyaknya dengan menggarap lahan secara intensif. Dewasa ini program peningkatan produksi padi ditekankan pada peningkatan hasil persatuan luas, disamping perluasan areal penanaman. Peningkatan produksi tidak terlepas dari perbaikan beberapa teknologi pertanian antara lain pengairan, pengolahan lahan, pemupukan, penggunaan bibit unggul serta pemberantasan hama dan penyakit.

Penyakit merupakan masalah utama yang seringkali menurunkan produksi padi. Menurut Ou (1965) ada sekitar 60 macam penyakit yang dapat menurunkan produksi padi dan 33 macam diantaranya disebabkan oleh infeksi jamur. Diantara penyakit utama yang menyerang tanaman padi adalah penyakit blas yang disebabkan oleh jamur *Pyricularia oryzae* Cav. (Siwi *et al.*, 1983). Ada dua jenis toksin yang dihasilkan oleh *Pyricularia oryzae*, yaitu pirikularin dan asam α - pikolinat. Asam α - pikolinat merupakan senyawa yang umum dikenal dapat menimbulkan gejala pada daun berupa bercak luka dan nekrotik (Tamari *et al.*, 1965 dan Ou, 1965). Asam α - pikolinat akan mengakibatkan gejala yang sama dengan infeksi oleh jamur *Pyricularia oryzae* bila digunakan pada

tanaman. Asam α - pikolinat merupakan agen pengkelat (*chellator agent*) yang mengikat satu ion metal antara atom N dari inti piridin dengan gugus karboksil bebas pada posisi alpha (α). Hal ini menyebabkan asam α - pikolinat membentuk kelasi kompleks yang kuat dengan ion metal, seperti besi dan tembaga. Enzim yang mengandung gugus prostetik besi dan tembaga seperti peroksidase dan polifenoloksidase akan dipengaruhi langsung oleh asam α - pikolinat. Aksi toksik asam α - pikolinat juga akan mengakibatkan gangguan pada respirasi oksidatif (Tamari *et al.*, 1965).

Asam α - pikolinat pada jaringan padi akan menghambat aktivitas enzim yang mengandung besi dan tembaga seperti peroksidase, polifenoloksidase dan katalase. Mekanisme hambatan dapat terjadi karena kemampuan asam α - pikolinat membentuk kelasi dengan hemin Fe dari molekul oksidase. Gangguan pada aktivitas oksidase ini menyebabkan gangguan pada sistem respirasi dan penurunan resistensi tanaman terhadap invasi toksin (Tamari *et al.*, 1965).

2. BAHAN DAN METODA

2.1 Bahan:

Benih padi yang digunakan dalam penelitian ini adalah padi pasang surut kultivar Sei-Lilin yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pangan (Balittan), Bogor.

2.2 Medium Kultur:

Medium yang dipakai untuk induksi kalus adalah medium MS (Murashige dan Skoog, 1962) dengan sedikit modifikasi untuk mendapatkan pertumbuhan optimal dari kalus embriogenik. Sebanyak 10^{-5} M asam 2,4-diklorofenoksiasetat ditambahkan ke dalam medium sebagai zat pengatur tumbuh. Medium untuk seleksi kalus ditambah dengan asam α - pikolinat. Pemberian asam α - pikolinat dilakukan dengan konsentrasi yang meningkat secara bertahap setiap kali subkultur, mulai dari 25, 50, 75, 100, 125, dan 150 ppm.

2.3 Induksi dan Seleksi Kalus:

Benih padi yang sudah dikupas disterilisasi dengan etanol 70% selama 1 menit, lalu dimasukkan ke dalam larutan desinfektan yang mengandung natrium hipoklorit 2% selama 15 menit. Kemudian benih padi dicuci beberapa kali dengan akuades steril sampai bersih. Selanjutnya benih padi ditanam pada medium induksi kalus secara aseptik. Kultur dipelihara pada suhu 25-28°C.

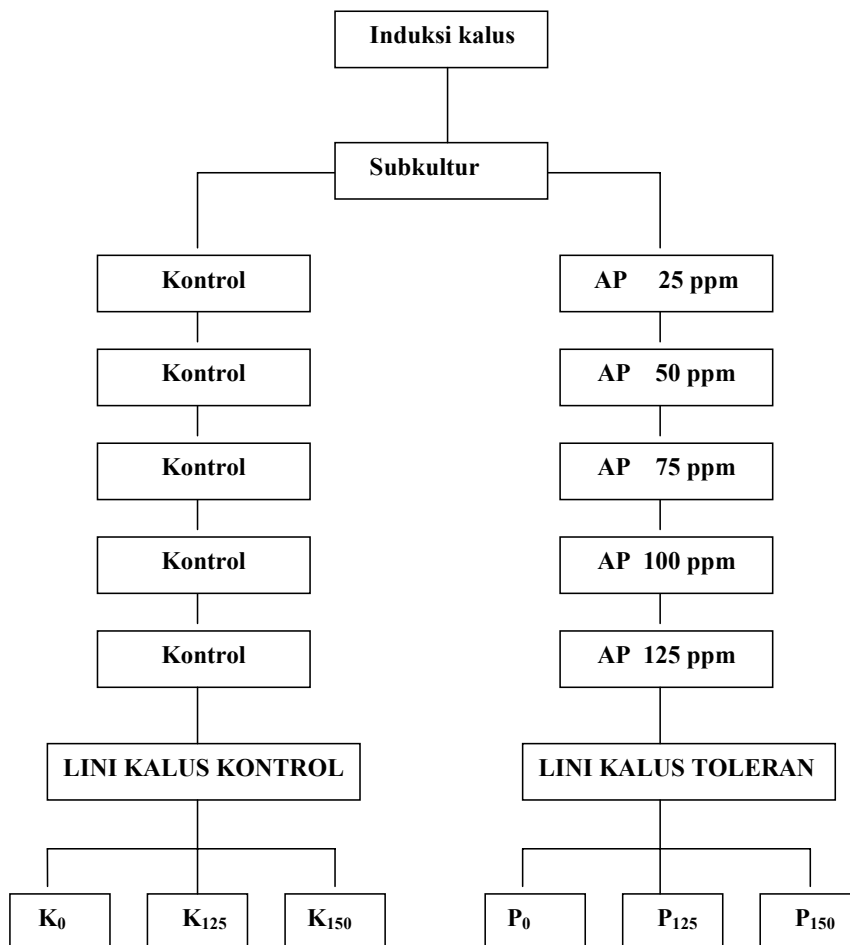
Kalus yang diperoleh dari induksi kalus dibagi menjadi dua bagian. Sebagian kalus disubkulturkan ke medium seleksi kalus yang tidak mengandung asam α - pikolinat yang menghasilkan lini kalus kontrol (K). Sebagian kalus lainnya disubkulturkan secara bertahap ke medium seleksi kalus yang mengandung asam α - pikolinat untuk menghasilkan lini kalus toleran (P).

2.4 Uji Toleransi:

Uji toleransi dilakukan untuk melihat toleransi dari lini kalus K dan P terhadap asam α -pikolinat. Tahapan kerja dari uji toleransi dapat dilihat pada Gambar 1.

2.5 Uji Aktivitas Enzim

Kalus yang digunakan untuk analisis adalah kalus lini K dengan perlakuan K₀, K₁₂₅, K₁₅₀ dan kalus lini P dengan perlakuan P₀, P₁₂₅, P₁₅₀. Setiap kalus diambil pada hari ke-0 (hari subkultur), ke-1, ke-4, ke-7, ke-10, ke-14 dan ke-21. Sampel kalus digunakan untuk analisis aktivitas enzim polifenoloksidase.



Gambar 1. Tahapan kerja seleksi dan uji toleransi kalus padi kultivar Sei Lilin pada cekaman asam α - pikolinat

Tabel 1. Aktivitas polifenoloksidase pada lini kalus kontrol dan lini kalus toleran asam α - pikolinat pada setiap perlakuan (nilai rata-rata \pm SD)

Hari ke	Lini kalus kontrol (K)			Lini kalus toleran (P)		
	K ₀	K ₁₂₅	K ₁₅₀	P ₀	P ₁₂₅	P ₁₅₀
0	1.49 \pm 0.05 <i>ghi</i>	1.49 \pm 0.05 <i>ghi</i>	1.49 \pm 0.05 <i>ghi</i>	1.58 \pm 0.09 <i>hi</i>	1.58 \pm 0.09 <i>hi</i>	1.58 \pm 0.09 <i>hi</i>
1	0.59 \pm 0.02 <i>abc</i>	0.48 \pm 0.09 <i>ab</i>	0.34 \pm 0.15 <i>a</i>	0.81 \pm 0.15 <i>abcd</i>	0.71 \pm 0.04 <i>abcd</i>	0.99 \pm 0.04 <i>bcdefg</i>
4	0.71 \pm 0.04 <i>abcd</i>	0.52 \pm 0.99 <i>ab</i>	0.47 \pm 0.17 <i>ab</i>	0.83 \pm 0.18 <i>abcde</i>	0.96 \pm 0.02 <i>abcdefg</i>	1.07 \pm 0.06 <i>bcdefghi</i>
7	1.05 \pm 0.08 <i>bcdefghi</i>	0.56 \pm 0.08 <i>abc</i>	0.78 \pm 0.23 <i>abcd</i>	0.97 \pm 0.10 <i>abcdefg</i>	1.06 \pm 0.03 <i>bcdefghi</i>	1.46 \pm 0.19 <i>fghi</i>
10	1.17 \pm 0.00 <i>cdefghi</i>	0.71 \pm 0.08 <i>abcd</i>	0.88 \pm 0.21 <i>abcdef</i>	1.05 \pm 0.19 <i>bcdefghi</i>	1.12 \pm 0.04 <i>cdefghi</i>	1.62 \pm 0.14 <i>i</i>
14	1.01 \pm 0.03 <i>bcdefgh</i>	0.62 \pm 0.14 <i>abcd</i>	0.70 \pm 0.27 <i>abcd</i>	0.99 \pm 0.13 <i>bcdefg</i>	0.95 \pm 0.24 <i>abcdefg</i>	1.41 \pm 0.09 <i>efghi</i>
21	0.97 \pm 0.03 <i>abcdefg</i>	0.78 \pm 0.19 <i>abcd</i>	0.69 \pm 0.24 <i>abcd</i>	1.23 \pm 0.08 <i>defghi</i>	1.15 \pm 0.15 <i>cdefghi</i>	1.44 \pm 0.11 <i>fghi</i>

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95% menurut DNMRT.

a. Ekstraksi Kalus

Ekstraksi kalus dilakukan menurut metoda yang dipakai oleh Widiyanto (1992). Kalus dari tiap sampel diambil sebanyak 200 mg berat segar, digerus dengan menambah nitrogen cair dan dihomogenasi dengan 2 ml buffer Tris-HCl 0,05 M (pH 8, suhu 0°C).

Homogenat tersebut disentrifugasi dengan kecepatan 14.000 rpm selama 20 menit pada suhu 0°C. Supernatan yang dihasilkan dipergunakan untuk analisis selanjutnya.

b. Penentuan Kadar Protein

Kadar protein dalam ekstrak kalus ditentukan dengan menggunakan reagen pewarna dari Bio-Rad (Richmond California). Penentuan kadar protein didasari atas metoda Bradford (1976); Sedmak dan Groosberg (1977). Reagen pewarna mengandung "coomassie blue G-250", yang akan berubah warnanya dari jingga kecoklatan menjadi biru tua jika mengikat protein. Absorbansi larutan (ekstrak kalus dengan reagen pewarna) yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 595 nm. Kadar protein ditentukan berdasarkan persamaan garis yang dibuat dari protein standar "bovine serum albumin (BSA)".

c. Penentuan Aktivitas Enzim

Penentuan aktivitas enzim polifenoloksidase menggunakan metoda Kar dan Mishra (1976). Prosedur ini didasarkan pada kenyataan bahwa polifenoloksidase dapat mengoksidasi pirogalol. Pengujian aktivitas enzim dilakukan pertama-

tama dengan mencampurkan 10 mM pirogalol dan 0,1 M buffer fosfat (pH 6,8, suhu 25°C). Ke dalam campuran tersebut kemudian dimasukkan ekstrak kalus yang mengandung 70 μ g protein, setelah itu ditambahkan H₂O₂ 5% (v/v). Jumlah purpurogalin yang terbentuk dari substrat pirogalol ditentukan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm. Dalam pengukuran ini digunakan larutan 0,1 M buffer fosfat dan larutan pirogalol sebagai blanko. Satu unit aktivitas polifenoloksidase sebanding dengan perubahan absorbansi pada panjang gelombang 420 nm tiap menit tiap mg protein (Unit/mg protein).

2.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian aktivitas enzim polifenoloksidase dilakukan uji statistik dengan analisis varian (ANOVA) dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada tingkat kepercayaan 95%. Jika pada uji ANOVA memperlihatkan perbedaan yang nyata, maka analisis dilanjutkan dengan Duncan Multiple Range Test (DNMRT) pada tingkat kepercayaan 95% (Steel dan Torrie, 1991).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Inisiasi Kalus

Kalus mulai terbentuk pada hari ke-4 dan ke-5 setelah penanaman dalam media induksi kalus, yang diperkaya dengan asam 2,4-diklorofenoksiasetat. Sebelum terbentuk kalus terlebih dahulu diawali

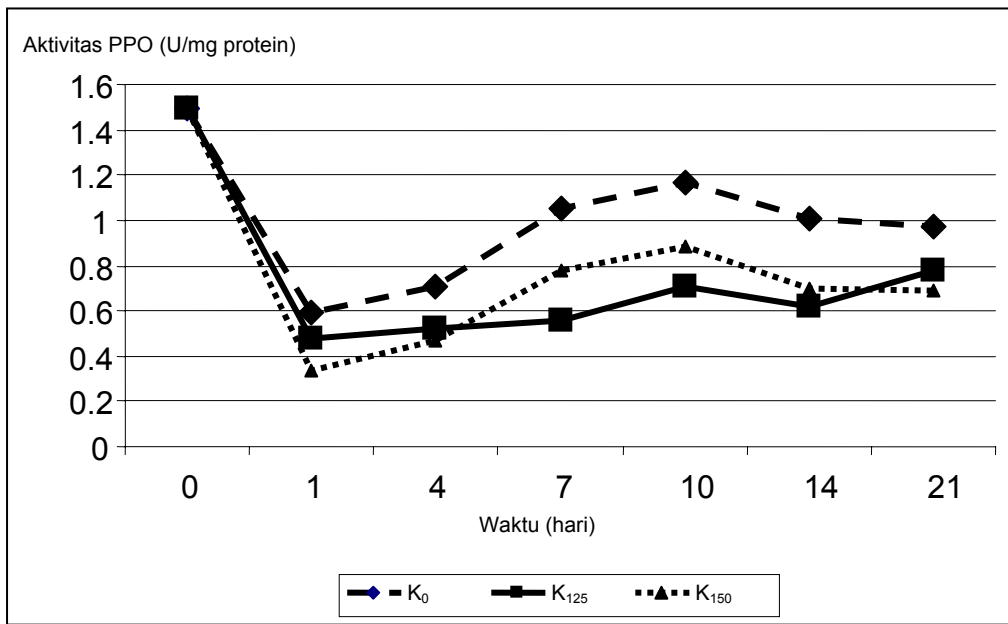
dengan munculnya kecambah dari embrio, lalu pada pangkal kecambah atau antara plumula dan radikula terbentuklah kalus. Kalus yang tumbuh dengan tipe kompak dan padat serta berwarna putih kekuningan yang dikenal dengan kalus embriogenik.

3.2 Aktivitas Enzim Polifenoloksidase (PPO)

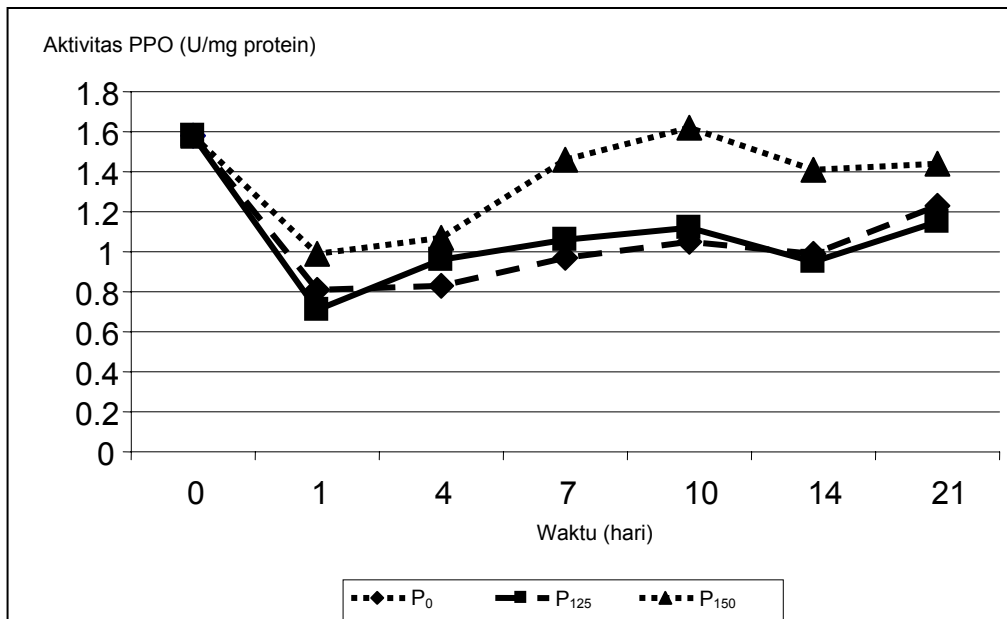
Hasil pengukuran setelah dianalisis statistik terhadap aktivitas PPO ditampilkan pada Tabel 1.

Aktivitas PPO kalus pada perlakuan K₀, K₁₂₅, K₁₅₀, P₀, P₁₂₅, P₁₅₀ secara umum mengalami perubahan

selama 21 hari pengamatan. Aktivitas PPO menurun pada hari ke-1, meningkat pada hari ke-4 sampai hari ke-10, menurun kembali pada hari ke-14. Pada hari ke-21 sebagian perlakuan terjadi penurunan aktivitas PPO sedangkan perlakuan lainnya tetap meningkat. Pola perubahan aktivitas PPO pada perlakuan K₀, K₁₂₅, K₁₅₀ ditampilkan pada Gambar 2 dan pola perubahan aktivitas PPO pada perlakuan P₀, P₁₂₅, P₁₅₀ dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Aktivitas polifenoloksidase dari lini kalus kontrol



Gambar 3. Aktivitas polifenoloksidase dari lini kalus toleran asam α-pikolinat

Pada hari ke-0, aktivitas PPO lini kalus K (perlakuan K_0 , K_{125} , K_{150}) adalah 1.49 U/mg protein sedangkan aktivitas PPO lini kalus P (perlakuan P_0 , P_{125} , P_{150}) adalah 1.58 U/mg protein. Aktivitas PPO lini kalus P lebih tinggi dari pada lini kalus K, namun kedua aktivitas PPO ini tidak berbeda nyata secara statistik. Pada hari ke-1 aktivitas PPO untuk semua kalus mengalami penurunan. Penurunan aktivitas PPO terbesar diantara lini kalus K terdapat pada perlakuan K_{150} , yaitu dari 1.49 U/mg protein menjadi 0.34 U/mg protein. Penurunan aktivitas PPO terbesar diantara lini kalus P adalah P_{125} , yaitu dari 1.58 U/mg protein menjadi 0.71 U/mg protein. Aktivitas PPO terus meningkat mulai hari ke-4 sampai hari ke-10. Hal ini disebabkan kalus sedang mengalami pertumbuhan setelah melewati proses adaptasi lingkungan. Stafford dan Galston (1970); Scandalion (1974) menyatakan bahwa selama tanaman berada dalam proses pertumbuhan dan perkembangan terjadi peningkatan aktivitas PPO.

Pada hari ke-21 aktivitas PPO meningkat lagi setelah mengalami penurunan pada hari ke-14. Peningkatan aktivitas PPO ini disebabkan karena terjadinya penimbunan metabolit tertentu di dalam sel. Metabolit ini kemungkinan merupakan substrat dari enzim PPO atau dapat juga menginduksi aktivitas PPO yang inaktif. Malik dan Singh (1980) menjelaskan bahwa PPO berfungsi dalam menghasilkan senyawa kinon. PPO ini ditemukan dalam jaringan tanaman dalam bentuk "latent" dan bentuk aktif. Bentuk "latent" dari PPO akan terinduksi apabila terjadi hambatan secara endogen.

Secara umum aktivitas PPO lini kalus toleran lebih tinggi dari lini kalus kontrol. Ini berhubungan dengan peranan enzim PPO dalam resistensi tanaman terhadap senyawa toksin. Mayer dan Harel (1979); Rathjen dan Robinson (1992a); Rathjen dan Robinson (1992b) menyatakan walaupun peranan PPO ini belum banyak diketahui, namun pada tanaman yang sakit ditemukan adanya peningkatan aktivitas PPO dalam jaringan. Lebih lanjut Malik dan Singh (1980) menyatakan bahwa aktivitas PPO meningkat sejalan dengan infeksi oleh virus, bakteri, jamur dan pelukaan secara mekanik.

Resistensi tanaman terhadap senyawa toksin biasanya berhubungan dengan senyawa fenolik yang terdapat pada tanaman inang atau hasil interaksi inang dengan toksin. Tanaman yang resisten terhadap senyawa toksin umumnya mempunyai kandungan senyawa fenolik yang tinggi. Mehrotra (1983); Ting (1983); Rathjen dan Robinson (1992a), senyawa fenolik akan dioksidasi oleh PPO untuk membentuk senyawa kinon yang bersifat fungitoksik. Challice dan Williams (1977); Sherman *et al.* (1991); Salisbury dan Ross (1992) menjelaskan bahwa kepekaan jaringan tanaman terhadap serangan penyakit dapat berkurang

dengan meningkatnya senyawa fenolik dalam jaringan. Oleh sebab itu, peningkatan aktivitas PPO dalam tanaman sangat erat hubungannya dengan proses oksidasi senyawa fenolik menjadi kinon yang bersifat fungitoksik.

4. KESIMPULAN

Dari hasil yang didapatkan selama penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Aktivitas polifenoloksidase berubah selama periode pengamatan.
2. Aktivitas polifenoloksidase pada lini kalus toleran lebih tinggi dibandingkan dengan lini kalus kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Arthur, L dan Schipper, Jr. 1974. Changes in Dehydrogenase and Peroxidase Activities of Aspen Infected with *Hypoxyton mammatum*. *Phytopathology*. 65: 440-445
- Bradford, M.M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- Challice, S.J dan Williams, H.A. 1970. A Comparative Biochemical Study of Phenolase Specificity in Mallus, Pyrus and Other Plants. *Phytochemistry*. 9: 1261-1269.
- Kar, M and D. Mishra. 1976. Catalase, Peroxidase, and Polyphenoloxidase Activities during Rice Leaf Senescence. *Plant Physiol.* 57: 315-319.
- Malik, C.P dan Singh, M.B. 1980. Plant Enzymology and Histo-Enzymology. Kalyani Publishers. New Delhi.
- Mayer, A.M dan Harel, E. 1979. Polyphenoloxidase in Plants. *Phytochemistry*. 18: 193-215.
- Mehrotra, 1983. Plant Pathology. Tata Mc-Graw Hill Publishing Company Ltd. New Delhi.
- Murashige, T dan Skoog, F. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Culture. *Physiol. Plant.* 15: 473-497.
- Ou. H.S. 1965. Varietal Reaction of Rice Blast. In: The Rice Blast Disease. Proc. Symp. IRRI. Ed. Ou, H.S. The John Hopkins Press. Baltimore. Maryland.
- Rathjen, A.H dan Robinson, S.P. 1992a. Aberrant Processing of Polyphenoloxidase in variegated grapevine mutant. *Plant Physiol.* 99: 1619-1625.
- 1992b. Characterization of Variegated Grapevine Mutant Showing Reduced Polyphenoloxidase Activity. *Aust. J. Plant Physiol.* 19: 43-54.

- Salisbury, B.F dan Ross, W.C. 1992. *Plant Pysiology*. 4th ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont. California.
- Scandalions, J.G. 1974. Isozymes in Development and Differentiation. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 25: 225-258.
- Sedmak.J.J and S.E.Grossberg. 1977. A Rapid Sensitive and Versatile Assay for Protein Using Coomassie Brilliant Blue G-250. *Anal. Biochem.* 79: 544-552.
- Siwi, B.H., Kartowinoto, S., Mukelar, A dan Partohardjono. 1983. Perbaikan varietas padi gogo. *Dalam: Peranan Hasil Penelitian Padi dan Palawija dalam Pembangunan Pertanian*. Lembaga Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Stafford, H.A dan Galston, W.A. 1970. Ontogeny and Hormonal Control of Polyphenoloxidase Isozymes in Tobacco Pith. *Plant. Physiol.* 46: 763-767.
- Steel.G.D. dan Torrie. J.H. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistik (Suatu Pendekatan Biometrik. Alih Bahasa: Sumantri, B.) Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Tamari, K., Ogasawara, N dan Kaji, J. 1965. Biochemical Product of the Metabolism of *Pyricularia oryzae*. In. The Rice Blast Disease. Proc. Symp. IRRI. Ed. Ou, H.S. The John Hopkins Press. Baltimore. Maryland.
- Ting, I.P. 1983. *Plant Physiology*. Addison Wesley Publishing Company. Reading, Massachusetts.
- Widiyanto, S.N.M. 1992. Enzymatic Changes in Rice Callus Line Tolerant to Picolinic Acid. Dissertation. Colorado State University. USA.

EFEKTIVITAS KONTRASEPSI HORMONAL PRIA YANG MENGGUNAKAN KOMBINASI TESTOSTERON UNDEKANOAT DAN NORETISTERON ENANTAT

Syafruddin Ilyas

Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara,
Jln. Bioteknologi No. 1, Kampus USU, Padang Bulan, Medan 20155

Abstrak

Penelitian tentang pencarian kontrasepsi pria masih terus dilakukan. Kurangnya jenis kontrasepsi dan masih belum efektifnya bahan kontrasepsi pria, membuat para pria kurang berminat menjadi akseptor Keluarga Berencana (KB). Testosteron undekanoat yang dikombinasikan dengan noretisteron enantat merupakan salah satu bahan kontrasepsi yang termasuk sedang diteliti. Namun sampai sekarang masih belum ada kontrasepsi pria yang siap diaplikasikan. Oleh sebab itu perlu adanya masih perlu digalakkan penelitian tentang kontrasepsi pria baik secara molekuler sampai dapat diaplikasikan pada manusia sebagai salah satu jawaban dalam mengatur jumlah penduduk dunia yang saat ini tumbuh dengan cepat.

Kata kunci: testosteron undekanoat, noretisteron enantat, spermatozoa

LATAR BELAKANG

Pendekatan kontrasepsi hormonal pria didasari pada penekanan gonadotropin sehingga mendorong terjadinya penekanan spermatogenesis. Studi ini pada mulanya didasari pada injeksi mingguan testosteron enantat (TE) dengan pencapaian 75% azoospermia pada orang Kaukasia dan $\pm 100\%$ pada semua relawan Cina. Untuk peningkatan efikasi, TE dikombinasikan dengan bahan-bahan yang berbeda. Diantaranya adalah antagonis GnRH, siproteron asetat, desogestrel, dan noretisteron enantat (NET-EN) (Kamischke *et al.*, 2001). Kebanyakan regimen ini memerlukan injeksi intramuskular mingguan atau dua mingguan dari TE, meskipun akhirnya tidak cocok apabila diaplikasikan untuk jangka panjang. Percobaan Kinniburgh *et al.*, (2001), menunjukkan penekanan yang cukup baik terhadap spermatogenesis dengan pemberian Desogestrel (DSG) yang dikombinasikan dengan implan testosteron (T).

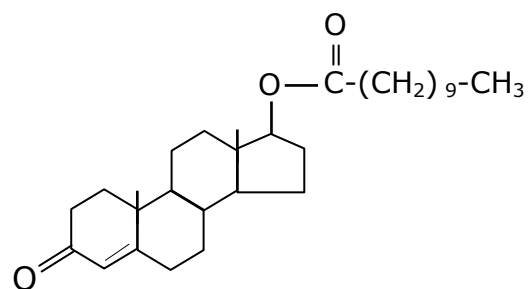
Dari sekian banyak T ester yang dapat diinjeksikan, hanya testosteron undekanoat (TU) dan testosteron busiklat yang mempunyai waktu paruh panjang dan cukup baik untuk menjamin interval injeksi dalam jangka panjang sehingga dapat diterima dengan baik. Hal ini telah dibuktikan dari studi awal Kamischke *et al.*, (2001) bahwa, potensi 1000mg TU yang dikombinasikan dengan 200mg NET-EN dengan interval injeksi 6 minggu atau dengan oral (250 μ g per hari) levonorgestrel telah dapat menekan spermatogenesis. Kombinasi TU dan noretisteron

menghasilkan pencapaian azoospermia pada 13 dari 14 relawan (92,9%), sehingga membuat TU+NET-EN dapat menjadi pilihan utama untuk studi kontrasepsi pria di masa mendatang (Kamischke, 2001).

Kimiawi Testosteron Undekanoat (TU) dan Noretisteron Enantat (NET-EN)

Kimiawi Testosteron Undekanoat

Testosteron undekanoat (TU) yang dikembangkan untuk kontrasepsi pria digunakan dalam bentuk injeksi (liquid). Sediaan tersebut diberikan dengan cara injeksi secara intramuskular. Ada juga TU dalam bentuk powder yang kadang-kadang dibungkus dengan kapsul. Testosteron undekanoat (Gambar 1) dihasilkan melalui esterifikasi testosteron alami pada posisi 17 β . TU ini merupakan steroid dengan 19 atom karbon dengan rumus kimia $C_{19}H_{28}O_2$, serta nama kimianya adalah 17 beta-hydroxyandrost-4-en-3-one.



Gambar 1. Rumus bangun Testosteron Undekanoat (TU).

Farmakodinamik Testosterone Undekanoat

Testosterone Undekanoat merupakan suatu bentuk ester dari testosteron alami. Bentuk aktif testosteron dihasilkan dari hidrolisasi esternya. Efek utama dari testosteron hasil hidrolisasi TU tersebut terjadi setelah adanya ikatan testosteron terhadap reseptor spesifiknya yang membentuk kompleks hormon-reseptor. Komplek hormon-reseptor tersebut masuk ke dalam inti sel dimana ia akan memodulasi transkripsi gen-gen tertentu setelah terikat dengan DNA (Gambar 2).

Farmakokinetik Testosterone Undekanoat

Tujuan utama dari pemberian testosteron adalah mempertahankan tingginya tingkat serum testosteron jangka panjang pada pria yang ikut dalam kontrasepsi pria. Hal ini bertujuan untuk menekan spermatogenesis sehingga terjadi azoospermia atau oligozoospermia berat yang berlangsung lebih lama namun bersifat aman, efektif, reversibel, dan aseptibel.

Konsentrasi testosteron serum stabil dalam rentang fisiologi minggu pertama setelah pemberian pertama kali. Kandungan testosteron melebihi rentang fisiologis dari testosteron enantat dan sipionat. Rentang fisiologi dari TU dapat mencapai 12 minggu setelah injeksi. Pola metabolisme TU mengikuti pola testosteron yang menghasilkan dihidrotestosteron (DHT) dan estradiol. Pemberian TU dapat meningkatkan konsentrasi testosteron plasma dan menurunkan konsentrasi gonadotropin.

Noretisteron Enantat

Sejumlah besar ester noretisteron (17 α -ethynyl-17 β -hydroxyestr-4-en-3-one) telah disintesis

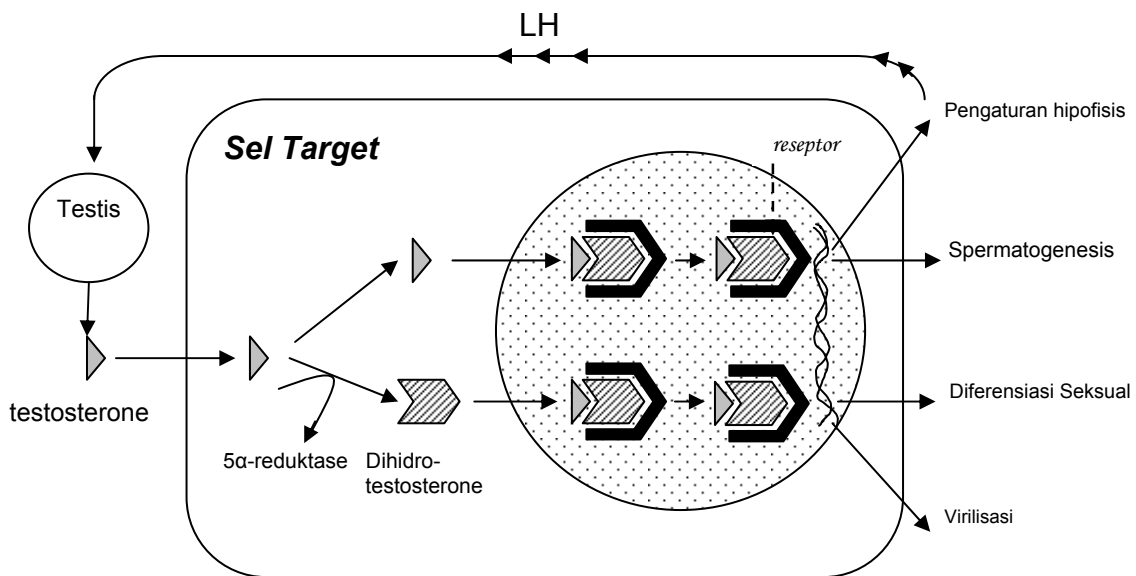
dan diuji untuk aktivitas biologi. Uji yang telah dilakukan pada studi lamanya penekanan estrus pada siklus tikus dewasa. Beberapa seri ester noretisteron menunjukkan lamanya aktivitas yang dapat dibandingkan terhadap noretisteron enantat.

Noretisteron enantat (NET-EN) sebenarnya telah digunakan sebagai injeksi kerja panjang pada kontrasepsi wanita dan telah menunjukkan penekanan terhadap spermatogenesis pada monyet jantan. Kemudian telah dilaporkan adanya penekanan yang cukup lama terhadap gonadotropin pria (Kamischke *et al.*, 2000).

Mekanisme Aksi Noretisteron Enantat

Noretisteron Enantat merupakan progestogen yang mencegah pematangan dan penghancuran folikel lewat mekanisme sentral. Dalam aplikasinya dapat bertahan dalam plasma sampai 5-7 minggu setelah injeksi. Injeksi tersebut dapat menyebabkan tidak adanya ovum yang difertilisasi. Progesteron yang diinjeksikan dapat mempengaruhi mukosa servik, lapisan endometrium lebih tipis sehingga jika ada telur yang difertilisasi maka tidak dapat menempel pada endometrium tersebut.

Noretisteron enantat (NET-EN) merupakan turunan progestin dengan aktivitas progestasional dan androgenik yang kuat. Gonadotropin dapat diinduksi dan terjadi penekanan terhadap testosteron pria jika diberi NET-EN (Kamischke *et al.*, 2000). Sehubungan dengan sifat tersebut maka NET-EN dicoba untuk dikembangkan menjadi regimen kontrasepsi hormonal pada pria (Kamischke *et al.*, 2001).



Gambar 2. Mekanisme aksi dari testosteron (Testosterone Undecanoat)

Kombinasi Testosteron Undekanoat (TU) dan Noretisteron Enantat (NET-EN) sebagai Kontrasepsi Hormonal Pria

Tiga tahun yang lalu testosteron undekanoat (TU) telah dikombinasikan dengan NET-EN untuk diberikan kepada pria setiap 6 minggu sekali yang menyebabkan terjadinya penekanan terhadap spermatogenik (Kamischke *et al.*, 2002).

Injeksi kombinasi tersebut terlihat lebih toleran pada pria, namun injeksinya masih terlalu sering terasa jika pemakaian kombinasi hormon tersebut dilakukan dalam waktu yang cukup panjang. Hal ini dapat menjadi penghalang yang potensial untuk dapat diterima masyarakat luas sebagai suatu alat kontrasepsi. Untuk itu harus dicari interval injeksi yang lebih panjang sehingga menambah kekuatan penerimaan masyarakat serta akan mengurangi dosis steroid total yang kemudian memperbaiki aspek keamanan serta menekan pengeluaran dari segi dana.

Berdasarkan pengalaman pemakaian pada pria hipogonad, interval injeksi TU dapat di atas 12 minggu dan masih memelihara tingkat serum T dalam batas normal (Von Eckardstein and Nieschlag, 2002). Namun kenyataannya, NET-EN yang tersisa dalam aliran darah lebih kurang 18 hari pada pria (Kamischke *et al.*, 2000). Oleh karena itu, dalam beberapa penelitian belum jelas apakah peran pemberian TU dalam kombinasi TU+NET-EN setelah 6 minggu akan dapat memelihara gonadotropin serta menekan jumlah sperma.

Studi terdahulu pada kontrasepsi hormonal pria telah didemonstrasikan bahwa penekanan sperma di awal penyuntikan diinduksi dengan muatan hormon yang lebih tinggi kemudian untuk mempertahankan penekanan tersebut diberikan dosis yang lebih rendah (Meriggiola *et al.*, 2003). Pada studi injeksi TU+SPA pada interval 8 minggu telah memelihara penekanan spermatogenesis selama 32 minggu pada sekelompok kecil relawan (8 relawan). Untuk itu perlu dicari lagi apakah interval injeksi TU yang lebih panjang dapat memelihara gonadotropin dan menekan sperma.

Untuk memecahkan persoalan ini dengan tujuan akhir pengembangan suatu hormonal kontrasepsi, perlu adanya ditemukan dosis hormonal yang paling rendah dan aman. Selain itu perlu adanya studi yang memberikan injeksi dengan interval panjang dibandingkan dengan studi-studi terdahulu pada tahap penekanan sebelum dan setelah 12 minggu (Meriggiola *et al.*, 2005).

Efikasi Kombinasi TU+NET-EN pada Pria

Meriggiola *et al.*, (2005) telah mencoba melanjutkan penelitiannya terhadap pria yang diinjeksi TU+NET-EN dalam beberapa kelompok penelitian. Pengaruh pemberian ini dibandingkan

dengan kelompok yang diinjeksi plasebo+plasebo pada panjang waktu yang sama. Telah didapatkan bahwa injeksi 8 mingguan TU+NET-EN dapat mengunduksi penekanan sperma. Peningkatan pada interval injeksi TU+NET-EN dari 8 sampai 12 minggu tidak merubah penekanan terhadap sperma, namun TU yang diinjeksi pada interval 12 minggu tidak memelihara penekanan sperma.

Volume testis menurun secara signifikan pada semua kelompok perlakuan, tetapi tidak berubah pada kelompok plasebo. Total volume prostat dan PSA (*prostate-specific antigen*) tidak berubah secara signifikan pada kelompok perlakuan selama periode studi (Meriggiola *et al.*, 2005).

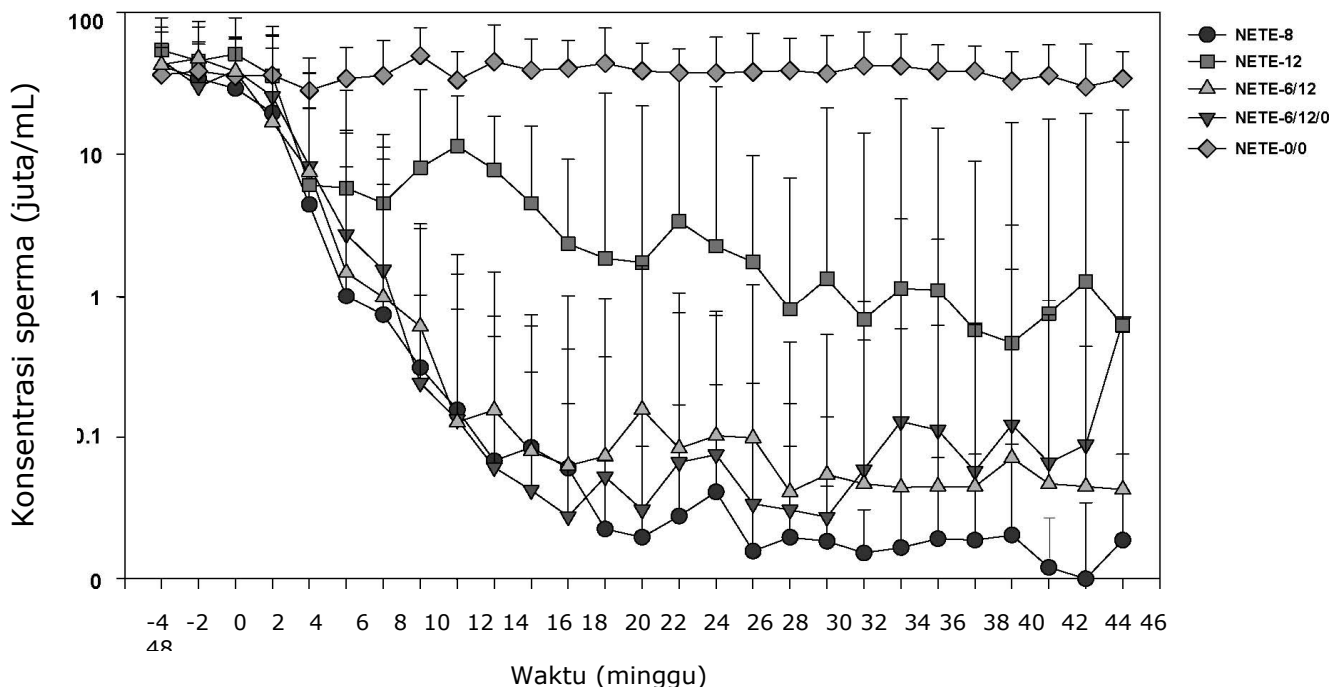
Studi sebelumnya telah memperlihatkan bahwa injeksi TU+NET-EN setiap 6 minggu cepat menginduksi penekanan spermatogenik pada pria (Kamischke *et al.*, 2002). Ketika injeksi TU+NET-EN diberikan dengan interval 8 minggu penekanan sperma masih tetap terjadi pada semua subyek. Pada akhir minggu ke 48, jumlah sperma menurun sampai di <1juta/mL pada semua subyek dan 9 dari 10 subyek mencapai azoospermia. Laporan penelitian dari WHO dari dengan skala yang lebih besar telah diperlihatkan adanya penekanan spermatogenik <1juta/mL dengan kecepatan kehamilan 0,7 per 100 pasangan/tahun. Hasil ini sama dengan yang terjadi pada kontrasepsi wanita terbaik dan tentunya lebih baik dari pencapaian kondom. Oleh karena itu, pemberian TU+NET-EN yang dapat menekan jumlah sperma <1juta/mL, akan menjadi kandidat yang baik untuk digunakan pada efikasi penelitian klinis.

Jika interval injeksi ditambah dari 8 minggu menjadi 12 minggu, penekanan sperma menjadi lemah dan hanya 3 dari 8 subyek yang mencapai azoospermia (Meriggiola *et al.*, 2005). Padahal NET-EN telah dilaporkan hanya tersisa dalam aliran darah selama 18 hari pada pria setelah injeksi (Kamischke *et al.*, 2000). Meskipun begitu, jika injeksi NET-EN dikombinasikan dengan TU pada interval yang lebih panjang, androgen dapat mempertahankan penekanan gonadotropin setelah hilangnya NET-EN dalam darah. Berdasarkan pada data farmakokinetik TU pada pria hipogonad, tingkat TU yang rendah dapat bertahan selama 8 minggu setelah injeksi. Hal ini menjadi sebab hilangnya pengaruh penekanan spermatogenesis setelah 12 minggu injeksi (Von Eckardstein and Nieschlag, 2002). Bukti lain menyatakan bahwa TU sendiri jika diinjeksi setiap 12 minggu tidak dapat memelihara penekanan sperma yang diinjeksi setiap 6 minggu dari TU+NET-EN. Sedangkan pemberian injeksi tiap 8 minggu dari TU sendiri pada studi terdahulu yang dapat memelihara penekanan sperma selama 32 minggu setelah ia diinduksi oleh TU 1000 mg/6 minggu + SPA-

20mg/hari (Meriggiola *et al.*, 2003). Pada situasi yang lain, injeksi TU+NET-EN pada interval 12 minggu dapat memelihara penekanan sperma yang telah mencapai azoospermia atau oligospermia, selagi subyek tersebut tidak tertekan pada minggu 12 dan seterusnya selama tahap pemeliharaan. Hasil ini menjadi patokan bahwa dosis hormonal yang rendah lebih dibutuhkan pada pemeliharaan azoospermia/oligozoospermia dari pada untuk menekan spermatogenesis (Anderson and Baird, 2002).

Penggunaan dosis penekanan dengan injeksi TU+NET-EN setiap 12 minggu, dapat terjadi perbedaan inter-subyek dalam sensitivitas terhadap steroid. Dari 4 subyek yang diberi hormon tersebut terdapat 1 subyek yang mengalami penekanan gonadotropin dan spermatogenik yang cukup dalam (azoospermia), sedangkan 3 subyek lain jumlah sperma < 1 juta/mL. Fenomena ini adalah suatu perbedaan sensitivitas terhadap efek penekanan gonadotropin dari hormon steroid yang telah dijelaskan oleh banyak studi terdahulu terutama pada penggunaan pemberian dosis hormonal sub optimal dan hal ini masih belum dapat dijelaskan secara rinci (Meriggiola *et al.*, 2003; Kamischke and Nieschlag, 2004). Pada penggunaan dosis steroid yang cukup tinggi dapat memperkecil perbedaan tersebut, seperti yang telah dijelaskan oleh Meriggiola *et al.*, (2005).

Penelitiannya menghasilkan penekanan spermatogenesis secara merata pada semua pria setelah dilakukan interval injeksi 8 minggu. Tetapi jika dibandingkan dengan pemberian pellet T+DMPA, pellet T+desogestrel atau TU+CPA, maka injeksi 8 mingguan TU+NET-EN terlihat menekan produksi sperma agak lebih lambat (Amory and Bremner, 2003). Pada kelompok interval 8 minggu, 3 dari 10 subyek azoospermia (30%) dan 4 dari 10 mempunyai jumlah sperma ≤ 1 juta/mL (40%) pada minggu 12. Pada studi terdahulu TU+SPA telah menekan jumlah sperma mencapai azoospermia 14 dari 24 pria (58%) sedangkan sisanya <1 juta/mL pada minggu 12 dan 14. Pada studi Meriggiola *et al.*, (2005), interval injeksi 6 minggu tidak terlihat juga perbaikan kecepatan penekanan sperma secara signifikan. Pada minggu ke-12, 6 dari 18 subyek (33%) mencapai azoospermia baik pada kelompok NET-EN-6/12/0 (TU 1000mg+NET-EN 200mg tiap 6 minggu selama 12 minggu=tahap penekanan, dilanjutkan dengan TU 1000 mg + plasebo tiap 12 minggu = tahap pemeliharaan) dan kelompok NET-EN-6/12 (TU 1000 mg + NET-EN 200 mg tiap 6 minggu selama 12 minggu = tahap penekanan, dilanjutkan dengan TU 1000 mg +NET-EN 200 mg tiap 12 minggu = tahap pemeliharaan) serta 14 dari 18 subyek (78%) mempunyai jumlah sperma ≤ 1 juta/mL (Gambar 3).



Gambar 3. Rata-rata (\pm SD) konsentrasi sperma pada 5 kelompok selama tahap dasar (*baseline*) dan perlakuan (Meriggiola *et al.*, 2005)

Kemungkinan efek interval injeksi yang lebih pendek dari TU+NET-EN lebih menekan, seperti injeksi 4 mingguan, tetapi belum pernah dievaluasi. Meskipun demikian, gambaran publikasi terdahulu telah menyarankan bahwa peningkatan dosis androgenik sampai batas tertentu dapat menghasilkan penekanan sperma yang lebih baik sedangkan dosis yang terlalu tinggi tidak memberikan efek yang positif secara umum (Meriggiola *et al.*, 2002). Seperti peningkatan dosis NET-EN sampai 400 mg telah dilaporkan tidak memberikan keuntungan yang berarti (Kamischke *et al.*, 2002). Potensi bahan lain seperti antagonis GnRH atau progestin dapat mempercepat penekanan gonadotropin. Hal ini mengarah pada penghambatan pematangan spermatozoa dan mempercepat spermiasi sehingga spermatozoa testis habis lebih awal.

Pada studi Kamischke and Nieschlag (2004), terbukti bahwa penelitian kontrasepsi hormonal pria selalu akan memulihkan spermatogenesis setelah penghentian pemberian hormon. Meskipun, kadang-kadang pemulihan secara penuh spermatogenesis memakan waktu yang cukup lama seperti pada perlakuan NET-EN-8 (TU 1000 mg + NET-EN 200 mg tiap 8 minggu) yang baru pulih setelah 27 minggu penyuntikan dihentikan, karena spermatogenesis sangat tertekan. Pemulihan yang lambat kemungkinan karena lambatnya pemulihan LH (*Luteinizing Hormone*). Karena rata-rata LH setelah minggu ke-18 pada kelompok tersebut masih di bawah rentang normal (Meriggiola *et al.*, 2005). Pemulihan yang lambat tersebut juga telah dilaporkan pada pemberian kontrasepsi hormonal yang lain (McLachlan *et al.*, 2004). Lambatnya pemulihan ini bisa jadi dapat menjadi penghalang untuk aplikasi kontrasepsi hormonal pria di masa mendatang. Sebenarnya sperma telah hadir dalam cairan seminal lebih awal sebelum mencapai nilai normal. Meskipun dari pengetahuan ada hubungan yang erat antara jumlah sperma dan kekuatan fertilitas selama penekanan, tetapi sebenarnya bagi pria normal pencapaian fertilitas akan lebih cepat dari pencapaian jumlah sperma tidak normal (azoospermia/oligozoospermia berat) akibat induksi kontrasepsi pria. Namun demikian, isu pemulihan spermatogenesis adalah jelas sangat penting. Harapan ke depan adalah ada studi yang dapat menjelaskan beberapa poin penting dari mekanisme pemulihan sperma setelah penekanan hormon, hubungan antara jumlah sperma dan potensi fertilitas pada tahap pemulihan, dan kemungkinan penelitian untuk mempercepat pemulihan fertilitas pada subyek penelitian.

Pada kelompok injeksi NET-EN-8, terlihat penekanan jumlah sperma yang lebih cepat namun

total serum dan tingkat T bebas cenderung meningkat dari minggu ke-8 sampai minggu ke-40. Pada minggu 32 sampai ke-48 peningkatan tersebut lebih stabil dan dalam batas normal. Dilihat dari penelitian terdahulu pada pria hipogonad, puncak tingkat T terjadi 9 hari setelah injeksi TU sendiri (Von Eckardstein and Nieschlag, 2002). Masih belum diketahui apakah pemberian TU jangka panjang dapat mengarah ke tingkat T suprafisiologi setelah injeksi. Karena studi farmakokinetik tentang TU sendiri secara detail atau kombinasinya dengan NET-EN pada pria normal belum pernah dilakukan.

Studi kombinasi TU+NET-EN ini memberikan efek yang kurang terhadap volume prostat dan tingkat PSA selama 48 minggu dan hal ini cukup menjadi pertimbangan keamanan untuk pemakaian jangka panjang. Berbeda dengan penelitian terdahulu, bahwa injeksi TU dan progestin (NET-EN) terlihat memberikan rangsangan efek terhadap androgen pada prostat (Meriggiola *et al.*, 2003). Tentunya ini dapat menjadi isu yang cukup penting untuk dipecahkan sehingga membutuhkan eksplorasi mendalam dan detail di masa depan untuk studi penggunaannya jangka panjang.

KESIMPULAN

Dari beberapa uraian di atas dapat dikatakan bahwa sampai saat ini dosis injeksi kombinasi antara TU+NET-EN yang dapat dikembangkan menjadi kontrasepsi hormonal pria adalah TU 1000 mg+NET-EN 200 mg setiap 8 minggu. Hal ini sesuai dengan penelitian terakhir yang dilakukan oleh Meriggiola *et al.*, (2005) tentang kontrasepsi hormonal pria dan menyatakan bahwa TU+NET-EN sangat efektif menekan spermatogenesis pada pria normal. Pada studi tersebut pria yang diinjeksi setiap 8 minggu 90% (9 dari 10) mencapai azoospermia, sedangkan yang diinjeksi setiap 12 minggu hanya 37,5% (3 dari 8) ($P = 0.019$).

Injeksi hormon dengan interval yang lebih panjang tidak dapat menginduksi atau menekan spermatogenesis tetapi lebih efisien dalam mempertahankan penekanan sperma. Untuk tahap penekanan diperlukan dosis yang tepat untuk dapat menekan sperma pria.

Pada dasarnya efek interval injeksi dari TU+NET-EN masih berhubungan dengan pengaruhnya terhadap gonadotropin dan prostat sehingga dapat menekan sperma dan mempertahankannya dalam jangka panjang. Tetapi pengaruhnya pada volume prostat secara signifikan tidak berubah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amory J.K., Bremner W.J. 2003. Regulation of testicular function in men: implications for male hormonal contraceptive development. *J Steroid Biochem Mol Biol* 85: 357-361.
- Anderson R.A., Baird D.T. 2002. Male contraception. *Endocrine Rev* 23: 735-762.
- Kamischke A., Diebacker J., Nieschlag E. 2000. Potential of norethisterone enanthate for male contraception: pharmacokinetics and suppression of pituitary and gonadal function. *Clin Endocrinol* 53: 351-358.
- Kamischke A., Venherm S., Ploger D., von Eckardstein S., Nieschlag E. 2001. Intramuscular testosterone undecanoate and norethisterone enanthate in a clinical trial for male contraception. *J Clin Endocrinol Metab* 86: 303-309.
- Kamischke A., Heuermann T., Kruger K., von Eckardstein S., Schellschmidt I., Rubig A., Nieschlag E. 2002. An effective hormonal male contraceptive using testosterone undecanoate with oral or injectable norethisterone preparations. *J Clin Endocrinol Metab* 87: 530-539.
- Kamischke A. and Nieschlag E. 2004. Progress towards hormonal male contraception *Trends in Pharmacol Sci* 25(1): 49-57.
- Kinniburgh D., Zhu H., Cheng L., Kicman A.T., Baird D.T., Anderson R.A. 2002. Oral desogestrel with testosterone pellets induces consistent suppression of spermatogenesis to azoospermia in both Caucasian and Chinese men. *Hum Reprod* 17: 1490-1501.
- Meriggiola M.C., Costantino A., Bremner W.J., Morselli-Labate A.M. 2002. Higher testosterone dose impairs sperm suppression induced by a combined androgen-progestin regimen. *J Androl* 23(5): 684-90.
- Meriggiola M.C., Costantino A., Cerpolini S., Bremner W.J., Huebler D., Morselli-Labate AM, Kirsch B., Bertaccini A., Pelusi C., Pelusi G. 2003. Testosterone undecanoate maintains spermatogenic suppression induced by cyproterone acetate plus testosterone undecanoate in normal men. *J Clin Endocrinol Metab* 88(2): 5818-5826.
- Meriggiola M.C., A. Costantino, F. Saad, L D'Emidio, A.M. Morselli Labate, A. Bertaccini, W.J. Bremner, I. Rudolph, M. Ernst, B. Kirsch, G. Martorana, G. Pelusi. 2005. Norethisterone enanthate plus testosterone undecanoate for male contraception: effects of various injection intervals on spermatogenesis, reproductive hormones, testis and prostate. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 10.1210/jc.2004-1852.
- McLachlan RI, Robertson D.M., Pruyers, Ugoni A., Matsumoto A.M., Anawalt B.D., Bremner W.J., Meriggiola M.C. 2004. Relationship between serum gonadotropins and spermatogenic suppression in men undergoing steroidal contraceptive treatment. *J Clin Endocrinol Metab* 89(1): 142-149.
- Von Eckardstein S., Nieschlag E. 2002. Treatment of male hypogonadism with testosterone undecanoate injected at extended intervals of 12 weeks: a phase II study. *J Androl* 23: 419-425.

KETERKAITAN NISBAH TAJUK AKAR DAN EFISIENSI PENGGUNAAN AIR PADA RUMPUT GAJAH DAN RUMPUT RAJA AKIBAT PENURUNAN KETERSEDIAAN AIR TANAH

Riyanto Sinaga

Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara,
Jln. Bioteknologi No. 1, Kampus USU, Padang Bulan, Medan 20155

Abstract

Seasonal drought and unpredictable water supply severely limit tropical forage grass growth, although tropical grasses show broad variation in their tolerance to water stress. The knowledge of drought resistance mechanism in forage grass is required to improve management strategy and facilitate forage grass breeding for drought resistance. This research has been analyzed the connection between root: shoot ratio and water use efficiency (WUE) of two important forage grass species in response to four level treatment of soil water supply (25%, 50%, 50% and 100% of water supply). The forage grass studied were elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) and king grass (*P. purpureum* x *P. thypoides* Burn.). The result showed that the root: shoot ratio and WUE of both grasses is increased significantly caused by the decreased of soil water supply. The raising rate of root: shoot ratio and WUE of king grass is higher than elephant grass, so the king grass is more tolerance than elephant grass in low soil water supply.

Keywords: water use efficiency, root: shoot ratio, soil water supply, forage grass, tolerant species

PENDAHULUAN

Rumput memegang peranan penting dalam penyediaan pakan hijauan bagi ternak ruminansia di Indonesia. Rumput sebagai hijauan makanan ternak telah umum digunakan oleh peternak dan dapat diberikan dalam jumlah yang besar. Rumput mengandung zat-zat makanan yang bermanfaat bagi kelangsungan hidup ternak, seperti air, lemak, serat kasar, beta-protein, mineral serta vitamin.

Dari cara tumbuhnya, rumput dapat digolongkan menjadi dua yaitu rumput liar/alami dan rumput budidaya. Ketersediaan rumput alami semakin berkurang dengan meningkatnya persaingan antara lahan untuk tanaman pangan, perumahan, dan industri sehingga perlu diadakan upaya pembudidayaan rumput alami ini agar tetap lestari dan bernilai ekonomi (Setyiana dan Abdullah 1993).

Pada dasarnya ada dua faktor yang mempengaruhi produktivitas rumput yaitu faktor genetik dan faktor lingkungan yang mencakup keadaan tanah dan kesuburannya, pengaruh iklim termasuk cuaca dan perlakuan manusia atau manajemen. McIlroy (1977) menjelaskan bahwa produktivitas rumput tergantung pada faktor-faktor seperti persistensi, agresivitas, kemampuan tumbuh kembali, sifat tahan kering dan tahan dingin, penyebaran produksi musiman, kesuburan tanah, dan iklim.

Proses fisiologi yang menunjukkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan antara lain, mengurangi dehidrasi sel dengan merendahkan konduktansi stomata terhadap penguapan air, tekanan osmotik atau osmoregulasi, dan laju fotosintesis bersih (Hanson *et al.* 1986). Sedangkan adaptasi yang dilakukan tanaman pada kondisi kekeringan adalah dengan menimbun bahan organik berupa asam amino khususnya prolin yang bertujuan menurunkan potensial osmotik sel tanpa membatasi fungsi enzim. Senyawa seperti glisin-betain (Santos-Diaz dan Ochoa-Alejo 1994), asparagin (Venekamp 1989) dan enzim superoksida dismutase (Gosset *et al.* 1994) memberikan respons terhadap cekaman kekeringan dan senyawa-senyawa yang terakumulasi sangat tinggi ketika cekaman berlangsung dapat digunakan sebagai penanda biokimia untuk indikasi toleransi tanaman.

Pada tahap pertumbuhan vegetatif, air digunakan oleh tanaman untuk melangsungkan proses pembelahan dan pembesaran sel yang terlihat dari pertambahan tinggi tanaman, diameter, perbanyakan daun, dan pertumbuhan akar. Fitter dan Hay (1991) menyatakan bahwa cekaman air menyebabkan penurunan turgor pada sel tanaman dan berakibat pada penurunan proses fisiologi. Potensial turgor menurun hingga dapat mencapai nol dan mengakibatkan kelayuan bahkan plasmolisis jika kehilangan air dari tanaman berlangsung terus menerus di luar batas kendalinya (Naiola 1996).

Pertumbuhan tanaman sangat dibatasi oleh kekeringan dan kelebihan air. Menurut Baruch dan Fernandez (1993) studi tentang pengaruh kekeringan pada rumput pakan tropik telah membuktikan dua respons dasar yaitu: evasi (penghindaran), terdiri dari respons secara fisiologi dan morfologi seperti penutupan stomata, gerak daun atau absisi dan pertumbuhan biomassa akar baik volume maupun kedalamannya; toleransi, termasuk di dalamnya mekanisme resistensi seluler terhadap desikasi, penyesuaian tekanan osmosis, perubahan elastisitas jaringan daun.

Walaupun potensi rumput Gajah dan rumput Raja sangat besar dalam meningkatkan produktivitas ternak, akan tetapi sangat sedikit pengetahuan tentang mekanisme adaptasinya terhadap cekaman kekeringan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan membandingkan tingkat toleransi berdasarkan nisbah tajuk: akar dan efisiensi penggunaan air rumput Gajah dan rumput Raja yang mengalami penurunan ketersediaan air tanah.

Penelitian tentang tanggap rumput Gajah dan rumput Raja sebagai pakan ternak terhadap penurunan ketersediaan air ini berguna untuk mengetahui tingkat ketahanan kedua jenis rumput terhadap penurunan ketersediaan air tanah dan menambah informasi untuk membantu proses seleksi rumput pakan ternak yang toleran terhadap penurunan ketersediaan air tanah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RAL Faktorial) dengan 2 perlakuan yaitu 4 taraf ketersediaan air tanah (C1 = 25% kadar air tersedia; C2 = 50% kadar air tersedia; C3 = 75% kadar air tersedia dan C4 = 100% kadar air tersedia) dan 2 jenis rumput Gajah (*Pennisetum purpureum* Schum.) dan rumput Raja (*P. purpureum* x *P. thypoides* Burn.)

Penelitian ini dilakukan dalam polibag berukuran 8 kg menggunakan tanah yang telah dikeringkan selama 2 hari dan dicampur dengan pupuk dasar TSP dan KCl dengan dosis 4.05 g/polibag. Setiap polibag ditanam tiga stek yang panjangnya 30 cm dan setelah tiga minggu dilakukan penjarangan dengan meninggalkan satu stek yang hidup. Pemeliharaan dilakukan dengan memberikan pupuk urea pada 0 dan 3 minggu setelah tanam dengan dosis 8,1 g/polibag dan pemberian air sampai 100% air tanah tersedia dengan cara penimbangan sampai empat minggu setelah tanam (MST).

Menentukan perlakuan ketersediaan air. Kapasitas lapang (KL) dihitung dengan cara penimbangan dan pengeringan oven setelah polibag diberi air yang jenuh dan dibiarkan tertutup selama

24 jam dan diketahui KL adalah 51,16%. Untuk mengukur titik layu permanen (TLP) dilakukan dengan menggunakan alat *Pressure Plate Apparatus* dengan pF 4.20 pada tekanan 15 bar dan dengan cara gravimetri diketahui nilainya adalah 26,88%. Ketersediaan air dalam tanah (Kat) ditentukan dengan mencari selisih antara kadar air kapasitas lapang dan titik layu permanen (KA = 51,16% - 26,88% = 24,28%). Ditentukan juga kadar air kering pot (KP) dan bobot kering tanahnya dan diketahui besarnya masing-masing adalah 27,94% dan 6252,93 g. Penyesuaian kadar air untuk tiap-tiap perlakuan dilakukan dengan menimbang bobot tanah dan tanaman pada saat penyiraman.

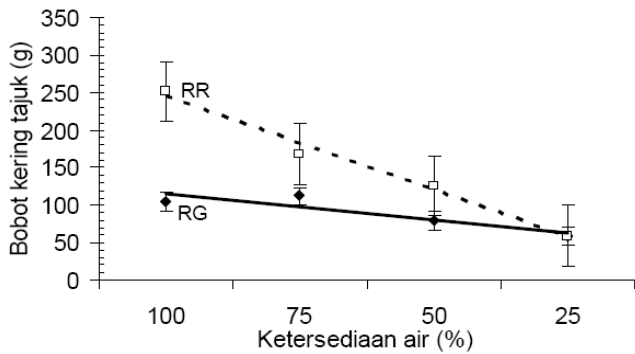
Peubah yang diukur meliputi:

- Nisbah tajuk/akar. Nisbah tajuk/akar dihitung dengan rumus sebagai berikut: Nisbah tajuk : akar = Bk. tajuk / Bk. akar.
- Bobot kering tajuk (g). Tajuk dipanen dimasukkan ke dalam oven 70 °C selama 72 jam, setelah beratnya konstan tajuk ditimbang dengan timbangan analitik.
- Bobot kering akar (g). Pada saat panen, akar dipisahkan dari tajuknya kemudian dicuci sampai bersih dan dimasukkan ke oven 70 °C selama 72 jam sampai beratnya konstan lalu ditimbang.
- Efisiensi penggunaan air (%g/ml). Pengukuran EPA ini dilakukan dengan menghitung bobot kering tanaman yang merupakan gabungan antara bobot kering tajuk dan bobot kering akar. Hasil penjumlahan ini dibagi dengan jumlah air yang dipergunakan selama pertumbuhan.

$$EPA = \frac{\text{Bobot kering tanaman}}{\text{Air yang digunakan selama pertumbuhan}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot kering tajuk. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan ketersediaan air dan interaksinya dengan jenis rumput memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering tajuk. Berdasarkan data pada di atas, rumput Gajah dan rumput Raja menanggapi penurunan ketersediaan air tersebut dengan menurunkan bobot kering tajuknya. Persentase penurunan bobot kering tajuk yang dialami rumput Raja (33,05% - 76,31%) lebih besar daripada rumput Gajah (23,37% - 44,26%). Namun demikian sampai pada tingkat perlakuan ketersediaan air 25% bobot kering tajuk rumput Raja masih lebih besar daripada rumput Gajah.



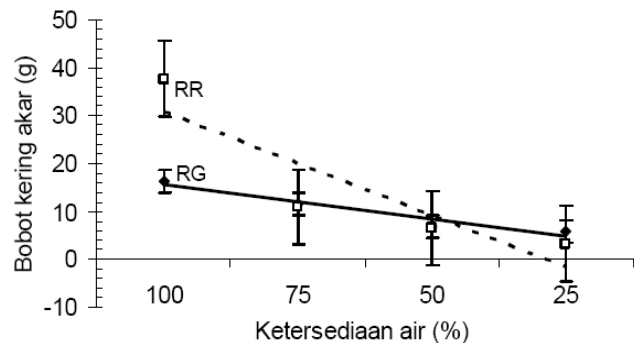
Gambar 1. Tanggap bobot kering tajuk rumput Gajah (RG) dan rumput Raja akibat penurunan ketersediaan air tanah. Persamaan regresi RG = 114 - 0,68x (r2 = 0,81); RR = 244 - 2,48x (r2 = 0,98).

Pada Gambar 1 bahwa pola tanggap penurunan bobot kering tajuk rumput Gajah dan rumput Raja adalah linier. Gambar tersebut juga memperlihatkan kecenderungan semakin sempitnya perbedaan bobot kering tajuk kedua jenis rumput seiring dengan menurunnya ketersediaan air. Berdasarkan hasil Uji Jarak Duncan dan garis simpangan baku, perbedaan bobot kering tajuk rumput Gajah dan rumput Raja pada perlakuan ketersediaan air 50% dan 25% tidaklah nyata. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan laju penurunan bobot kering tajuk kedua jenis rumput pada setiap persen penurunan ketersediaan air. Laju penurunan bobot kering tajuk tersebut dapat dilihat dari gradien regresinya (b), dimana gradien regresi rumput Raja (b = 2,48) lebih besar daripada rumput Gajah (b = 0,68).

Bobot kering akar. Berdasarkan analisis ragam faktor perlakuan ketersediaan air dan interaksinya dengan perlakuan jenis rumput memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering akar. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa akibat menurunnya ketersediaan air tanah, bobot kering akar rumput Gajah dan rumput Raja sama-sama mengalami penurunan. Namun demikian persentase penurunan bobot kering akar yang dialami rumput Raja (70,92% - 91,27%) lebih besar daripada rumput Gajah (27,82% - 63,14%).

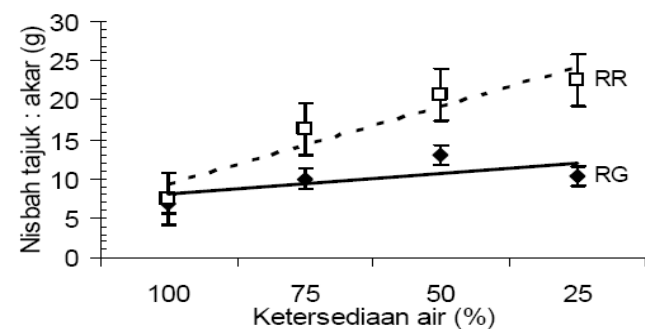
Berdasarkan pengamatan Gambar 2, garis regresi penurunan bobot kering akar rumput Raja lebih curam dibandingkan rumput Gajah. Hal tersebut disebabkan karena laju penurunan bobot kering akar rumput Raja pada setiap persen penurunan ketersediaan air lebih besar daripada rumput Gajah. Laju penurunan bobot kering akar rumput Raja dan rumput Gajah yang dinyatakan dengan nilai gradien regresinya (b) masing-masing adalah 0,43 dan 0,14. Berdasarkan garis regresi tersebut terlihat perbedaan

bobot kering akar kedua jenis rumput yang semakin sempit, dan terdapat kecenderungan bobot kering akar rumput Raja lebih kecil daripada rumput Gajah seiring dengan menurunnya ketersediaan air.



Gambar 2. Tanggap bobot kering akar rumput Gajah (RG) dan rumput Raja akibat penurunan ketersediaan air tanah. Persamaan regresi RG = 15,45 - 0,14x (r2 = 0,93); RR = 30,72 - 0,43x (r2 = 0,78).

Nisbah tajuk : akar. Berdasarkan analisis ragam, faktor perlakuan ketersediaan air dan perlakuan jenis rumput memberikan pengaruh yang nyata terhadap nisbah tajuk : akar. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa menurunnya ketersediaan air justru meningkatkan rata-rata nisbah tajuk : akar rumput Gajah dan rumput Raja. Persentase peningkatan nisbah tajuk : akar rumput Raja (118,61% - 201,61%) akibat menurunnya ketersediaan air lebih besar daripada rumput Gajah (46% - 88,79%).



Gambar 3. Tanggap nisbah tajuk : akar (NTA) rumput Gajah (RG) dan rumput Raja akibat penurunan ketersediaan air tanah. Persamaan regresi RG = 8,06 + 0,05x (r2 = 0,49); RR = 9,32 + 0,20x (r2 = 0,73). Persamaan regresi ganda NTA RG = 10,4 + 0,08 bktRG - 0,76 bkaRG (r2 = 0,85); NTA RR = 25,6 - 0,03 bkt RR - 0,28 bka RR (r2 = 0,74).

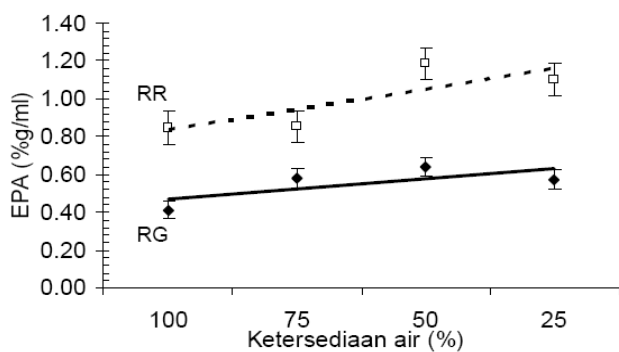
Gambar 3 menunjukkan peningkatan nisbah tajuk : akar rumput Gajah dan rumput Raja seiring dengan menurunnya perlakuan ketersediaan air. Garis

regresi di atas juga memperlihatkan perbedaan nisbah tajuk : akar kedua jenis rumput yang semakin lebar seiring dengan semakin besarnya penurunan ketersediaan air. Hal tersebut disebabkan oleh laju peningkatan nisbah tajuk : akar kedua jenis rumput yang berbeda pada setiap persen penurunan ketersediaan air. Berdasarkan nilai gradien regresinya, laju peningkatan nisbah tajuk : akar rumput Raja ($b = 0,20$) lebih besar daripada rumput Gajah ($b = 0,05$).

Berdasarkan persamaan regresi ganda di atas diketahui proporsi bobot kering tajuk lebih besar daripada bobot kering akar terhadap nisbah tajuk : akar masing-masing jenis rumput. Perubahan nisbah tajuk : akar rumput Gajah (NTARG) pada setiap gram bobot kering tajuk dan akar masing-masing adalah 0,08 dan - 0,76. Sedangkan perubahan nisbah tajuk : akar rumput Raja (NTARR) pada setiap gram perubahan bobot kering tajuk dan akar masing-masing adalah - 0,03 dan - 0,28.

Efisiensi Penggunaan air (EPA).

Berdasarkan analisis ragam, faktor perlakuan ketersediaan air tanah dan jenis rumput masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap efisiensi penggunaan air (EPA). Rata-rata EPA rumput Gajah dan rumput Raja pada data menunjukkan peningkatan akibat menurunnya ketersediaan air. Persentase peningkatan EPA rumput Gajah (38,69% - 55,65%) lebih besar daripada rumput Raja (0,53% - 39,82%). Hasil uji jarak Duncan terhadap jenis rumput yang ditunjukkan pada hasil penelitian menunjukkan, EPA rumput Raja ($0,997 \text{ %/ml} \pm 0,223$) berbeda nyata dan lebih besar dibandingkan rumput Gajah ($0,551 \text{ %/ml} \pm 0,223$).



Gambar 4. Efisiensi penggunaan air (EPA) rumput Gajah (RG) dan rumput Raja (RR) akibat penurunan ketersediaan air tanah. Persamaan regresi RG = $0,47 + 0,002x$ ($r^2 = 0,51$); RR = $0,84 + 0,004x$ ($r^2 = 0,66$).

Pada Gambar 4 terlihat peningkatan EPA rumput Gajah dan rumput Raja akibat berkurangnya kadar ketersediaan air tanah. Laju peningkatan pertumbuhan akar rumput Raja ($b = 0,004$) pada setiap

persen penurunan kadar ketersediaan air lebih besar daripada rumput Gajah ($b = 0,002$). Gambar 4 tersebut menunjukkan EPA rumput Raja yang lebih besar dibandingkan rumput Gajah pada setiap cekaman air.

Pembahasan. Penentuan nisbah tajuk : akar ini berbasis pada bobot kering tajuk dan bobot kering akar kedua jenis rumput. Karakter nisbah tajuk : akar rumput Gajah dan rumput Raja menunjukkan tanggap yang positif terhadap penurunan kadar ketersediaan air tanah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi ketersediaan air tanah yang menurun mendorong kedua jenis rumput untuk mendistribusikan hasil-hasil fotosintesis dan unsur hara lainnya cenderung lebih banyak ditujukan ke bagian tajuk. Berdasarkan hasil yang diperoleh juga menunjukkan persentase penurunan bobot kering akar rumput lebih besar daripada persentase penurunan bobot kering tajuk pada setiap perlakuan penurunan ketersediaan air tanah.

Hasil yang sama ditunjukkan oleh *Brachiaria brizantha* dan rumput tropik yang lain yaitu *Andropogon gayanus* dan *Hyparrhenis rufa*, dimana kekeringan menyebabkan berkurangnya proporsi asimilat yang menuju ke akar dan umbi. Alokasi asimilat lebih besar ditujukan ke tajuk, dengan demikian nisbah tajuk : akar menjadi meningkat akibat menurunnya ketersediaan air (Baruch 1994). Pada keadaan kekeringan, Guenni *et al.* (2002) juga menunjukkan terjadinya penurunan bobot kering akar *Brachiaria mutica* dan *B. humidicola* yang disebabkan oleh kecilnya proporsi alokasi asimilat yang menuju ke akar dan selanjutnya akan menaikkan Nisbah tajuk : akar.

Berdasarkan hasil penelitian ini bobot kering tajuk kedua jenis rumput yang menurun akibat berkurangnya ketersediaan air, justru meningkatkan kualitas tajuk sebagai pakan ternak. Fenomena ini telah dikemukakan oleh Baruch (1994) dan Guenni *et al.* (2002) yang menyatakan bahwa pada keadaan pertumbuhan daun menurun akibat kekeringan, konsentrasi nutrisi, N, P, dan K pada daun justru lebih tinggi dan konsentrasi komponen dinding sel mengalami penurunan. Hal ini berhubungan juga dengan mekanisme penundaan ontogeny daun akibat cekaman air yang berakibat terjadinya relokasi nutrisi ke daun (Humphreys 1991). Keadaan ini berimbas pada meningkatnya kualitas rumput dan daya kecernaan rumput sebagai pakan ternak (Baruch 1994; Wilson 1983).

Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh Paez *et al.* (1995) pada *Paspalum maximum* dan Hochman dan Helyar (1989) pada legume, dimana cekaman air ternyata menurunkan nisbah tajuk : akar yaitu dengan tingginya produksi akar (penetrasi akar yang dalam, dan tingginya densitas rambut akar). Konsentrasi

nutrisi daun yang lebih rendah pada tanaman yang mengalami kekeringan juga telah dilaporkan (Rao *et al.* 1998; Skerman dan Riveros 1992).

Menurunnya bobot kering tajuk akibat cekaman air ini disebabkan karena menurunnya kemampuan tanaman dalam menyerap air dan sumber hara mineral di dalam tanah. Selanjutnya, menurunnya kemampuan tanaman disebabkan oleh ketersediaan air yang berkurang di dalam tanah (menurunnya potensial air) dan menurunnya kemampuan akar sebagai organ penyerap air dan mineral. Menurunnya kemampuan akar terutama disebabkan oleh terbatasnya pertumbuhan akar dan luas permukaan akar, dan juga menurunnya konduktivitas pembuluh pada akar. Darwati *et al.* (2002) mengatakan cekaman air menyebabkan transpor unsur hara dalam tanaman terganggu yang berakibat pada proses biokimia yang dicerminkan dari bobot kering tanaman yang rendah.

Keterkaitan antar peubah menunjukkan adanya korelasi yang nyata antara bobot kering tajuk dan beberapa peubah lainnya. Pada uji korelasi terlihat korelasi yang positif antara bobot kering tajuk dengan bobot kering akar ($r^2 = 0,738$). Korelasi yang positif tersebut menandakan bahwa penurunan tanggap peubah tersebut akibat menurunnya ketersediaan air berkaitan juga dengan bobot kering tajuk. Seperti yang dinyatakan oleh Garnier *et al.* (2001), bahwa bobot kering tajuk adalah refleksi fungsi dari produksi biomass (besarnya luas daun, kandungan bahan kering daun yang rendah) dan efisiensi konservasi *nutrient* (rendahnya luas daun, kandungan bahan kering daun yang tinggi). Begitu juga Kang *et al.* (2000) menyatakan bahwa reduksi hasil berupa bahan kering tergantung pada tingkat aklimasi tanaman terhadap stress air.

Penelitian lain juga menunjukkan adanya pengaruh cekaman air yang nyata terhadap bobot kering pada *Vinca rosea* L. (Sukarman 2000), dan pada bunga melati *Graptophyllum pictum* L. (Darwati *et al.* 2002). Bahkan pada *Bracharia bizantha* cekaman air dapat mengurangi bobot biomasnya sampai 50% (Guenni *et al.* 2002). Cekaman kekeringan juga menyebabkan berkurangnya bobot kering 15 kultivar ubi jalar antara 31%-46% dibandingkan kontrol (Saraswati *et al.* 2004).

Sebagaimana tanggap bobot kering tajuk terhadap cekaman air, bobot kering akar juga menunjukkan tanggap yang negatif terhadap penurunan ketersediaan air. Bahkan bobot kering akar rumput Raja menunjukkan tingkat penurunan yang sangat ekstrim (70,92%-91,27%) akibat cekaman air, dibandingkan rumput Gajah (27,82%-63,14%). Pengamatan Huang *et al.* (1997) terhadap akar rumput *Emerald zoysia*, bermudagrass, *Paspalum* dan *centipedegrass* menunjukkan pengaruh negatif

menurunnya ketersediaan air tanah. Pada kebanyakan rumput tropik cekaman kekeringan dapat menurunkan biomasa akar dan luas daun (Paez *et al.* 1995; Simoes dan Baruch 1991). Penelitian lain juga menunjukkan penurunan bobot kering akar yang nyata akibat menurunnya ketersediaan air ialah pada *Bracharia bizantha*, *B. mutica* dan *B. humidicola* (Guenni *et al.* (2002), *Visia faba* (Hidayati 1996), jagung (Sutoro 1989), *Graptophyllum pictum* L. (Darwati *et al.* 2002).

Penggunaan air yang efisien adalah merupakan tujuan dari sistem pengairan. Walaupun nilai EPA yang dihasilkan pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai EPA yang dikemukakan oleh Gardner *et al.* (1991), bahwa nilai EPA untuk rumput-rumputan C3 dan C4 masing-masing 1,49 g.l-1 dan 3,14 g.l-1 dan untuk dikotil C3 dan C4 masing-masing 1,59 g.l-1 dan 3,44 g.l-1. Hal ini mungkin disebabkan oleh keadaan iklim di rumah kaca yang mendorong kebutuhan air menjadi lebih besar, namun tidak diikuti oleh pertumbuhan tanaman yang memadai. Menurut pendapat Kirkham (1990), Bray (1997) dan Repellin *et al.* (1997) hubungan air pada sel tanaman secara alami sangat kompleks, maka sangat sulit mengevaluasi status air pada tanaman dan toleransinya dengan cekaman kekeringan hanya dengan satu cara pengukuran, oleh karena itu disarankan adanya kombinasi beberapa alat ukur atau metode.

Hubungan ketersediaan air dan EPA pada penelitian ini berbeda dengan hasil yang ditunjukkan oleh Sufyati (1999), dimana peningkatan ketersediaan air justru meningkatkan nilai EPA varietas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). Spesies rumput yang mampu memanfaatkan air tersimpan di tanah dengan cepat pada awal musim kemarau akan memiliki bobot kering lebih rendah daripada rumput yang mampu mengontrol transpirasi (Ray *et al.* 1997).

Penelitian ini juga menunjukkan keterkaitan peningkatan tanggap EPA kedua jenis rumput dengan peningkatan tanggap NTA akibat menurunnya ketersediaan air. Berdasarkan koefisien korelasi kedua peubah menunjukkan keterkaitan yang nyata dan positif. Pendapat yang berbeda dikemukakan oleh Hochman dan Helyar (1989), yaitu pada tanaman legume cekaman kekeringan menyebabkan meningkat pemanfaatan air dan pengambilan nutrisi yang diikuti dengan tingginya densitas akar, dalamnya penetrasi akar dan rendahnya rasio tajuk : akar.

DAFTAR PUSTAKA

- Baruch Z., Fernandez D.S. 1993. Water relation of native and introduced C4 grasses in a Neotropical savanna. *Oecologia* 96: 179-185.

- Baruch Z. 1994. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. *Plant and Soil* 164: 87-96.
- Bray E.A. 1997. Plant response to water deficit. *Trend in Plant Science*. 2(2): 48-54.
- Darwati I., Rasita S.M.D., Hernani. 2002. Respon daun ungu (*Graptophyllum pictum* L.) terhadap cekaman air. *Industrial Crop Research Journal* 8: 73-75.
- Fitter A.H., Hay R.K.M. 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta hlm. 321.
- Garnier E., Shipley B., Roumet C., Laurent G. 2001. A Standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. Technical Report. *Functional Ecology* 15: 688-695.
- Gosset D.R., Milhollon E.P., Lucas M.C., Banks S.W., Marney M.M. 1994. The effect of NaCl antioxidant enzyme activities in callus tissue of salt tolerant and saltsensitive cotton cultivars. *Plant Cell Rep.* 13: 303-307.
- Guenni O., Marin D., Baruch Z. 2002. Response to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. *Plant and Soil* 243: 229-241.
- Hanson A., Hoffman N.E., Samper C. 1986. Identifying and manipulating metabolic stress-resistance traits. *Hort Science* 21: 1313-1317.
- Hidayati N. 1996. Toleransi daun dan akar *Vicia faba* L. dalam kondisi stress air pada tiga fase pertumbuhan. *Jour. Biologi*. 2: 37-45.
- Hocham Z., Helyar K.R. 1989. Climatic and edaphic constraints to the persistence of legumes in pastures. Di dalam Baruch Z. 1994. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. *Plant and Soil* 164: 87-96.
- Huang B., Duncan R.R., Carrow R.N. 1997. Drought-resistance mechanisms of seven warm-season turfgrasses under surface soil drying: I. Shoot response. *Crop Sci.* 37: 1858-1863.
- Humphreys L.R. 1974. *A Guide to Better Pasture for the Tropics and Subtropics*. 3rd ed. Wright, Stephenson and Co (Australia) Pty. Ltd. Flemington Victoria
- Humphreys L.R. 1991. Tropical pasture utilization. Cambridge University Press. Cambridge. UK. hlm. 206.
- Kang S., Shi W., Zhang J. 2000. An improved water use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Res.* 67, 207-214.
- Kirkham M.B. 1990. Plant response to water deficits. Di dalam Stewart B.A., Nielsen D.R., editors. *Irrigation of Agricultural Crops*. Wisconsin: Madison hlm. 323-342.
- McIlroy R.J. 1977. Pengantar Budidaya Padang Rumput Tropika. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor: IPB.
- Morgan J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35: 299-319.
- Naiola B.P. 1996. Regulasi osmosis pada tumbuhan tinggi. Hayati. *Jurnal Biosains* 3: 1-6.
- Paez A., Gonzales O.M.E., Yrausquin X., Salazar A., Casanova A. 1995. Water stress and clipping management effects on Guineagrass: I. Growth and biomass allocation. *Agron. J.* 87: 698-706.
- Rao I.M., Kerridge P.C., Macedo M.C.M. 1998. Di dalam: Guenni O., Marin D., Baruch Z.. Response to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. *Plant and Soil* 243: 229-241.
- Reksohadiprodo S. 1985. Produksi tanaman hijauan makanan ternak tropik. Bagian Penerbitan Fakultas Ekonomi. Yogyakarta: UGM
- Salisbury FB, Ross CW. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Terjemahan Lukman DR dan Sumaryono. Jilid 3. Penerbit ITB Bandung.
- Repellin A, Laffray D, Daniel C, Braconnier S, Zully-Fodil. 1997. Water relation and gas exchange in young coconut palm (*Cocos nucifera* L.) as influenced by water deficit. *Can. J. Bot.* 75:18-27.
- Saraswati P., Johnston M., Coventry R, Holtum J. 2004. Identification of drought tolerant sweet potato (*Ipomea batatas* (L) Lam.) cultivars. New directions for a diverse planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane.
- Santos-Diaz, Ochoa-Alejo N. 1994. PEG-tolerant cell clones on Chili Paper: growth, osmotic potential and solute accumulation. *Plant Cell, Tissue Org. Cult.* 37: 1-8.
- Setyiana M.A., Abdullah L. 1993. Studi potensi tumbuhan alam sebagai sumber hijauan pakan di Desa Tapos, Kecamatan Tenjo Kab. Bogor. Laporan Penelitian. Fakultas Peternakan IPB. Bogor. IPB.

- Siregar M.E. 1988. Apa itu King Grass. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Dep. Pertanian. Bogor.
- Skerman P.J., Riveros F. 1992. Di dalam: Guenni O, Marin D., Baruch Z. Response to drought of five Brachiaria species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. *Plant and Soil* 243: 229-241.
- Sufyati Y. 1999. Karakter morfofisiologi varietas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) pada kondisi stress air. Program Pascasarjana IPB. Bogor hlm. 63.
- Sukarman, Darwati I., Rusmin D. 2000. Karakter morfologi dan fisiologi tapak dara (*Vinca rosea* L.) pada beberapa cekaman air. *Industrial Crop Research Journal*. 6: 50-54.
- Sutoro, Soemadireja, Tirtoutomo S., 1989. Pengaruh cekaman dan reaksi pemulihan tanaman jagung dan sorgum pada fase pertumbuhan vegetatif. *Penelitian Pertanian* 9: 148-151.
- Venekamp J.H. 1989. Regulation of cytosol acidity in plants under condition of drought. *Physiol. Plant*. 76: 112-117.
- Wilson J.R. 1983. Effects of water stress on herbage quality. *Dalam* Guenni O., Marin D., Baruch Z. 2002. Response to drought of five Brachiaria species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. *Plant and Soil* 243: 229-241.

JURNAL BIOLOGI SUMATERA (*J Biol Sum*)
Sumatran Journal of Biology

PEDOMAN PENULISAN

Naskah: Jurnal Biologi Sumatera menerima naskah dari berbagai bidang ilmu biologi baik murni maupun terapan. Naskah yang dipublikasi di Jurnal Biologi Sumatera (*J. Biol. Sum.*) merupakan naskah yang belum pernah diterbitkan dalam jurnal lainnya. Naskah dapat berupa artikel hasil penelitian (*Original Article*), ulas balik (*Review/Minireview*) dan komunikasi singkat (*Rapid Communication*). Panjang maksimum naskah adalah 6, 8, dan 3 halaman cetak masing-masing untuk artikel hasil penelitian, ulas balik dan komunikasi singkat. Naskah dapat ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Naskah yang isinya tidak sesuai dengan pedoman penulisan dan penulisannya tidak sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia dan bahasa Inggris tidak akan dipublikasi dan Editor tidak berkewajiban mengembalikan naskah bersangkutan.

Format: Seluruh isi naskah termasuk abstrak, isi, daftar pustaka, tabel, gambar dan keterangan gambar diketik pada kertas ukuran HVS A-4 dengan jarak dua spasi dengan menggunakan huruf Times New Roman ukuran 12 point. Setiap lembarnya diberi nomor halaman. Abstrak, isi, ucapan terima kasih, daftar isi, tabel, gambar, dan keterangan gambar harus dimulai dari halaman baru. Tabel, gambar, dan keterangan gambar diletakkan pada akhir naskah. Standar abreviasi dan unit harus menggunakan standar internasional. Abreviasi harus ditulis penuh untuk pertama kali muncul dan penggunaan kependekan dalam judul dan abstrak harus dihindari. Nama generik zat kimia yang digunakan harus ditulis. Penggunaan nama genus dan spesies ditulis cetak miring.

Judul: Judul harus singkat, spesifik, dan informatif. Pada bagian judul harus terdapat jenis naskah, nama lengkap, dan alamat penulis, dan catatan kaki terhadap koresponden harus ditujukan lengkap dengan nomor telepon, faksimili, dan/atau e-mail.

Abstrak: Abstrak ditulis dalam bahasa Inggris (*Abstract*) dan tidak lebih dari 250 kata. Dalam abstrak harus terkandung tujuan, metode, hasil, dan kesimpulan. Data yang terdapat dalam abstrak merupakan data yang sangat penting. Aspek-aspek yang baru dan penting harus tercermin dalam abstrak. Maksimum lima kata kunci dalam bahasa Inggris ditulis di bawah abstrak.

Tulisan: Tulisan untuk naskah artikel hasil penelitian terdiri dari Pendahuluan, Bahan dan Metode, Hasil, dan Pembahasan. Hasil dan Pembahasan juga dapat digabung. Untuk Ulas Balik dan Komunikasi Singkat ditulis sebagai naskah sinambung tanpa sub judul bahan dan metode, hasil dan pembahasan. **Pendahuluan** memberikan latar belakang yang cukup agar pembaca memahami dan memperkirakan hasil yang akan dicapai tanpa harus merujuk pada penerbitan-penerbitan sebelumnya. Cara penulisan rujukan dalam teks dengan menyebutkan penulis diikuti tahun penerbitan (contoh: bila di akhir teks ditulis [Munir & Suryanto 2004] dan bila di awal teks ditulis Munir & Suryanto (2004)]. Bila penulis lebih dari dua, ditulis nama penulis pertama saja dan diikuti dengan kata et al. yang dicetak miring (contoh Suryanto *et al.* 2001). Pendahuluan juga harus berisikan latar belakang beserta tujuan dari penelitian. Pada bagian **Bahan dan Metode** harus berisikan informasi teknis sehingga peneliti lain dapat mengulangi berdasarkan teknik percobaan yang dikemukakan. Untuk kondisi tertentu nama dan merek alat beserta kondisi percobaan harus dicantumkan. **Hasil** dapat disajikan dalam bentuk tabel, gambar atau langsung dalam tubuh tulisan. Hasil yang disajikan dalam naskah merupakan hasil yang signifikan dan berarti penting bagi naskah. Hindari penggunaan grafik atau gambar yang berlebihan bila dapat disajikan dalam tubuh tulisan dengan singkat. **Pembahasan** berisikan interpretasi terhadap hasil penelitian dan dikaitkan dengan hasil-hasil yang pernah dilaporkan. Hindari pengulangan metode dan hasil penelitian serta hal-hal yang telah dicantumkan dalam bagian Pendahuluan.

Daftar Pustaka: Daftar Pustaka ditulis memakai sistem tahun nama (Harvard) dan diurut menurut abjad. Ketepatan penggunaan Daftar Pustaka merupakan tanggung jawab penuh penulis. Data yang tidak dipublikasi tidak dapat digunakan sebagai sumber kepustakaan, akan tetapi naskah yang sudah diterima untuk publikasi tetapi belum terbit dapat dimasukkan dalam Daftar Pustaka dengan menyebutkan nama jurnal dan diikuti oleh kata diterima untuk publikasi atau *in press*. Seluruh nama penulis dicantumkan dalam daftar pustaka (tidak ada penggunaan et al dalam Daftar Pustaka). Nama jurnal dipendekkan menurut abreviasi yang lazim dari The List of Serial Title Word Abreviation yang dikeluarkan oleh Pusat Internasional ISSN dan dicetak miring. Cara penulisan dapat mengikuti salah satu dari berikut:

Jurnal:

Millar SL, Buyck B. 2002. Molecular phylogeny of the genus *Russula* in Europe with a comparison of modern infrageneric classification. *Mycol Res* 106:259-276.

Buku:

Boaden PJS, Seed R. 1985. An Introduction to Coastal Ecology. New York: Blackie.

Bab dalam Buku:

Admassu W, Korus RA. 1998. Engineering of bioremediation process: Need and limitations. Di dalam Crawford RL, Crawford DL (ed). Bioremediation: Principles and applications. Cambridge: Cambridge University Press.

Abstrak

Priyani N, Simorangkir J, Flaherti V. 2003. The effect of phosphor and nitrogen addition on crude oil degradation by *Candida* sp. *Abstrak Seminar Nasional Kimia*. Medan, 11 Oktober 2003. hlm 27.

Prosiding:

Nasution Z. 2004. The forest ecology in the Lake Toba catchment area. Di dalam: *Proceedings of The 5th International Wood Science Symposium JSPS-LIPI Core University Program in the Field of Wood Science*. Kyoto, September 17-19. hlm 287-293.

Skripsi/Tesis/Disertasi:

Rahmawati S. 2003. Pengaruh pemberian ekstrak biji pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap gambaran sel-sel Leydig mencit (*Mus musculus* L.) jantan dewasa strain DDW. [Skripsi]. Medan: Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara.

Internet:

Phetteplace H, Jarosz M, Uctuk R, Johnson D, Sporleder R. 2000. Evaluation of single cell protein as a protein supplement for finishing cattle.

<http://www.ansci.colostate.edu/documents/renut/2000/pdf/hp001.pdf>. [20 Maret 2003].

Tabel: Tabel diberi nomor secara berurutan sebagaimana muncul dalam teks. Setiap tabel diberi judul yang informatif. Bila dalam tabel terdapat kependekan harus dijelaskan dengan catatan kaki. Lebar maksimum tabel harus sesuai dengan lebar maksimum area cetak yaitu 8,5 cm atau 18 cm.

Gambar: Seluruh gambar atau foto harus dirujuk di dalam teks dan diberi nomor secara berurutan. Gambar atau foto hanya yang berwarna hitam putih dan harus jelas untuk dapat diperbanyak. Masing-masing gambar harus diserahkan dalam lembaran yang terpisah dan siap jadi tanpa perlu perubahan ukuran dan bentuk dan masing-masingnya dilengkapi dengan keterangan yang cukup. Lebar maksimum gambar harus sesuai dengan lebar maksimum area cetak yaitu 8,5 cm atau 18 cm.

Kontribusi Penerbitan: Setiap penulis dibebani biaya cetak sebesar Rp. 100.000.- (seratus ribu rupiah) untuk setiap artikel yang diterbitkan. Kelebihan halaman dikenakan biaya tambahan sebesar Rp. 50.000.- (lima puluh ribu rupiah) per halaman cetak. Penulis mendapatkan satu eksemplar terbitan dan 5 (lima) salinan artikel.

Pengiriman Naskah: Penulis diminta untuk mengirimkan dua eksemplar asli beserta dokumen (*file*) dalam disket atau *compact disc* (CD) dengan program *Microsoft Word*. Pada disket atau CD dituliskan nama penulis pertama dan nama dokumennya. Naskah dikirimkan kepada:

Editor Jurnal Biologi Sumatera

Departemen Biologi, Fakultas MIPA,
Universitas Sumatera Utara,
Jln. Bioteknologi No. 1, Kampus USU,
Medan 20155.

File elektronik dapat dikirim ke:
biologi.usu@lycos.com