



MAKALAH UTAMA



Potensi Sumber aya Alam Hayati Indonesia: Senyawa Bioaktif Alami dari *Mushroom* dan Tumbuhan Indonesia

Dikdik Kurnia

Laboratorium Kimia Organik -Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Padjadjaran, Sumedang
Email: dikdikurnia@unpad.ac.id

Abstrak

Keanekaragaman hayati Indonesia merupakan potensi sumber daya alam yang harus dikelola dengan baik dan benar untuk digunakan sebagai kekuatan pembangunan sumber daya manusia yang berkelanjutan serta ramah lingkungan. Salah satu kebutuhan utama masyarakat Indonesia saat ini adalah ketersediaan pangan (*functional food*) dan obat-obatan alami (*nutraceutical*) yang memiliki khasiat dan terstandarisasi dengan baik untuk menjamin dan meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat Indonesia. Untuk itu, diperlukan suatu terobosan kerjasama penelitian dan pengembangan terpadu untuk mendapatkan senyawa bioaktif dari sumber daya alam hayati dengan selektif, efektif dan efisien serta tetap menjaga kelestarian dan keberlanjutan plasma nuftah hayati baik secara ekologi maupun ekonomi. Tiga pendekatan utama yang dapat digunakan adalah pertama, penelitian dilakukan secara multi disiplin antara ilmu dasar dan terapan, kedua secara teknis senyawa bioaktif diisolasi berdasarkan target bioaktivitas yang diinginkan (*bioactivity guided isolation*) sehingga hasilnya dapat langsung diaplikasikan, serta ketiga penelitian disertai dengan pemahaman dan pendekatan biomolekular. Beberapa spesies unik *mushroom*, tumbuhan endemik dari Papua yaitu Buah Merah dan Sarang Semut, tumbuhan Kluwek, serta beberapa spesies endemik Mangrove mengandung senyawa-senyawa penting yang beraktivitas sebagai antibiotik, antikanker, antioksidan, antibakteri dan pengawet ikan alami. Dengan telah diketahuinya setiap kandungan senyawa-senyawa penting dalam produk pangan dan obat-obatan alami yang dikonsumsi, maka selain kualitas kesehatan menjadi semakin baik, juga dapat mendorong peningkatan secara ekonomi melalui program budidaya dan diversifikasi produk turunan-nya dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan.

Kata-kata kunci: Senyawa bioaktif, *functional food*, *nutraceutical*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang besar serta memiliki keanekaragaman sumber daya hayati yang sangat melimpah. Salah satu sumber daya hayati yang sangat potensial dimanfaatkan untuk pembanguna negara khususnya peningkatan kualitas kesehatan masyarakat Indonesia dan juga menjadi incaran oleh para peneliti dari luar negri adalah berbagai jenis tumbuhan, *mushroom* dan mangrove. Ketiga jenis sumber daya hayati Indonesia ini menjadi sangat penting dan menarik karena tumbuh di wilayah Indonesia yang memiliki iklim tropis yang menyebabkan tumbuhan, *mushroom* dan mangrove tersebut dapat tumbuh dan melakukan metabolisme sepanjang tahun untuk menghasilkan berbagai senyawa-senyawa bioaktif penting metabolit sekunder. Selain daripada itu, dengan adanya iklim tropis juga menyebabkan kondisi lingkungan yang ada dapat menjadi suatu kondisi pemicu dari berbagai tumbuhan, *mushroom* dan mangrove yang satu spesies untuk menghasilkan berbagai senyawa-senyawa baru yang akan selalu berubah atau berkembang ketika tumbuh pada

tempat dan waktu yang berbeda, sehingga akan banyak sekali kombinasi atau turunan senyawa-senyawa penting yang dapat dihasilkan.

Pemanfaatan potensi keanekaragaman hayati ini tentunya harus dilakukan dengan pendekatan sistemik dan program pengelolaan yang benar, tepat, efektif dan efisien untuk tujuan peningkatan kesejahteraan masyarakat Indonesia, sehingga hal penting yang harus diperhatikan adalah semua program pengelolaan sumber daya hayati ini harus dilakukan berkelanjutan. Salah satu manfaat dari sumber daya hayati tumbuhan, *mushroom* dan mangrove adalah sebagai sumber bahan baku ketersediaan pangan (*functional food*) dan obat-obatan alami (*nutraceutical*) yang memiliki khasiat dan terstandarisasi dengan baik untuk menjamin dan meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat Indonesia. Hal ini menjadi sangat penting, karena ketersediaan yang cukup atas pangan dan obat-obatan akan menentukan kualitas kesehatan masyarakat Indonesia pada khususnya saat ini dan generasi yang akan datang (*golden generation*).

Selain ketersediaan pangan (*functional food*) dan obat-obatan alami (*nutraceutical*) yang mudah dan murah di peroleh oleh masyarakat, hal sangat penting juga harus dilakukan pemahaman yang baik dan benar konsep dari *functional food* dan *nutraceutical* sebagai suatu kebutuhan masyarakat Indonesia agar menjadi budaya sehat dan selalu baik serta menghindari makanan dan obat-obat yang memiliki efek negatif terhadap tubuh. Pemahaman penting yang menjadi penciri dari *functional food* dan *nutraceutical* adalah bahwa kita mengetahui dengan benar dan jelas kandungan komponen bioaktif yang memiliki efek farmakologi dari setiap pangan dan obat-obatan yang kita konsumsi, sehingga menjadi bermafaat dan tidak berlebihan untuk tubuh.

Untuk itu, diperlukan suatu terobosan kerjasama penelitian dan pengembangan terpadu untuk mendapatkan senyawa bioaktif dari sumber daya alam hayati dengan selektif, efektif dan efisien serta tetap menjaga kelestarian dan keberlanjutan plasma nutfah hayati baik secara ekologi maupun ekonomi. Tiga pendekatan utama yang dapat digunakan adalah pertama, penelitian dilakukan secara multi disiplin antara ilmu dasar dan terapan, kedua secara teknis senyawa bioaktif diisolasi berdasarkan target bioaktivitas yang diinginkan (*bioactivity guided isolation*) sehingga hasilnya dapat langsung diaplikasikan, serta ketiga penelitian disertai dengan pemahaman dan pendekatan biomolekular.

Tujuan dari tulisan ini adalah menyampaikan informasi hasil penelitian yang telah dilakukan dari tahun 2002-2014 dalam upaya pencarian senyawa bioaktif dari beberapa sumber daya hayati Indonesia khususnya *mushroom*, beberapa tumbuhan "*edible food*" dan Mangrove untuk memperoleh suatu pendekatan penelitian yang terpadu, sistematis, efektif dan efisien dalam pemanfaatan sumber daya alam hayati Indonesia. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi informasi untuk peneliti lainnya dan melanjutkan hasil-hasil yang diperoleh untuk diaplikasikan lebih nyata kepada masyarakat sebagai upaya pembangunan sumber daya alam yang berkelanjutan.

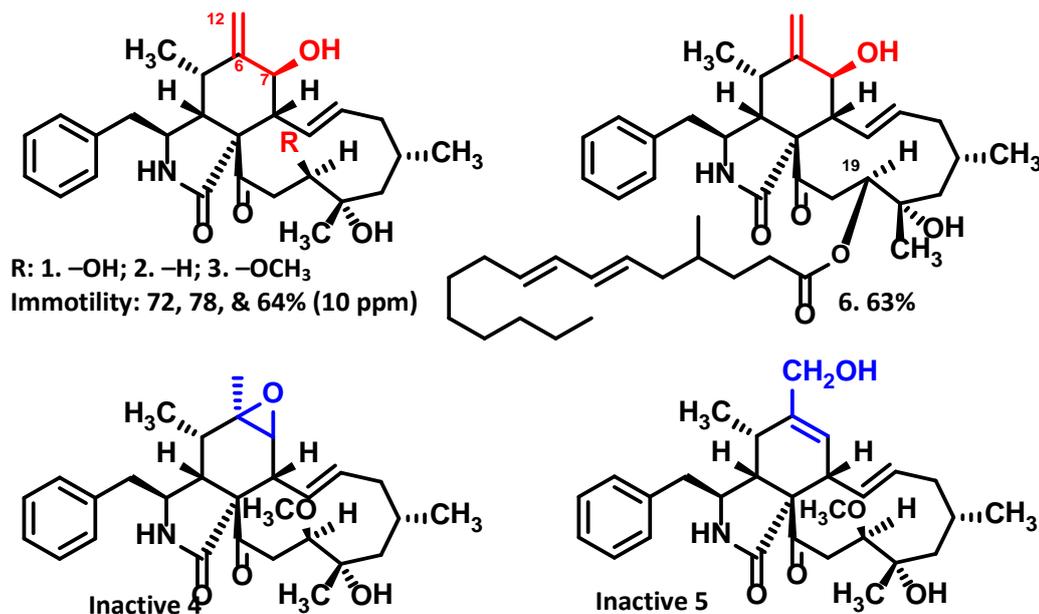
2. Metode Penelitian

Sampel penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas *mushroom* (*Microporellus subsessilis*, *Scleroderma lycoperdoides*, *Termitomyces eurhizus*, dan *Lenzites betulinus*); tumbuhan (Mahkota Dewa, Buah Merah, Sarang Semut, Kluwek dan Gambir) dan Mangrove (*Rhizophora apiculata* dan *Avicennia marina*). Pada proses isolasi senyawa bioaktif digunakan metode *Bioactivity-guided isolation*, dimana setiap tahap pemisahan senyawa dipandu dengan pengujian bioaktivitas yang sesuai dengan target aktivitas senyawa yang diharapkan. Uji aktivitas (*bioassay*) yang digunakan adalah uji toksisitas dengan *Artemia salina* (*Brine Shrimp Lethality Test*), uji antioksidan dengan DPPH, uji antikanker ovarium dan servik, serta uji inhibitor enzim tirosinase.

Metode pemisahan dan pemurnian dilakukan dengan kombinasi teknik kromatografi pada fasa normal Silika G 60 (normal phase) dan pada fasa terbalik ODS RP-18 (reverse phase) dengan dipandu oleh deteksi sinar ultraviolet pada 254 dan 365 nm serta reagen penampak noda-noda spesifik sesuai dengan kelompok senyawa atau gugus fungsi yang yang diharapkan. Penentuan struktur dilakukan dengan metode spektroskopi UV-VIS, infra merah, 1D- dan 2D-NMR (^1H , ^{13}C , DEPT 135° , H-H-COSY, HMQC dan HMBC), dan spektroskopi massa.

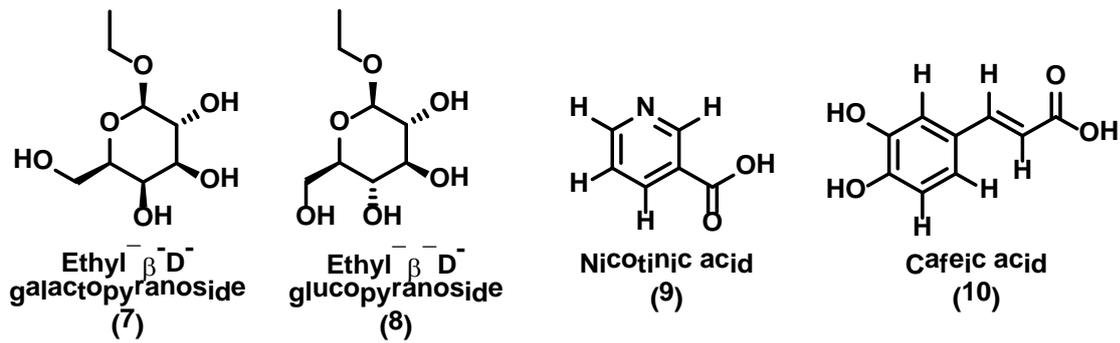
3. Hasil dan Pembahasan

Hutan tropis Indonesia merupakan ekosistem yang sangat istimewa untuk tumbuhnya berbagai sumber daya hayati endemik yang hanya ada di Indonesia. Mushroom yang digunakan pada penelitian ini merupakan salah satu macro-fungi yang tumbuh liar di hutan yang masih terjaga keasliannya. Dengan dipandu oleh uji hayati BSLT, dari mushroom *Microporellus subsessilis* telah diisolasi beberapa senyawa penting 1-6 yang ditunjukkan pada Gambar 1, dimana senyawa-senyawa tersebut menunjukkan aktivitas baru yang belum dilaporkan sebelumnya, yaitu anti-motility, dimana senyawa ini dapat menyebabkan aktivitas syarat dari larva udang berhenti untuk sementara.



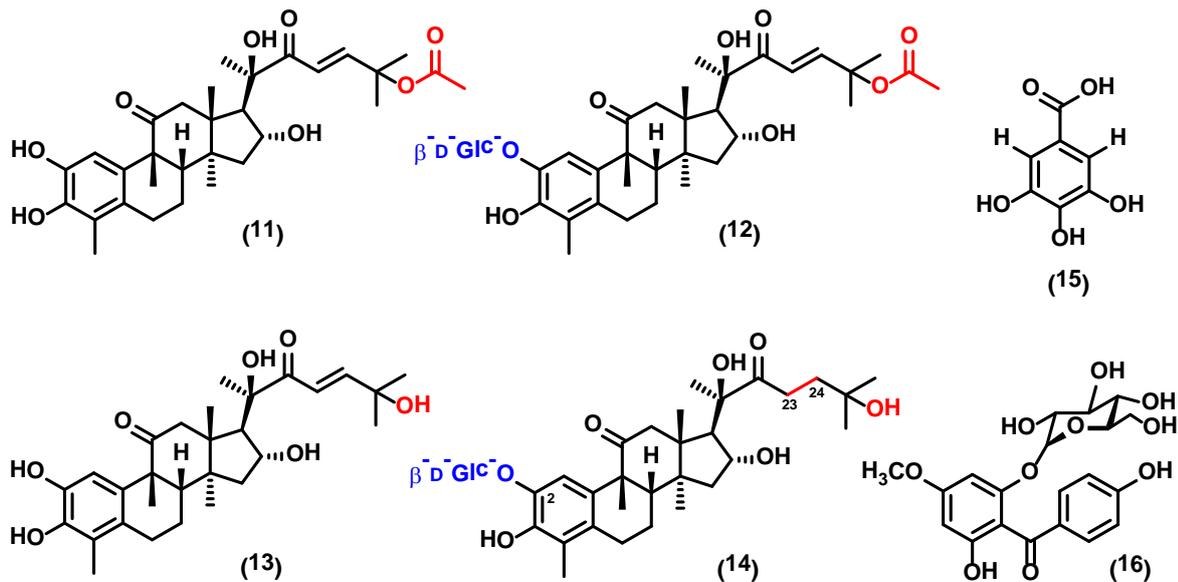
Gambar 1. Senyawa Cytochalasin 1-6 dari mushroom *Microporellus subsessilis*

Selanjutnya, dari mushroom *Scleroderma lycoperdoides*, *Termitomyces eurhizus*, dan *Lenzites betulinus*, *Artemia salina* 7-10 yang strukturnya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Senyawa toksik 7-10 dari *Scleroderma lycoperdoides*, *Termitomyces eurhizus* dan *Lenzites betulinus*

Penelitian selanjutnya, hasil isolasi dan pemurnian senyawa dari buah Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa*) telah dihasilkan senyawa-senyawa yang beraktivitas toksik, anti oksidan dan anti kanker 11-16 yang strukturnya ditunjukkan pada Gambar 3.



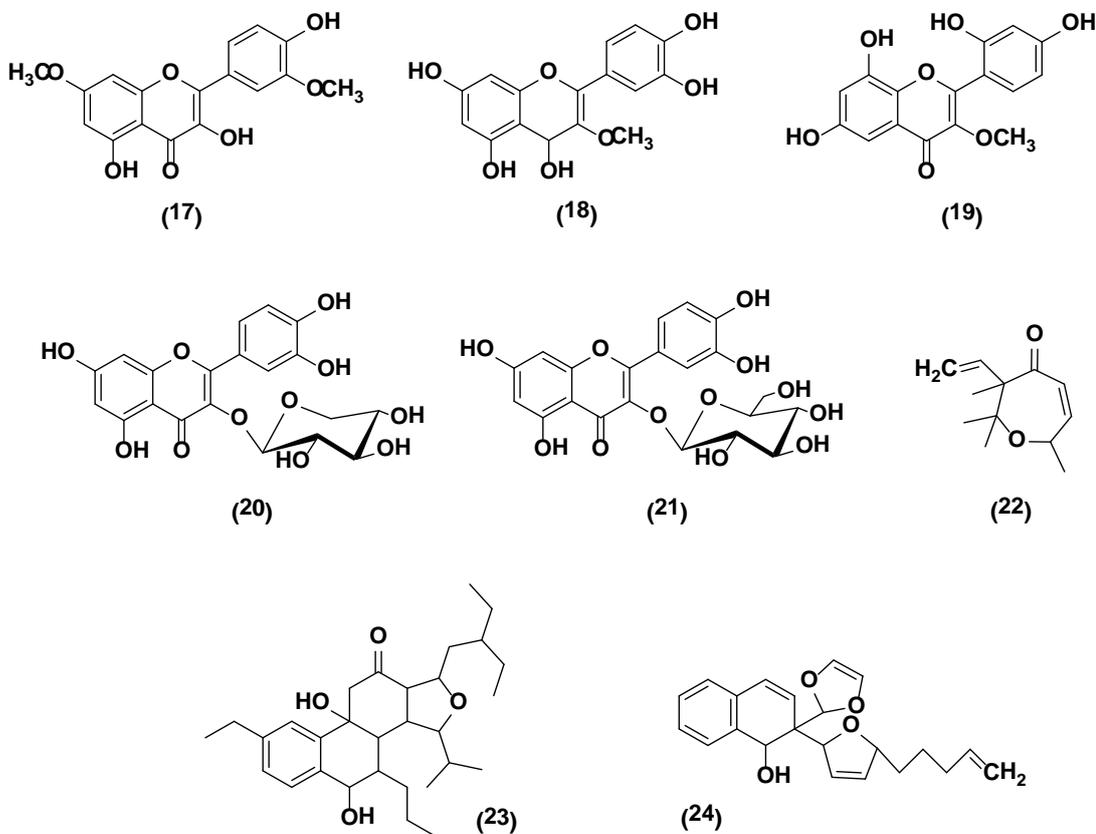
Gambar 3. Senyawa toksik 11-16 dari buah Mahkota Dewa (*P. macrocarpa*)

Penemuan ini menjadi sangat penting bagi masyarakat Indonesia saat ini, karena tanaman tersebut saat ini sudah dan masih digunakan sebagai salah satu obat herbal yang dipercaya untuk menyembuhkan berbagai macam penyakit khususnya penyakit kanker. Tentu saja data ini masih harus diikuti oleh penelitian lebih lanjut untuk memperoleh data yang benar-benar valid sesuai dengan prosedur standar penggunaan obat tradisional, sehingga diharapkan masyarakat akan menjadi aman ketika mengkonsumsi tumbuhan ini.

Penelitian selanjutnya dari daerah Papua dipilih dua tumbuhan yang sangat terkenal sebagai obat herbal, yaitu Buah Merah (*Pandanus conoideus*) dan Sarang

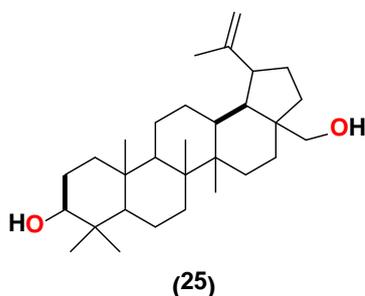
Dikdik Kurnia: Potensi sumber daya... ..

Semut (*Mycoperdia pendan*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Buah Merah memiliki lima senyawa flavonoid (17-21) dan tiga senyawa terponid (22-24) yang beraktivitas antioksidan bermanfaat, strukturnya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Senyawa 17-24 dari Buah Merah (*Pandanus conoideus*)

Tumbuhan berikutnya adalah Sarang Semut (*Mycoperdia pendan*), dimana setelah dilakukan penelitian menunjukkan bahwa senyawa 25 berhasil diisolasi memiliki aktivitas yang sangat baik dan baru, serta belum ditemukan pada data yang ada saat ini, yaitu dapat menghambat pertumbuhan bakteri akar gigi dan anti kanker ovarium.

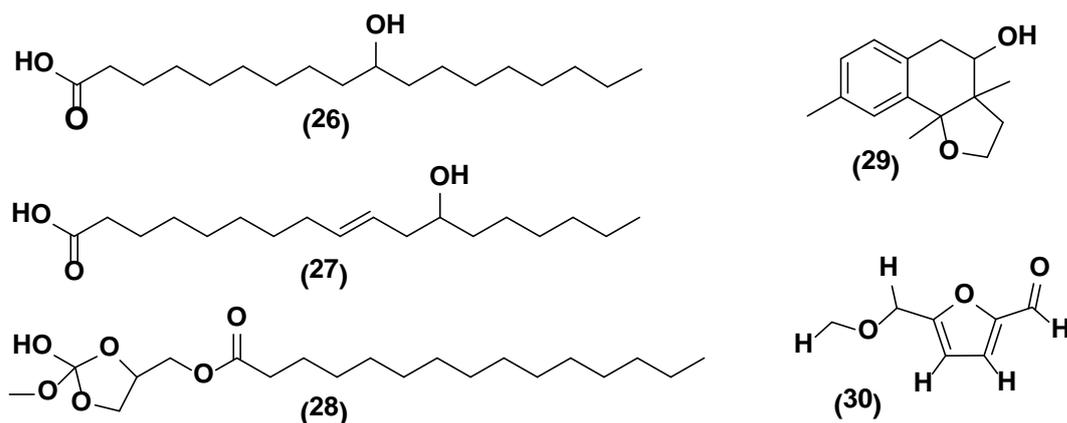


Gambar 5. Senyawa antibakteri dan antikanker 25 dan 26 dari Sarang Semut (*M. pendan*)

Dari penelitian ini sepuluh senyawa yang telah berhasil ditemukan, akan tetapi baru satu senyawa (25), sebagaimana tampak pada Gambar 5, saja yang telah berhasil ditentukan strukturnya, sedangkan sembilan struktur senyawa lainnya masih dalam proses elusidasi stuktur dengan menggunakan berbagai metode spektroskopi.

Tumbuhan kluwek (*Pangium edule*) merupakan salah satu rempah atau bumbu masak yang telah lama digunakan sebagai bumbu utama dari Rawon, makanan khas dari Cirebon. Ternyata, berdasarkan dari informasi penduduk (etnobotani), ditemukan juga fakta lain yang menarik khususnya di kalangan nelayan, yaitu bahwa biji tumbuhan ini biasa digunakan sebagai bahan campuran ikan untuk proses pengawetan ikan laut segar, selain itu fakta lain yang juga sangat menarik adalah proses pembuatan kluwek yang dapat dikonsumsi ternyata harus melalui proses fermentasi yang secara tradisional dilakukan dengan cara menimbun dalam tanah untuk jangka waktu tertentu, sehingga diduga bahwa pada proses ini telah terjadi bio-transformasi gugus fungsi senyawa yang terkandung dalam Kluwek oleh bantuan mikroba tanah.

Dari penelitian yang telah dilakukan, berhasil diisolasi lima senyawa beraktivitas antioksidan dan antibakteri (26-30) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Data ini dapat memperkuat bukti ilmiah bahwa kluwek dapat digunakan sebagai bahan aditif makanan dan juga bahan pengawet ikan alami yang aman dikonsumsi.



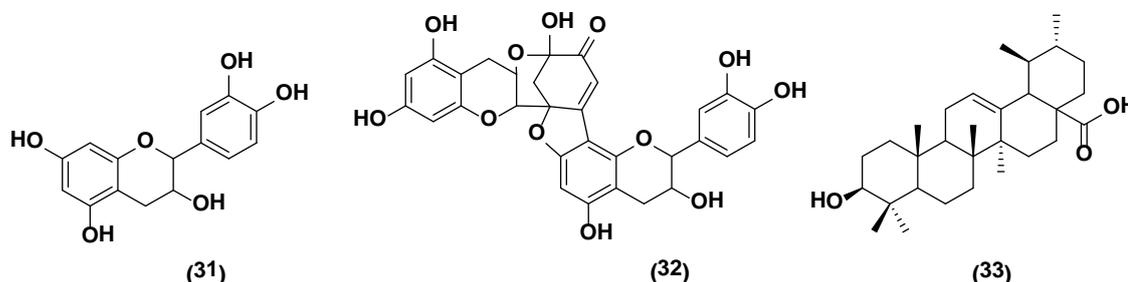
Gambar 6. Senyawa antioksidan dan antibakteri (28-30) dari Kluwek (*Pangium Edule*)

Terakhir, tumbuhan darat yang diteliti adalah gambir, salah tumbuhan obat dan termasuk juga sebagai rempah-rempah yang telah lama dikenal dan digunakan untuk mengobati berbagai penyakit serta pada beberapa daerah digunakan oleh sebagian wanita untuk bahan campuran “menyirih” (kebiasaan atau adat mencampur beberapa rempah dan dimasukkan ke dalam daun sirih, untuk dikunyah didalam mulut sampai hilang sari rasanya).

Pengamatan yang menarik untuk diamati adalah bahwa wanita yang melakukan kebiasaan “menyirih” memiliki kondisi gigi yang sangat bersih dan kuat, hal ini yang menjadi salah satu dasar pemikiran melakukan penelitian lebih untuk mendapatkan informasi ilmiah yang benar tentang senyawa apa yang berperan penting pada proses tersebut.

Dari penelitian yang telah dilakukan, berhasil diisolasi tiga senyawa antioksidan, antibakteri dan anti enzim tirosinase (pemutih kulit/depigmetasi) 31-33 dengan struktur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, yang tentunya berdasarkan data ini dapat

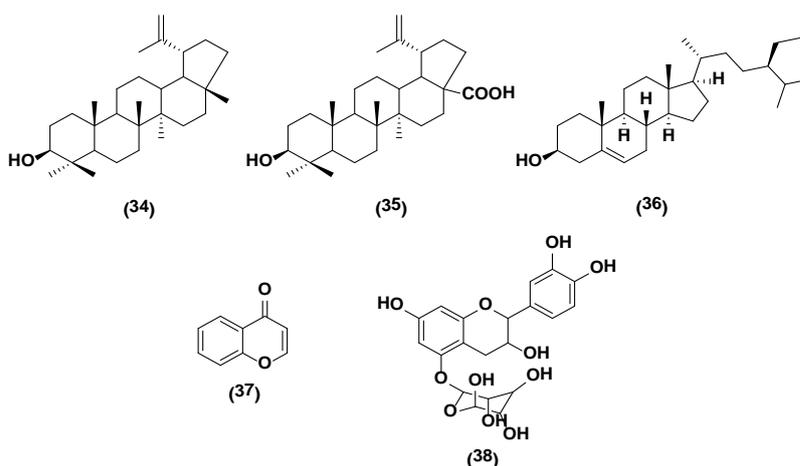
memperkuat dan menjadi bukti ilmiah bahwa tumbuhan ini dapat digunakan sebagai bahan baku obat antiseptik gigi dan mulut, serta pemutih kulit alami.



Gambar 7. Senyawa antioksidan, antibakteri dan anti enzim turosinase dari Gambir (*Uncaria gambir*)

Sumber daya alam hayati lainnya yang saat ini sedang banyak dilakukan penelitian dan pengembangan adalah mangrove. Tumbuhan ini menjadi penting dan menarik untuk diteliti karena selain fungsi utamanya untuk menjaga ekosistem pantai, juga ternyata dengan kondisi tempat tumbuhnya yang unik di tepi pantai, tumbuhan ini menjadi tumbuhan dengan fenomena yang menarik bagi peneliti, dimana Mangrove dapat tumbuh pada kondisi yang sangat ekstrim air laut yang memiliki kadar garam tinggi, pasang surut air laut, dan juga stress lingkungan dari berbagai mikroba. Oleh karena itu, diduga bahwa metabolisme dan biosintesis senyawa-senyawa khususnya metabolit sekunder yang dihasilkan memiliki jalur atau pathway biogenesis yang berbeda dengan tumbuhan darat pada umumnya, sehingga memiliki struktur dan aktivitas yang unik dan menarik.

Dari penelitian yang telah dilakukan, telah berhasil diisolasi lima senyawa antioksidan dan antibakteri (34-38) yang sangat aktif, khususnya antibakteri akar gigi. Struktur senyawa 34-38 yang sudah diisolasi ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Senyawa antioksidan dan antibakteri (34-38) dari Mangrove *Rhizophora apiculata* dan *Avicennia marina*

Dengan melihat data di atas, tampak bahwa sumber daya alam hayati Indonesia sangat penting untuk dengan tepat dipelihara keaslian-nya, karena dari sana dapat

diperoleh ribuan, bahkan jutaan senyawa-senyawa baru dengan bioaktivitas penting yang sangat bermanfaat bagi manusia.

Selain daripada itu, juga tampak pentingnya peran atau pemilihan metode isolasi yang tepat serta jenis uji hayati (*bio-assay*) yang digunakan, hal ini untuk bisa menjamin bahwa setiap proses pemisahan dan pemurnian adalah benar dan dapat menghasilkan senyawa-senyawa dengan bioaktivitas yang sesuai dan telah direncanakan.

4. Kesimpulan

1. Pengelolaan sumber daya hayati Indonesia harus dilakukan dengan sistem terpadu, perencanaan yang matang serta berkelanjutan agar dapat mempertahankan fungsi dan peranannya sebagai sumber yang melimpah dan digunakan untuk menjamin ketersediaan pangan (*function food*) dan obat-obatan alami (*nutraceutical*).
2. Diperlukan kerjasama perencanaan dan penelitian produk-produk pangan (*function food*) dan obat-obatan alami (*nutraceutical*) oleh peneliti, pemerintah dan dunia usaha untuk mensinergikan ilmu dasar dan terapan untuk pemanfaatan sumber daya alam Indonesia.
3. Ketersediaan kandungan bioaktif dari setiap produk pangan dan obat-obatan alami mutlak diperlukan untuk menjamin kesehatan masyarakat Indonesia.
4. Penelitian senyawa bioaktif sangat penting dan harus dilakukan dengan pendekatan yang benar dan perkembangan teknologi terbaru untuk mempercepat dan meningkatkan efektifitas dan efisiensi semua sumber daya dan dana penelitian.

Daftar Pustaka

- Fariad A, Kurnia D, Fariad LS, Usman N, Miyazaki T, Kato H, Kuwano H. 2006. Anticancer effects of gallic acid isolated from Indonesian herbal medicine, *Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl, on human cancer cell lines. *International Journal of Oncology*. 30(3): 605-13.
- Hingku SS. 2013. Potensi batang tumbuhan mangrove *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. sebagai sumber antibakteri. Thesis, Program Magister Ilmu Kimia FMIPA Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Kurnia D, Akiyama K, Hayashi H. 2008. 29-Norcucurbitacins isolated from *Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 7 (2): 618-620.
- Kurnia D, Akiyama K, Hayashi H. 2007. 10-Phenyl-[11]-cytochalasans from Indonesian mushroom *Microporellus subsessilis*. *Phytochemistry*. 68: 697-702.
- Kurnia D, Pratomo U, Atmaja H, Kurniati D, Apriyanti E, Apriana R. 2013. Bioactive compounds from Indonesia Plant of buah merah (*Pandanus conoideus* Lam.) (dalam proses revisi publikasi).
- Kurnia D, Triputra I, Ryana R, Fidianita D, Amalia S. 2014. Antioksidan compounds from Indonesia plant of kluwe (*Pangium edule* Lam.) (dalam proses revisi publikasi).
- Kurnia D, Dharsono A, Satari MH, Fatriadi F, Yuda IP. 2014. Antibakterial compounds from Indonesia plant of sarang semut (*Mycoperdia pendan*) (dalam proses revisi publikasi).
- Kurnia D, Yance D, Syariah S. 2014. Inhibitor of enzyme tyrosinase from Indonesia plant of gambir (*Uncaria gambir*) (dalam proses revisi publikasi).
- Kurnia D, Dwijayanti N, Hanny S. 2014. Antibacterial compounds isolated from Indonesia mangrove *Rhizophora apiculata*. (dalam proses revisi publikasi)

Pengelolaan Sumber Daya Alam: Tantangan dan Peluang di Era Ekonomi Pengetahuan

*Natural Resources Management: Challenges And Opportunities at
the Knowledge Economy Era*

Sjaifuddin

Abstract

Entering the 21st century, the world faced by many crucial problems such as explosive population growth and conflicts of natural resources management. So, the biggest challenges of the century are how to transform wasteful attitudes in the utilization of natural resources towards environmentally friendly activities. At this knowledge economy era the future is not depend only on the natural resources, but rather the investment of human resources and innovation. Based on global competitiveness index, Indonesia now in the second stage (efficiency-driven) of the last stage: innovation-driven. Based on global innovation index, Indonesia now in the learner and efficient innovator category. Based on knowledge economy index and knowledge index, Indonesia now in the rank 107th of 146 economies. Based on environmental performance index, Indonesia now in the rank 112th of 178. These conditions mean that Indonesia has not take benefit of knowledge economy era yet to accelerate economic transformation process and environmental protection by the nation advantage.

Key words: natural resources, knowledge economy, innovation, nation advantage

Abstrak

Memasuki abad XXI dunia dihadapkan pada banyak persoalan krusial seperti ledakan pertumbuhan penduduk dan konflik pengelolaan sumber daya alam. Kondisi ini menunjukkan bahwa tantangan terbesar abad ini adalah bagaimana masyarakat dunia dapat berubah dari perilaku boros dalam pemanfaatan sumber daya alam menuju kepada pola-pola pemanfaatan berkelanjutan. Di era ekonomi pengetahuan saat ini, masa depan bangsa tidak hanya bergantung pada kekayaan sumber daya alam semata, tetapi lebih kepada investasi sumber daya manusia dan inovasi. Berdasarkan indeks daya saing global Indonesia kini berada pada tahap kedua (*efficiency-driven*) dari 3 tahap terakhir: *innovation-driven*. Berdasarkan indeks inovasi global Indonesia kini berada pada kategori pembelajar dan *efficient innovator*. Berdasarkan indeks ekonomi pengetahuan dan indeks pengetahuan Indonesia kini berada pada ranking 107 dari 146 negara. Berdasarkan indeks kinerja lingkungan Indonesia kini berada pada ranking 112 dari 178 negara. Kondisi ini menunjukkan bahwa Indonesia belum mampu memanfaatkan benefit dari era ekonomi pengetahuan saat ini untuk mempercepat proses transformasi ekonomi dan perlindungan lingkungan bagi keunggulan bangsa.

Kata-kata kunci: sumber daya alam, ekonomi pengetahuan, inovasi, keunggulan bangsa

1. Pengantar

Tuhan menciptakan bumi dan memberkatinya dengan sumber daya alam yang sangat bernilai bagi kesejahteraan manusia. Minyak bumi telah lama dirasakan manfaatnya oleh manusia sebagai sumber energi utama penggerak perekonomian dunia. Emas dan perak telah dimanfaatkan manusia sejak berabad-abad lalu sebagai bagian penting seni perhiasan dan proses industri lainnya. Mineral-mineral lain juga sangat bermanfaat bagi manusia, digunakan untuk berbagai macam kepentingan industri, bahkan untuk membuat chips komputer. Begitu tingginya nilai sumber daya alam hingga seringkali menjadi sumber konflik berkepanjangan bagi manusia.

Sjaifuddin: Pengelolaan sumber daya ...

Memasuki abad 21, dunia dihadapkan pada persoalan krusial seperti ledakan jumlah penduduk dan meningkatnya konflik pengelolaan sumber daya alam. Bagi negara-negara miskin, pertumbuhan penduduk yang cepat (lebih dari 2% per tahun) merupakan ancaman kesejahteraan yang nyata, sementara bagi negara maju, pertumbuhan penduduk yang rendah (bahkan cenderung menurun) merupakan ancaman kesejahteraan di masa depan (Azeh *et al.* 2012). Konflik sosial hampir pasti terjadi pada setiap perubahan sosial ekonomi yang signifikan (termasuk di dalamnya konflik pengelolaan sumber daya alam). Perubahan ekonomi yang cepat berpotensi menimbulkan konflik berskala besar. Konflik sosial cenderung berdampak negatif pada berbagai bidang kehidupan seperti budaya, agama, sosial politik; bahkan dalam kondisi tertentu bisa berbentuk kekerasan (Toffler & Toffler 1998).

Dalam laporannya yang bertajuk *Global Trends 2025: a Transformed World*, The National Intelligence Council menyebutkan bahwa ledakan jumlah penduduk dunia akan meningkatkan permintaan pangan secara global sampai 50% pada tahun 2030. Memasuki abad 21, dunia dihadapkan pada persoalan krusial seperti ledakan jumlah penduduk dan meningkatnya konflik pengelolaan sumber daya alam. Bagi negara-negara miskin, pertumbuhan penduduk yang cepat (lebih dari 2% per tahun) merupakan ancaman kesejahteraan yang nyata, sementara bagi negara maju, pertumbuhan penduduk yang rendah (bahkan cenderung menurun) merupakan ancaman kesejahteraan di masa depan (Azeh *et al.* 2012). Konflik sosial hampir pasti terjadi pada setiap perubahan sosial ekonomi yang signifikan (termasuk di dalamnya konflik pengelolaan sumber daya alam). Perubahan ekonomi yang cepat berpotensi menimbulkan konflik berskala besar. Konflik sosial cenderung berdampak negatif pada berbagai bidang kehidupan seperti budaya, agama, sosial politik; bahkan dalam kondisi tertentu bisa berbentuk kekerasan (Toffler & Toffler 1998). Pada sisi lain, sekitar 1,4 miliar manusia akan kehilangan akses kepada air bersih. Dalam wawancara oleh *The Futurist* Juli-Agustus 2009, Newt Gingrich menyebutkan bahwa tantangan terbesar dunia menghadapi abad mendatang adalah akses pada sumber daya alam dan energi.

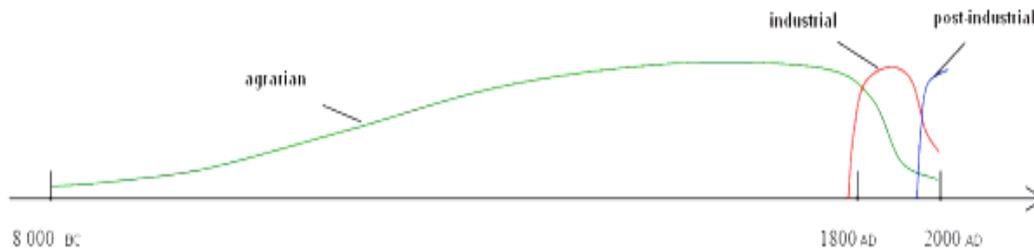
“We must develop a strategy for global energy abundance that maximizes both production and the efficiency with which energy is used. This sort of strategy would have significant positive impact toward reducing or preventing future conflicts.” (Newt Gingrich dalam wawancara dengan *The Futurist*, 2009). Pendapat Gingrich tersebut sejalan dengan ilustrasi Cetron dan Owen (2001) tentang peningkatan konsumsi minyak dunia. Pada tahun 1973, dunia mengkonsumsi 57 juta *barrel* minyak per hari. Pada tahun 1999, konsumsi minyak dunia mencapai lebih dari 73 juta *barrel* per hari. Sampai tahun 2020, konsumsi minyak dunia diperkirakan akan mencapai lebih dari 110 juta *barrel* per hari. Meskipun demikian, dunia tidak akan kehabisan minyak karena penelitian yang intensif membuktikan bahwa cadangan minyak terbukti dunia (*world's proven oil reserve*) meningkat dari 700 milyar *barrel* pada tahun 1985 menjadi lebih dari 1 *triliun* *barrel* pada tahun 1990. Penemuan cadangan minyak baru di Laut Kaspia, China, dan Samudera Hindia menambah keyakinan tersebut (Cetron & Owen 2001). Berdasarkan ilustrasi di atas, tantangan terbesar abad ini adalah bagaimana masyarakat dunia dapat berubah dari perilaku boros dalam pemanfaatan sumber daya alam menuju kepada pola-pola pemanfaatan yang berkelanjutan (Potts 2007). Kecenderungan konsumerisme yang mengarah kepada perilaku hedonik yang semakin meningkat dewasa ini harus dievaluasi dan dikembalikan kepada tatanan hidup yang bersahabat dengan alam.

2. Pergeseran Paradigma dalam Pemanfaatan Sumber Daya Alam

Peradaban manusia ditandai oleh adanya perubahan fungsi sosial ekonomi. Toffler mengemukakan tiga gelombang peradaban yang didasarkan pada perkembangan sosial ekonomi tersebut. Gelombang pertama adalah masyarakat agraris; gelombang kedua

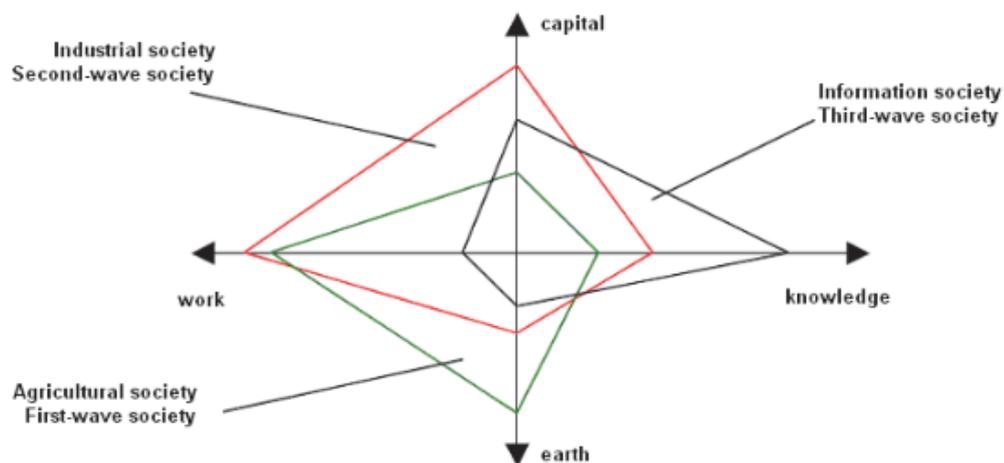
Sjaifuddin: Pengelolaan sumber daya ...

adalah masyarakat industri; sedangkan gelombang ketiga adalah masyarakat informasi (pasca industri) (Rzepka 2013). Tiga gelombang peradaban tersebut diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Gelombang peradaban Toffler (Rzepka, 2013)

Setiap gelombang peradaban melibatkan besaran kapital, sumber daya alam, pekerjaan fisik, dan pengetahuan yang berbeda-beda. Masyarakat gelombang pertama (agraris) sangat bergantung pada sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan hidup. Masyarakat gelombang kedua (industri) menggantungkan diri pada besaran kapital untuk mencapai kesejahteraan. Masyarakat gelombang ketiga mengandalkan pengetahuan untuk mencapai kesejahteraan. Ilustrasi keterlibatan faktor-faktor sosial ekonomi pada setiap gelombang peradaban disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Keterlibatan faktor sosial ekonomi pada setiap gelombang peradaban (Rzepka 2013)

Pada masyarakat gelombang ketiga telah terjadi pergeseran paradigma ke arah pentingnya pengetahuan sebagai basis pembangunan ekonomi. Pengetahuan merupakan aset yang bersifat *intangibile*; dalam tatanan ekonomi baru posisinya bergeser dari perifer ke pusat. Gagasan, inovasi, nilai-nilai, keahlian, simbol, dan pencitraan memainkan peranan penting dalam era ini (Toffler & Toffler 1998). Pergeseran paradigma dalam pembangunan ekonomi menurut Toffler ini juga didukung oleh pernyataannya “the rapid transformation from a “brute force” economy to “brain force” economy is spearheading the ongoing knowledge revolution” (Carlino 1996). Aktivitas

Sjaifuddin: Pengelolaan sumber daya ...

ekonomi primer pada masyarakat gelombang ketiga didominasi oleh pemrosesan informasi dan produksi pengetahuan yang menggeser produksi barang-barang konsumsi.

Masyarakat informasi menurut Becla (2012) ditandai oleh beberapa kategori:

1. Pengembangan pengetahuan dan informasi berbasis teknik dan ekonomi;
 2. Produktivitas dan kerja-kerja profesional;
 3. Orientasi spasial pada lingkup nasional dan global;
 4. Transformasi sosial, psikologi, dan interpersonal berbasis kultural.
- Karakteristik masyarakat informasi tersebut sejalan dengan atribut *knowledge-based society* seperti dikemukakan oleh Czaja (2010) yaitu 1. Pengetahuan sebagai basis sumber daya ekonomi dan faktor pengembangan produksi; 2. Struktur informasi memiliki kontribusi terbesar dalam membentuk Gross National Product (GDP); 3. Peluang-peluang produktif yang selalu dikembangkan dengan baik; 4. Perangkat informasi-pengetahuan yang diciptakan dan selalu digunakan; 5. Inovasi berbasis pengetahuan; 6. Daya saing berbasis informasi; 7. Pemanfaatan informasi baru dan teknologi komunikasi.

3. Indonesia dalam Kancan Daya Saing dan Inovasi Global

Sejak zaman kemerdekaan, perkembangan ekonomi Indonesia tidak jauh bergerak dari pemanfaatan dan ekspor produk-produk primer, khususnya produk berbasis pertanian dan mineral. Sebagian besar pendapatan dari hasil ekspor digunakan untuk membiayai kebutuhan barang-barang konsumsi, sedangkan sebagian kecil lagi diinvestasikan pada produk-produk manufaktur untuk pasar dalam negeri. Rendahnya kontribusi produk-produk manufaktur terhadap total *Gross Domestic Product* (GDP) mengindikasikan adanya kegagalan proses transformasi menuju ekonomi industri (laporan Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa kontribusi sektor industri hanya sebesar 23.70% terhadap total GDP 2013). Kondisi ini sekaligus juga menunjukkan adanya kegagalan kebijakan dalam restrukturisasi produktivitas dan insentif bagi investasi di bidang sumber daya manusia dan inovasi.

Meskipun demikian, Indonesia masih memiliki peluang untuk mengembangkan potensi ekonomi yang dimiliki. Catatan pentingnya adalah faktor-faktor pendukung pertumbuhan ekonomi harus diciptakan dan dipelihara secara baik, sementara faktor-faktor penghambat seperti korupsi yang meluas dan keputusan politik yang tidak kondusif harus dihindari (laporan *World Economic Forum* (WEF) (2013) menunjukkan bahwa korupsi merupakan faktor paling problematik yang dihadapi Indonesia). Indonesia perlu mengejar ketertinggalan (*knowledge gap*), membangun kapabilitas ilmu pengetahuan dan teknologi, dan menciptakan peluang-peluang baru untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Di dalam masyarakat dengan tatanan ekonomi baru, informasi dan komunikasi menempati posisi strategis dalam pembangunan ekonomi. Dalam konteks ini, kerjasama dan *networking* menjadi sangat penting untuk menjamin berlangsungnya *sharing* pengetahuan dan inovasi. Pada akhirnya perolehan teknologi yang tepat akan memberikan keuntungan secara ekonomi dan mendukung program pembangunan berkelanjutan.

Pembangunan ekonomi merupakan sebuah proses yang kompleks dan melibatkan perubahan struktural di bidang sosial, sains, teknologi, pendidikan, politik, dan lingkungan (Allam & Al-Roubaie 2012). Dunia kini telah berada di era baru, era ekonomi pengetahuan (*knowledge economy*). Komponen kunci dari ekonomi pengetahuan adalah tingginya dominasi kapabilitas intelektual dari pada input fisik atau sumber daya alam (Powell & Snellman, 2004). Dalam konteks ekonomi pengetahuan, pertumbuhan tidak semata-mata merujuk pada kesejahteraan material (modal, sumber daya alam, dan tenaga kerja), tetapi juga kerja-kerja intelektual. Pengetahuan merupakan sumber daya paling penting bagi pertumbuhan ekonomi, karena lebih dari 70% pertumbuhan ekonomi berbasis pengetahuan. Teknologi informasi dan telekomunikasi digunakan secara luas dalam kehidupan sosial ekonomi. Setiap anggota masyarakat

mentransformasikan pengetahuan menjadi ketrampilan, karena pengetahuan kini telah dinilai sebagai komoditas (Tran, 2002).

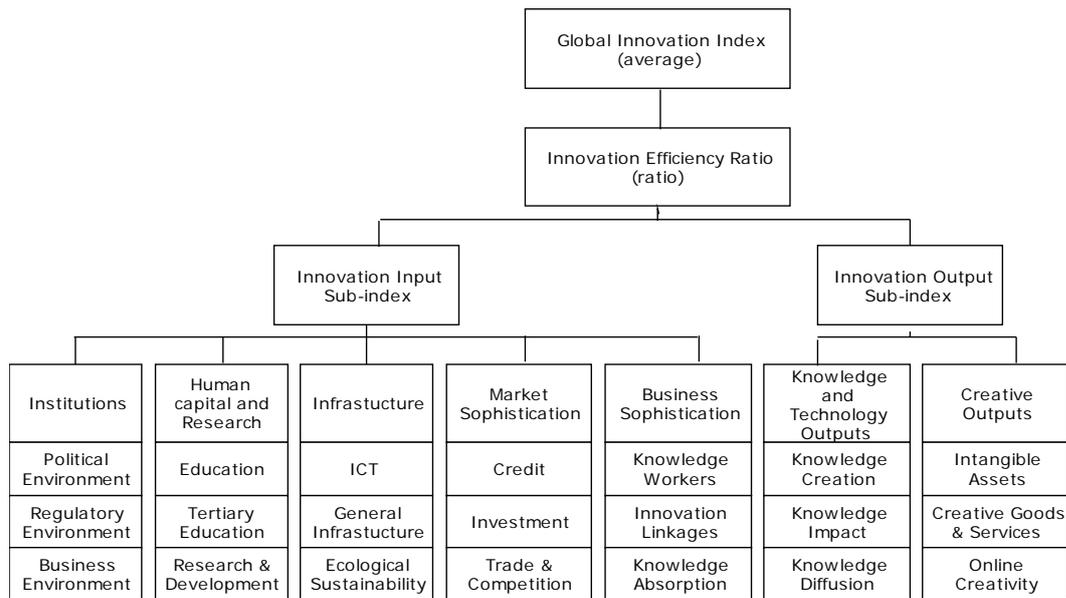
Masyarakat ekonomi baru menempatkan ekonomi pengetahuan sebagai pijakan untuk meningkatkan daya saing dalam lingkup global. Dalam konteks ini, laporan WEF (2013) menyebutkan tiga tahapan perkembangan ekonomi yang bisa dilalui oleh setiap negara didasarkan pada 12 pilar daya saing. Keseluruhan pilar daya saing kemudian dikelompokkan ke dalam 3 pilar daya saing kunci. Pilar daya saing kunci yang pertama bersifat *factor-driven* (basic requirements) yang meliputi pilar-pilar institusi, infrastruktur, lingkungan makroekonomi, kesehatan dan pendidikan dasar. Pilar daya saing kunci yang kedua bersifat *efficiency-driven* yang meliputi pilar-pilar pendidikan tinggi dan pelatihan, *good market efficiency*, *labor market efficiency*, *financial market development*, kesiapan teknologi, dan *market size*. Pilar daya saing kunci yang ketiga bersifat *innovation-driven* yang meliputi *business sophistication*, dan inovasi.

Menurut laporan WEF (2013) pada tahun 2011-2012 global competitiveness index (GCI) Indonesia adalah 4.4 (skala 1-7) dan berada pada ranking 46 dari 142 negara. Pada tahun 2012-2013, GCI Indonesia adalah 4.4 (skala 1-7) dan berada pada ranking 50 dari 144 negara. Pada tahun 2013-2014, GCI Indonesia adalah 4.5 (skala 1-7) dan berada pada ranking 38 dari 148 negara. Pada tahun 2010, laporan WEF menyebutkan bahwa Indonesia adalah negara yang berada pada transisi dari tahap 1 ke tahap 2 (peralihan dari *factor-driven* menuju *efficiency-driven economy*). Pada tahun 2013, posisi itu telah berubah, karena Indonesia telah berada pada tahap 2 (*efficiency-driven*). Ilustrasi posisi Indonesia lengkap dengan skor untuk setiap pilar daya saing global disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Posisi Indonesia dalam kancah daya saing global (WEF, 2013)

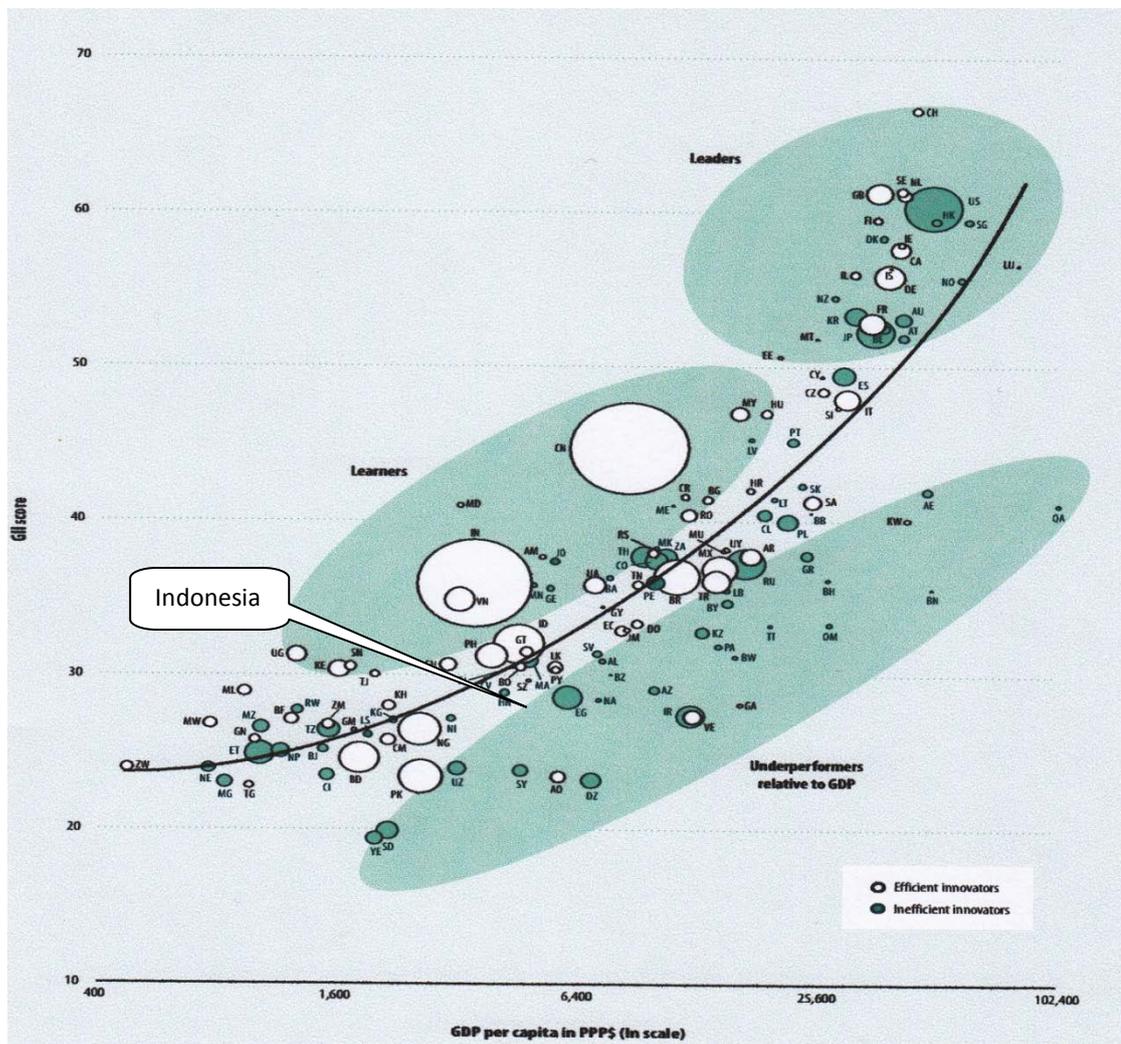
Masyarakat ekonomi baru juga menempatkan ekonomi pengetahuan sebagai pijakan untuk meningkatkan kemampuan inovasi dalam lingkup global. Dalam konteks ini, World Intellectual Property Organization (WIPO) (2013) telah membuat kerangka kerja Global Innovation Index (GII) (Gambar 4).



Gambar 4. Kerangka kerja GII (WIPO, 2013)

Gambar 4 menunjukkan bahwa *innovation input* merupakan 5 pilar input yang terdiri dari elemen-elemen ekonomi nasional yang dinilai mampu membangkitkan aktivitas inovasi yakni *institutions*, *human capital and research*, *infrastructure*, *market sophistication*, dan *business sophistication*. *Innovation output* merupakan hasil dari aktivitas inovasi di bidang ekonomi yang terdiri dari 2 pilar output yakni *knowledge and technology output* dan *creative output*. GII merupakan rerata sederhana dari *input sub-index* dan *output sub-index*. *Innovation efficiency ratio* menunjukkan seberapa banyak *innovation output* dari suatu negara dihasilkan berdasarkan *innovation input*-nya. Posisi Indonesia di antara negara-negara di dunia berdasarkan GII dan GDP per kapita ditunjukkan pada Gambar 5.

Menurut WIPO (2013), GII Indonesia berada ada ranking 85 dari 142 negara di dunia dengan skor 31.95 (rentang 0-100). Indonesia masuk ke dalam kategori *learners* dari 3 kategori yang dibuat oleh WIPO (*leaders*, *learners*, dan *underperformers relative to GDP*). Indonesia juga masuk dalam kategori *efficient innovators* (*innovation efficiency ratio* ≥ 0.78). Beberapa negara tetangga memiliki posisi lebih baik dari Indonesia seperti Singapura (ranking 8, skor 59.41), Malaysia (ranking 32, skor 46.92), Thailand (ranking 57, skor 37.63), Brunei (ranking 74, skor 35.53), dan Vietnam (ranking 76, skor 34.82). Memperhatikan laporan di atas diyakini bahwa peluang besar masih terbuka bagi Indonesia untuk mengembangkan seluruh potensi yang ada guna meraih kejayaan di masa depan.

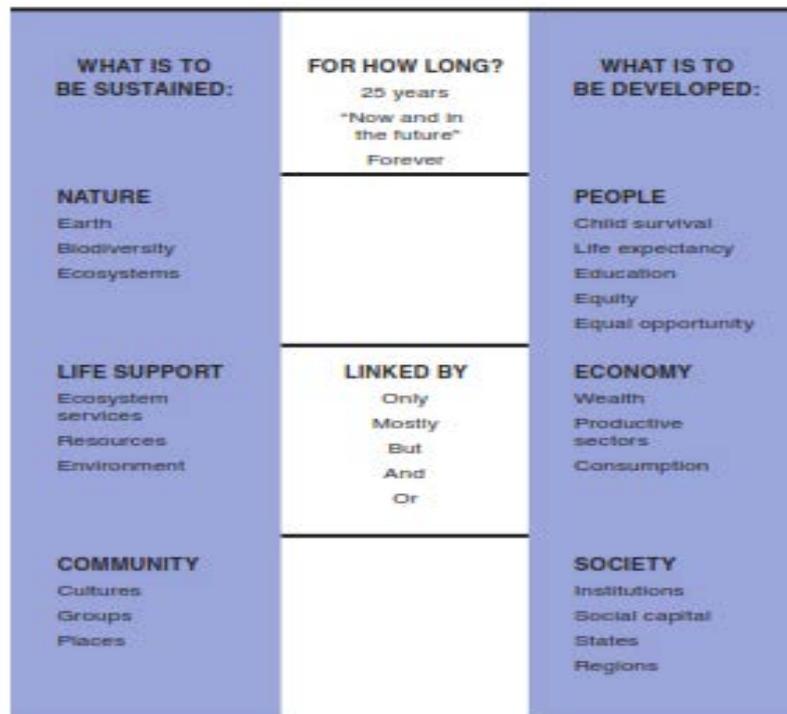


Gambar 5. Posisi Indonesia di antara negara-negara di dunia menurut GII dan GDP *per capita* (WIPO, 2013)

4. Pembangunan Berkelanjutan dan Ekonomi Pengetahuan

Pemahaman tentang konsep pembangunan berkelanjutan terus berkembang seiring dengan perjalanan sikap masyarakat dunia dalam memandang berbagai persoalan global. Meskipun demikian, esensi yang menjadi fokus perhatian tetap tidak berubah, yakni bahwa pembangunan harus berpijak pada tiga pilar utama: *economic development*, *social development*, dan *environmental protection*. Menurut World Commission on Environment and Development (WCED, 1987), pembangunan berkelanjutan adalah “the development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.”

Sejalan dengan definisi yang disampaikan oleh WCED di atas, National Research Council (NRC) (1999) memfokuskan pembangunan berkelanjutan pada pemahaman tentang dimensi yang harus dipertahankan keberlanjutannya (*what is to be sustained*), dimensi yang harus dikembangkan (*what is to be developed*), tautan antara kedua dimensi tersebut, dan horizon masa depan (Gambar 6).



Gambar 6. Definisi pembangunan berkelanjutan (NRC, 1999)

Tiga dimensi yang harus dipertahankan keberlanjutannya adalah *nature*, *life support system*, dan *community*. Tiga dimensi yang harus dikembangkan adalah *people*, *economy*, dan *society*. Tautan antar dimensi kemudian berkembang bukan hanya sekedar "dipertahankan keberlanjutannya saja" atau "dikembangkan semaksimal mungkin," tetapi juga "dipertahankan keberlanjutannya dan/atau dikembangkan semaksimal mungkin." *Horizon* masa depan dari program-program tersebut juga bervariasi mulai dari 25 tahun, sekarang dan di masa depan, sampai selamanya.

Pada tahun 2002, Johannesburg Declaration on Sustainable Development (JDSD) menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan merupakan tanggung jawab bersama dalam memajukan dan memperkuat 3 pilar pembangunan. Pernyataan selengkapnya mengenai hal tersebut sebagai berikut:

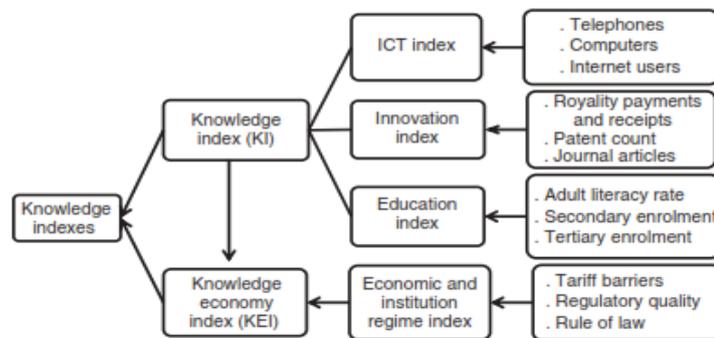
" a collective responsibility to advance and strengthen the interdependent and mutually reinforcing pillars of sustainable development – economic development, social development, and environmental protection – at the local, national, regional, and global levels." (JDSD, 2002).

Bagi negara berkembang, ekonomi pengetahuan adalah era yang lebih membawa tantangan. Agar pembangunan dapat terus dipertahankan, negara berkembang memerlukan pertumbuhan GDP minimal 6%-8%. Sektor-sektor pertumbuhan di negara berkembang biasanya masih bertumpu pada pemanfaatan sumber daya alam, sementara kemampuan dalam pengembangan sains dan teknologi belum memadai (Djeflat, 2010). Ekonomi pengetahuan berorientasi pada pemanfaatan sains dan teknologi sebagai sumber daya kunci bagi peningkatan kesejahteraan.

World Bank (2012) menyusun kerangka kerja ekonomi pengetahuan dengan menggunakan pendekatan sistem dan berbasis empat pilar yakni economic and institution regime (EIR), pendidikan dan sumber daya manusia, sistem inovasi, dan *information and communication technology* (ICT) (Gambar 7). Keempat pilar tersebut memberikan ilustrasi tentang bagaimana ilmu pengetahuan dan teknologi diciptakan dan

Sjaifuddin: Pengelolaan sumber daya ...

dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan dalam pembangunan. Dalam ekonomi pengetahuan, sumber daya fisik dapat 'disubstitusi' oleh sumber daya yang bersifat immaterial, pengetahuan, dan informasi yang lebih menjanjikan prospek keberlanjutan di masa depan.



Gambar 7. Kerangka kerja ekonomi pengetahuan (*World Bank*, 2012)

Akselerasi pertumbuhan dalam era ekonomi pengetahuan tidak mungkin terjadi tanpa melalui kreasi dan difusi teknologi. Indonesia harus mampu menciptakan lingkungan yang kondusif untuk meningkatkan daya saing, linkages, transfer of technology, inovasi, dan diseminasi informasi. Hal ini tentu sangat beralasan, mengingat pada tahun 2012, World Bank menempatkan Indonesia pada ranking 107 dari 146 negara di dunia berdasarkan kriteria Knowledge Economy Index (KEI) dan Knowledge Index (KI). KI merepresentasikan kemampuan suatu negara dalam membangkitkan, mengadopsi, dan difusi pengetahuan. KI merupakan rerata sederhana dari skor kinerja suatu negara dalam 3 pilar ekonomi pengetahuan: pendidikan dan sumber daya manusia, sistem inovasi, dan ICT. KEI merepresentasikan kemampuan suatu negara dalam menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pemanfaatan pengetahuan untuk pengembangan ekonomi. KEI merupakan rerata dari skor kinerja suatu negara dalam 4 pilar ekonomi pengetahuan: EIR, pendidikan dan sumber daya manusia, sistem inovasi, dan ICT. KEI dan KI Indonesia di antara negara-negara maju dunia dan negara-negara ASEAN disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa posisi KEI dan KI Indonesia sangat jauh tertinggal dibandingkan dengan negara-negara maju di dunia. Dibandingkan dengan sesama negara ASEAN saja, posisi KEI dan KI Indonesia termasuk tertinggal. Posisi ini sekaligus menjelaskan bahwa Indonesia belum mampu memanfaatkan keunggulan era ekonomi pengetahuan saat ini untuk mempercepat proses transformasi ekonomi.

Masyarakat ekonomi baru menempatkan ekonomi pengetahuan sebagai pijakan untuk meningkatkan kemampuan dalam mengelola lingkungan. Dalam konteks ini, Yale Center for Environmental Law & Policy, Yale University (YCELP) dan Center for International Earth Science Information Network, Columbia University (CIESIN) (2005) telah mempublikasikan Environmental Sustainability Index (ESI). ESI menjadi benchmark bagi suatu negara dalam melakukan perlindungan lingkungan. ESI merupakan rerata skor dari 21 skor indikator. Ke-21 indikator tersebut dikelompokkan dalam 5 komponen. Setiap indikator dibangun dari 2-12 set data sehingga membentuk total 76 variabel pendukung. Menurut YCELP dan CIESIN (2005) ESI Indonesia berada pada ranking 75 dari 146 negara dengan skor 48.8.

Tabel 1. KEI dan KI Indonesia di antara negara-negara maju dan negara-negara ASEAN

Rank	Negara	KEI	KI
1.	Swedia	9.43	9.38
8.	Jerman	8.90	8.83
12.	Amerika Serikat	8.77	8.89
23.	Singapura	8.26	7.79
48.	Malaysia	6.10	6.25
66.	Thailand	5.21	5.25
92.	Filipina	3.94	3.81
103.	Vietnam	3.40	3.60
107.	Indonesia	3.11	2.99
130.	Laos	1.75	1.84
131.	Kamboja	1.71	1.52
144.	Myanmar	0.96	1.22

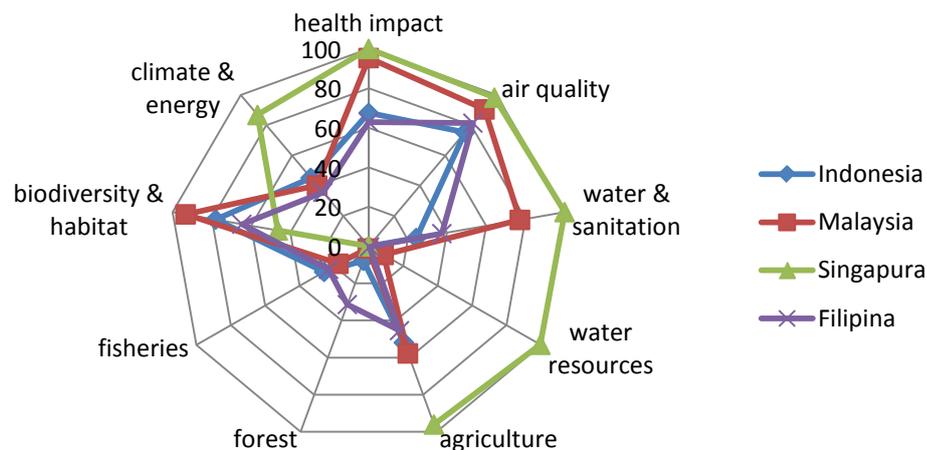
Keterangan: skor terendah (0) dan tertinggi (10) bersifat relatif di antara negara-negara dalam kelompok yang dibandingkan (Sumber: World Bank, 2012)

Setelah tahun 2005, YCELP dan CIESIN menggantikan publikasi ESI dengan environmental performance index (EPI). EPI dibangun oleh 2 objectives yaitu kesehatan lingkungan dan vitalitas ekosistem. Kesehatan lingkungan mengacu pada perlindungan terhadap kesehatan manusia dari tekanan lingkungan. Vitalitas ekosistem mengacu pada perlindungan ekosistem dan pengelolaan sumber daya. Ke-2 objectives ini kemudian dibagi ke dalam 9 kategori isu, yakni *health impacts, air quality, water and sanitation, water resources, agriculture, forest, fisheries, biodiversity and habitat, climate and energy*. Ke-9 kategori isu didukung oleh 20 indikator. Kerangka kerja EPI disajikan pada Gambar 8. EPI Indonesia dan beberapa negara tetangga pada 9 kategori isu pada Gambar 9.



Gambar 8. Kerangka kerja EPI (YCELP dan CIESIN, 2014)

Menurut YCELP dan CIESIN (2014) EPI Indonesia berada pada ranking 112 dari 178 negara dengan skor 44.36. Dibandingkan dengan beberapa negara tetangga, EPI Indonesia masih kalah jauh dengan Singapura (ranking 4, skor 81.78) dan Malaysia (ranking 51, skor 59.31) tetapi hampir sama dengan Filipina (ranking 114, skor 44.02). Kondisi ini menunjukkan bahwa orientasi pembangunan Indonesia masih lebih cenderung ke arah pencapaian short term economic satisfaction dan kurang memperhatikan long term ecological balance.



Gambar 9. EPI Indonesia dan beberapa negara tetangga pada 9 kategori *issue* (YCELP dan CIESIN, 2014)

5. Penutup

Masa depan merupakan era di mana negara-negara bersaing secara global dengan mengedepankan keunggulan sains dan teknologi. Menurut kriteria GCI, Indonesia kini berada pada tahap *efficiency-driven* dari yang seharusnya *innovation-driven* dan berada pada ranking 38 dari 148 negara di dunia. Menurut kriteria GII Indonesia berada ada ranking 85 dari 142 negara di dunia dengan skor 31.95. Indonesia termasuk ke dalam kategori *learners* dan *efficient innovators*. Menurut kriteria ekonomi pengetahuan, Indonesia berada pada ranking 107 dari 146 negara di dunia dengan skor KEI 3.11 dan skor KI 2.99. Menurut kriteria EPI, Indonesia berada pada ranking 112 dari 178 negara dengan skor 44.36. Kondisi di atas menunjukkan bahwa Indonesia belum mampu memanfaatkan ekonomi pengetahuan untuk mempercepat proses transformasi ekonomi demi keunggulan bangsa. Diperlukan kerja keras dari semua elemen bangsa dalam rangka meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan perlindungan lingkungan.

Daftar Pustaka

Allam A, Al-Roubaie A, 2012. Building a knowledge-based economy in the muslim world. The critical role of innovation and technological learning. *World Journal of science, technology, and sustainable development*. 9 (2): 76-98.



- Azeh AC, Bongaarts J, Mberu B. 2012. Global population trends and policy options. *Lancet*. 380: 142-48.
- Becla A. 2012. Information society and knowledge-based economy- development level and the main barriers-some remarks. *Economics & Sociology*.5(1): 125-132.
- Carlino B. 1996. Toffler: Future shock is wave of the present. Nation's restaurant news. *ProQuest Agriculture Journals*. Nov 4: 50.
- Cetron MJ, Owen D. 2001. Trends now changing the world: economics and society, values and concerns, energy and environment. *The Futurist*: January-February 2001:35,1 ProQuest Agriculture Journals: 30.
- Czaja S. 2010. Disputes around the notion of information society and knowledge-based economy – the problems of identification and measurement. *Scientific Works*, No.139. Wroclaw University of Economics.
- Djeflat A. 2010. Sustainable knowledge for sustainable development. *World journal of science, technology, and sustainable development*. 7(2): 131-149.
- Johannesburg declaration on sustainable development, 2002. <http://www.joburg.org.za/pdfs/johannesburgdeclaration.pdf>. Diakses 26 Mei 2014 pukul 21.00.
- National Research Council (NRC), Policy division, board on sustainable development, 1999. *Our common journey: a transition toward sustainability*. Washington DC: National academy press: 22.
- Potts M. 2007. Population and environment in the twenty-first century. *Popul Environ*. 28: 204-2011. DOI 10.1007/s11111-007-0045-6.
- Powell WW, Snellman K. 2004. The knowledge economy. *Annual review of sociology*. 30:199-220. DOI 10.1146/annurev.soc.29.010202.100037.
- Rzepka A. 2013. The interdependence between globalisation, the knowledge-based economy and the information society at the XXI century in european area. *International journal of arts and sciences*,CD-ROM ISSN:1944-6934:6(2):261-278.
- The Futurist. 2009. Assessing Global Trends for 2025. World Future Society. Bethesda,
- Toffler A, Toffler H. 1998. Preparing for conflict in the information age. *The Futurist* Jun/Jul; 32, 5 ProQuest Agriculture Journals: 26.
- Tran, X.S., 2002. New characteristics of knowledge-based economies. Nature, society, and thought. *ProQuest sociology*. 15 (4): 469.
- World Intellectual Property Organization (WIPO), 2013. *The Global Innovation Index 2013. The Local Dynamics of Innovation*. World Intellectual Property Organization.
- World Bank, 2012. KEI and KI indexes (KAM 2012). http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM_page5.asp. Diakses 19 Mei 2014 pukul 20.00.
- World Commission on Environment and Development (WCED), 1987. Our common future. UK: Oxford University Press.
- World Economic Forum (WEF), 2013. The global competitiveness report 2013-2014. Full data edition. World Economic Forum.
- Yale Center for Environmental Law & Policy (YCELP), Yale University and Center for International Earth Science Information Network, Columbia University (CIESIN),



2014. Environmental Performance Index. Full report and analysis. Yale University, Columbia University, World Economic Forum, the Samuel Family Foundation. www.epi.yale.edu/epi. Diakses 19 Mei 2014 pukul 20.00.

Yale Center for Environmental Law & Policy (YCELP), Yale University and Center for International Earth Science Information Network, Columbia University (CIESIN), 2005. 2005 Environmental Sustainability Index. Benchmarking National Environmental Stewardship. Yale University, Columbia University, World Economic Forum, Joint Research Centre, European Commission. www.yale.edu/esi. Diakses 19 Mei 2014 pukul 20.00.



MAKALAH PENUNJANG





Tumbuhan Obat yang Digunakan sebagai Antikanker di Kabupaten Tidore Maluku Utara

Max R.J Runtuwene¹⁾, Johanis Pelealu²⁾, Wiwin Abdulah¹⁾

1). Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi, Manado

2) Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi, Manado

Email: max_runtuwene@yahoo.com

ABSTRAK

Kabupaten Tidore di Maluku Utara merupakan daerah yang memiliki berbagai tumbuhan yang berguna bagi kesehatan tapi belum dieksplorasi dengan maksimal. Oleh karena itu eksplorasi dan inventarisasi tumbuhan obat beserta pemanfaatannya di masyarakat yang berbasis kearifan lokal di kabupaten Tidore, perlu dilakukan. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, observasi dan dokumentasi. Sekarang akan dilaporkan sebanyak 4 (empat) jenis tumbuhan yang biasa digunakan oleh masyarakat Kabupaten Tidore dalam mengobati penyakit kanker yakni tumbuhan ofo, miju, coro, dan mafola.

Kata-kata kunci: antikanker, tumbuhan obat, ofo, miju, coro, dan mafola

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki potensi biodiversitas tumbuhan terbesar di dunia. Potensi biodiversitas mempunyai manfaat sangat besar untuk menjamin kesehatan dan kesejahteraan masyarakat apabila dimanfaatkan dengan baik. Eksplorasi tumbuhan obat beserta pemanfaatannya perlu dilakukan dalam rangka memaksimalkan potensi biodiversitas yang dimiliki Indonesia. Berbagai bahan obat yang berasal dari tumbuhan hutan tropis, berhasiat untuk pengobatan penyakit degeneratif seperti rematik, jantung/hipertensi dan antifertilitas yang bermanfaat (Achmad 2003), Tumbuhan obat dapat berupa tumbuhan liar seperti semak, belukar dan tumbuhan, hutan, tanaman perkebunan, tanaman hias maupun tanaman hortikultura tetapi sebagian besar merupakan tumbuhan liar di hutan primer maupun sekunder (Simbala, 2000). Tradisi pengobatan suatu masyarakat tidak terlepas dari kaitan budaya setempat. Pemanfaatan sumberdaya tumbuhan obat yang ditemukan, banyak berasal dari tumbuhan hutan atau daerah sekitarnya yang masih tumbuh liar (Susi & Rodani 1995)

2. Metode Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui 3 cara yaitu wawancara, observasi dan dokumentasi. Wawancara dilakukan dengan 2 teknik yaitu terstruktur dan bebas. Wawancara terstruktur menggunakan konsep-konsep yang telah disiapkan sebelumnya untuk menggali informasi dari informan. Wawancara bebas merupakan wawancara tidak terstruktur yang dilakukan sesuai situasi di lapangan. Observasi lapangan dan pengambilan spesimen tumbuhan obat berdasarkan keterangan yang diperoleh dari informan dan pengamatan di lokasi pengambilan spesimen tumbuhan obat. Dokumentasi dilakukan dengan merekam wawancara dengan informan dan memfoto tumbuhan obat yang digunakan penduduk.

3. Hasil dan Pembahasan

Tumbuhan Mijiu

Nama daerah mijiu: bitung, butun (Manado); butun (Sunda); keben (Jawa); keben-keben (Bali); witung witung (Minahasa); hutu (Gorontalo); hutun (Ambon); keptun (Halmahera Selatan); mijiu, pitu, mijimu (Halmahera Utara); dan mojiu (Ternate).

Taksonomi tanaman miji (Melcher dan Subroto, 2006, sebagai berikut :

Divisi: Magnoliophyta; Kelas : Magnoliopsida; Subkelas: Dilleniidae; Ordo: Lecythidales; Famili: Barringtoniaceae Rudolph (-Lecythidaceae); Genus: *Barringtonia*; Spesies: *Barringtonia asiatica* Kurz; Sinonim : *Barringtonia spedosa* J.R. Forster.

Tumbuhan mijiu ini dapat tumbuh di pesisir pantai. Mijiu merupakan tumbuhan yang berbentuk pohon dan berkayu lunak memiliki diameter sekitar 50 cm dengan ketinggian 4-16 meter. Tumbuhan ini mempunyai sistem perakaran yang banyak dan sebagian tergenang di air laut ketika sedang pasang. Mijiu juga memiliki banyak percabangan yang terletak di bagian bawah batang mendekati tanah. Bentuk daunnya cukup besar, mengkilap dan berdaging. Daun mudanya berwarna merah muda dan akan berubah menjadi kekuningan setelah tua (Edy 2010).

Di daerah Tidore, biji buah mijiu ini biasa digunakan sebagai obat tetes mata dan obat kanker. Penggunaannya sebagai obat kanker yaitu dengan cara mengambil daging biji tua lalu dibakar untuk bikin biu. Cara pembuatan biu ini dalam masyarakat Tidore yaitu biji buah mijiu dibakar hingga sebagian telah menjadi arang lalu didinginkan, dihaluskan dan dioleskan pada payudara yang terkena kanker. Sedangkan untuk obat tetes mata, daging biji buah mijiu yang masih muda dihaluskan dan dicampur dengan air, disaring dan hasil campuran diteteskan ke mata.

Tumbuhan Ofo

Tumbuhan ofo ditemukan di Kelurahan Dokiri, Kecamatan Tidore Selatan, Tidore. Tanaman ini umumnya tumbuh di daerah pegunungan. Tumbuhan ini merupakan pohon yang tinggi dengan daun berukuran besar. Tumbuhan ofo dimanfaatkan sebagai obat kanker salah satunya kanker payudara. Cara penggunaan tanaman ofo sebagai obat yaitu daun tanaman ofo ini diambil perhelai daun lalu dioleskan sedikit minyak kelapa pada permukaan daun kemudian ditempelkan pada payudara yang bengkak atau yang terkena kanker.

Tumbuhan Coro

Tumbuhan coro diperoleh di Kelurahan Tomalou, Kecamatan Tidore Selatan, Kota Tidore Kepulauan. Pohon coro ini umumnya tumbuh di daerah perkebunan. Tumbuhan coro memiliki batang pohon yang besar dan tinggi dan buah yang menempel di sekeliling batang pohon. Buah coro berbentuk bulat berukuran kecil dan warna buah hijau.



Buah coro digunakan sebagai obat anti kanker payudara. Cara penggunaannya sebagai berikut daging buahnya dibakar lalu dibuat biu, yaitu dibakar sampai hangus, didinginkan, ditumbuk atau digiling dan dicampur dengan sedikit air lalu dioleskan ke bagaian payudara yang terkena kanker.

Tumbuhan Kuso Mafola

Tumbuhan obat Kuso Mafola diperoleh di Kelurahan Tuguiha, Kecamatan. Tidore Selatan dan di Kelurahan Rum, Kecamatan Tidore Utara. Habitat kuso mafola umumnya menempel pada batu-batuan.

Tanaman kuso mafola ini memiliki kegunaan juga sebagai obat anti kanker khususnya kanker payudara. Cara penggunaannya, tanaman ini di ambil bagian akar atau sejenis seperti umbi lalu dibersihkan kulitnya kemudian diparut dan campurkan dengan kunyit yang juga telah diparut, setelah itu di oleskan ke payudara yang terkena kanker. Sedangkan untuk obat kanker Rahim air hasil perasan dari parutan keduanya disaring lalu diminum.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Proyek IDB-Unsrat yang telah membiayai penelitian ini

Daftar Pustaka

- Achmad SA. 2003. Metodologi Research Tumbuhan Obat untuk Penyusunan Proposal. Paper lokakarya Penyusunan Proposal Tanaman Obat di FMIPA ITB. Bandung.
- Edy S. 2010. Sediaan biji *Barringtonia asiatica*:aktivitas pada hama kubis *Crocidolomia pavonana* di laboratorium dan keefektifan di lapangan. *J.Hpt Tropika*. 10 (2):100–107.
- Melcher H, Subroto AM. 2006 Kesembuhan melalui air mata (terapi penyakit mata dengan Keben). Agromedia. Jakarta
- Simbala HEI. 2006.Kajian etnobotani, proksimat dan fitokimia pinang yaki (*Areca vestiaria* Giseke). *Eugenia*. 12:173-183.
- Susi YD, Rodani. 1995. Kearifan Budaya dalam Tradisi Pengobatan Orang Sumbawa Barat Daya, Nusa Tenggara Barat. Prosiding Seminar Etnobotani II, Januari 1995.

Isolation of Glycosphingolipids from *Aspergillus Niger*

Julius Pontoh

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Sam Ratulangi University
E-mail: pontojulius@yahoo.com

Abstract

Glycosphingolipids are the compounds in the biochemical system in the cell and tissue in the concentration of very low, but their roles are very significant for the survival of the living system. In the microorganism such as fungi of *Aspergillus niger*, their present are not quite understand. This study was focused on the isolation of the glycosphingolipids from the fungi cultured in synthetic medium. The present of the glycosphingolipid was revealed by thin layer chromatography. It was found that both neutral and acidic glycosphingolipids found in this fungus. The acidic glycosphingolipids consist of two fractions.

Key words: glycosphingolipids, thin layer chromatography, *Aspergillus niger*

1. Introduction

Studies of glycosphingolipids become central point in biochemical research in the last couple decades after their roles in cellular biochemistry were revealed. Glycosphingolipids were firstly described from brain cell extract. Later on these compounds were found from spinal tissues. At present day glycosphingolipids are found in almost all organisms including in some bacteria (Leipelt *et al.* 2002).

Glycosphingolipids are mostly a part of cellular membranes (Lingwood 2011). Glycosphingolipids are abundant molecules in plasma membrane of eukaryotic cells. The other cellular membranes such as endoplasmic reticulum, Golgi, lysosome and endosomes also contain sphingolipids. The lipidous moieties are planted into the cellular membranes while the oligosaccharides moieties are in then outside of membranes opened to the cytosol. Particular compartment where the particular glycosphingolipids are present is the main interest of various studies.

The roles of glycosphingolipids have been subjected of various studies. Early studied about these chemical components were particularly in their roles in brain tissues (Ledeem 1998). By the variability of glycosphingolipids that is very enormous known at present day, each glycosphingolipid is believed interact with the proteins such as enzyme to control the metabolism outputs.

Recent interest in the roles of glucosphingolipids is focusing to the servicing as intra- and intercellular second messengers regulating cell growth, differentiation, apoptosis and pathogenic defense (Dickson & Lester 2002; Sperling & Heinz 2003; Li *et al.* 2008). Glycosphingolipids have roles also in stability of membrane, abiotic stress response, and phytopathogenesis. Glycosphingolipids are suspected as important factor in tumor progression and pathogen/host interaction (Marks *et al.* 1999).

The variability of glycosphingolipids among the fungi has been reported (Toledo *et al.* 1999). Nevertheless, there are some other glycosphingolipids still being reported from various fungi.

The presence and function of glycosphingolipids in fungi are not very well understood. In order to understand their functions, the diversity of glycosphingolipids has to be revealed. *A. niger* is one of the most commercially used microorganism in industries. *A. niger* is used to produce enzymes, organic acids, and used as processing. Therefore, this fungus can be used as microorganism model including studying its glycosphingolipids.

The isolation of sphingolipids is mostly achieved by thin layer chromatography. This technique is favorable by the combination of mass spectroscopy techniques required very small amount of sample. Therefore objective of this work is to isolate certain amount of pure glycosphingolipids for further studied means by MALDI-TOF/MS/MS.

2. Methods

The experiment procedures including the fungi culture and lipidous isolation are following the method described by Toledo *et al.* (1999) with some modification.

Culture Conditions

Aspergillus niger was used in this experiment. Spores from a sealed glass vial were transferred into two petridishes containing PDA medium (Sigma). The culture was incubated in the incubator at 25 °C. After 2 days, some of the mycelium was transferred into another four plates and incubated in the same condition as previous. After two days, some mycelium was transferred into 1 l Erlenmeyer flask containing 250 ml YPD Broth (DIFCO) and incubated in a shaking incubator (LabConco) for two days at 37 °C and 150 rpm. Culture of a 0.5 mL was transferred into each of two 2.8 l Erlenmeyer flasks containing 1 l YPD Broth and incubated in a shaking incubator for two days at 37 °C, 200 rpm.

Lipidous Material Extraction

Mycelium was poured on cheesecloth and washed with 1.5 l water and squeezed to dry. After weighed, mycelium (103 g) was transferred into a blender. After addition of 250 ml chloroform/methanol (1:1) sample was homogenized for 5 minutes. Transferred homogenate into filtering funnel and filtered under vacuuming aspirator and collected extract in 1 l flask. Mycelium was transferred back into the blender and second solvent (isopropanol/hexane/water; 55:25:20) was added. After homogenate for 5 minutes, homogenate was filtered as above. After transferred the mycelium back into the blender, the same solvent (second solvent) was added, homogenized and filtered. The extracts were pooled (~ 800 ml) and dried using Rotovap (Buchi).

Sample was gradually dissolved with ~ 4 ml solvent of isopropanol/hexane/water; (55:25:20) for four times and finally once with chloroform/methanol (1:1). Then, sample was transferred gradually into three test tubes (1 x 10 cm) and dried under nitrogen effluent (N-EVAP; OA-SYS).

Butanol Extraction

Water saturated butanol was added into the tubes and vortex (VWR Mini Vortex) at full speed for 30 second. After centrifugation (Table Top Centrifugation) for 7 minutes, the top layer was removed and transferred into round bottle flask (500 ml). Repeat the extraction for five more times. The total extraction volume was ~ 100 ml. Sample was dried using Rotovapor (Buchi).

Methylamine Treatment

To destroy some other lipids such as phospho glycerols and triacyl glycerols, sample was treated with methylamine. About 15 ml methylamine was added into the round flask containing sample. After seal the flask heated in the water bath (55 °C) for 5 hours with occasionally shaking. Flask with sample was transferred into the Rotovap and dry.

Anion Exchange Separation

In order to separate the neutral glycosphingolipids from acidic glycosphingolipids, sample was passed through the DEAE Sephadex column. Sample was redissolved in 2 x 4 ml chloroform/methanol and loaded into a DEAE Sephadex column previously equilibrated with chloroform/methanol/water (30:60:8) solvent. The unbound fraction was collected and assigned as neutral glycosphingolipids. The bound fraction was eluted with 0.5 N Na Ac in methanol and assigned as acidic glycosphingolipids. Neutral glycosphingolipid fraction was dried under nitrogen.

Acidic glycosphingolipid fraction was transferred into dialyzing membrane (Spectra/Por; MWCO 3,500) and dialyzed against 3 x 1.5 l water for 24 hours. Sample was further dried using Rotovapor followed by N-Evap.

Thin Layer Chromatography

Neutral glycosphingolipids fraction was diluted in 8 ml isopropyl alcohol/hexane/water mixture (55:40:5), vortexed and centrifuged. Acidic glycosphingolipid fraction was diluted in 1 ml isopropyl alcohol/hexane/water mixture (55:25:20), vortexed and centrifuged. Glycosphingolipids from *A. fumigatus* were used as standard. Glass plate (Whatman) of 10 x 5.7 cm was used. Two kinds of solvent were used to separate the glycosphingolipids: solvent A: chloroform/methanol/water (50:47:14+0.002 % CaCl₂); B: chloroform/methanol/water (60:35:8).

3. Results and Discussions

The fresh weights of mycelium from each flask are 52.4 and 50.5 gram, respectively. After extraction, the recovered neutral and acidic fractions were 10 and 1 ml. According to Merrill and Sweeley (1996), glycosphingolipids are belonging to the group of sphingolipids. Ceramide (N-acylsphingosine) is the main component of the sphingolipids, while the spingosine its self is an D-erythro-2-amino-trans-4-octadecane-1,3-diol. The glycosil moieties are attached to the ceramide by O-β-glycosil at atom C1 from glycosil. The structural diversity of glycosil moieties is enormous due to the uniqueness of carbohydrate structure; nevertheless, they can be grouped into two categories including: neutral and acidic glycosphingolipids.

Neutral glycosphingolipids consist of neutral mono- or oligosaccharides such as glucose, galactose, mannose and their oligosaccharides. Several common neutral glycosphingolipids in higher organism are glucosylceramide (Glcβ1-1'Cer), galactosylceramide (Galβ1-1'Cer), and lactosylceramide (Galβ1-4Glcβ1-1'Cer). Simple neutral glycosphingolipids of non-vertebrates are more diverse in nature such as mannose-containing sphingolipids (Man β1-1'Cer and Manβ1-2Manβ1-1'Cer, and Manβ1-4Glcβ1-1'Cer). More complex neutral glycosphingolipids are generally derived from LacCer or Manβ1-4Glcβ1-1'Cer. Several glycosphingolipids also containing oligosaccharide sequence –Galβ1-4GlcNAcβ1-3- such as in paragloboside Galβ1-4GlcNAcβ1-3Galβ1-1'Cer and in rabbit erythrocyte, Galα1-3Galβ1-4GlcNAcβ1-3Galβ1-4GlcNAcβ1-3[Galα1-3Galβ1-4GlcNAcβ1-6]Galβ1-4GlcNAcβ1-3Galβ1-4Glcβ1-1'Cer and antigen from human adenocarcinoma, Galβ1-4[Fuca1-3]GlcNAcβ1-3Galβ1-4Glcβ1-1'Cer.

Acid glycosphingolipids consist of various species including gangliosides, phosphorous-containing glycosphingolipids, sulfatoglycosphingolipids, lysosphingolipids and sphingolipids covalently attached to proteins. Gangliosides are characterized by the present of one or more units of acidic sugar called N-acetyl-neuramic acid or sialic acid attached via α -glycosidic linkages to other sugars. The sialic acid may have N-acetyl or N-glycolyl (i.e. hydroxyacetyl) groups at C5. The simplest gangliosides contain one sialic acid and galactose or glucose, but most gangliosides are derivatives of LacCer.

Phosphorous-containing glycosphingolipids consist of ceramides and oligosaccharides that are link via phosphodiester to myoinositol. The sphingoid base backbone is usually 2-hydroxysphinganine for plants and fungi, and sphinganine for protozoa. In plants, the oligosaccharides consist of various portions of glucuronic acids, glucosamine, arabinose, galactose and manose residues.

Sulfatoglycosphingolipids contains sulfate group attached to carbohydrate moiety via O-glycosyl such as cerebroside. *Aspergillus niger* contain both acidic and neutral glycosphingolipids. The recovered volume of neutral fraction was about ten times than that was the acidic fraction. The concentration of the neutral fraction based on the with the concentration ratio of 10 to 1, respectively. This is shown in Figure 1 with the strip darkness at 10 times in intensity (Figure 1). Therefore, the concentration of neutral fraction was approximately 100 times than the concentration of acidic fraction.

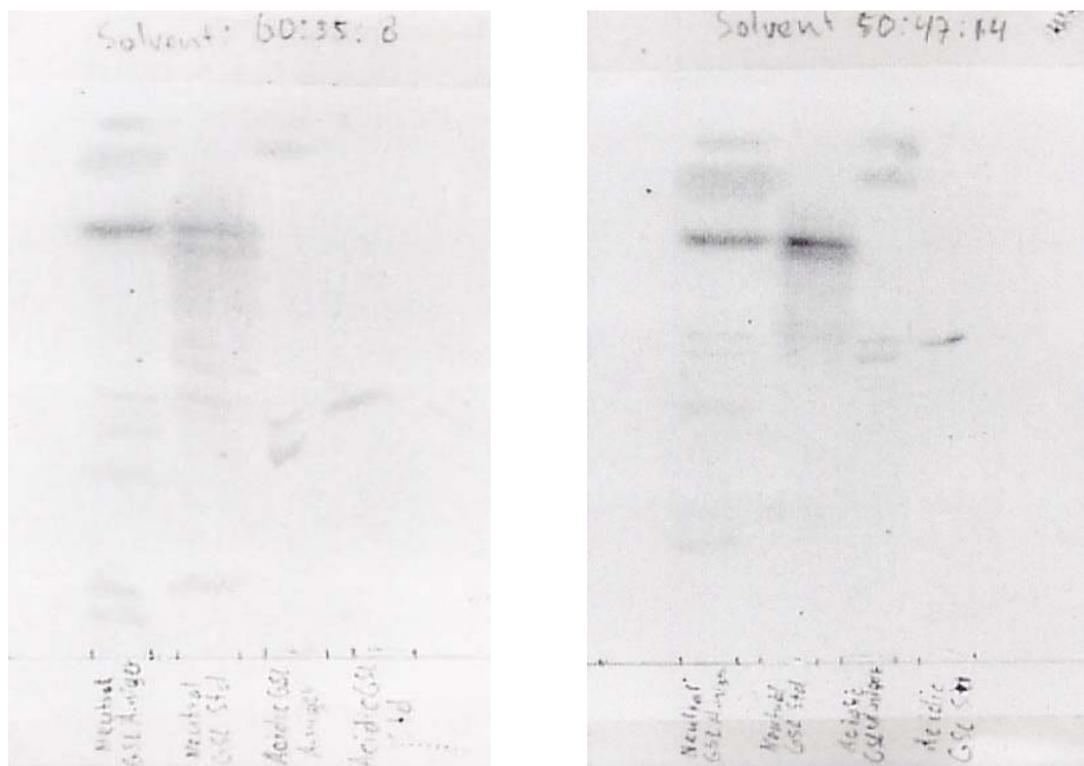


Figure 1. High performance thin layer chromatography of both neutral and acid glycosphingolipid extracts using two solvent mixtures.

The HPTLC of neutral and acidic fractions can be seen in Figure 1. Using solvent A (60:35:8), two bands appear in neutral standard. Based on the standard glycosphingolipids that the lower band was galactosylsphingolipid and the upper band was glucosylsphingolipid. The present of glucosylsphingolipid in fungi have been reported

(Leverly *et al.* 2002). *A. niger* produces glucosylsphingolipid and galactosylsphingolipid (Boas *et al.* 1994). Glucosylsphingolipid is widely produced by all fungi. The acidic fraction was shown as a weak band. This indicated that the acidic-glycosphingolipids are minor fraction than the neutral-glycosphingolipids. This is about 100 times than the neutral fraction.

Using solvent B (50:47:14) did not resolve the neutral fractions very well. The acidic fraction was found to be one band with the standard glycosphingolipids. Although the acidic fraction is only consist one band, but it could be consist of several types of glycosphingolipids. The reason that it is only one band could be caused by the anionic moieties hindrance the diversity of other functional groups. HPLC could be used to separate acidic glycosphingolipid fraction using silica as stationary phase.

4. Conclusion

Aspergillus niger produces both neutral and acidic glycosphingolipids, whereas both neutral and acidic glycosphingolipids consist of two bands (fractions). Solvent A (60:35:8+CaCl₂) is better development solvent for neutral GSLs. The neutral fractions could be glucosylsphingolipid and fructosylsphingolipids. Nevertheless, the acidic sphingolipid fraction is needed for further separation and structural elucidation.

Literatures Cited

- Boas MH, Egge H, Pohlentz G, Hartman H, Bergter EB. 1994. Structural determination of N-2'-hydroxyoctadecenoyl-1-O-β-D-glucopyranosyl-9-methyl-4,8-sphingadienine from species of *Aspergillus*.
- Dickson R, Lester R. 2002. Sphingolipid functions in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochim. and Biophys. Acta.* 1583:13-25.
- Ledeen RW. 1998. Introductory Comments. In: Ledeen R, Hakomori S, Yates A, Scheider J, Yu R. Sphingolipids as Signaling Modulators in the Nervous System. Annals of the New York Academy of Sciences. 845:xi-xii.
- Leipelt M, Warnecke D, Zahringer U, Ott C, Muller F, Hube B, Heinz E. 2002. Glucosylceramide synthase. a gene family responsible for the biosynthesis of glycosphingolipids in animals, plants, and fungi. *J. Biol. Chem.* 276:33621-33629.
- Leverly SB, Momany R, Lindsey MS, Toledo JA, Shayman, Fuller M, Brooks K, Doong RL, Straus & Takahashi HK. 2002. Disruption of the hlucoylceramide biosynthetic pathway in *Aspergillus nidulans* and *Aspergillus fumigates* by inhibitor of UDP-Glc: ceramide glucosyltransferase strongly affects spore germination, cell cycle and hyphal growth. *FEBS Letters* 525:59-64.
- Li Y, Teneberg S, Thapa P, Bendelac A, Leverly SB, Zhou D. 2008. Sensitive detection of isoglobo and globo series tetraglycosylceramides in human thymus by ion trap mass spectrometry. *Glycobiology.* 18 : 158–165.
- Lingwood, CA. 2011. Glycophingolipid functions. Cold Spring Harbour Perspectives in Biology. 3:a004788. Pp 1-26
- Marks D, Wu K, Paul P, Kamisaka Y, Watanabe R, Pagano R. 1999. Oligomerization and topology of the Golgi membrane protein glucosylceramide synthase. *J. Biol. Chem.* 274:451-456.



- Merrill AH, Sweeley CC. 1996. Shpingolipids: metabolism and cell signaling. In: Vance DE, Vance JE (eds), *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes*. Elsevier Science B.V. p:309-319.
- Sperling P, Heinz E. 2003. Plant sphigolipids: Structural diversity, biosynthesis, first genes and functions. *Biochim. and Biophys. Acta.* 56014:1-15.
- Toledo M, Lavery S, Straus A, Suzuki E, Momany M, Glushka J, Moulton M, Takahashi H. 1999. Characterization of sphingolipids from mycopathogens: factors correlating with expression of 2-hydroxy fatty acyl (E)- Δ^3 unsaturation in cerebrosides of *Paracoccidioides brasiliensis* and *Aspergillus fumigatus*. *Biochemistry.* 38:7294-7306.

Leaf Extension of Two Wheat Cultivars Under Water Deficit at the Young Seedling and Vegetative Stages

Song Ai Nio¹⁾, Daniel P.M. Ludong²⁾, Len J. Wade³⁾, Timothy D. Colmer⁴⁾

¹⁾Department of Biology, Faculty Mathematics and Natural Sciences, Sam Ratulangi University

²⁾Department of Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, Sam Ratulangi University

³⁾Charles Sturt University, E.H. Graham Centre for Agricultural Innovation, Locked Bag 588, Wagga Wagga, NSW 2678, Australia

⁴⁾School of Plant Biology, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, The University of Western Australia, 35 Stirling Highway, Crawley, WA 6009, Australia
E-mail: nio_ai@yahoo.com

Abstract

Pemanjangan daun pada dua kultivar gandum dengan kemampuan penyesuaian osmotik tinggi (cv. Hartog) dan rendah (cv. Sunco) dievaluasi pada saat kekeringan dalam percobaan di pot dalam ruang pertumbuhan terkontrol (growth chamber). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji respons osmotik gandum terhadap kekeringan dan implikasinya untuk adaptasi dan perbaikan produksi tanaman pangan. Perlakuan diairi dan tidak diairi diberikan pada fase perkecambahan dan vegetatif. Pemanjangan daun dibandingkan pada kondisi diairi dan kekeringan. Pada fase perkecambahan diukur pemanjangan daun pertama dan ke-2, sedangkan pada fase vegetatif pengukuran dilakukan pada daun ke-4, 5 dan 6. Respons terhadap kekeringan pada fase perkecambahan baru terlihat pada daun ke-2. Panjang daun ke-2 meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan panjang daun kedua kultivar tersebut yang diairi lebih besar daripada yang tidak diairi. Pemanjangan daun pada fase vegetatif berbeda secara signifikan pada kedua kultivar dan tampak jelas pada daun ke-6. Peningkatan panjang daun pada perlakuan diairi lebih besar daripada yang tidak diairi sampai 18 hari setelah perlakuan. Kekeringan yang mengurangi pemanjangan daun cv. Hartog lebih signifikan daripada cv. Sunco. Pengurangan panjang daun juga akan menurunkan luas permukaan daun sebagai *source* fotosintesis yang merupakan akibat kekeringan yang paling nyata pada tanaman.

Kata-kata kunci: panjang daun, kekeringan, perkecambahan, vegetatif

1. Introduction

Water deficit is common in dryland wheat farming, and is the major abiotic stress limiting crop productivity in Australia (Morgan, 2001). Therefore, understanding the physiological, genetic and biochemical mechanisms of drought stress resistance is required for crop improvement (Sharp *et al.*, 2004). This study evaluated the leaf extension of two wheat cultivars reputed to be high and low in osmotic adjustment (OA) capacity, at the young seedling and vegetative stages.

2. Method

The experiment was carried out in a growth room at University of Western Australia/UWA (21/16°C, 10h d/14h n and relative humidity 70%) using two cultivars reported to be high (cv. Hartog) and low (cv. Sunco) in OA capacity (Morgan 2001). A split-plot design was used, with two water regimes (well-watered and water deficit) as main plots and two cultivars as subplots. The water availability treatments were imposed at young seedling (7x7x5 cm³ pot with 160 g soil) and vegetative (10 cm diameter and 50 cm height pot with 6 kg soil). The soil was air-dried sand and 10% coarse river sand mixed with fertilizer. The soil surface was covered with gravel. The treatment commenced at 3 days after sowing (DAS) at the young seedling and at 17 DAS at the vegetative stage. Well-watered (WD) plants were watered (water only) every second day, whereas

water was withheld from water deficit (WD) treatment. Non-destructive measurement, namely leaf (leaf 1 to 6) extension, was carried out by measuring the leaf length every day.

3. Results and Discussion

Leaf extension was measured at the young seedling and vegetative stages only (Fig. 1). The effect of water deficit was observed only at vegetative stage that decreased the extension of leaf 6 in Hartog. The stress had no effect on leaf 1 extension at that time, but maximum leaf length was 18% larger ($P < 0.05$) in Hartog than Sunco. Leaf 2 extension (Fig. 1b) showed stress response commencing at the young seedling. At the vegetative stage, leaf appearance was faster in Sunco than Hartog. There was no genotypic variation of leaf 4 extension between Hartog and Sunco (Fig. 1c). For leaf 6 (Fig. 1d), the length increased with time in WW; and that in WD fell behind and plateaued at 18 days after withholding water in both cultivars. Water deficit reduced leaf extension about 37% ($P < 0.05$) in Hartog only. Genotypic differences between two genotypes were observed in leaf extension that was consistent with faster water use in Hartog than in Sunco.

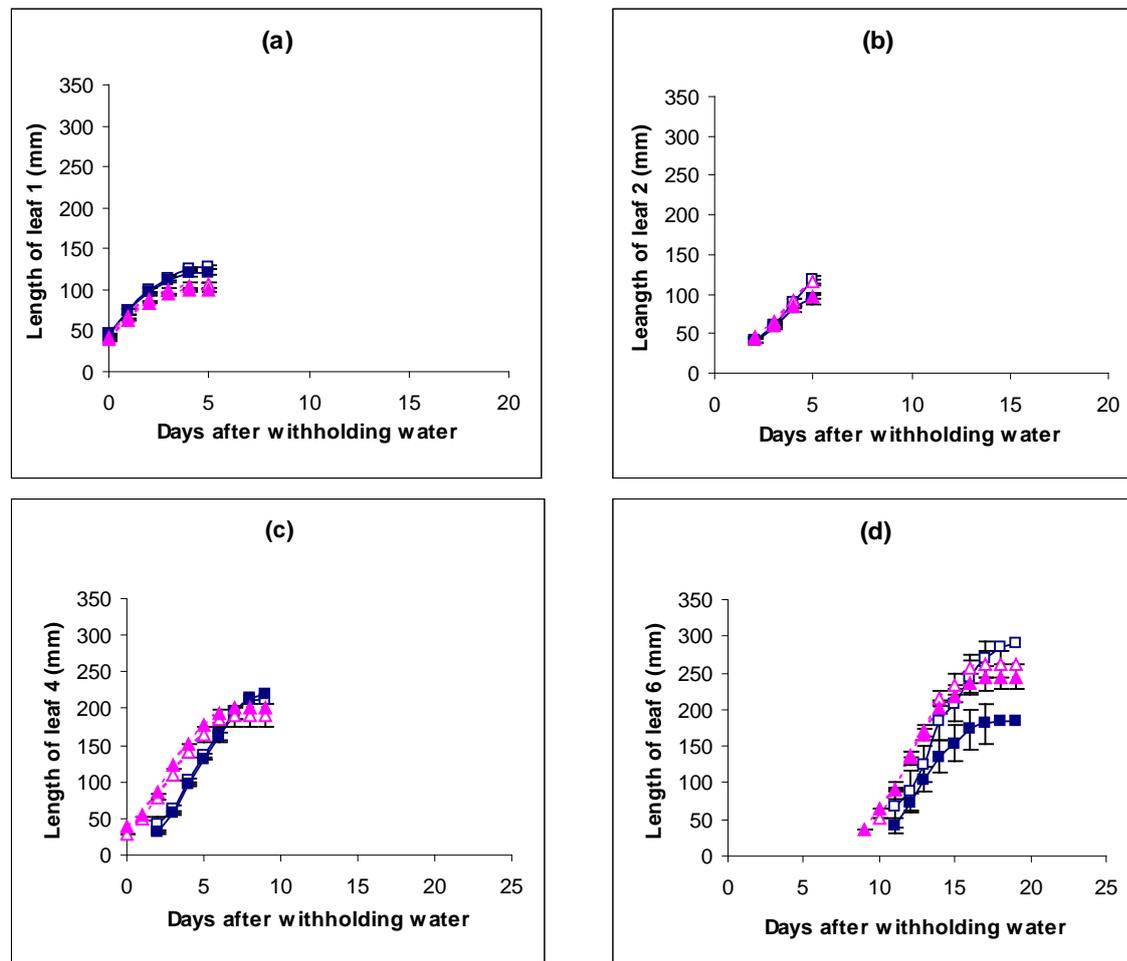


Figure 1. The extension (mean \pm SE; $n = 3$) of leaf 1 (a) and 2 (b) at the young seedling and the extension of leaf 4 (c) and leaf 6 (d) at the vegetative stage in Hartog and Sunco during WW and WD conditions. WW-Hartog \square — \square , WD-Hartog \blacksquare — \blacksquare , WW-Sunco \triangle — \triangle , WD-Sunco \blacktriangle — \blacktriangle

The length measurement of leaf 2 at the young seedling stage and leaf 6 at the vegetative stage showed that water deficit declined leaf extension in Hartog and Sunco. Under water deficit dry matter stored in the vegetative organs is much more limited than those in well-watered (Plaut *et al.*, 2004). Leaf expansion in rice is reduced due to early senescence (Kumar *et al.*, 2006; Pugnaire, 1999). All these factors resulted in a reduction of dry matter accumulation and grain yield of rainfed lowland rice (Kumar *et al.*, 2006). At the vegetative stage water deficit reduced the extension of leaf 6 in Hartog only. Osmotic adjustment is an index of the sensitivity of leaf expansion to water deficit, because a genotype with less leaf area than another will have more water available during later stages of plant development (Munns, 1988).

4. Conclusions

Stress response commencing at the young seedling was shown in leaf 2 extension. Water deficit at the vegetative stage significantly reduced leaf extension in Hartog, but insignificantly in Sunco, which is reputed to have lower capacity for osmotic adjustment.

References

- Kumar R, Sarawgi AK, Ramos C, Amarante ST, Ismail AM, Wade LJ. 2006. Partitioning dry matter during drought stress in rainfed lowland rice. *Field Crops Res.* 96:455-465.
- Morgan JM. 2001. The drought tolerance gene in Australian wheat cultivars-an overview. Update of research in progress at the Tamworth Centre for Crop Improvement 2001, pp 9-11.
- Munns R. 1988. Why measure osmotic adjustment? *Aust. J. Plant. Physiol.* 15:717-726.
- Plaut Z, Butow BJ, Blumenthal CS, Wrigley CW. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Res.* 86:185-198.
- Pugnaire FI, Serrano L, Pardos J. 1999. Constraints by water stress on plant growth. In: M. Passarakli (ed) Handbook of plant and crop stress, 2nd Ed. Marcel Dekker, Inc, New York, pp 271-283.
- Sharp R E, Poroyko V, Hejlek LG, Spollen WG, Springer GK, Bohnert HJ, Nguyen HT. 2004. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *J. Exp. Bot.* 55: 343-2351.

Potensi Arang Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa sebagai Material Karbon

Meytij J. Rampe¹, Vistarani A. Tiwow², Henny L. Rampe³

- ¹ Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Manado, Tondano
- ² Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Makassar
- ³ Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado

Abstrak

Telah dilakukan kajian pengembangan material karbon dari arang hasil pirolisis tempurung kelapa. Penelitian bertujuan mempelajari penggunaan polivinil alkohol (PVA) sebagai stimulan dalam pengembangan arang terhadap sifat-sifat fisikokimia material karbon. Kalsinasi, pencampuran, dan *sintering* temperatur tinggi dilakukan pada proses penerapan teknologi karbon. Metode analisis *X-ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk pengujian struktur kristal, topografi permukaan berupa struktur mikro dan analisis unsur material karbon. Karakteristik produk material karbon menunjukkan perubahan karakter di mana terjadi perubahan sifat fisikokimia dari arang amorf menjadi karbon dengan struktur semi-kristalin.

Kata-kata kunci : arang, tempurung kelapa, pirolisis, karbon

1. Pendahuluan

Selain keramik, polimer dan logam, material karbon merupakan salah satu jenis material yang cukup potensial penggunaannya dalam bidang rekayasa dan konstruksi. Material karbon yang digunakan biasanya allotrop dari makromolekul yang tersusun atas atom-atom karbon. Atom-atom karbon tersebut membentuk struktur molekul yang unik. Struktur ikatan kimia yang terbentuk memberikan kontribusi terhadap sifat-sifat unggul material karbon. Fungsi dan sifat sebuah material erat kaitannya dengan cara struktur ikatan kimia terbentuk (Yu *et al.*, 2008; Askeland, 1996; Adamson, 1990).

Material karbon memiliki beberapa jenis allotrop (bentuk material karbon yang berbeda struktur ikatan kimianya), di antaranya grafit, intan, *black carbon*, *fullerene*, *carbon nano tube* (CNT). Grafit merupakan jenis material karbon yang terbentuk dari atom-atom karbon yang membentuk orbital sp^2 . Satu atom karbon membentuk ikatan dengan 3 atom karbon lainnya (Dresselhaus *et al.*, 1996; Franklin, 2012). Jika dilihat dalam skala mikroskopis, material grafit ini terdiri atas lembaran-lembaran datar atom-atom karbon yang berikatan, disebut grafen. Grafen-grafen ini saling membentuk ikatan satu sama lain melalui ikatan lemah van der Waals. Sifat struktur ikatan dan interaksi dinamis antara lembaran grafen menghasilkan sifat konduktivitas listrik yang besar (Shim *et al.*, 2002) serta sifat sebagai pelumas (pelumas). Aplikasi di lapangan material grafit ini berperan sebagai konduktor listrik yang baik dan bahan untuk pelumas.

Komposisi utama tempurung kelapa terdiri dari selulosa, lignin, hemiselulosa dengan kandungan atom-atom C, O, H, dan N. Material-material organik ini mengandung gugus fungsional seperti hidroksil (R-OH), alkana (R-(CH₂)_n-R'), karboksil (R-COOH), karbonil (R-CO-R'), ester (R-CO-O-R'), gugus eter linear dan siklik (R-O-R') dengan variasi jumlah (van der Marel dan Beutelspacher, 1976; Rampe *et al.*, 2011a; Rampe *et*

al., 2011c; Rampe *et al.*, 2011d). Reaksi kimia yang paling umum adalah pembakaran yang merupakan kombinasi dari bahan bakar dengan oksigen untuk membentuk senyawa produk. Transformasi kimia ini merupakan energi potensial pada skala molekul, dalam hal ini berhubungan dengan posisi atom dan struktur molekul.

Arang adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pemanasan dari bahan yang mengandung unsur karbon. Sebagian besar dari pori-porinya masih tertutup dengan hidrokarbon, tar dan senyawa organik lain dan komponennya terdiri dari karbon terikat, abu, air, nitrogen dan sulfur (Marsh & Rodrigues-Reinoso, 2005). Arang dapat dibuat dengan pemanasan langsung atau tidak langsung dalam timbunan maupun tanur. Pada proses peruraian ini selain arang dapat dihasilkan produk lain berupa destilat dan gas. Produk yang memiliki nilai komersial terutama adalah arang.

Perlakuan temperatur pemanasan dan lama reaksi (lama penahanan) pada proses sintesis material karbon dimaksudkan untuk mengetahui hubungan struktur mikro, komposisi kimia, sifat-sifat fisik material karbon yang dihasilkan. Data yang diperoleh berupa sistem kristalografi (struktur kristal) melalui teknik *X-ray Diffraction* (XRD), spektrum topografi permukaan (struktur mikro) melalui teknik analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM), spektrum yang menunjukkan komposisi unsur berdasarkan tingkat energi melalui teknik *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) (Lalena *et al.*, 2008; Calister, 2007; West, 1989; Askeland, 1996; Fernandez dan Fernandez, 2008; Rampe, 1998; Reed, 1989).

2. Metoda Penelitian

2.1. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan adalah arang hasil pirolisis tempurung kelapa, HCl (p.a Merck), PVA (p.a Merck), etanol (p.a Merck), aseton (p.a Merck), indikator universal, kertas Whatmann no.42, gas Nitrogen, gas Argon dan akuades. Alat yang digunakan meliputi sejumlah alat gelas yang umum dipakai dalam laboratorium, mortar agat, ayakan 100 mesh (*USA standard Testing Sieve*), oven model *gravity convection*, tungku listrik Carbolite model 2132 (Max Temperature 1200°C), tube Furnace-Thermolyne (Sybron) Type 21100, Neraca AND GR-200, termometer, penjepit, magnet, cetakan pelet, *disk mill*, *hot plate (stir & heat)*, Stuart Scientific (*Rotator drivestry*) untuk mencampur material, Tarno Grocki model 312 max 20 ton, *Carbolite-Edwards Pirani 501 A6D* (Max Temperature 1600 C), Buehler Ltd untuk finishing, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) JEOL JSM-6360LA untuk pengujian struktur permukaan berupa struktur mikro, *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) Sistem JEOL JED-2300 analisis jenis unsur material berdasarkan tingkat energi, *X-Ray Diffraction* (XRD) Goniometer type untuk identifikasi struktur kristal/struktur molekul material secara kualitatif.

2.2. Prosedur Penelitian

Kepingan halus arang tempurung kemudian dihaluskan menjadi serbuk dan diayak dengan ayakan 100 mesh untuk menyeragamkan ukuran partikel (Lalena *et al.*, 2008). Diperoleh serbuk karbon dengan ukuran partikel lolos ayakan 100 mesh. Selanjutnya serbuk arang lolos ayakan 100 mesh dimasukkan ke reaktor kalsinasi *tube furnace*. Arang dikalsinasi pada temperatur 600°C selama 3 jam dihitung saat tercapainya temperatur tersebut, dengan dialiri gas N₂ (Anirudhan *et al.*, 2009; Concheso *et al.*, 2009)

2.2.1. Sintesis Kokas

Meytij J. Rampe *et al.*: Potensi arang...

Sintesis kokas dilakukan dengan metode pelarut. Metode pelarut, sebanyak 2,5-7,5% berat (0,25-0,75 gram) polivinil alkohol (PVA) dengan karbon tempurung kelapa hasil kalsinasi dilarutkan dalam akuades (2,5-10 mL) pada temperatur 80°C, diaduk selama 60 menit hingga terhidrolisis sempurna (Reed, 1989; Billmeyer, 2000). Sistem larutan polivinil alkohol (PVA) dicampur dengan karbon hasil kalsinasi, dengan proses pencampuran hingga campuran homogen, selanjutnya dikeringkan pada suhu kamar selama semalam.

Selanjutnya hasil dari kedua metode pencampuran tersebut dicetak dengan menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter dalam ~ 15 mm. Pemadatan dilakukan dengan penekanan pada satu arah dengan alat Tarno Grocki model 312 dengan gaya tekan sebesar 10 ton. Proses ini menghasilkan sampel berupa pellet (*green compact*). Sampel yang diperoleh dengan cara ini kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam, dan dilanjutkan proses pengeringan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam. Sampel yang didapat dengan cara ini selanjutnya dimasukkan ke dalam tungku untuk sintering. Sampel menjalani proses sintering pada temperatur 1000°C dan waktu penahanan selama 3 jam di dalam tungku *Carbolite*, Edwards Pirani 501, A6D, pendinginan dalam tungku (*annealing*) (Kang *et al.* 2007; Jia-Yuan *et al.* 2008; Ebner *et al.* 2004; Buchman *et al.* 2007).

2.2.2. Sintesis karbon struktur

Kokas dipanaskan kembali pada temperatur sintering 1500 °C; dengan laju pemanasan 10 °C/menit, atmosfer gas Argon dan waktu penahanan 3 jam di dalam tungku *Carbolite*, Edwards Pirani 501, A6D dengan pendinginan dalam tungku (*annealing*).

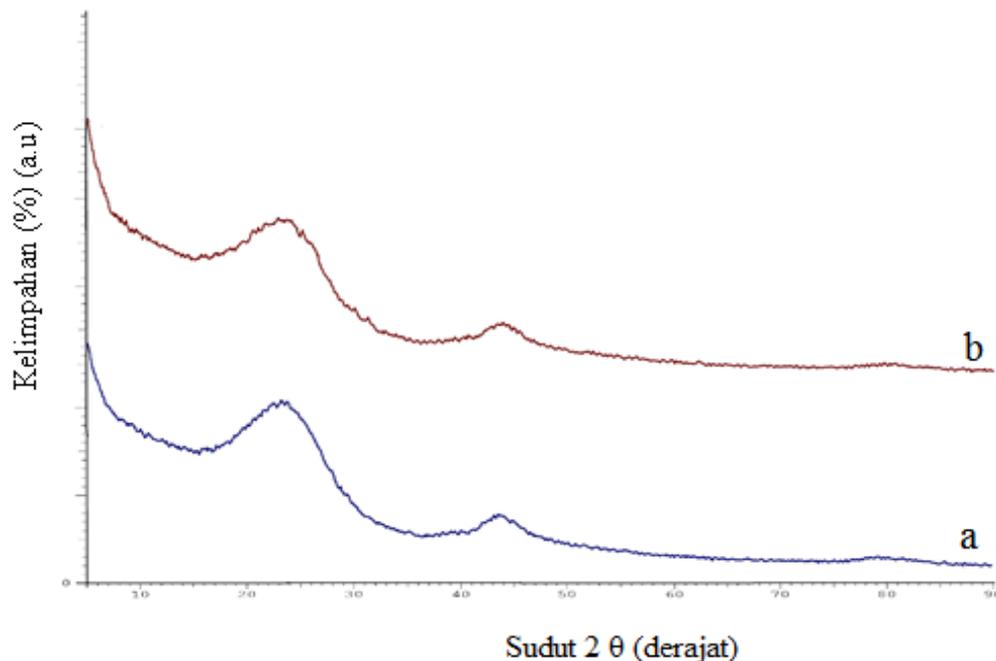
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Analisis X-Ray Diffraction (XRD) dari Produk Karbon yang Disintering pada 1500 °C

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan ukuran kristalin material karbon yang disintering pada temperatur 1500 °C dengan metode pelarut.

Tabel 1. Hasil perhitungan ukuran butir karbon pada temperatur 1500 oC dengan metode pelarut.

Sampel	FWHM (°)	2θ (°)	t (Å)
Pelarut-5% PVA	1,6	25,9	502,58
	0,44	42,12	1908,56
	0,18	59,59	5016,93
		Rata-rata =	2476,02
Pelarut-7,5% PVA	0,89	26,42	898,41
	0,84	42,18	1001,28
	0,19	48,43	4429,32
	0,31	50,26	2838,08*
		Rata-rata =	2109,67



Gambar 1. Difraktogram XRD arang tempurung kelapa-polivinil alkohol (PVA) yang telah disintering pada temperatur 1500 °C dengan metode pelarut : (a) PVA 5% massa, dan (b) PVA 7,5% massa

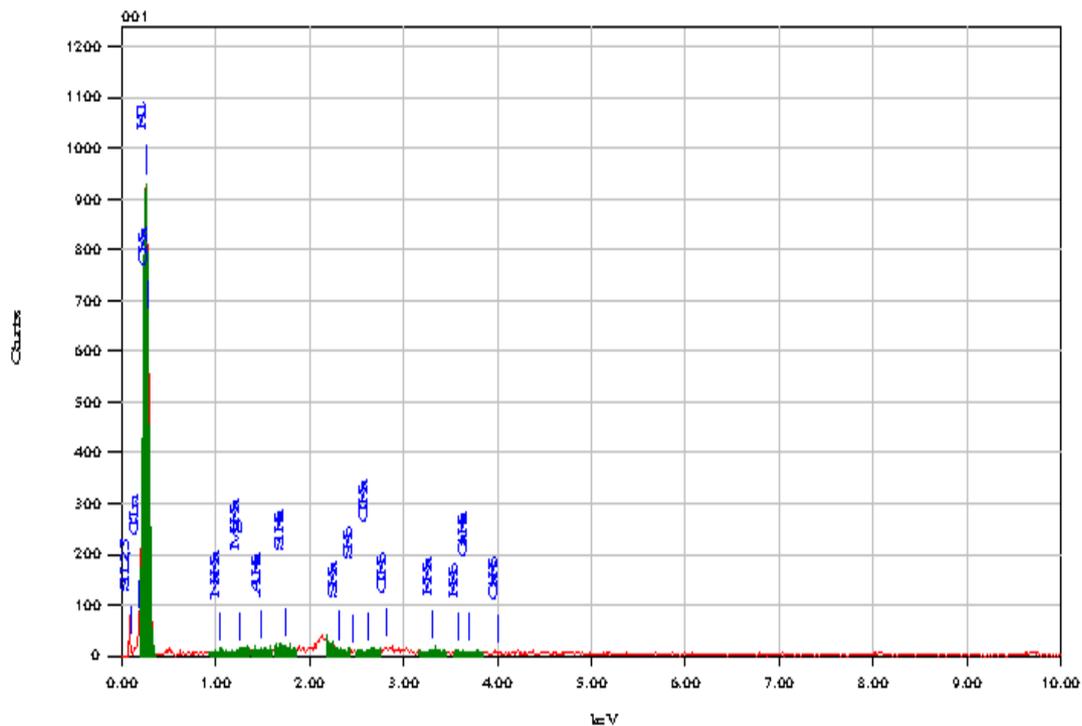
Gambar 1 di atas menunjukkan difraktogram sinar-X dari kokas hasil sintering pada temperatur 1500 °C dengan konsentrasi polivinil alkohol 5-7,5 % berat. Puncak melebar karakteristik diamati pada 26,2° untuk konsentrasi 5% dan 26,42° untuk konsentrasi 7,5% dengan metode pelarut. Puncak ketajaman karakteristik ini menunjukkan sifat kristal dari grafit dan sesuai dengan difraksi dari bidang (002). Selanjutnya intensitas puncak karakteristik bertambah karena peningkatan kristalin dengan perlakuan temperatur lebih tinggi. Temperatur sintering berpengaruh positif dalam perubahan karakter arang tempurung menggunakan polivinil alkohol sebagai stimulan, namun metode pencampuran dan konsentrasi polivinil alkohol tidak berpengaruh secara nyata.

3.2. Analisis Unsur dan Struktur Permukaan Spektrum SEM-EDS dari Produk Material Karbon yang Disintering pada 1500°C

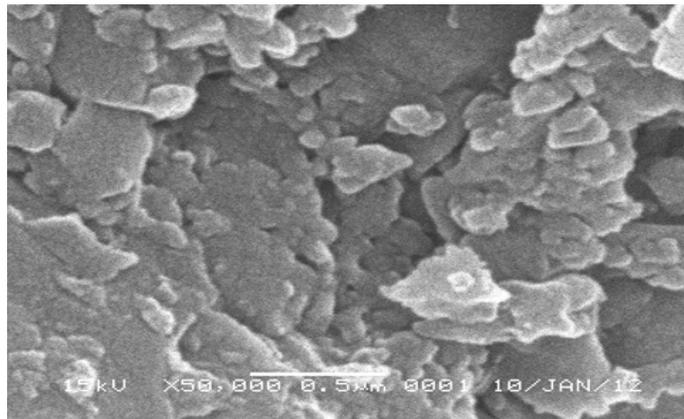
Hasil pengujian identifikasi unsur-unsur penyusun material karbon yang telah disintering pada temperatur 1500 °C dengan menggunakan EDS meliputi unsur utama penyusun material karbon yaitu karbon (97,44 % massa) dan unsur minor terdiri dari unsur Natrium-Na (0,485 % massa), Magnesium,-Mg (0,18 % massa), Aluminium-Al (0,09 % massa), Klorida-Cl (0,47% massa) dan Kalium-K (1,055 % massa) yang tampak pada Tabel 2 dan Gambar 2. Material karbon dengan menggunakan 5% PVA ini dengan pensinteran pada temperatur 1500 °C masih menunjukkan kandungan unsur yang lain yang merupakan unsur pengotor yang utama terdapat pada arang tempurung kelapa.

Tabel 2. Analisis unsur spektrum EDS arang tempurung kelapa-polivinil alkohol (PVA) dengan metode pelarut yang dilakukan sintering temperatur 1500°C.

No	Unsur	Rerata (% massa)
1	C	97,44
2	Na	0,485
3	Mg	0,18
4	Al	0,09
5	Cl	0,465
6	K	1,055



Gambar 2. Spektrum EDS arang tempurung kelapa-PVA (5 % massa) yang disintering pada temperatur 1500 °C dengan aliran gas argon



Gambar 3. Morfologi permukaan SEM arang tempurung kelapa-PVA (5% massa) yang telah disintering pada 1500 °C pada pembesaran 50.000x

4. Kesimpulan

Temperatur sintering berpengaruh terhadap pertumbuhan kristal karbon. Derajat pertumbuhan kristal dan struktur permukaan dikendalikan oleh orientasi kristal dalam proses penataan keteraturan atom karbon pada material karbon, dimana arang dengan struktur tidak teratur menjadi material karbon dengan struktur semi-kristalin. Karakter arang tempurung kelapa ini dapat diaplikasikan dalam pengembangan material karbon.

Daftar Pustaka

- Anirudhan TS, Sreekumari SS, Bringle CD. 2009. Removal of phenol from water and petroleum industry refinery effluents by activated carbon obtained from coconut coirpith. *Adsorption*. 15, 439-451.
- Askeland RR. 1996. *The Science And Engineering Of Materials*. Third Edition. Nelson Thomes. USA.
- Billmeyer FW. 2000. *Textbook of Polymer Science*. John Wiley & Sons. Singapore.
- Buchman A dan Bryant, R.G., 1999, Molded Carbon-Carbon Composite Based on Microcomposite Technology, *App. Comp. Mat.* 6: 309-326.
- Fernandez MD, Fernandez MJ. 2008. Thermal degradation of copolymers from vinyl acetate and vinyl alcohol. *J. Therm. Anal. Calorim.* 92: 829-837.
- Jia-Yuan Z, Jie-min Z, Hong-Jie Y. 2008, Kinetic model on coke oven gas with steam reforming. *J. Cent. South Univ. Technol.* 15: 127-131.
- Lalena JN, Cleary DA, Carpenter EE, Dean NF. 2008. *Inorganic Materials Synthesis and Fabrication*. John Wiley & Sons. New York.
- Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono, 2011, Fabrication and characterization of carbon composite from coconut shell carbon. *Indo.J.Chem.* 11 (2): 124-130.
- Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono, 2011, The Characteristic of Polyvinyl Alcohol-Carbon from Coconut Shell Carbon, *Proceeding*, The International



Conference on Bioscience and Biotechnology (ICBB) UIN Yogyakarta, October 11th – 12th 2011, P-73 – P-78.

Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono. 2011, Effect of Carbonization Temperature on Physical Properties of Coconut Shell Carbon, *Proceedings Book*, The International Conference on Basic Science (ICBS) UB Malang, 555-559.

Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono. 2011, The Infrared Absorption Spectral Changes of Coconut Shell with Polyvinyl Alcohol Stimulant, *Proceeding*, The 1st International Conference on Materials Engineering (ICME) FT UGM Yogyakarta, 153-158.

Rampe MJ, Setiaji B, Trisunaryanti W, Triyono, 2010, The Effect of Temperature on the Crystal Growth of Coconut Shell Carbon, *Proceeding*, The third International Conference and Natural Sciences (ICMNS) ITB Bandung, 276-284.

Reed JS. 1988. *Introduction to the Principles of Ceramic Processing*, John Wiley & Sons. Singapore.

van der Marel HW, Beutelspacher H.1976. *Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and their Admixtures*. Elsevier, Amsterdam.

West AR. 1989. *Solid State Chemistry and Its Applications*. John Wiley & Sons, Singapore.

Pengaruh Penyimpanan pada Suhu Dingin terhadap Kualitas Santan Kelapa

Feti Fatimah¹, Meiske Sangi¹, Suci Larasati Sidik²

¹Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sam Ratulangi, Manado

²Alumni Mahasiswa Kimia FMIPA Universitas Sam Ratulangi, Manado

Abstrak

Santan kelapa termasuk bahan pangan dengan system emulsi *oil-in-water* yang terbentuk secara alami. Beberapa teknik pengawetan dapat digunakan untuk menambah waktu simpan santan seperti pasteurisasi serta penyimpanan pada suhu dingin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kualitas santan yang dibuat dengan penambahan emulsifier polyoxyethylene (20) sorbitan monostearat dan stabilizer guar gum. Kualitas santan yang akan diukur yaitu stabilitas emulsi, bilangan peroksida, dan asam lemak bebas. Penentuan kandungan asam lemak bebas dan bilangan peroksida dilakukan dengan metode SNI 01-3555-1998. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas emulsi, kandungan asam lemak bebas dan bilangan peroksida santan kelapa yang dibuat dengan teknik pasteurisasi dan penyimpanan pada suhu -10°C dan 4°C hingga hari ke-13 masih baik serta memenuhi standar SNI.

Kata-kata kunci: santan kelapa, penyimpanan, suhu dingin, kualitas

1. Pendahuluan

Santan kelapa merupakan cairan kental putih yang diperoleh dengan cara mengekstrak daging kelapa baik dengan penambahan air maupun tidak. Komposisi santan kelapa bervariasi tergantung berbagai factor seperti varietas, umur, lingkungan tumbuh kelapa, serta teknik ekstraksinya. Tingginya kebutuhan masyarakat terhadap produk santan diimbangi juga dengan cepatnya proses pembusukan santan tersebut. Hal ini dikarenakan santan mempunyai kandungan air, lemak dan protein yang cukup tinggi.

Berbagai jenis perlakuan telah dilakukan guna memperpanjang umur simpan santan kelapa melalui peningkatan stabilitas emulsinya, seperti proses pemanasan dan homogenisasi (Tangsuphoom and Coupland, 2005; Kailaku *et al.*, 2012) serta penambahan beberapa jenis senyawa yang bersifat aktif pada permukaan (Tangsuphoom and Coupland, 2009). Berbagai perlakuan pengawetan pada santan juga perlu dilakukan, seperti teknik pasteurisasi yang telah dilakukan Prihatini (2008) untuk melihat penggunaan waktu dan suhu dalam teknik pasteurisasi terbaik maupun teknik pembubukan santan seperti yang dilakukan Raharja dan DwiYuni (2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kualitas santan yang dibuat dengan penambahan emulsifier polyoxyethylene (20) sorbitan monostearat dan stabilizer guar gum. Kualitas santan yang akan diukur yaitu stabilitas emulsi, bilangan peroksida dan asam lemak bebas.

2. Metode Penelitian

2.1. Pembuatan Santan dan Perlakuan Suhu

Daging buah kelapa diekstraksi dengan air dengan perbandingan 2:1. Selanjutnya, dilakukan penambahan emulsifier polyoxyethylene (20) sorbitan monostearate. Santan yang dihasilkan dilakukan pasteurisasi pada 75°C selama 31. 2 menit (Prihatini, 2008) dan tanpa pasteurisasi. Setelah itu disimpan dalam suhu yang bervariasi yakni suhu ruang, suhu dingin (suhu kulkas) $\pm 4^{\circ}\text{C}$ serta dibekukan dalam lemari pendingin pada suhu -10°C selama 21-24 jam (Raharja dan DwiYuni, 2008). Selanjutnya, nilai bilangan peroksida dan asam lemak bebas diamati pada hari ke-1, 4, 7, 10 dan 13.

2.2. Penentuan Bilangan Peroksida (SNI 01-3555-1998)

Sebanyak 5 gram sampel dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL bertutup dan ditambahkan 30 mL larutan asam asetat glasial-kloroform (3:2). Larutan digoyang perlahan sampai semua bahan larut. Kemudian, ditambahkan 0.5 mL larutan KI jenuh. Selanjutnya, larutan didiamkan selama 1 menit dengan sesekali digoyang kemudian ditambahkan akuades 30 mL. Larutan dititrasasi dengan 0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai warna kuning hampir hilang. Ditambahkan 0,5 mL larutan pati 1%. Titrasasi dilanjutkan sampai warna biru mulai hilang.

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{\text{Volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 1000}{\text{berat sampel}}$$

2.3. Asam Lemak Bebas (SNI 01-3555-1998)

Sampel sebanyak 2-5 g dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan 50 mL etanol 95%. Ke dalam campuran ditambahkan 3-5 tetes indikator phenoftalein. Selanjutnya dititrasasi dengan larutan standar KOH 0.1 N hingga berwarna merah muda, dilakukan duplo. Jumlah KOH yang digunakan untuk titrasasi dicatat untuk menghitung kadar asam lemak bebas (ALB)

$$\text{Kadar ALB (\%)} = \frac{M \times A \times N}{10 G}$$

M = bobot molekul asam lemak dominan (Asam Laurat = 200)

A = volume KOH untuk titrasasi (mL)

N = Normalitas larutan KOH

G = berat sampel (gram)

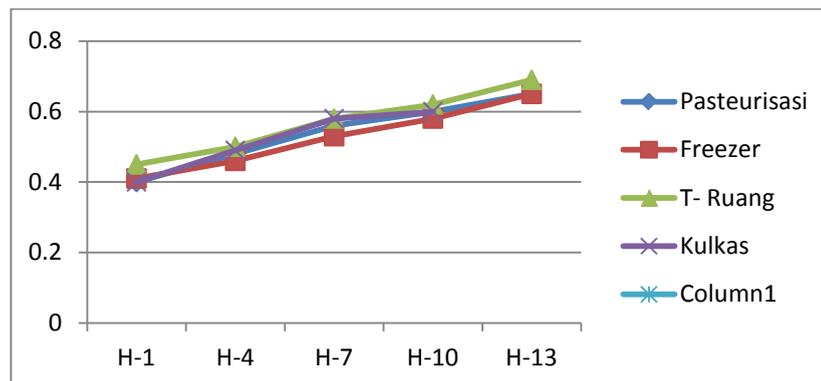
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas dalam contoh lemak/minyak mudah mengalami reaksi oksidasi. Stabilitas oksidasi asam lemak sangat tergantung pada jumlah ikatan rangkapnya. Semakin banyak ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak maka stabilitas oksidatif asam lemak tersebut semakin rendah. Selain dipengaruhi oleh jumlah ikatan rangkapnya, stabilitas oksidasi asam lemak dipengaruhi oleh suhu, konsentrasi oksigen, cahaya, logam, aktivitas air, pro-oksidan, antioksidan, dan katalis (Winarno, 2002). Data nilai asam lemak bebas dari proses pasteurisasi, pembekuan, kontrol suhu ruang dan kontrol suhu kulkas (Tabel 1), dan disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 1).

Tabel 1. Nilai Asam Lemak Bebas dari Santan dengan Proses Pasteurisasi, serta tanpa Pasteurisasi dengan Variasi Perlakuan suhu (Pembekuan, Suhu Ruang dan Suhu Kulkas)

Hari ke-	Kadar Asam Lemak Bebas (%)			
	Pasteurisasi (75°C)	Tanpa Pasteurisasi		
		Pembekuan (-5°C)	Penyimpanan Suhu Ruang (25°C)	Penyimpanan Suhu Kulkas (-4°C)
1	0.40	0.41	0.45	0.40
4	0.48	0.46	0.50	0.49
7	0.56	0.53	0.58	0.58
10	0.60	0.58	0.62	0.60
13	0.65	0.65	0.69	0.67



Gambar 1. Nilai asam lemak bebas dari santan dengan proses pasteurisasi, serta tanpa pasteurisasi dengan variasi perlakuan suhu (pembekuan, suhu ruang dan suhu kulkas)

Keberadaan asam lemak bebas dalam produk berlemak dapat dijadikan indikator awal terjadinya kerusakan lemak/minyak karena proses hidrolisis. Pembentukan asam lemak bebas akan mempercepat kerusakan oksidatif lemak/minyak karena asam lemak bebas mudah teroksidasi jika dibandingkan dalam bentuk ester pada minyak/lemak. Jumlah asam lemak bebas pada contoh ditunjukkan dengan bilangan asam yang biasanya dinyatakan sebagai jumlah milligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak.

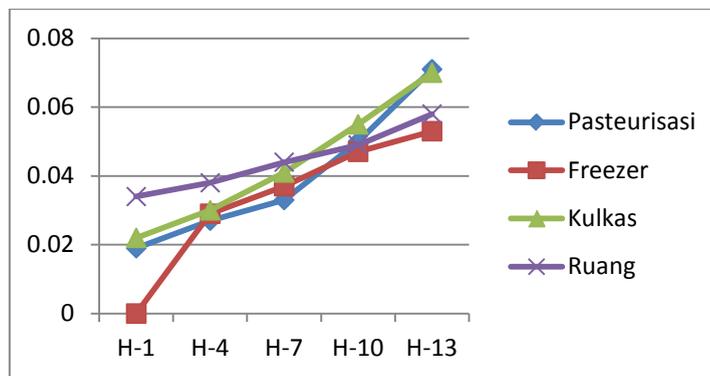
Hasil pengamatan Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai asam lemak bebas pada hari pertama berkisar antara 0.40% - 0.45 %. Menurut Sukasih *et al.* dalam Kailaku *et al.*,2012), nilai asam lemak bebas dari santan alami sebesar 0.62%. Nilai dari santan yang diberi penambahan emulsifier dan stabilizer tersebut lebih rendah dikarenakan air pada santan yang memicu reaksi hidrolisis malah diikat oleh stabilizer yang ditambahkan. Nilai asam lemak bebas ini terus naik sampai pengamatan pada hari ke-13 yang berkisar antara 0.65% - 0.69%. Nilai Asam Lemak bebas tersebut terus naik diduga dikarenakan adanya hidrolisis lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Hidrolisis lemak juga dapat disebabkan baik oleh aktivitas enzim lipase maupun aktivitas mikroba (Buckle, 1985). Nilai asam lemak bebas yang tinggi inilah yang dapat menyebabkan bau tengik pada santan yang mana menandakan bahwa santan tersebut sudah tak layak pakai atau rusak.

3.2. Bilangan Peroksida

Reaksi oksidasi terjadi melalui beberapa tahap yaitu tahap inisiasi, tahap propagasi, dan terminasi. Radikal bebas yang terbentuk di tahap awal reaksi (tahap inisiasi) dapat bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan senyawa peroksida. Keberadaan senyawa peroksida ini digunakan sebagai indikator terjadinya oksidasi lemak/ minyak. Semakin tinggi bilangan peroksida menunjukkan bahwa jumlah peroksida semakin banyak dan dapat diduga bahwa tingkat reaksi oksidasi semakin tinggi. Hal itu juga berarti bahwa ketengikan dari lemak/ minyak tersebut semakin tinggi. Data nilai bilangan peroksida dari proses perlakuan suhu yang dilakukan, pasteurisasi, pembekuan, kontrol suhu ruang dan kontrol suhu kulkas dapat dilihat nilainya pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Nilai Bilangan Peroksida dari Santan dengan Proses Pasteurisasi, serta tanpa Pasteurisasi dengan Variasi Perlakuan suhu (Pembekuan, Suhu Ruang dan Suhu Kulkas)

Hari ke-	Bilangan Peroksida			
	Pasteurisasi (75°C)	Tanpa Pasteurisasi		
		Pembekuan (-5°C)	Penyimpanan Suhu Kulkas (-4°C)	Penyimpanan Suhu Ruang (25°C)
1	0.019	0.022	0.022	0.034
4	0.027	0.029	0.030	0.038
7	0.033	0.037	0.041	0.044
10	0.050	0.047	0.055	0.049
13	0.071	0.053	0.070	0.058



Gambar 2. Nilai bilangan peroksida dari santan dengan proses pasteurisasi, serta tanpa pasteurisasi dengan variasi perlakuan suhu (pembekuan, suhu ruang dan suhu kulkas)

Menurut Sukasih *et al.* (2009), peningkatan bilangan peroksida itu terjadi akibat adanya reaksi oksidasi dari asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh yang terdapat dalam kelapa yaitu asam lemak palmitat, oleat dan linoleat. Suhu sendiri berpengaruh terhadap proses oksidasi. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka reaksi oksidasinya semakin besar sehingga menyebabkan bilangan peroksida pun semakin meningkat.

4. Kesimpulan

Stabilitas emulsi, kandungan asam lemak bebas dan bilangan peroksida santan kelapa yang dibuat dengan teknik pasteurisasi dan penyimpanan pada suhu -10°C dan 4°C hingga hari ke-13 masih baik serta memenuhi standar SNI.

Daftar Pustaka

Buckle KA. 1985. Ilmu Pangan. Jakarta. Universitas Indonesia (UI Press).



- Fatimah F. 2005. Efektivitas Antioksidan dalam Sistem Oil-in-Water. [Disertasi]. Sekolah Pasca Sarjana IPB.Bogor.
- Kailaku SI, Hidayat T, Setiabudy DA. 2012. Pengaruh Kondisi Homogenisasi terhadap Karakteristik Fisik dan Mutu Santan selama Penyimpanan. *Jurnal Litri* 18 (1).
- Prihatini RI. 2008. Analisa Kecukupan Panas pada Proses Pasteurisasi Santan. [Skripsi].Institut PertanianBogor.Bogor.
- Raharja S, DwiYuni M. 2008. Kajian Sifat FisikoKimia Ekstrak Min Yak Kelapa Murni(Virgin Coconut Oil, VCO) yang Dibuat dengan Metode Pembubukan Krim Santan.*Jurnal Teknik Industri Pertambangan*.18(2):71–78.
- SNI-01-2891-1992.1992.Cara Uji Makanan dan Minuman. Dewan Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- Srihari E, Lingganingrum FS, Hervita R, Wijaya H. 2010. Pengaruh Penambahan Maltodekstrin pada Pembuatan Santan KelapaBubuk. *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses, 4 – 5 Agustus 2010*.
- Sukasih E, Prabawati S, Hidayat T. 2009. Optimasi Kecukupan Panas pada Pasteurisasi Santan dan Pengaruhnya terhadap Mutu Santan yang Dihasilkan.*Jurnal Pascapanen* 6 (1) : 34 -42.
- Tangsuphoom N, Coupland JN. 2005. Effect of heating and homogenization on the stability of coconut milk emulsions. *Journal of Food Science*.70(8):466-470.
- Tangsuphoom N, Coupland JN. 2009. Effect of thermal treatments on the properties of coconut milk emulsions prepared with surface-active stabilizers. *Journal of Food Hydrocolloids*. 23(7): 1792-1800.
- Winarno FG. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia, Jakarta.

Respons Angka Kebuntingan Kambing terhadap Waktu Inseminasi yang Berbeda

Lentji R.Ngangi, Sri Adiani, Endang Pudjihastuti, Manopo J. Hendrik,
Santie H. Turangan

Laboratorium Reproduksi dan Pemuliaan Ternak Fakultas Peternakan
Universitas Sam Ratulangi, Manado
Email : lentjingangi@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan akan daging terus meningkat tetapi kondisi ini tidak selalu ditunjang dengan adanya ketersediaan produk ternak berupa daging. Fenomena ini menunjukkan bahwa laju permintaan daging tidak diimbangi dengan laju perkembangan populasi ternak sebagai penghasil daging. Potensi ternak kambing sebagai sumber daya alam yang memiliki keunggulan komparatif dalam mendukung program swasembada daging nasional dapat dijadikan alternatif pemecahan masalah ini. Penerapan teknologi inseminasi buatan (IB) pada kambing merupakan suatu upaya untuk memicu laju perkembangan populasi ternak kambing dalam memenuhi kebutuhan konsumsi pangan nasional. Penelitian menggunakan 30 ekor kambing betina yang dikelompokkan dalam dua kelompok perlakuan inseminasi yaitu W1 dan W2 dengan kisaran waktu antara 14 hingga 23 jam dan 27 hingga 34 jam setelah onset estrus. IB dilaksanakan dengan menggunakan semen beku. NR yang dicapai adalah sebesar 36,67% (11 dari 30 ekor betina yang tidak estrus pada siklus berikutnya dan diperkirakan bunting). Pada perlakuan W1 tujuh (46,67%) dari 15 ekor ternak yang diperkirakan bunting, sedangkan perlakuan W2 diperoleh hasil empat (26,67%) yang diperkirakan bunting. *Conception Rate* (CR) atau ternak yang berhasil bunting pada IB pertama dari kedua perlakuan yaitu 11 ekor (CR 36,67%). Tingkat kesulitan IB pada kambing relatif tinggi dibandingkan dengan sapi karena anatomi alat reproduksi kambing agak kecil dan berbelok ke arah bawah sehingga menyulitkan *gun* untuk mencapai tempat yang baik selain posisi cincin satu (mulut serviks) untuk deposisi semen. Angka presentase melahirkan yaitu 11 (36,67%). Kelompok ternak yang diinseminasi dengan kisaran waktu 14 hingga 23 jam setelah onset estrus cenderung menghasilkan angka kebuntingan yang relatif lebih tinggi.

Kata-kata kunci: kambing, kebuntingan, waktu inseminasi buatan

1. Pendahuluan

Saat ini masyarakat umum ingin mengembangkan budidaya ternak kambing, karena melihat prospek dan potensi ternak kambing sebagai sumber daya alam hayati sangat menjanjikan. Ternak kambing mempunyai potensi beranak lebih dari satu ekor per sekelahiran (Ngangi dkk, 2012), dan apabila ditinjau dari segi sosial masyarakat, pemeliharaan ternak kambing tidak memerlukan modal besar dibandingkan dengan lainnya, dagingnya dapat dikonsumsi oleh seluruh masyarakat, mudah beradaptasi dan mempunyai umur kebuntingan yang singkat serta mempunyai kemampuan untuk tumbuh dan berkembang biak pada daerah-daerah yang relatif kering (Tomaszewska dkk, 1991). Melihat potensi yang dimiliki ternak kambing ini, maka diharapkan produk peternakan berupa daging kambing akan turut memberikan nilai sumbangsih didalam mendukung program swasembada daging nasional. Tetapi bila usaha budidaya ternak kambing ini tidak dilakukan dengan perencanaan dan pengaturan yang tepat, berpotensi pada pengurusan populasi maupun sumber daya genetik.

Produksi, produktivitas dan kualitas yang rendah merupakan masalah fundamental yang melilit perkembangan industri peternakan di Indonesia masa kini, yang kesemuanya membutuhkan pemikiran dan gerak aksi pemilihan solusi yang tepat untuk mengatasinya. Kelemahan ternak kambing di Indonesia adalah rendahnya produktivitas ternak yang diperkirakan karena pada umumnya kegiatan sub sektor peternakan masih merupakan mata rantai dari kegiatan sistem pertanian yang sebagian besar kegiatannya dikelola oleh petani peternak kecil dengan modal (ternak, lahan, alat dan teknologi) yang terbatas.

Dalam rangka usaha pengembangan dan peningkatan populasi ternak kambing tersebut maka faktor-faktor yang berkaitan dengan reproduksi perlu mendapat perhatian. Untuk itu perlu dilakukan pendekatan teknologi yang meliputi komponen yang mempengaruhinya yaitu : a) mempercepat pubertas; b) memperpendek selang beranak; c) menekan kematian anak pra sapih serta d) memperbanyak jumlah anak sekelahiran.

Teknologi inseminasi buatan pada kambing di Indonesia belum begitu populer seperti halnya pada sapi potong. Penerapan IB kambing di Indonesia sampai saat ini masih terbatas dalam taraf uji coba. Disamping mutu dan penempatan semen dalam saluran reproduksi, keberhasilan IB juga sangat tergantung dari ketepatan waktu IB. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan waktu IB yang terbaik dalam pencapaian angka kebuntingan yang optimal.

2. Metode Penelitian

2.1. Materi dan Bahan Penelitian

Ternak percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kambing betina berumur 1,5 tahun sebanyak 30 ekor dan dua ekor jantan vasektomi sebagai pengusik. Ternak percobaan ditempatkan di kandang koloni dengan ukuran 3 m x 4 m yang dilengkapi dengan tempat makan dan air minum. Pemberian pakan berupa rumput gajah segar 4-5 kg/hari/ekor dan konsentrat 0,5 – 0,7 kg/hari/ekor. Bahan dan peralatan yang digunakan adalah semen beku, CIDR-G yang mengandung progesteron 0,33 gram buatan InterAg Selandia Baru, kateter uterus, aplikator (gun CIDR), alat IB, termometer dan alat *thawing*.

2.2. Metode

Pelaksanaan IB didahului dengan program sinkronisasi untuk menyeragamkan estrus dari ke 30 ekor kambing. Sinkronisasi estrus dilaksanakan dengan menggunakan CIDR-G yang mengandung progesteron 0,33 mg metode implan intravaginal. Selanjutnya ke 30 ekor kambing betina yang digunakan ini dikelompokkan dalam dua kelompok perlakuan inseminasi yaitu W1 dan W2 masing-masing dengan kisaran waktu antara 14 sampai 23 jam dan 27 sampai dengan 34 jam setelah onset estrus. IB dilaksanakan dengan menggunakan semen beku dengan dosis 150 juta spermatozoa motil. Inseminasi semen dimasukkan sejauh mungkin ke dalam serviks dengan menggunakan kateter.

Evaluasi hasil inseminasi identik dengan evaluasi kebuntingan ternak-ternak kambing percobaan, dilakukan dengan melihat kembali estrus tidaknya kambing-kambing betina akseptor pada siklus berikutnya dan kelahiran yang terjadi pada akhir penelitian. Peubah yang diamati yaitu: angka persentase kebuntingan (NR%), angka persentase melahirkan dan *kidding size*. Untuk membandingkan kedua perlakuan dalam penelitian ini maka dipakai uji pasangan atau *t-test* (Steel dan Torrie, 1993).

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perolehan rata-rata angka perkiraan ternak yang bunting atau *non return rate* (NR) dalam penelitian ini adalah sebesar 36,67% (11 dari 30 ekor betina yang tidak estrus pada siklus berikutnya dan diperkirakan bunting) (Tabel 1). Semua angka perkiraan kebuntingan yang dicapai oleh kedua kelompok perlakuan tersebut pada akhirnya menjadi angka tetap. Dengan kata lain bahwa ternak yang berhasil bunting pada IB pertama dari kedua perlakuan berjumlah 11 ekor (CR 36,67%).

Tabel 1. Respons angka kebuntingan kambing terhadap perlakuan waktu inseminasi

Perlakuan Waktu Inseminasi	Σ ternak yang di IB (ekor)	Banyak ternak yang bunting (ekor, %)
W1	15	7 (46,67)
W2	15	4 (26,67)
Total (ekor)		11 (36,67)

Keterangan:

W1 = 14-23 jam setelah onset estrus; W2 = 27-34 jam setelah onset estrus

Tingkat kesulitan IB pada kambing relatif tinggi dibandingkan dengan pada sapi, karena anatomi alat reproduksi kambing betina agak kecil dan berbelok ke arah bawah sehingga menyulitkan *gun* untuk mencapai tempat yang baik selain posisi cincin satu (mulut serviks). Rendahnya angka kebuntingan yang diperoleh pada deposisi semen dimulut serviks dipengaruhi oleh terganggunya transpor spermatozoa waktu melewati serviks untuk mencapai uterus dan saluran telur khususnya sampai ke tempat terjadinya fertilisasi di ampulla tuba fallopii.

Hasil uji-t menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata ($P > 0,05$) terhadap angka kebuntingan pada ternak kambing percobaan. Namun nampaknya, kelompok ternak yang memperoleh perlakuan waktu inseminasi dengan kisaran waktu 14 sampai dengan 23 jam setelah onset estrus cenderung menghasilkan angka kebuntingan yang relatif lebih tinggi (46,67%) dibandingkan dengan ternak yang diinseminasi dengan kisaran waktu 27 sampai dengan 34 jam setelah onset estrus. Adanya kecenderungan respons menghasilkan angka kebuntingan relatif lebih tinggi (46,67%) dan berada diatas angka memadai (40%) ini, ditunjukkan oleh kelompok ternak yang waktu inseminasi pada kisaran waktu 14 sampai dengan 23 jam setelah onset estrus. Secara khusus juga dapat dijelaskan bahwa kondisi ini dapat terjadi karena kelompok tersebut dikawinkan pada kisaran waktu yang mendekati ketepatan waktu untuk pelaksanaan inseminasi bagi ternak-ternak yang estrusnya disinkronisasikan dengan progesteron. Waktu inseminasi yang disarankan tersebut berkisar antara 12 sampai dengan 18 jam setelah masuk periode estrus (Toelihere, 1981). Waktu ini ditetapkan karena pada prinsipnya pelaksanaan inseminasi harus mendahului ovulasi (24 sampai dengan 27 jam sesudah estrus) (Hafez, 1993).

Angka persentase melahirkan yang dicapai yaitu 11 (36,67%) dari 30 ekor betina yang diinseminasi pertama berhasil bunting dan melahirkan anak sebanyak 11 ekor dengan kidding size sebesarsatu. Hal ini sesuai dengan penelitian Devendra dan Burns (1983) dimana jumlah anak yang lahir dalam sekelahiran pada kambing-kambing tropis yaitu 1,0 hingga 2,1 ekor.

4. Kesimpulan

1. Kelompok ternak yang diinseminasi dengan kisaran waktu 14 sampai dengan 23 jam setelah onset estrus cenderung menghasilkan angka kebuntingan yang relatif lebih tinggi dibanding dengan waktu inseminasi dengan kisaran waktu 27 sampai dengan 34 jam setelah onset estrus.
2. Jumlah induk yang bunting dan melahirkan untuk perlakuan inseminasi 14 sampai dengan 23 jam setelah onset estrus adalah 7 ekor. Sebaliknya untuk perlakuan waktu inseminasi 27 sampai dengan 34 jam setelah onset estrus, jumlah induk yang bunting adalah 4 ekor. Persentase kelahiran pada kedua kelompok yaitu masing-masing 46,7% dan 26,7%. *Kidding size* untuk masing-masing kelompok adalah satu.

Daftar Pustaka

Devendra BM. 1983. Goat Reproduction in the Tropic. Commonwealth Agricultural Bureaux Famhan Royal, Bucks, England.



Hafez ESE. 1993. *Reproduction in farm animals*. 6 th Ed. Lea and Febiger. Philadelphia.

Ngangi LR, Turangan SH, Adiani S, Pudjihastuti E, dan Manopo JH. 2012. *Kondisi Uterus Kambing Betina Bunting yang di Potong (Studi kasus pemotongan kambing betina bunting)*. Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi. Manado.

Steel GD, Torrie JH. 1993. *Prinsip dan Prosedur. Statistika*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Toelihere MR. 1981. *Fisiologi Reproduksi pada Ternak*. Angkasa. Bandung.

Toelihere MR. 1985. *Inseminasi Buatan pada Ternak*. Mutiara. Bandung.

Tomaszweska MW, Sutama IK, Putu IG, Chaniago TO. 1991. *Reproduksi, Tingkah Laku, dan Reproduksi Ternak di Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hubungan Antara Lama Melahirkan dengan Berat Lahir Anak Hasil Inseminasi Buatan dan Ukuran Tubuh Induk Sapi Peranakan Ongole

Sri Adiani dan Umar Papatungan

Laboratorium Reproduksi dan Pemuliaan Ternak, Fakultas Peternakan
Universitas Sam Ratulangi, Manado
E-mail: sri_adiani@yahoo.de

Abstrak

Ternak sapi merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki potensi dan nilai ekonomis yang cukup tinggi karena selain penghasil daging, juga digunakan sebagai tenaga kerja pada usaha pertanian. Di Sulawesi Utara, program perbaikan mutu sapi lokal dengan teknik inseminasi buatan (IB) sudah dilaksanakan, namun pelaksanaan IB di lapangan belum memberikan hasil yang optimal. Tujuan penelitian adalah mendapatkan informasi mengenai mutu sapi lokal melalui beberapa pengukuran beberapa variabel ukuran tubuh induk sapi dan anak hasil IB. Penelitian ini menggunakan 25 ekor induk sapi bunting tua dan anak sapi yang dilahirkan hasil inseminasi buatan. Metode yang digunakan adalah metode survei lapangan dan penentuan sampel dilakukan secara *purposive sampling*. Rataan lama melahirkan induk di lokasi penelitian adalah $78 \pm 37,95$ menit ($n = 25$), Rataan berat lahir pedet hasil IB adalah $26,72 \pm 1,4$ kg ($n = 25$). Hasil ini menunjukkan bahwa antara lama melahirkan induk dan berat lahir anak tidak memiliki hubungan dan pengaruh yang nyata. Lingkar dada yang diperoleh dalam penelitian ini adalah $174,72 \pm 8,08$. Hasil menunjukkan bahwa antara lama melahirkan induk dengan lingkar dada induk sapi tidak memiliki hubungan. Hal ini juga berlaku untuk berat lahir anak dengan lingkar dada induk. Lama melahirkan anak dengan tinggi pundak induk tidak memiliki hubungan. Hasil analisis selanjutnya menunjukkan bahwa antara berat lahir anak dengan panjang badan induk memiliki hubungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara lama melahirkan dengan berat lahir anak. Namun, semakin bertambah ukuran panjang induk akan menyebabkan semakin bertambah ukuran badan anak sapi yang lahir.

Kata-kata kunci : lama melahirkan, berat lahir, inseminasi buatan, sapi Peranakan Ongole

1. Pendahuluan

Ternak sapi merupakan salah satu jenis ternak yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi karena selain penghasil daging, juga digunakan sebagai tenaga kerja pada usaha pertanian. Ada tiga bangsa besar ternak sapi potong asli Indonesia yaitu sapi Ongole, sapi madura dan sapi bali. Menjelang akhir abad ke-19, sapi ongole dari India dimasukkan ke pulau Sumba dan sejak itu pulau Sumba dijadikan tempat pembiakan sapi ongole murni. Selanjutnya sebagai usaha dalam perbaikan mutu sapi potong di pulau Jawa, dibiaksilangkan dengan sapi ongole yang pada saat itu dikenal dengan nama sapi peranakan ongole (PO) (Pane, 1993). Sapi PO memiliki potensi yang besar untuk mensuplai kebutuhan protein hewani. Harapan kedepan potensi yang dimiliki oleh ternak sapi PO dapat dimanfaatkan dan ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan nasional akan daging sebagai sumber protein hewani.

Berat lahir adalah berat pada saat pedet dilahirkan. Namun, sering dijumpai adanya kesulitan teknis untuk menimbang pedet saat setelah dilahirkan sehingga biasanya berat lahir didefinisikan sebagai berat pedet yang ditimbang dalam kurun waktu 24 jam sesudah lahir (Hardjosubroto, 1994).

Praktek peternakan yang tidak dilandasi ilmu pengetahuan dan teknologi akan terus menurunkan populasi dan memperburuk kualitas genetika ternak di Indonesia dan pada akhirnya akan semakin tergantung pada pihak asing dalam rangka memenuhi kebutuhan protein hewani bagi rakyat Indonesia. Keadaan ini jika dibiarkan terus menerus juga akan menurunkan konsumsi protein dan dapat berakibat pada penurunan kualitas dan kecerdasan rakyat Indonesia.

Penerapan teknologi inseminasi buatan (IB) pada ternak sapi lokal merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki mutu genetik sapi lokal sudah dilaksanakan di kecamatan Langowan Kabupaten Minahasa provinsi Sulawesi Utara. Namun pelaksanaan IB di lapang ini belum memberikan informasi yang lengkap tentang kualitas anak sapi yang dilahirkan dari hasil IB.

2. Metode Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan di Desa Tumaratas, Desa Ampreng dan Desa Raringis Kecamatan Langowan, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Materi penelitian yaitu sebanyak 25 ekor kambing bunting tua dan 25 ekor sapi yang dilahirkan hasil IB. Alat yang digunakan adalah timbangan untuk pedet, alat pengukur waktu, pita ukur dan tongkat ukur (skala cm). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei lapangan dan penentuan sampel dilakukan secara *purposive* sampling/sengaja (Suharsini, 1989). Data yang terkumpul ditabulasi sesuai dengan variabel dan dianalisis dengan statistik deskriptif dan standar deviasi/simpangan baku. Vabel yang diamati yaitu berat lahir, lama melahirkan (menit), lingkaran dada, lingkaran dada induk, tinggi pundak induk dan panjang badan induk.

3. Hasil dan Pembahasan

Rataan lama melahirkan induk sapi di lokasi penelitian adalah $76 \pm 37,95$ menit ($n=25$). Rataan berat lahir pedet hasil IB adalah $26,72 \pm 1,4$ kg ($n=25$). Hasil analisa korelasi dengan uji-t antara lama melahirkan induk dengan berat lahir anak diperoleh koefisien korelasi (r) 0,37, koefisien determinasi (R) 13,69% dan t_{hit} 1,91. Hasil ini menunjukkan bahwa antara lama melahirkan induk dan berat lahir anak tidak memiliki hubungan dan pengaruh yang nyata. Biasanya faktor yang menyebabkan perbedaan ukuran berat lahir anak dari induk yang baru pertama kali melahirkan dan sudah beberapa kali melahirkan adalah umur induk dan ukuran tubuh yang berbeda sebelum dikawinkan. Hardjasubroto (1994) melaporkan bahwa berat lahir dipengaruhi oleh jenis kelamin dan umur induk. Faktor genetik juga berpengaruh terhadap berat lahir pedet, apalagi melalui IB yang menggunakan semen yang berasal dari pejantan unggul. Selanjutnya usaha persilangan sapi lewat program IB akan memberikan dampak terhadap perubahan genetik yang lebih baik pada anak-anak pedet hasil IB.

Lingkaran dada induk sapi induk dilokasi penelitian adalah $174,72 \pm 8,08$ cm ($n=25$). Hasil analisis korelasi dan uji-t antara lama melahirkan induk dengan lingkaran dada induk diperoleh koefisien korelasi (r) 0,03 ; koefisien determinasi (R) 0,09% dan t_{hit} 0,14. Hasil ini bahwa antara lama melahirkan induk dengan lingkaran dada induk sapi tidak memiliki hubungan . Sedangkan hasil analisis korelasi dan uji-t antara berat lahir anak dengan lingkaran dada induk diperoleh koefisien korelasi (r) 0,19 dan koefisien determinasi (R) 3,61% dan t_{hit} 0,93. Hasil ini menunjukkan tidak ada hubungan antara berat lahir anak dengan lingkaran dada induk. Pertambahan ukuran lingkaran dada disebabkan oleh pertambahan bobot badan.

Tinggi pundak sapi induk adalah $135,12 \pm 9,63$ cm ($n=25$). Hasil analisis korelasi dan uji t dari lama melahirkan induk dengan tinggi pundak induk diperoleh koefisien korelasi (r) 0,13, koefisien determinasi (R) 1,69% dan t_{hit} 0,63. Hasil ini sama dengan analisis korelasi uji t dan regresi dari lama melahirkan induk dengan panjang badan induk. Untuk hasil analisis korelasi (r) 0,22 dan koefisien determinasi (R) 4,84% dan t_{hit} 1,08. Hasil ini menunjukkan bahwa keduanya tidak memiliki hubungan dan memberikan pengaruh yang nyata.

Rataan panjang badan untuk sapi induk di lokasi penelitian adalah $139,52 \pm 5,28$ cm ($n=25$). Hasil analisa korelasi dan uji thit dari lama melahirkan induk dengan panjang badan induk diperoleh koefisien korelasi (r) 0,33 dan koefisien determinasi (R) 1,66% dan t_{hit} 0,63. Hasil analisis korelasi, uji t dan regresi antara berat lahir anak dengan panjang badan induk diperoleh koefisien (r) 0,47, koefisien determinasi (R) 22,09 dan t_{hit} 2,55. Hasil ini menggambarkan bahwa tidak ada hubungan antara berat lahir anak dengan panjang badan induk.

4. Kesimpulan

Lama melahirkan anak dengan berat lahir anak tidak ada hubungan. Namun, semakin bertambahnya ukuran panjang induk akan menyebabkan bertambahnya ukuran badan anak sapi yang lahir.

Daftar Pustaka

- Hardjosubroto W. 1994. Aplikasi Pemuliabiakan di Lapangan. Gramedia Widia Sarana Indonesia. Jakarta.
- Pane I. 1993. Pemuliabiakan ternak Sapi. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta.
- Suharsini A. 1989. Prosedur Penelitian. Bina Aksara. Jakarta.

Toksisitas dan Aktivitas Antifeedant Ekstrak Tumbuhan *Andrographis Paniculata* (Burm.F) Wall. Ex Nees terhadap Larva *Heliothis Armigera* Hubner (Lepidoptera:Noctuidae)

Parluhutan Siahaan dan Stella D. Umboh

Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sam Ratulangi, Manado
E-mail: luhut.siahaan68@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk mengevaluasi toksisitas dan aktivitas antifeedant ekstrak tumbuhan *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall. ex Nees terhadap larva *Heliothis armigera* Hubner (Lepidoptera:Noctuidae). Uji hayati dilakukan dengan mengencerkan ekstrak dengan konsentrasi 0,25%;5%; 7,5% dan 10% (berat/volum). Hasil uji hayati secara in vitro menunjukkan bahwa ekstrak etanol dapat menghambat pertumbuhan larva *H.armigera* dimulai pada konsentrasi 5% dengan total area daun yang dimakan $1,81 \text{ cm}^2 \pm 0,22$. Pada konsentrasi 2,5% ekstrak memiliki luas area daun yang dimakan sebesar $2,11 \pm 0,19 \text{ cm}^2$ dan tidak berbeda nyata dengan kontrol yang luas area termakan $2,25 \pm 0,18 \text{ cm}^2$. Hasil uji terhadap daya toksisitas ekstrak *A. paniculata* menunjukkan bahwa pada konsentrasi 2,5% ekstrak telah menyebabkan kematian pada serangga sebesar $2,11 \pm 0,98$ dan sudah berbeda nyata dengan kontrol. Semakin besar konsentrasi ekstrak maka semakin besar daya toksisitasnya.

Kata-kata kunci: *Andrographis paniculata*, *Heliothis armigera*, antifeedan, toksisitas

1. Pendahuluan

Serangga hama *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) saat ini masih menjadi masalah yang serius bagi dunia pertanian. Serangga ini adalah serangga polifagus yaitu serangga ini menyerang berbagai jenis tanaman, dan serangga ini juga termasuk serangga yang rakus sehingga menjadi hama utama pada berbagai tanaman pertanian. Beberapa tanaman pertanian yang diserang oleh serangga ini antara lain kapas, jagung, kacang buncis, kacang tanah, kacang kedelai, tembakau, tomat, gandum, bunga matahari dan lain-lain (Naseri *et al.* 2009)

Serangga ini menjadi hama utama penyebab utama kerugian para petani, baik dalam pertanian, tanaman hortikultura maupun tanaman hias (Ramya *et al.*,2011). Usaha pengendalian hama yang dilakukan oleh petani sampai saat ini masih tertumpu pada penggunaan insektisida kimia yang dilakukan secara berjadwal dengan frekuensi dan dosis melebihi yang direkomendasikan. Penggunaan insektisida seperti tersebut selain mahal karena biaya pengendalian menjadi tinggi, menimbulkan munculnya hama-hama sekunder, pencemaran lingkungan, dan menimbulkan residu insektisida pada komoditi yang dapat membahayakan bagi konsumen (Khasanah, 2008).

Upaya menekan biaya pengendalian dan mengurangi dampak negatif penggunaan insektisida tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan cara pengendalian yang ramah lingkungan seperti pemanfaatan senyawa-senyawa bioaktif yang berasal dari tumbuhan. Tumbuhan *Andrographis paniculata* mengandung senyawa-senyawa bioaktif yang berpotensi untuk digunakan sebagai insektisida botani. Penelitian yang dilakukan oleh Pramanick *et al.* (2006) menyatakan bahwa tumbuhan *A. paniculata* mengandung banyak senyawa-senyawa bioaktif diterpenoid dan flavonoid yang meliputi andrographolide, neo andrographolide, deoksiandrographolide, andrographan, andrographosterin dan stigmasterol. Komponen senyawa bioaktif utamanya adalah andrographolide. Gupta *et al.* (1990) melaporkan bahwa

senyawa diterpen yang berasal dari tumbuhan *A. paniculata* mempunyai aktivitas daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Wiart *et al.* (2005) melaporkan senyawa diterpen dari *A. paniculata* dapat menghambat perkembangan virus herpes. Misra *et al.* (1992) juga melaporkan aktivitas antimalaria dari *A. paniculata* karena dapat melawan aktivitas *Plasmodium berghei* NK 65.

Senyawa bioaktif yang berasal dari tumbuhan sangat baik digunakan karena sifatnya yang mudah terdegradasi sehingga tidak akan mencemari lingkungan dan berbagai dampak negatif lainnya dapat terhindar. Melihat semua itu, penelitian tentang sifat antifeedan (daya makan) dan daya toksisitas (kematian) dari senyawa bioaktif yang berasal dari tumbuhan *A. paniculata* terhadap larva *H. armigera* perlu dilakukan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan pengamatan terhadap sifat antifeedan dilakukan dengan mengamati luas area daun yang dimakan oleh larva setelah daun diberi ekstrak. Untuk pengujian daya toksisitas ekstrak terhadap larva dilakukan pengamatan terhadap jumlah larva yang mati setelah disemprot dengan ekstrak. Rancangan percobaan yang dilakukan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan masing-masing 10 ulangan. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Advance Universitas Sam Ratulangi Manado, Laboratorium Konservasi dan Ekologi Fakultas MIPA Unsrat.

Tanaman dan Ekstraksi

Tumbuhan *A. paniculata* yang diperoleh dari ladang masyarakat dibersihkan lalu dikeringkan di tempat yang panas. Daun tanaman yang kering tersebut selanjutnya di tempatkan dalam oven dengan suhu 40°C sampai berat kering konstan. Daun tanaman lalu dipotong-potong lalu digiling dan dihaluskan dengan menggunakan blender. Selanjutnya, daun yang telah menjadi serbuk direndam dalam larutan etanol pada suhu kamar selama 24 jam selanjutnya disaring. Hasil penyaringan atau filtrat akan dimasukkan dalam *rotary evaporator* pada suhu 40°C untuk membuang semua pelarut etanol. Setelah itu, filtrat yang diperoleh akan dipergunakan untuk uji-uji selanjutnya. Filtrat akan disimpan pada suhu -10°C dalam ruang gelap sampai nanti dipergunakan (Siahaan & Vidal, 2002).

Uji Antifeedant

Ekstrak tanaman yang sudah disiapkan sebelumnya dilarutkan dan dibuat konsentrasi-konsentrasinya sesuai dengan hasil uji pendahuluan. Konsentrasi yang dibuat adalah 2,5 ; 5 ; 7,5%; dan 10 % (w/v). Selanjutnya, dibuat daun tanaman kapas berdiameter 5 cm lalu dicelupkan ke dalam ekstraksi yang telah diencerkan tersebut selama 1 menit. Untuk control, daun hanya dilarutkan dalam larutan etanol selama 1 menit. Setelah dicelupkan lalu diambil selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan kipas angin lalu diletakkan dalam cawan petridish. Untuk menghindari adanya kelembaban berlebih dalam cawan maka dalam cawan dibuat filter paper. Selanjutnya, satu larva instar 4 yang baru dimasukkan ke dalam setiap cawan petridish. Tiap konsentrasi akan dibuat pengulangan sebanyak 10 kali lalu dibiarkan dalam ruangan pada suhu kamar selama 24 jam

Luas area daun yang dimakan dicatat dan jumlah larva yang mati juga dihitung. Larva dianggap mati bila tidak memiliki respon bila disentuh dengan jarum (Ahmad *et al.*, 1995). Persentase luas area yang dimakan dihitung dengan menggunakan rumus: $(1-T/C) \times 100$ dimana T adalah luas yang dimakan dan C luas yang tidak dimakan (Hassanali and Lwande, 1989 in Valladares *et al.*, 1997).

Uji Toksisitas

Uji toksisitas dilakukan untuk melihat pada konsentrasi berapa kematian mencapai 50%. Prosedur kerja hampir sama dengan pengujian antifeedant. Uji toksisitas dilakukan membuat larutan ekstrak dengan berbagai konsentrasi. Sebanyak 10 larva instar-4 *H. armigera* dimasukkan ke dalam tabung dengan menggunakan kuas. Selanjutnya, larutan ekstrak yang telah disiapkan sebelumnya disemprotkan ke dalam tabung tersebut. Tabung lalu ditutup dengan kapas. Pengamatan dilakukan 24 jam setelah perlakuan. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah larva yang mengalami kematian.

2.1. Analisis Hasil

Analisis data menggunakan analisis varian (Anava) dan dilanjutkan dengan Uji beda nyata terkecil pada taraf kepercayaan 95%.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Hasil Uji Antimakan (*antifeedant*) Ekstrak terhadap Larva *H. armigera*

Hasil penelitian terhadap uji antimakan menunjukkan bahwa ekstrak *A. paniculata* berpengaruh nyata terhadap luas area daun yang dimakan oleh *H. armigera*. Perbedaan mulai terlihat pada konsentrasi 5% yang memiliki luas area daun yang termakan yaitu 2,25 cm². Sedangkan pada konsentrasi 2.5%, luas area daun yang termakan sebesar 2,11 cm. Hasil ini tampak belum memiliki perbedaan nyata dengan luas area daun yang termakan pada kontrol (2,25 cm). Luas area daun yang termakan pada konsentrasi 5% dan 7,5% berturut-turut yaitu 1,81 cm dan 1,52 cm. Kedua hasil ini tidak berbeda nyata namun berbeda nyata dengan konsentrasi 10% yang memiliki luas area daun yang termakan sebesar 10% (Tabel1) .

Tabel 1. Pengaruh ekstrak *A. paniculata* terhadap luas area daun yang dimakan larva of *H. armigera*

Konsentrasi (%)	Luas area daun yang dimakan (cm ²)
Kontrol	2,25 ± 0,18 ^a
2,5 %	2,11 ± 0,19 ^{ab}
5 %	1,81 ± 0,22 ^c
7,5 %	1,52 ± 0,20 ^c
10 %	1,38 ± 0,15 ^d

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan senyawa yang berasal dari tumbuhan *A. paniculata* dapat menghambat daya makan larva *H. armigera*. Penghambatan ini diduga karena dalam ekstrak terkandung senyawa-senyawa seperti adrographoide, paniculides dan flavonoid (Bobbarala *et al.*, 2009). Senyawa adrographoide ini termasuk kelompok senyawa diterpenoid yang dapat menghambat respirasi sel, berdampak pada jaringan syaraf dan sel otot yang menyebabkan serangga menghentikan aktivitas makannya. sehingga akan menyebabkan kematian larva.

Penelitian lain menunjukkan bahwa senyawa andrografolida yang dimiliki oleh *A. paniculata* menyebabkan membesarnya diameter lumen usus larva, lapisan epitel usus menjadi tidak teratur, membran peritrofik dari epitel usus larva *P. xylostella* menjadi lepas. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian lain yg menunjukkan bahwa ekstrak dari *A. paniculata* dapat menghambat nafsu makan dan kemampuan oviposisi dari larva *Plutela xylostela*. Hasil menunjukkan bahwa ekstrak *A. paniculata* mempunyai aktivitas antimakan (*antifeedant*) (Ramy *et al.*, 2011).

3.2. Hasil Uji Toksisitas Ekstrak terhadap Kematian Larva *H. armigera*

Hasil pengujian kemampuan efek toksisitas ekstrak terhadap kematian larva *H. armigera* dapat dilihat pada Tabel 2. Ekstrak *A. paniculata* dapat menyebabkan kematian pada larva *H. armigera* dimulai dari konsentrasi 2,5%. Kematian larva pada konsentrasi 2,5% sebanyak 2,11 larva yang berbeda nyata dengan kontrol sebanyak 1,12 larva dan juga berbeda nyata dengan konsentrasi 5% sebanyak 4,81 larva. Perlakuan pada konsentrasi 5% memberikan perbedaan yang nyata juga dengan perlakuan konsentrasi 7,5% yang menyebabkan kematian sebanyak 7,52 larva. Namun, perlakuan pada konsentrasi 7,5% tidak memberikan perbedaan yang nyata dengan perlakuan konsentrasi 10% yang menyebabkan kematian sebanyak 8,38 larva.

Tabel 2. Pengaruh ekstrak *A. paniculata* terhadap toksisitas larva of *H. armigera*

Konsentrasi (%)	Jumlah larva yang mati
Kontrol	1,12 ± 0,13 ^a
2,5 %	2,11 ± 0,98 ^b
5 %	4,81 ± 1,42 ^c
7,5 %	7,52 ± 1,14 ^{de}
10 %	8,38 ± 1,15 ^e

Toksisitas yang terjadi pada larva *H. armigera* disebabkan oleh adanya kandungan senyawa bioaktif dalam ekstrak *A. paniculata*. Menurut Rammohan (2009) tumbuhan *A. paniculata* mengandung bahan-bahan aktif seperti senyawa sitosterol, *pentacyclic terpenes*, nitro (*aristolchic acid*), senyawa derivat dari *cinnamic acid*, *curcumimoids*, senyawa *polyphenolic* and *flavonoids*. Senyawa-senyawa ini dikenal mempunyai kemampuan mengikat protein, memodifikasi kerja dari protein dan mengganggu aktivitas dari berbagai jenis enzim. Jarukamjorn & Nemoto (2008) menyebutkan bahwa kandungan senyawa dalam ekstrak tumbuhan *A. paniculata* dapat mempunyai kemampuan mengganggu aktivitas pernafasan serangga. Dengan demikian toksisitas yang terjadi pada larva disebabkan oleh aktivitas senyawa-senyawa tersebut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ekstrak tumbuhan *A. paniculata* mempunyai sifat antifeedant yang menghambat daya makan larva *H. armigera*, dimana luas area daun yang dimakan berbeda nyata dengan kontrol dimulainya pada konsentrasi 5% dengan luas area yang dimakan sebesar 1,81 ± 0,22 cm².
2. Ekstrak tumbuhan *A. paniculata* mempunyai daya toksisitas terhadap larva *H. armigera*, dimana jumlah larva yang mati telah berbeda nyata dengan kontrol dimulai pada konsentrasi 2,5% dengan jumlah kematian sebesar 2,11 ± 0,98.

Daftar Pustaka

- Ahmad M, Arif MI, Ahmad Z. 1995. Monitoring insecticide resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. *J. Econ. Entomol.* 88(4): 771–776.
- Bobbarala V, Rao, PK, Rao GS, Aryamithra D, 2009. Bioactivity of *Andrographis paniculata* against selected phytopathogens. *J. Pharmacy Research* 2(3): 480-482.
- Gupta S, Chiudry MA, Yadava JNS, Srivastava V, Tandon JS. 1990. Antidiarrhoeal activity of diterpenes of *Andrographis paniculata* (Kalmegh) against *Escherichia coli* enterotoxin in in vivo models. *Int. J. Crude Drugs Res.* 28: 273-283.
- Jarukamjorn K, Nemoto, N. 2008. Pharmacological Aspects of *Andrographis paniculata* on health and its major diterpenoid constituent Andrographolide. *J. Health Sci.* 54 (4) p. 370-381.
- Khasanah N. 2008. Pengendalian hama penggerek tongkol jagung *Helicoverpa Armigera* Hubner. (Lepidoptera:Noctuidae) dengan *Beauveria Bassiana* strain lokal pada pertanaman jagung manis di Kabupaten Donggala. *J. Agroland.* 15 (2): 106 – 111.
- Misra P, Pal NL, Guru PY, Katiyar JC, Srivasta V, Tandon JS. 1992. Antimalarial activity of *Andrographis paniculata* (Kalmegh) against *Plasmodium berghei* NK65 *Mastomys natalensis*. *Int. Journal of Pharmacognosy.* 30:263-274.
- Naseri B, Fathipour Y, Moharramipour S, Hosseiniveh V. 2009. Comparative life history and fecundity of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on different soybean varieties. *Entomol. Sci.* 12: 147-154.
- Pramanick S, Banerjee S, Achari B, Das B, Sen AK, Mukhopadhyay S, Neuman A, Prangé T. 2006. Andropanolide and isoandrographolide, minor diterpenoids from *Andrographis paniculata*: structure and X-ray crystallographic analysis. *J. Nat. Prod.* 69(3):403-405.
- Rammohan S. 2009. Effect of ethanol extracts of *Andrographis paniculata* on type 2 diabetes mellitus and insulin resistant rats. [Thesis Doctor]. Universiti Malaysia. Malaysia.
- Ramya S, Gopinath K, Karthikayen M, Sundarandian SM, Peryatambhi N, Sundarajan G, Jayakumararaj R. 2011. Effect of crude methanol leaf extracts of *Andrographis paniculata* (Burm.f) Nees on larvae of *Helicoverpa armigera* (Hubner). *Environ. We Int. Sci. Tech.* 6 (1): 21-28.
- Siahaan P and Vidal S. 2002. Respons of *Heliiothis armigera* Larvae (Lepidoptera: Noctuidae) on extracts of three species Ardisia. [Research Reports on plant protection]. University of George August. Goetingen.
- Valladares G, Defago MT, Palacios S, Carpinella MC. 1997. Laboratory evaluation of *Melia azadirach* (Meliaceae) extracts against the elmleaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ Entomol.* 90 (3): 747 – 750.
- Vickery, L.V. and Vickery, B. 1981. Secondary Plant Metabolism. The MacMillan Press LTD. London.
- Wiat C, Kumar K, Yusof MY, Hamimah H, Fauzi ZM, Sulaiman M. 2005. Antiviral properties of ent-labdene diterpenes of *Andrographis paniculata* Nees, inhibitor of herpes simplex virus type 1. *Phytother. Res.* 19: 1069-1070.

Amoniasi Tongkol Jagung sebagai Pakan Ternak Sapi Potong

M. Najoan, S. S. Malalantang, Ch. J. Pontoh, C. A. Rahasia, M. R. Waani

Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi, Manado

E-mail: marie.najoan@yahoo.com; sjenny_sm@yahoo.com; cherly.pontoh@yahoo.com; cathrien.rahasia@yahoo.com; mercy_yanti@yahoo.com

Abstrak

Tongkol jagung merupakan bagian dari buah jagung setelah biji dipipil. Kandungan nutrisi tongkol jagung berdasarkan analisis di Laboratorium Ilmu Makanan Ternak meliputi kadar air, bahan kering, protein kasar dan serat kasar berturut-turut sebagai berikut 29,54; 70,45; 2,67 dan 46,52% dalam 100% bahan kering. Tongkol jagung dapat digunakan sebagai bahan konsentrat pada pakan ternak ruminansia akan tetapi memiliki kualitas rendah karena kandungan serat kasar tinggi tetapi protein dan pencernaan rendah. Upaya meningkatkan kualitasnya antara lain melalui teknologi pengolahan amoniasi. Salah satu fungsi amoniasi adalah memutus ikatan lignoselulosa dan hemiselulosa serta menyediakan sumber N untuk mikrobia. Fungsi fermentasi adalah dapat menurunkan serat kasar dan sekaligus meningkatkan pencernaan bahan pakan berserat. Penggunaan teknologi amoniasi fermentasi dapat meningkatkan kandungan protein kasar tongkol jagung dengan menurunkan kandungan serat kasar serta meningkatkan pencernaan tongkol jagung sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pakan yang baik untuk ternak ruminansia. Upaya mengaplikasikan teknologi amoniasi dalam menangani pengolahan limbah pertanian khususnya tongkol jagung untuk dimanfaatkan sebagai pakan konsentrat merupakan suatu cara yang efektif dan efisien sehingga dapat mengatasi mahalanya konsentrat dan meningkatkan kandungan protein kasar tongkol jagung dan kandungan serat kasar serta meningkatkan pencernaan tongkol jagung. Dengan demikian diharapkan ternak dapat berproduksi secara maksimal demi kebutuhan hidup manusia.

Kata-kata kunci: tongkol jagung, amoniasi, pakan ternak, sapi potong

1. Pendahuluan

Desa Wori sebagaimana desa-desa lainnya di Kabupaten Minahasa penduduknya pada umumnya memiliki lahan pertanian/perkebunan dengan pemeliharaan ternak sapi berskala peternakan rakyat dengan jumlah pemilikan 1 – 2 ekor. Namun, usaha pemeliharaan model demikian masih tetap bertahan bahkan dapat memberikan sumbangsih ekonomis bagi petani/peternak. Dari usaha ini dihasilkan antara lain limbah pertanian seperti tongkol jagung yang masih bisa dimanfaatkan sebagai pakan konsentrat, sehingga dapat mengatasi mahalanya harga pakan konsentrat.

2. Metode

Penerapan teknologi ini diadakan dengan metode penyuluhan sekaligus praktek langsung. Proporsi materi yaitu 10% teori dan 90% praktek lapangan. Petani/peternak diberi pelatihan awal berupa teori tentang manfaat teknologi yang akan diterapkan sekaligus manfaat amoniasi dalam upaya meningkatkan kualitas limbah pertanian tongkol jagung yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan konsentrat ternak sapi potong.

Bahan dan alat yang digunakan yaitu wadah penampung, penggilingan, timbangan, sekop untuk mencampur, tongkol jagung, kantong plastik, urea untuk amoniasi, air bersih dan sprayer. Kegiatan terbagi dalam tiga tahapan, yaitu tahap persiapan, amoniasi dan fermentasi. Tahap persiapan meliputi persiapan alat, pengadaan tongkol jagung dan penyediaan uream. Tongkol jagung digiling menggunakan mesin penggiling ± 2 mm kemudian ditimbang. Urea yang telah dilarutkan dalam air bersih disemprot secara merata pada tongkol jagung yang telah digiling selanjutnya dimasukkan dalam kantong plastik, dipadatkan dan diikat rapat-rapat dan disimpan dengan lama penyimpanan selama 4 minggu. Tahap amoniasi dilakukan dengan cara basah menurut Komar (1984). Setelah empat minggu, kantong plastik dibuka dan bahan diangin-anginkan terlebih dahulu untuk menghilangkan bau amonia sehingga diperoleh hasil yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak sapi potong.

Evaluasi terhadap keberhasilan kegiatan dinilai berdasarkan aspek penguasaan pengetahuan selama petani peternak mengikuti pelatihan baik teori serta demonstrasi atau praktek lapangan. Evaluasi tersebut dapat dilakukan dalam bentuk umpan balik sebelum dan sesudah kegiatan untuk mengukur serta menilai penguasaan petani/peternak tentang materi yang diperkenalkan.

3. Hasil Dan Pembahasan

Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk program penerapan IPTEKS telah dilaksanakan pada kelompok tani "Lembah Pamuli" di Desa Wori Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa utara dengan melalui beberapa tahap per kunjangan:

Pertama, melakukan pendekatan kepada pemerintah desa untuk mendapatkan izin serta mendiskusikan tentang waktu pertemuan untuk pelaksanaan penyuluhan/demonstrasi teknologi yang akan diterapkan mengingat pentingnya pengaturan waktu mengumpulkan masa dalam hal ini kelompok petani peternak. Tim mendapatkan respons yang positif dari pemerintah desa yang ternyata sangat terbuka untuk menerima kehadiran tim dan segera mengatur waktu pertemuan selanjutnya.

Kedua, mengunjungi lokasi usaha pemeliharaan ternak sapi milik kelompok ternak. Berdasarkan hasil survei ini ditemukan sistem pemeliharaan ternak sapi skala rumah tangga (pemeliharaan 1 – 2 ekor) dengan umur ternak yang bervariasi. Pemeliharaan masih dilakukan secara tradisional dan untuk memenuhi kebutuhan sewaktu-waktu yang dapat dijual ketika ada keperluan atau khusus disiapkan untuk kebutuhan hari-hari besar.

Ketiga, pelaksanaan pertemuan dan demonstrasi cara pengolahan dan penanganan limbah pertanian tongkol jagung dengan cara amoniasi yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan konsentrat ternak sapi. Pertemuan ini didahului dengan memperkenalkan tim pelaksana program dan keahlian khusus sesuai bidang/teknologi yang akan diperkenalkan. Penyampaian materi didahului dengan pengenalan tentang pentingnya suatu usaha peternakan demi pemenuhan gizi protein hewani, dan pentingnya faktor penanganan dan pengolahan limbah Pertanian. Selanjutnya penyampaian teknik pengolahan limbah dengan menggunakan teknik amoniasi.

4. Kesimpulan

Dari hasil pelaksanaan program ini dapat disimpulkan bahwa:

- a. Masyarakat terutama petani-peternak memang sangat membutuhkan teknologi tepat guna yang sederhana dan mudah dilakukan demi menunjang usaha pemeliharaan ternak terutama penanganan limbah pertanian/peternakan.

- b. Masyarakat terutama petani – peternak dapat mengerti/ memahami dan kemudian melakukan sendiri atau menerapkan langsung teknologi yang telah disampaikan dan didemonstrasikan.
- c. Masyarakat dalam hal ini petani-peternak memperoleh ketambahan pengetahuan dalam hal memanfaatkan dan meningkatkan nilai guna limbah pertanian tongkol jagung untuk dimanfaatkan sebagai pakan konsentrat ternak sapi dengan menggunakan teknik amoniasi.

Daftar Pustaka

- Klopfenstein T. 1987. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.* 6: 841-848.
- Komar A. 1984. Teknologi Pengolahan Jerami Padi sebagai Pakan Ternak. Cetakan Pertama. Yayasan Dian Grahita. Bandung.
- Sumarsih S, Sutrisno CI, Pangestu E. 2007. Kualitas nutrisi dan pencernaan daun eceng gondok amoniasi yang difermentasi dengan *Trichoderma viride* pada berbagai lama pemeraman secara *in vitro*. *Journal Indonesian Tropic Animal Agricultural.* 32 (4):257-261.
- Tampoebolon BIM. 1997. Seleksi dan Karakterisasi Enzim Selulase Isolat Mikrobia Selulolitik Rumen Kerbau. [Tesis]. Magister Ilmu Ternak). Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Van Soest PJ. 1982. Nutritional Ecology of Ruminant: Ruminant Metabolism, Nutritional Strategies, The Cellulolytic Fermentation and The Chemistry of Forages and Plant Fibers. Cornell University Press, Ithaca.
- Wardhani NK, Musofie A. 1991. Jerami jagung segar, kering dan teramoniasi sebagai pengganti hijauan pada sapi potong. *Jurnal Ilmiah Penelitian Ternak Grati.* 2(1):1-5.

Pengaruh Konsentrasi Asam Asetat dan Suhu Ekstraksi terhadap Karakteristik Gelatin Kulit Babi

M. Sompie, S.C Rimbing, S. E. Surtijono dan F. Ratulangi

Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi, Manado
E-mail: meitysompie@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan produksi gelatin kulit babi dengan karakteristik optimum dengan variasi konsentrasi larutan asam asetat dan suhu ekstraksi. Penelitian ini dilakukan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 3x3 dengan ulangan sebanyak tiga kali. Faktor pertama adalah konsentrasi larutan asam asetat (2%, 4%, dan 6 %) untuk merendam kulit babi dan faktor kedua adalah suhu ekstraksi (50°, 55° dan 60° C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi larutan asam asetat dan suhu ekstraksi menyebabkan perbedaan nilai rendemen dan kekuatan gel gelatin kulit babi yang nyata ($P < 0,05$), tetapi tidak terhadap viskositas, kadar protein dan kadar air gelatin kulit babi. Gelatin yang diproduksi menggunakan proses asam dengan konsentrasi larutan asam asetat 2 % dan suhu ekstraksi 55°C menghasilkan karakteristik gelatin yang optimum yaitu rendemen 12,36 %, kekuatan gel 138,16 *g/Bloom*, viskositas 7,21 %, kadar protein 89,79 % dan kadar air 7,30 %.

Kata-kata kunci : gelatin, kulit babi, ekstraksi, asam asetat, rendemen

1. Pendahuluan

Di beberapa negara maju dan berkembang, produk gelatin banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kebutuhan gelatin di Indonesia semakin meningkat dengan pesat, namun industri yang secara khusus memproduksi gelatin belum tersedia. Keadaan ini memaksa pemerintah untuk terus mengimpor gelatin yang semakin meningkat dari tahun ke tahun (Anonim 2008). Pengembangan industri untuk memproduksi gelatin secara komersial diperlukan untuk mengurangiketergantungan pada produk impor. Gelatin sangat penting dalam diversifikasi bahan makanan, karena tingginya kadar protein dan rendahnya kadar lemak (Wulandari 2006).

Kulit babi potensial dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan gelatin, karena kulit ternak sebagai hasil samping (*by products*) industri peternakan memiliki kandungan protein yang cukup tinggi dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Ternak babi cukup menjanjikan, karena seekor babi bisa beranak sampai dua puluh anak sekaligus (Supnet 1980). Dengan demikian, kulit babi sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku gelatin yang selanjutnya akan menjadi bahan dasar dalam pembuatan *edible film*.

Gelatin merupakan produk hidrokoloid yang diperoleh dengan menghidrolisis protein kolagen yang terdapat pada kulit, tulang, dan jaringan pengikat (Ockerman & Hansen 2000). Penggunaan gelatin sangat luas antara lain dapat digunakan sebagai bahan makanan (agen pembentuk gel), pengental, pengemulsi, pembentuk busa dan *edible film*, bahan baku kapsul lunak dan keras di industri farmasi (Imeson 1992; Antoniewski 2007; Karim & Bhat 2008; Park *et al.* 2008). Pada prinsipnya gelatin dapat dibuat dari bahan yang kaya akan kolagen seperti kulit sapi, babi maupun hewan lainnya. Proses produksi gelatin dari kulit sapi atau

hewan besar lainnya lebih lama dan membutuhkan air pencuci/ bahan penetral yang lebih banyak. Hal ini mengakibatkan kurang berkembangnya industri gelatin tersebut karena memerlukan investasi besar dan dengan sendirinya harga gelatin relatif mahal. Peningkatan jumlah populasi ternak babi di Indonesia khususnya di Sulawesi Utara dalam waktu lima tahun terakhir ini membuka peluang pemanfaatan kulit babi sebagai sumber gelatin.

Kualitas gelatin dipengaruhi oleh tahapan proses pembuatan gelatin seperti *swelling* (pembengkakan), ekstraksi, presipitasi (penyaringan hasil ekstraksi) dan pengeringan. *Swelling* atau pembengkakan biasanya menggunakan larutan asam, basa atau asam dan basa. Jenis dan konsentrasi larutan asam tersebut mempengaruhi sifat gelatin yang dihasilkan. Kolodziejska *et al.* (2004) menyatakan bahwa bahan kimia yang digunakan sebelum perlakuan maupun dalam kondisi ekstraksi (suhu dan waktu) dapat berpengaruh terhadap panjang rantai polipeptida dan sifat fungsional gelatin. Lebih lanjut dikatakan oleh Chamidah & Elita (2002), ekstraksi gelatin kulit ikan hiu menggunakan asam asetat 2,18% dan lama perendaman 4 jam menghasilkan gelatin dengan kekuatan gel tertinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Zhou & Regenstein (2005) dalam Said (2011) bahwa kekuatan gel yang menggunakan asam asetat lebih tinggi dibandingkan dengan asam sulfat dan asam sitrat. Gelatin dapat diproduksi melalui proses asam atau basa. Larutan asam asetat dapat mengubah serat kolagen *triple helix* menjadi rantai tunggal (Ward & Court 1977). Selain itu keuntungan proses asam, di antaranya relatif singkatnya waktu persiapan bahan baku dan biaya lebih murah. Konsentrasi larutan asam asetat juga mempengaruhi jumlah kolagen yang terlarut pada waktu proses ekstraksi berlangsung (Wang *et al.* 2008). Konsentrasi asam asetat 3,5 % berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisik gelatin kulit kaki ayam (Ulfah 2011) dan penggunaan asam asetat 2,18 % dan lama perendaman 4 jam pada ekstraksi gelatin kulit ikan hiu menghasilkan kekuatan gel yang tinggi (Chamidah & Elita 2002).

Gelatin yang berkualitas tinggi diperoleh dengan suhu ekstraksi yang rendah, tetapi suhu ekstraksi yang tinggi akan meningkatkan rendemen (Ockerman & Hansen 2000). Konsentrasi larutan asam asetat dengan suhu ekstraksi yang berbeda diharapkan akan menghasilkan gelatin dengan karakteristik yang baik. Berdasarkan hal tersebut diatas, dilakukan suatu penelitian yang bertujuan untuk menentukan produksi gelatin kulit babi dengan karakteristik yang optimum dengan perlakuan konsentrasi asam asetat dan suhu ekstraksi yang berbeda.

2. Metode Penelitian

Bahan utama penelitian yaitu sebanyak 5 lembar kulit babi yang diperoleh dari ternak babi di Manado umur potong 7 bulan. Bahan-bahan lain yang dibutuhkan ialah H_2SO_4 , NaOH, CH_3COOH , $Ca(OH)_2$, akuades, kain planel, kertas saring dan indikator PP. Proses produksi gelatin menggunakan *water bath*, oven elektrik, timbangan analitik, gelas kimia, corong gelas, gelas ukur, termometer, ember dan pisau. Alat-alat yang digunakan untuk proses analisis antara lain *Texture Analyser* model TAXT2 (Stable Microsystem, UK), *Viscometer Brookfield* RTV, pH meter 2 elektroda (Consort P901, ECC), *Elektroforesis* (SDS-PAGE), *Spectrofotometer* UV dan peralatan untuk pengujian proksimat.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 3x3 dengan ulangan sebanyak tiga kali. Faktor pertama adalah perlakuan konsentrasi larutan asam asetat (2%, 4% dan 6 %) dan faktor kedua adalah suhu ekstraksi (50°C, 55°C dan 60°C). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA. Apabila terdapat perbedaan nyata di antara perlakuan, analisis dilanjutkan dengan uji beda nyata menurut Duncan's Multiple Range Test (Steel & Torrie 1991).

Gelatin kulit babi dibuat dengan cara ekstraksi melalui proses asam. Kulit babi yang telah bersih dari sisa-sisa lemak dan daging yang menempel dicuci bersih lalu dipotong kecil-kecil berukuran kira-kira 1 cm x 1 cm. Kulit yang sudah dipotong-potong kecil ditimbang, lalu direndam dalam larutan asam asetat 2, 4 dan 6% sesuai dengan perlakuan sambil diaduk. Setelah proses perendaman kulit dicuci kembali dengan air mengalir berkali-kali sampai air cucian pH sekitar 6. Kulit dari tiap perlakuan diekstraksi dengan perlakuan suhu 50°C, 55°C dan 60°C selama 5 jam. Hasil ekstraksi disaring dengan kain penyaring dan larutan gelatin yang diperoleh dituang ke dalam wadah berukuran 30,5 cm x 30,5 cm. Proses berikutnya ialah pemekatan pada suhu 60°C selama 3 jam, pendinginan dalam refrigerator 5-10°C selama 30 menit lalu pengeringan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24- 48 jam sampai kering. Gelatin yang diperoleh berbentuk lembaran lalu dihaluskan menggunakan blender, dikemas dalam wadah plastik vakum dan disimpan dalam desikator untuk analisis lebih lanjut. Peubah yang diteliti dalam penelitian ini adalah rendemen, kekuatan gel, viskositas, kadar protein dan kadar air gelatin.

3. Hasil dan Pembahasan

Rendemen

Rendemen gelatin adalah jumlah gelatin kering yang dihasilkan dari sejumlah bahan baku kulit dalam keadaan bersih melalui proses ekstraksi (Said 2011). Rerata rendemen gelatin kulit kaki babi dengan perlakuan perbedaan konsentrasi asam asetat dan suhu ekstraksi ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen (%) gelatin kulit babi

Suhu Ekstraksi (°C)	Konsentrasi asam asetat (%±Sd)		
	2	4	6
50	11,22±0,25	11,74±0,75	11,01±0,43
55	12,36±0,42	11,59±0,09	12,29±0,18
60	11,08±0,17	12,34± 0,30	12,67 ±0,10

Keterangan: Sd= Standar deviasi

Rendemen gelatin kulit babi memiliki kecenderungan naik dengan peningkatan suhu ekstraksi (Tabel 1). Semakin meningkat suhu ekstraksi maka semakin tinggi pula rendemen gelatin yang dihasilkan. Ockerman & Hansen (2000) menyatakan suhu ekstraksi yang tinggi akan meningkatkan rendemen karena struktur kolagen terbuka akibat beberapa ikatan dalam molekul proteinnya terlepas.

Kekuatan Gel

Kekuatan gel berhubungan dengan kemampuan mengubah cairan menjadi padatan atau mengubah bentuk sol menjadi gel yang bersifat reversibel. Ciri khas gelatin yaitu kemampuannya untuk membentuk gel (Glicksman 1969). Rerata gelatin kulit babi dengan perlakuan perbedaan konsentrasi asam asetat dan suhu ekstraksi disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Kekuatan gel (g/Bloom) gelatin kulit babi

Suhu Ekstraksi (°C)	Konsentrasi asam asetat (%±Sd)		
	2	4	6
50	134,84±0,62	134,81±0,56	134,77±0,65
55	138,16±0,40	136,02±0,02	137,09±0,81
60	143,12±0,17	142,09 ±0,91	140,44±0,21

Keterangan: Sd= Standar deviasi

Semakin meningkat suhu ekstraksi maka nilai kekuatan gel gelatin kulit babi yang dihasilkan semakin meningkat (Tabel 2). Hal ini dapat dikaitkan dengan perbedaan kandungan hidroksiprolin. Kandungan hidroksiprolin yang rendah menyebabkan rendahnya kekuatan gel gelatin. Keberadaan hidroksiprolin menyebabkan kestabilan ikatan hidrogen antara molekul air dan gugus hidroksil bebas dari asam amino dalam gelatin, yang sangat penting untuk kekuatan gel (Amesen & Gildberg 2002). Di samping itu kekuatan gel berhubungan dengan panjang rantai asam amino dan rantai asam amino yang panjang akan memberikan kekuatan gel yang besar (Astawan & Aviana 2002). Selanjutnya, Sims *et al.* (1997) menyatakan bahwa syarat pembentukan gel yang stabil yaitu adanya kemampuan rantai yang bebas untuk membentuk banyak ikatan silang. Pada Tabel 2 juga terlihat rata-rata nilai kekuatan gel menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi asam asetat. Menurunnya nilai kekuatan gel disebabkan oleh terjadinya proses pemutusan rantai polimer asam amino dengan bertambahnya konsentrasi asam, sehingga ikatan antara molekul-molekul polimer penyusun kolagen terpecah menjadi rantai monomer yang sangat pendek dan mengalami kerusakan, menyebabkan proses pembentukan gel menjadi berkurang. Rerata nilai kekuatan gel yang diperoleh berkisar antara 134,77-143,12 g/Bloom. Hasil penelitian ini masih termasuk dalam kisaran standar mutu gelatin kriteria ISO yaitu 75 - 300 g/Bloom (Said 2011).

Viskositas

Viskositas merupakan parameter sifat fisik gelatin yang sangat penting dan dipengaruhi oleh berat molekul dan rantai panjang asam amino gelatin (Ulfah 2011). Viskositas cenderung meningkat seiring semakin meningkatnya suhu ekstraksi tetapi peningkatan konsentrasi asam asetat tidak mempengaruhi viskositas gelatin (Tabel 3). Nilai viskositas gelatin yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu 6,41–7,22 cP dan masih termasuk dalam kisaran standar mutu SNI yaitu antara 2,0–7,5 cP (Wahyuni & Rosmawaty 2003).

Tabel 3. Viskositas (cP) gelatin kulit babi

Suhu Ekstraksi (°C)	Konsentrasi asam asetat (%±Sd)		
	2	4	6
50	6,47±0,38	6,41±0,21	6,51±0,13
55	7,21±0,01	7,18±0,07	7,05±0,07
60	7,22±0,19	7,15±0,06	7,08±0,14

Keterangan: Sd= Standar deviasi

Kadar Protein

Kadar protein merupakan salah satu syarat dalam penentuan kualitas gelatin. Rerata persentase kadar protein gelatin kulit babi dengan perlakuan perbedaan konsentrasi asam asetat dan suhu ekstraksi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar Protein (%) gelatin kulit babi

Suhu Ekstraksi (°C)	Konsentrasi asam asetat (%±Sd)		
	2	4	6
50	89,69±0,57	89,18±0,07	88,92±0,57
55	89,79±0,77	90,55±0,69	90,22±0,11
60	91,21±0,16	91,03±0,32	89,23±0,15

Keterangan: Sd= Standar deviasi

Peningkatan suhu ekstraksi mengakibatkan peningkatan kadar protein (Tabel 4). Kolagen mengalami denaturasi saat dipanaskan dalam larutan pada suhu 30 °C – 40 °C. Pada waktu protein mengalami denaturasi, tidak ada ikatan kovalen pada kerangka rantai polipeptida yang rusak, sehingga deret asam amino khas protein tetap utuh setelah denaturasi. Konversi tropokolagen menjadi gelatin menyebabkan terputusnya ikatan hidrogen yang membuat stabil ikatan triplet dan berubah menjadi ikatan konfigurasi ikatan acak gelatin (Ockerman & Hansen 2000).

Konsentrasi asam asetat yang lebih tinggi menurunkan kadar protein gelatin kulit babi (Tabel 4). Hal ini disebabkan karena asam asetat akan menghidrolisis ikatan peptida lebih kuat, sehingga protein akan hilang saat proses pencucian kulit babi. Konsentrasi larutan asam asetat yang tinggi menyebabkan pemutusan ikatan hidrogen dan pembukaan struktur kolagen secara berlebihan. Hal ini mengakibatkan sebagian asam amino terekstrak, terlepas dari kolagen dan terikut air cucian, sehingga kadar protein gelatin yang dihasilkan lebih rendah (Ulfah 2011).

Kadar protein gelatin menunjukkan tingkat kemurnian gelatin yang diperoleh. Gelatin sebagai salah satu jenis protein konversi yang dihasilkan melalui proses hidrolisis kolagen. Kadar protein gelatin menurut SNI berkisar antara 85 - 90 % (Imeson 1999; Taufik 2011; Ulfah 2011) sehingga kadar protein dalam penelitian ini (88,93 – 91,22 %) masih berada pada kisaran standar yang ditetapkan.

Kadar Air

Kadar air merupakan parameter penting untuk suatu produk pangan, karena kadar air sangat erat hubungannya dengan umur simpan gelatin. Kandungan air dalam bahan pangan menentukan penerimaan, kesegaran dan daya tahan bahan tersebut (Winarno 1997).

Tabel 5. Kadar air (%) gelatin kulit babi

Suhu Ekstraksi (°C)	Konsentrasi asam asetat (%±Sd)		
	2	4	6
50	7,30±0,07	7,68±0,37	7,33±0,47
55	7,30±0,06	7,26±0,69	7,64±0,54
60	7,58±0,22	7,11±0,32	7,09±0,10

Keterangan: Sd= Standar deviasi

Peningkatan suhu ekstraksi menyebabkan penurunan kadar air gelatin (Tabel 5). Penurunan kadar air gelatin akibat tingginya suhu ekstraksi disebabkan karena terjadinya denaturasi yang mengakibatkan perubahan molekul dan jumlah air yang terikat menurun. Struktur kolagen yang terbuka dan lemah menghasilkan gelatin dengan struktur yang lemah, sehingga daya ikat air pada gelatin kurang kuat. Daya ikat air yang lemah akan mengakibatkan air mudah menguap saat pengeringan gelatin dan kadar air gelatin kering menjadi lebih rendah (Astawan & Aviana 2002; Ulfah 2011). Kadar air gelatin kulit babi dalam penelitian ini ialah 6,09 – 8,30%, sedangkan kadar air gelatin 11 % (Cole 2000) dan standar maksimal SNI untuk kadar air gelatin sampai 16% (Wahyuni & Rosmawaty 2003).

4. Kesimpulan

Gelatin yang diproduksi menggunakan proses asam dengan konsentrasi larutan asam asetat 2 % dan suhu ekstraksi 55°C menghasilkan karakteristik gelatin yang optimum yaitu rendemen 12,36 %, kekuatan gel 138,16 *g/Bloom*, viskositas 7,21 %, kadar protein 89,79 % dan kadar air 7,30 %.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2008. Amino Acid Composition. Gelatin Manufacturers Association of Asia Pasific. diakses 4 November 2008.
- Antoniewski MN, Barringer SA, Knipe C L, Zerby HN. 2007. Effect of a gelatin coating on the shelf life of fresh meat. *J. Food Sci.* 72 : E382-387.
- Astawan M, Hariyad P, Mulyani A. 2002. Analisis sifat reologi gelatin dari kulit ikan cucut. *Journal Teknologi dan Industri Pangan* 13 : 38-46
- Chamidah A, Elita Ch. 2002. Pengaruh pengolahan terhadap kualitas gelatin ikan hiu. Seminar Nasional PATPI. Malang.
- Cole CGB, McGill AEJ. 1988. The properties of gelatins derived by alkali and enzymic conditioning of bovine hide from animals of various ages. *J. Food Sci. Leather Technology Chemistry.* 72: 159-164
- Imeson A. 1992. Thickening and Gelling Agents for Food. Aspen Publishers. New York.
- Karim AA, Bhat R. 2008. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids.* 23(3): 563 - 576 .
- Kolodziejska I, Kaczorowski K, Piotrowska B, Sadowska M. 2004, Modification of properties of gelatin from skins of Baltic cod (*Gadus morhua*) with transglutaminase. *Food Chemistry.* 86: 203-209.
- Ockerman HW, Hansen CL. 2000. Animal by product processing and utilization. CRC Press. USA.
- Park JW, Whiteside WS, Cho SY. 2008. Mechanical and water vapor barrier properties of extruded and heat-pressed gelatin films. *LWT.* 41 : 692-700.
- Said MI, Triatmojo SY, Erwanto, Fudholi A. 2011. Karakteristik gelatin kulit kambing yang diproduksi melalui proses asam basa. *J. Agritech.* 31(3) : 0216-0455.

- Sims TJ, Bailey AJ, Field DS.. 1997. The chemical basis of molecular weight differences in gelatins. *The Imaging Science Journal*. 45 : 171-177
- Steel RGD, Torrie JH. 1991. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Supnet MG. 1980. Pork Production Manual. University of the Phillipines Los Banos College. Loguna Phillippines.
- Taufik M. 2011. Kajian potensi kulit kaki ayam broiler sebagai bahan baku gelatin dan aplikasinya dalam *edible film* antibakteri. [Disertasi]. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ulfah M. 2011. Pengaruh konsentrasi larutan asam asetat dan lama waktu perendaman terhadap sifat-sifat gelatin ceker ayam. *J. Agritech*. 31(3) : 161-167.
- Wahyuni M, Rosmawaty P. 2003, Perbaikan daya saing industri perikanan melalui pemanfaatan limbah non ekonomis ikan menjadi gelatin. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Wang L, Auty MAE, Rau A, Kerry JF, Kerry JP. 2008. Effect of pH and addition of corn oil on the properties of gelatin based biopolymer film. *J. of Food Engineering* 90 (1) : 11-19.
- Ward AG, Courts A. 1977., *The Science and Technology of Gelatin*, Academic Press, London.
- Winarno FG. 1997. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wulandari D. 2006. Ekstraksi dan karakteristik gelatin dari kulit kaki ayam. [Tesis]. Program Studi Ilmu Peternakan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.



Aktivitas Antioksidan Alga Laut *Gracilaria salicornia* dan *Turbinaria decurens*

Grace Sanger

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unsrat Manado 95115
sanger.grace@yahoo.co.id

Abstrak

Gracilaria salicornia dan *Turbinaria decurens* dapat tumbuh dan dibudidayakan di perairan Sulawesi Utara. Senyawa bioaktif rumput laut ini dapat berfungsi sebagai antidiabetes, antimikroba antiperadangan dan antikanker yang sangat berhubungan erat dengan radikal bebas karena itu aktivitas antioksidannya harus diukur. Penelitian ini menganalisis aktivitas peredam radikal bebas dari ekstrak rumput laut/seaweed metanol dalam air (30; 50; 70%) dengan menggunakan 1,1-diphenil-2-picrylhydrazyl (DPPH) dengan spektrofotometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak metanol 70% *Gracilaria salicornia* mempunyai aktivitas peredam radikal DPPH tertinggi ($62,262 \pm 2.489\%$), sedangkan *Turbinaria decurens* pada ekstrak metanol 50% ($66.848 \pm 3.993\%$).

Kata-kata kunci: aktivitas antioksidan, *Gracilaria salicornia*, *Turbinaria decurens*, DPPH

1. Pendahuluan

Species oksigen reaktif (SOR) dihasilkan oleh organisme hidup selama metabolisme dalam bentuk superoksida anion ($O_2^{\bullet-}$), radikal hidroksil (OH^{\bullet}), radikal alkoksil (RO^{\bullet}), radikal peroksil (ROO^{\bullet}) hydrogen peroksida (H_2O_2), nitrat oksida (NO^{\bullet}), nitrat dioksida (NO_2), dan peroksinitrit ($OONO^{\bullet}$). Nilai ROS yang berlebihan menyebabkan oksidasi biomolekuler yang mengakibatkan kerusakan sel, kematian dan stres oksidatif yang menyebabkan berbagai jenis penyakit, seperti kanker, diabetes, arteriosklerosis, katarak, parkinson dan dapat menyebabkan inaktivasi enzim terganggu serta kerusakan oksidatif sistem selular (Yan *et al.* 1999; Stief 2003). Pengaruh berbahaya SOR diimbangi oleh antioksidan non enzimatis dengan penambahan antioksidan enzim (Swaran 2009).

Antioksidan diperlukan untuk memperbaiki kerusakan sel-sel dan jaringan yang disebabkan radikal bebas. Contoh enzim yang memperbaiki DNA pada inti sel adalah metionin sulfoksida reduktase. Adanya enzim-enzim perbaikan DNA ini berguna mencegah penyakit kanker. Hasil berbagai penelitian dengan menggunakan hewan percobaan telah mendukung teori bahwa mengkonsumsi antioksidan yang memadai dapat mengurangi terjadinya berbagai penyakit seperti kanker, kardiovaskuler, katarak, serta penyakit degeneratif lain (Halliwell & Gutteridge 1999).

Yuan *et al.* (2005^b) melaporkan bahwa alga laut mengandung senyawa antioksidan, seperti fukosantin, astaxantin, phlorotannin, klorofil, fosfolipid, flavonoid, bromfenol dan polisakarida. Senyawa antioksidan aktif dari alga laut yang telah diidentifikasi adalah phylophenophyllin didalam *Eisenia bicyclis*, phlorotannin didalam *Sargassum kjellmanianum*, fucoxantin di dalam *Hijikia fusiformis* (Ganesan *et al.* 2008).

Alga laut coklat ditemukan pada beberapa ekstrak menunjukkan nilai nutraceutical sebagai antioksidan potensial melalui pengurangan radikal toksisitas yang terinduksi, antiobesitas, daya reduksi dan pengkelat ion. *Turbinaria* menunjukkan potensial mempunyai

kemampuan meredam DPPH[•], kapasitas reduksi HO[•] dan aktivitas pengkelat ion Fe²⁺ (Kim *et al.* 2008, Mantanjung *et al.* 2008). Yuan *et al.* (2005^a) melaporkan bahwa isoflavin berpotensi memiliki sifat-sifat antioksidan yaitu dapat mengurangi resiko terserang penyakit kanker dalam jangka waktu panjang, dengan mencegah kerusakan DNA oleh radikal bebas.

Pada pengujian aktivitas antioksidan jika semua elektron pada radikal bebas DPPH menjadi berpasangan, maka warna larutan berubah dari ungu tua menjadi kuning terang dan absorbansi pada panjang gelombang 517 nm akan hilang. Perubahan ini dapat diukur secara stoikiometri sesuai dengan jumlah elektron atau atom hidrogen yang ditangkap oleh molekul DPPH akibat adanya zat antioksidan. Aktivitas antioksidan merupakan kemampuan suatu senyawa atau ekstrak untuk menghambat reaksi oksidasi yang dapat dinyatakan dengan persen penghambatan (Gurav *et al.* 2007).

2. Metoda Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Januari 2012 – April 2012. Alga laut *Gracillaria salicornia* dan *Turbinaria decurens* diambil dari perairan Desa Arakan, Kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Jarak dari garis pantai 500 -1500 m pada kedalaman 1-5 meter.

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) dibeli dari Sigma Aldrich dan kertas saring Whatman no.1. dibeli dari Merk. Pelarut-pelarut dan senyawa kimia lainnya sesuai standart analisis. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *rotary vacum evaporator*, destilator Buchi, *vacum desikator*, *freeze dryer*, timbangan digital, mikropipet, spektrofotometer UV, dan oven.

Sebanyak 250 g sampel segar alga laut *G. salicornia* dan *T. Decurens* masing-masing dihancurkan dengan blender kemudian diekstraksi menggunakan konsentrasi metanol dalam air 30%, 50%, dan 70% dengan perbandingan 1:2 (b/v), kemudian direndam selama semalam. Ekstraksi dilakukan sebanyak 3x, dengan cara yang sama (Devi *et al.* 2008). Maseratnya ditampung, kemudian difiltrasi dengan kertas saring Whatman no.1 Filtrat dikumpulkan diuapkan menggunakan evaporator vakum (40°C) hingga didapatkan ekstrak metanol 30,50 dan 70% dari 2 jenis alga laut. Kemudian semua ekstrak alga laut dianalisis aktivitas antioksidan DPPH.

Aktivitas Antioksidan Peredam Radikal DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) (Chew *et al.* 2008)

Sebanyak 0.0036 gr DPPH ditimbang kemudian dilarutkan dalam metanol pa. 100 ml. Timbang 1 g ekstrak sampel dilarutkan dalam metanol 10 ml. Pipet 0.5 ml ekstrak, ditambahkan 2 ml DPPH (93 mM), divortex kemudian diinkubasi pada ruangan gelap selama 30 menit. Ukur absorbansinya dengan spectrophotometer pada panjang gelombang 517 nm Aktivitas antioksidan DPPH dinyatakan dalam:

$$\% \text{ penghambatan} = [A \text{ Kontrol} - A \text{ sampel} / A \text{ Kontrol}] \times 100\%.$$

3. Hasil dan Pembahasan

DPPH adalah senyawa yang stabil pada suhu kamar telah digunakan secara ekstensif sebagai radikal bebas untuk mengevaluasi senyawa-senyawa pereduksi dan merupakan reagen yang bermanfaat untuk menginvestigasi aktivitas senyawa peredam radikal bebas, (Chandini *et al.* 2008; Huang & Prior 2005). Pengukuran aktivitas peredam radikal DPPH alga laut *G. salicornia* dan *T. decurens* dapat dilihat pada Tabel 1. Aktivitas antioksidan alga laut merah *G. salicornia* tertinggi pada ekstrak metanol 70% dengan persentase (%)

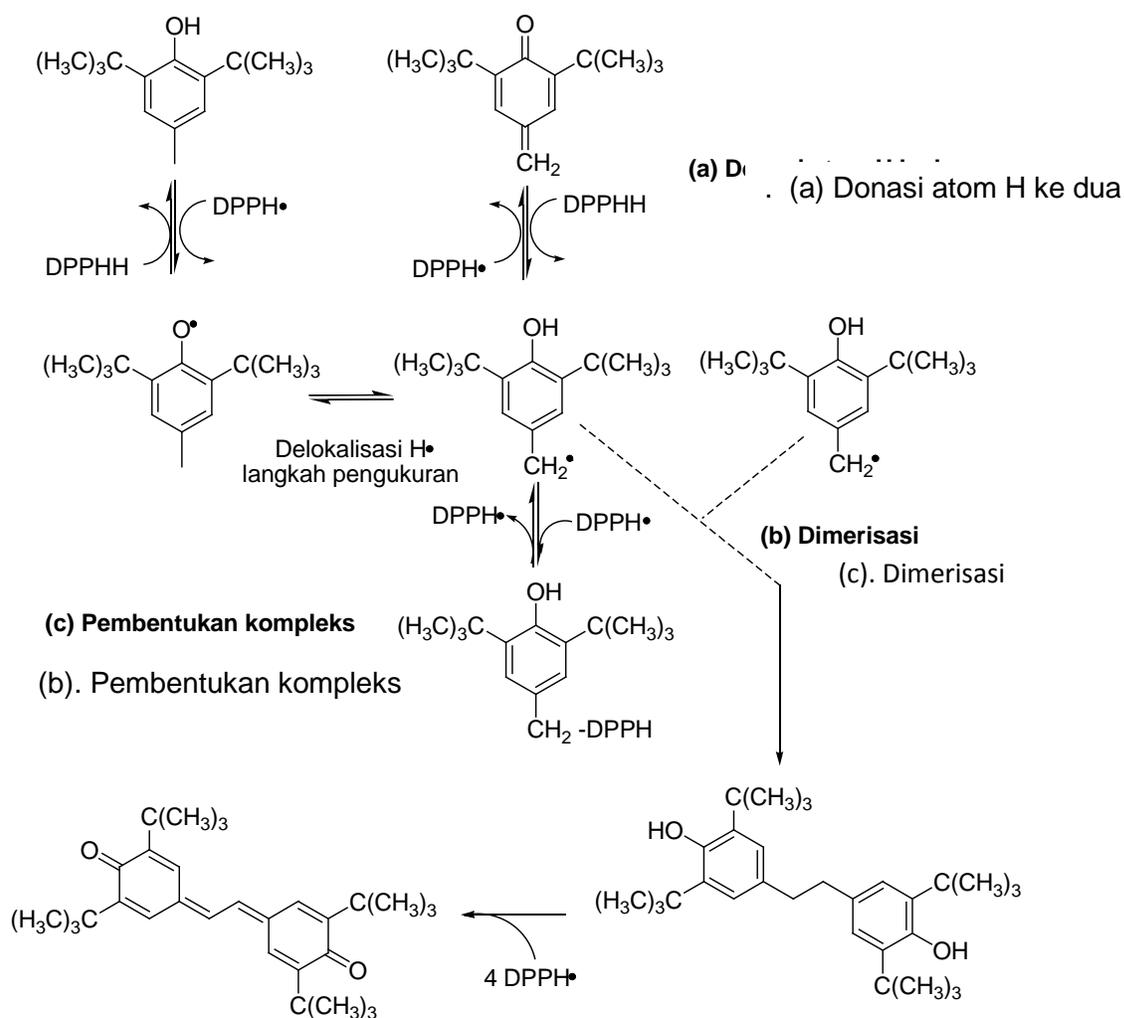
penghambatan $62.262 \pm 2.489\%$. Aktivitas antioksidan alga laut merah dapat disebabkan oleh tingginya kadar total fenol dan dapat juga disebabkan oleh senyawa non-fenolik seperti pigmen. Alga laut merah memiliki pigmen fikoeiretrin (*phycoerethrin*) dan fikosianin (*phycocyanin*) yang struktur dasarnya pirol dan berprotein. Fikoeiretrin adalah pigmen yang berwarna merah cerah dan memancarkan warna oranye sedangkan fikosianin berwarna biru dan memancarkan warna merah tua (Yabuta *et al.* 2010).

Tabel 1. Aktivitas Antioksidan peredaman radikal DPPH ekstrak metanol 30,50 dan 70% alga Laut *G.salicornia* dan *T.decurens* (100 mg/ml).

Alga Laut	Aktivitas Antioksidan					
	% Methanol	Ulangan			% Penghambatan	
		1	2	3	Rata-Rata	SD
<i>G.salicornia</i>	30	61.619	66.494	57.772	61.962	4.371
	50	61.313	51.900	61.226	58.146	5.409
	70	61.831	64.939	60.017	62.262	2.489
<i>T.decurens</i>	30	20.575	21.196	22.205	21.325	0.823
	50	62.422	67.935	70.186	66.848	3.993
	70	-	-	-	-	-

Aktivitas antioksidan peredam radikal DPPH alga laut coklat *Turinaria decurens* tertinggi terdapat pada ekstrak metanol 50%, yaitu sebesar 66.848% sedangkan pada ekstrak metanol 70% aktivitas antioksidan DPPH tidak terdeteksi. Alga laut coklat mengandung phlorotannins yang mempunyai lebih dari 8 cincin yang saling berhubungan, karena itu mereka lebih potensial sebagai peredam radikal bebas dari pada polifenol lain dari tanaman darat (termasuk *catechin* tea hijau), yang hanya mempunyai tiga sampai empat cincin. Polifenol dapat bertindak sebagai antioksidan melalui mekanisme meredam radikal, memadam singlet oksigen dan mengkelat ion logam (Sroka & Cisowski 2003, Mukai *et al.* 2005). Alga laut merupakan sumber yang kaya berbagai antioksidan alami. yang mempunyai aktivitas sebagai penangkap elektron, Senyawa-senyawa seperti polifenol, flavonol, flavonol glukosida dan phlorotanin terdapat pada ekstrak metanol alga laut merah dan coklat. Keunikan dari molekul skeletannya dan strukturnya berkontribusi aktivitas antioksidan yang kuat (Zakaria *et al.* 2011).

Menurut Brand-Williams (1995), berdasarkan mekanisme reaksi senyawa antioksidan dengan radikal bebas, senyawa antioksidan mempunyai sifat yang relatif stabil dalam bentuk radikalnya. Terdapat tiga langkah mekanisme reaksi antara DPPH dengan zat antioksidan, dicontohkan senyawa monofenolat (Gambar 1). Langkah pertama meliputi delokalisasi satu elektron pada gugus yang tersubstitusi para dari senyawa tersebut, kemudian memberikan atom hidrogen untuk mereduksi DPPH. Langkah berikutnya meliputi dimerisasi dua radikal fenoksil, yang akan mentransfer radikal hidrogen, kemudian bereaksi kembali dengan radikal DPPH. Langkah terakhir adalah pembentukan kompleks antara radikal aril dengan radikal DPPH. Pembentukan dimer maupun kompleks antara zat antioksidan dengan DPPH tergantung pada kestabilan dan potensial reaksi dari struktur molekulnya.



Gambar 1. Mekanisme Reaksi Senyawa Antioksidan dengan DPPH (Brand-Williams, 1995).

Young & Woodside (2001) melaporkan bahwa pembentukan radikal bebas didalam tubuh terutama superoksida dan radikal hidroksil terjadi melalui beberapa mekanisme endogenous dan faktor lingkungan (Gambar 2).

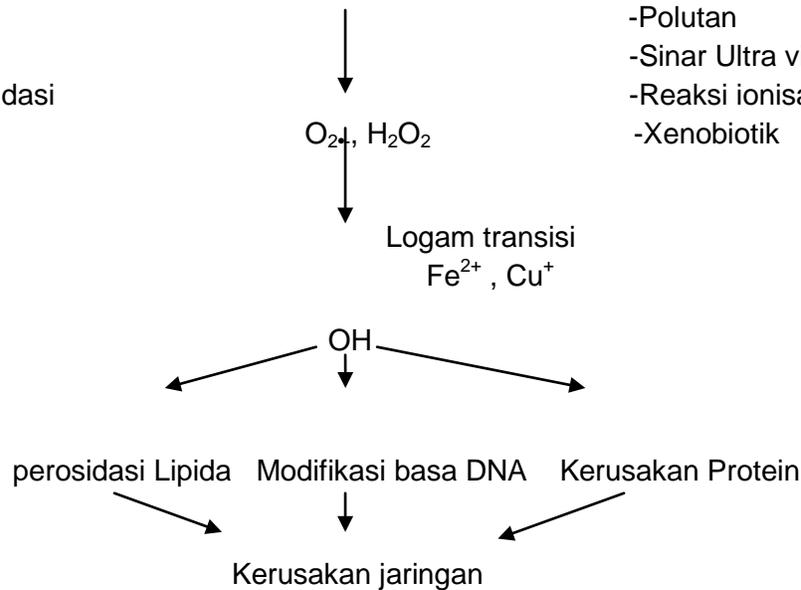
Sumber Endogenous:

- Tetesan Mithokondria
- Respirasi
- Reaksi Enzim
- Reaksi autooksidasi

PRODUKSI RADIKAL BEBAS

Sumber lingkungan:

- Asap rokok
- Polutan
- Sinar Ultra violet
- Reaksi ionisasi
- Xenobiotik



Gambar 2. Sumber Radikal Bebas dalam tubuh (Young & Woodside 2001)

Berdasarkan hasil penelitian isolasi menunjukkan bahwa alga laut merah banyak mengandung jenis-jenis asam lemak, dan berdasarkan uji in-vitro maupun in-vivo terbukti mempunyai banyak sifat biofungsional yang sangat bermanfaat untuk kesehatan. Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa asam lemak alga laut yang mempunyai kemampuan mengkelat ion bersifat sebagai antikanker. Asam lemak sebagai molekul bioaktif yang mempunyai tingkat sitotoksik yang berbeda terhadap sel kanker (Kim *et al.* 2006). Allophycocyanin (APC) yang terdapat dalam *phycobilisome* pada alga laut merah adalah biliprotein dengan dua sub unit yang berbeda α - dan β , tiap sub unit mempunyai satu *phycobilin*. Biliprotein sebagai biaktif protein yang berperan memadamkan radikal peroksil yang terutama sebagai antitumor (Chen *et al.* 2011).

Turbinaria sp. ditemukan mempunyai aktivitas antioksidan dan antiperadangan. Spesies ini dicatat mempunyai senyawa nutrisi yang esensial yaitu garam mineral (K, Ca dan Fe), serat larut, protein yang dapat dicerna dan sedikit PUFA (Chakraborty *et al.* 2013). Bioaktif protein pada tingkat jenuh ammonium sulfat alga laut coklat *T. decurens* menunjukkan aktivitas yang kuat dengan daerah penghambatan untuk *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella thypi* masing-masing 18,33 mm dan 13,30 mm (Dali *et al.* 2013).

Alga laut coklat ditemukan pada beberapa ekstrak menunjukkan nilai nutraceutical sebagai antioksidan potensial melalui pengurangan radikal toksisitas yang terinduksi, antiobesitas, daya reduksi dan pengkelat ion. *Turbinaria* menunjukkan potensial mempunyai kemampuan meredam DPPH[•], kapasitas reduksi HO[•] dan aktivitas pengkelat ion Fe²⁺ (Kim *et al.* 2008, Mantanjung *et al.* 2008).

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *G. salicornia* dan *T. decurens* mempunyai aktivitas antioksidan peredam radikal DPPH[•], mempunyai sifat biofungsional

yang dapat dimanfaatkan untuk mencegah dan mengobati penyakit degeneratif yang disebabkan oleh radikal bebas, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan alamiah.

Daftar Pustaka

- Brand-Williams W, Velier MECU, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-wissenschaft und Technologie*, 28, 25-30.
- Chakraborty K, Praveen NK, Vijayan KK, Rao GS. 2013. Evaluation of phenolic contents and antioxidant activities of brown seaweeds belonging to *Turbinaria* spp. (Phaeophyta, Sargassaceae) collected from Gulf of Mannar. *Asian Pac. J. Trop. Biomed*, 3(1): 8–16.
- Chandini SK, Ganesan P, Baskhar N. 2008. In vitro antioxidant activities of three selected brown seaweeds of India. Science Direct. *Food Chemistry*. 107:707-713.
- Chen Y, Shaofang Liu, Cui Y, Jiang P, Chen H, Li F, Qin S. 2011. Biosynthesis and Immobilization of Biofunctional Allophycocyanin, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine Volume, Article ID 751452, 6 pages.
- Chew YL, Lim YY, Omar M, Khoo KS. 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. Science Direct LWT. 41: 1067-1072.
- Dali S, Natsir H, Usman H, Ahmad A 2013. Bioactivity of protein fraction in brown algae, *turbinaria decurrens*, as antibacterial agent. *Marina Chimica Acta*. 14 (1).
- Devi KP, Suganthy N, Kesika P, Pandian SK. 2008. Bioprotective properties of seaweeds: in vitro evaluation of antioxidant activity and antimicrobial activity against food borne bacteria in relation to polyphenolic content. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 8(3): 882-888.
- Ganesan P, Kumar CS, Baskar N. 2008. Antioxidant properties of methanol extract and its solvent fraction obtain from selected index red sea weeds. *Bioresources Technology* 99(2008) 2717-2723.
- Gurav S, Deshkar N, Gulkari V, Duragkar N, Patil A. 2007, Free radical scavenging activity of *Polygala chinensis* Linn. *Pharmacology on line*, 2 : 245-253.
- Halliwell B, Gutteridge JMC. 1999. Free Radicals in Biology and Medicine, 3rd ed. Oxford University Press. New York.
- Huang D, Ou B, Prior RL. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J Agric Food Chem*. 53: 1841-1856.
- Kim MS, Kim J YW, Choi H, Lee SS. 2008. Effects of seaweed supplementation on blood glucose concentration, lipid profile, and antioxidant enzyme activities in patients With type 2 diabetes mellitus. *Nutr Res Pract*. Summer. 2(2): 62–67.
- Mukai K, Nagai S, Ohara K. 2005. Kinetic study of the quenching reaction of singlet oxygen by tea catechins in ethanol solution. *Free Radical Biol. Med*. 39: 752-761.
- Sroka Z, Cisowski W. 2003. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids. *Food Chem. Toxicol*. 41: 753-758.



- Stief TW. 2003. The Physiology and Pharmacology of Singlet Oxygen. *Med. Hypotheses*, 60: 567-572.
- Swaran JSF. 2009. Structural, chemical and biological aspects of antioxidants for strategies against metal and metalloid exposure. *Oxid Med Cell Longev*. 2(4): 191–206.
- Yan X, Chuda Y, Suzuki M, Nagata T. 1999. Fucoxanthin as the major antioxidant in *Hijikia fusiformis*, a common edible seaweed. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 63(3):605–607.
- Yabuta Y, Fujimura H, Kwak CS, Enomoto T, Watanabe E. 2010. Antioxidant activity of the phycoerythrobilin compound formed from a dried korean purple laver (*Porphyra* sp.) during in vitro digestion. *Food Science Technol. Res.*16: 347-351.
- Young IS, Woodside JV. 2001. Antioxidants in health and disease. *J.Clin.Pathol*. 54(3):176-186.
- Yuan YV, Carrington MF, Walsh NA. 2005^a. Extracts from dulse (*Palmaria palmata*) are effective antioxidants and inhibitors of cell proliferation in vitro. *Food and Chemical Toxicology*. 43 (7): 1073–1081.
- Yuan H, Zhang W, Li X, Lu X, Li N, Gao X. 2005^b. Preparation and invitro antioxidant activity of k-carrageenan olygosaccharides and their oversulfated, acetylated, and phosphorylated derivatives. *Carbohydrate Research*. 340: 685-692.
- Zakaria NA, Ibrahim D, Sulaiman SF, Supardy NA. 2011. Assessment of antioxidant activity, total phenolic content and *invitro* toxicity of malaysian red seaweed, *Acanthophora spicifera*. *J. Chem. Pharm. Res*. 3(3):182-191.

Kandungan Vindolin pada Kultur Sel *Catharanthus roseus* dengan Perlakuan Triptofan

Dingse Pandiangan¹, Wenny Tilaar², Nelson Nainggolan³

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado

²Jurusan Budidaya, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi, Manado

³Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado
email: dingsepan@yao.com

Abstract

This research was oriented towards process enhancement catharanthine production of cultured cell aggregates *C. roseus* treated precursor tryptophan. If the catharanthine content can be enhanced and how this relates of catharanthine with vindolin content. The contribution was alkaloid biosynthetic pathway involves catharanthine in the cell. This research used tissue culture techniques or technologies *in vitro*. Observations on the growth of cell aggregates treated precursor tryptophan was measured of wet weigh. This study used Murashige and Skoog medium with 0-250 mg/L tryptophan treatment. Determination of the catharanthine and vindolin content were determined by using HPLC. Vindolin was identified in all samples with tryptophan treatment and control. Content vindolin highest was 9.713 ug/g dw and present in cells treated tryptophan 250 mg/L, while the content of catharanthine the treatment of 250 mg/L tryptophan was low. The catharanthine content relationships with vindolin content were the correlation coefficient (r): - 0.75. This coefficient indicated antagonist or inverse relationship. Equation relationship between catharanthine and vindolin content was Catharanthine = 76.129 - 6.905 x Vindolin. The biosynthesis pathway may be lead to a new one when the increase of catharanthine content occurred by treatment tryptophan.

Keywords : catharanthine , vindolin , *Catharanthus roseus*, tryptophan

1. Pendahuluan

Produksi alkaloid dan katarantin dari tapak dara sudah dilakukan secara *in vitro*. Namun kandungan alkaloid dan katarantin mengalami fluktuasi sesuai jenis bioaktif yang diproduksi. Oleh karena itu strategi peningkatan kandungan alkaloid dan katarantin sudah dicobakan dengan berbagai metoda seperti penambahan prekursor, elisitasi dan amobilisasi (Pandiangan *et al.* 2008). Dari ketiga strategi tersebut, penambahan prekursor merupakan peningkatan yang dapat berkelanjutan sebab selnya tumbuh baik tetapi kandungan katarantinnya dapat meningkat dari kontrolnya.

Penelitian tentang prekursor sudah dilakukan sejak 1970an. Penambahan asam tropat ke dalam medium kultur *Scopolia japonica* dapat meningkatkan jumlah alkaloid hingga 14 kali lipat. Penambahan 100 µg/L prekursor farnesol pada kultur sel *T. wilfordii* dapat meningkatkan triptofan dan penambahan fenilalanin ke dalam kultur sel *Taxus cuspidata* dapat menstimulasi biosintesis taksol (Tabata *et al.* 1971; DiCosmo *et al.* 1987; Misawa 1994). Demikian juga, penambahan 50 mg/L triptofan pada kultur kalus *Rauvolfia tetraphylla* dapat memproduksi reserpin sebesar 2,1 mg/g BK (Anita & Kumari 2006). L-triptofan merupakan prekursor yang paling tepat untuk meningkatkan produksi alkaloid pada kultur jaringan kina (Diana 1995). Beberapa peneliti (Pandiangan *et al.* 2008a; Pandiangan 2011;

Pandiangan & Nainggolan 2006a; Pandiangan & Nainggolan 2006b) melaporkan bahwa produksi katarantin dengan penambahan prekursor triptofan dapat mendorong dan mempertahankan pertumbuhan sel yang sekaligus dapat meningkatkan kandungan katarantin dalam kultur agregat sel tapak dara. Namun dari hasil uji efektivitas uji antikanker, ekstrak tumbuhan utuh dan tapak dara hasil kultur *in vitro* atau kultur jaringan menunjukkan adanya perubahan metabolit sekunder vinlastin maupun vinkristin. Hal ini terindikasi dari hasil uji aktivitas antikanker tumbuhan utuh dan hasil kultur jaringan (agregat sel) yang mengalami penurunan (Pandiangan *et al.* 2008b).

Jalur sintesis metabolit sekunder pada *C. roseus*, triptofan akan diubah menjadi triptamin. Triptamin selanjutnya akan disintesis menjadi satu bagian akan mensintesis IAA dan sebagian lagi mensintesis katarantin dan alkaloid indol lainnya seperti vindolin (Oksman-Caldentey *et al.* 2007). Bagaimana hubungan antar peningkatan kandungan katarantin dengan kandungan vindolin dalam kultur agregat sel yang telah diberi perlakuan triptofan maka perlu dilakukan penelitian ini.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 6 perlakuan penambahan triptofan yaitu kontrol dan triptofan 50, 100, 150, 200, 250 mg/L (Pandiangan *et al.* 2006a) dan dilakukan dalam wadah Erlenmeyer 100 ml Setiap satuan percobaan terdiri atas 3 ulangan dimana setiap ulangan terdiri dari 3 botol kultur.

Persiapan Sampel

Penelitian ini adalah lanjutan dari penelitian Fundamental 2012. Prosedur kerja yang dilakukan adalah lanjutan dari hasil pengambilan sampel yang sudah dikeringkan. Sampel hasil penelitian Fundamental 2012 dikeringkan dengan menggunakan Freeze Drying di Farmasi ITB Bandung (Gambar 1).



Gambar 1. Sampel agregat sel yang dipanen tahun 2012 dan telah dikeringkan di Freeze dryer

Ekstraksi

Sampel yang telah dikeringkan dengan *freeze dryer* sebanyak 0,1 g bk diekstraksi dengan menggunakan metode Pandiangan (Pandiangan *et al.* 2006b). Sampel kalus kering

kemudian digerus dengan mortar dan dilarutkan dalam 10 mL metanol analitis. Sampel lalu diagitasi selama 4 jam pada kecepatan 120 rpm. Campuran metanol dan endapan dipisahkan kemudian ekstrak metanol diuapkan hingga kering pada suhu 25°C selama 24 jam.

Residu hasil penguapan diasamkan dengan 0,3 N HCl hingga mencapai pH 1,5 kemudian diekstraksi dengan 10 mL diklorometan. Fasa asam kemudian dibasakan dengan menambahkan 4 M NaOH hingga mencapai pH 11, lalu diekstraksi dengan 10 mL diklorometan sebanyak 2 kali. Fraksi diklorometan diuapkan dalam suhu 25°C selama sehari. Residu hasil penguapan dilarutkan dalam 2 mL metanol KCKT dan siap untuk dianalisis.

Analisis KCKT

Penentuan kandungan vindolin dilakukan dengan menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Fasa gerak yang digunakan sebagai eluen adalah larutan yang terdiri dari metanol, asetonitril, dan 5mM diamonium hidrogen fosfat dengan perbandingan 3 : 4 : 3 secara isokratik. Kecepatan aliran sebesar 1 mL/menit. Jenis kolom yang digunakan adalah shimpak VP-ODS C18 150 x 4,6 mm pada panjang gelombang 220 nm. Analisis kualitatif dilakukan dengan membandingkan waktu retensi sampel dengan katarantin standar dalam kondisi yang sama. Bila terdapat senyawa yang memiliki waktu retensi yang sama dengan katarantin standar, maka senyawa tersebut merupakan katarantin. Analisis kuantitatif dilakukan dengan cara mengkonversi luas area sampel dengan luas area standar yang telah diketahui konsentrasinya (Pandiangan *et al.* 2006b).

Kurva vindolin standar diperoleh dengan membuat larutan vindolin standar 100 µg/mL sebagai larutan stok, kemudian dibuat serangkaian larutan vindolin dari konsentrasi 6,75 hingga 50 µg/mL yang berkorelasi dengan luas area hasil Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Berdasarkan hasil KCKT dibuat kurva vindolin standar dan persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antara konsentrasi vindolin standar terhadap luas area (Pandiangan *et al.* 2006b).

3. Hasil dan Pembahasan

Pengamatan vindolin perlu dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh peningkatan katarantin terhadap senyawa lain. Vindolin merupakan metabolit sekunder yang terkait dengan prekursor triptofan yang tidak berhubungan dengan katarantin (Oksman-Caldentey *et al.* 2007). Namun, vindolin terkait dengan biosintesis senyawa metabolit sekunder dalam agregat sel *C. roseus* dalam jalur biosintesis TIA. Vindolin merupakan parameter yang penting untuk mengamati pengaruh penambahan triptofan terhadap kandungan katarantin dan peranan triptofan terhadap produksi metabolit sekunder yang terkait.

Kandungan vindolin dalam kultur agregat sel *C.roseus* yang diberi perlakuan triptofan dalam labu Erlenmeyer dapat dilihat pada Tabel 1. Kandungan vindolin mengalami penurunan pada perlakuan triptofan T1, T2, T3 dan T4 dari kontrolnya. Penurunan kandungan vindolin secara berturut-turut dari T1-T4 adalah 25,00%, 31,62%, 40,53% dan 23,40%. Namun, T5 mengalami peningkatan sebesar 10,84% dari kontrolnya (tanpa perlakuan triptofan).

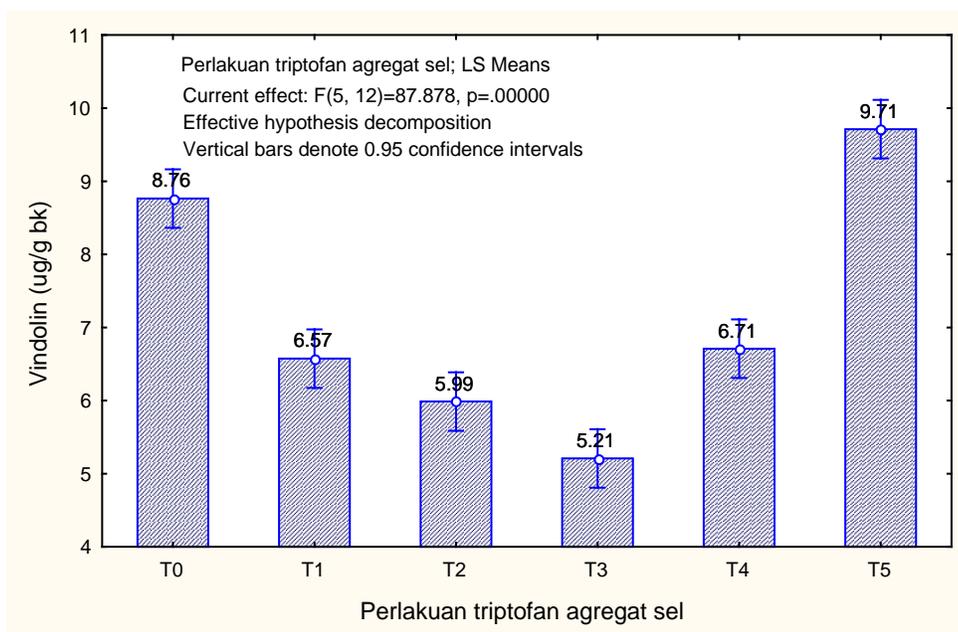
Tabel 1. Rata-rata kandungan vindolin ($\mu\text{g/g}$ bk) pada sel tapak dara (*C.roseus*) dalam Erlenmeyer yang diberi perlakuan triptofan (mg/L) kontrol (T0), 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), 250 (T5), pada hari ke- 14 setelah kultur pada medium perlakuan

Perlakuan	Vindolin ($\mu\text{g/g}$ bk)	Peningkatan	Notasi
Triptofan	Rerata \pm SD	(%)	Duncan
T0	8,76 \pm 0,22	0	a
T1	6,57 \pm 0,30	-25,00	b
T2	5,99 \pm 0,55	-31,62	c
T3	5,21 \pm 0,29	-40,53	d
T4	6,71 \pm 0,20	-23,40	f
T5	9,71 \pm 0,20	10,83	e

Keterangan: Rata-rata dari 3 kali pengukuran. Huruf yang sama dalam notasi Duncan menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95%

Berdasarkan hasil analisis ANAVA, perlakuan triptofan dari 50, 100, 150, 200 dan 250 mg/L mempunyai pengaruh yang sangat nyata terhadap kandungan vindolin pada agregat sel pada taraf kepercayaan 95%. Kandungan vindolin maksimum terdapat pada perlakuan T5 yaitu sebesar 9,71 \pm 0,20 $\mu\text{g/g}$ bk (Tabel 1). Hasil analisis Anava kemudian selanjutnya diuji perlakuan yang paling berpengaruh melalui uji Duncan (DMRT). Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa umumnya masing-masing perlakuan triptofan mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kandungan vindolin dalam agregat sel pada hari ke-14 (Tabel 1) dan yang paling berpengaruh adalah perlakuan T5 (250 mg/L triptofan).

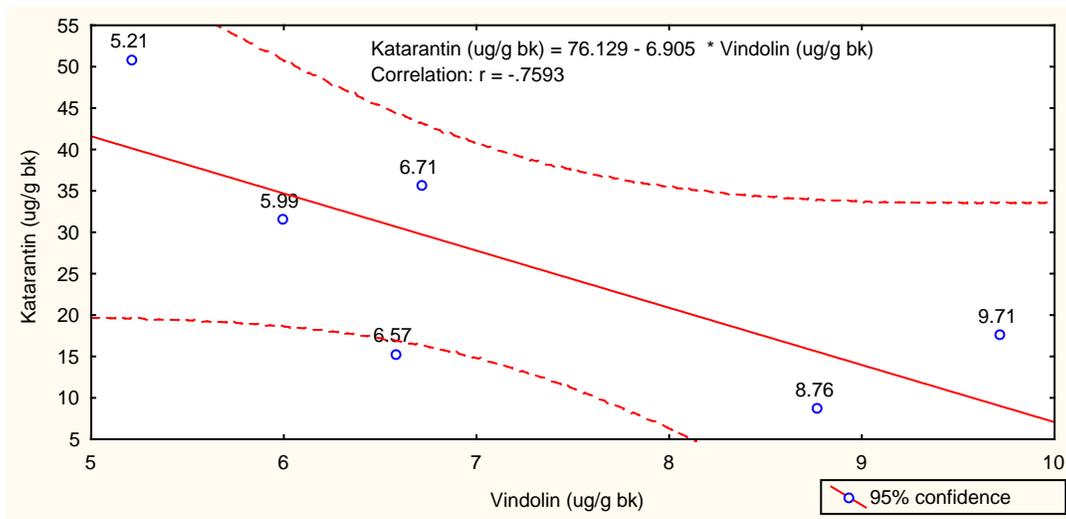
Berdasarkan analisis tersebut disimpulkan bahwa penambahan triptofan terhadap kultur agregat sel mulai dari 0-200 mg/L dapat menurunkan kandungan vindolin pada agregat sel *C.roseus* yang dikultur dalam Erlenmeyer (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa pada hari ke-14 dengan perlakuan triptofan sampai 200 mg/L tersebut kemungkinan sintesis vindolin belum terjadi atau sintesis katarantin sudah terjadi sehingga prekursor triptofan menjadi dikompertisikan.



Gambar 2. Grafik kandungan vindolin ($\mu\text{g/g bk}$) dari sel tapak dara (*C.roseus*) dalam Erlenmeyer yang diberi perlakuan triptofan (mg/L) kontrol (T0), 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), 250 (T5), pada hari ke- 14 setelah kultur pada perlakuan

Hubungan yang dinyatakan pada Gambar 3 antara kandungan katarantin dengan kandungan vindolin mempunyai hubungan yang negatif. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kultur sel tapak dara yang mengakumulasi katarantin tinggi akan menghasilkan kandungan vindolin rendah. Regulasi biosintesis katarantin dan vindolin ini berbeda.

Kandungan vindolin agregat sel tapak dara pada hari ke 14 setelah perlakuan pada Erlenmeyer yang paling rendah justru terjadi pada T3 (150 mg/L triptofan). Rendahnya vindolin mungkin karena dimanfaatkan untuk sintesis selanjutnya (Hong *et al.* 2003) dan juga sebagai intermediat untuk sintesis vinkristin bergabung dengan taberosin (Oksman-Caldentey *et al.* 2007). Pengaruh prekursor triptofan terhadap kandungan vindolin pada hari ke-14 setelah kultur menunjukkan ada hubungannya dengan kandungan katarantin. Hasil analisis hubungan atau korelasi antara kandungan vindolin dan katarantin pada agregat sel menunjukkan kandungan vindolin dan katarantin berkorelasi negatif atau kedua belah pihak bertolak belakang atau berlawanan. Besarnya korelasi adalah -0,7593 atau vindolin menurun sebesar 0,7593 setiap naik 1 katarantin (Gambar 3).



Gambar 3. Korelasi kandungan katarantin ($\mu\text{g}/\mu\text{g/g bk}$) dan kandungan vindolin sel tapak dara yang diberi perlakuan triptofan T0 (kontrol), T1 (50), T2 (100), T3 (150), T4 (200) dan T5 (250) pada hari ke-14 setelah kultur.

Penurunan kandungan vindolin mengakibatkan peningkatan kandungan katarantin dan hubungan ini dibenarkan pada taraf kepercayaan 95% (Gambar 3). Ketika kandungan vindolin pada agregat sel tinggi yang diberi perlakuan akan mengakibatkan atau menunjukkan kandungan katarantin dalam agregat sel rendah demikian sebaliknya. Hal ini menunjukkan bahwa pada hari ke-14 tersebut katarantin dan vindolin saling berkompetisi terhadap prekursor triptofan. Kemungkinan lain juga bahwa vindolin dimanfaatkan untuk sintesis indol dimerik (seperti vinkristin) pada jalur biosintesis alkaloid indol terpenoid dalam *C.roseus* (Hong *et al.* 2003) yang bergabung dengan tabersonin oleh enzim tabersonine 16-hidroksilase (Oksman-Caldentey *et al.* 2007).

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada tahap analisis metabolit ini adalah :

1. Kondisi untuk pengukuran HPLC Vindolin tercapai dengan kondisi optimum dan dapat mengidentifikasi adanya vindolin.
2. Kurva standar vindolin diperoleh dengan persamaan $Y = 10767x + 36531$ yang akan digunakan untuk mengkonversi kandungan vindolin.
3. Vindolin dapat diidentifikasi pada semua sampel baik perlakuan triptofan maupun kontrolnya.
4. Kandungan vindolin paling tinggi adalah 9,713 $\mu\text{g/g bk}$ dan terdapat pada sel perlakuan triptofan 250 mg/L.
5. Hubungan kandungan katarantin dengan kandungan vindolin adalah -0,75 menunjukkan hubungan antagonis atau terbalik, dengan persamaan hubungan Katarantin = 76,129 - 6,905 x Vindolin, dengan r atau koefisien korelasi = -0,7593.

Daftar Putaka

- Anita S, Kumari BDR. (2006). Stimulation of reserpine biosynthesis in the callus of *Rauvolfia tetraphylla* L. by prekursor feeding. *African Journal of Biotechnolgy*. 5(8): 659-661.
- Diana S. 1995. Pengaruh L-Triptofan Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Alkaloid Kultur Akar Kina *Cinchona ledgeriana* (Howard) Moens. [Tesis]. Jurusan Biologi ITB. Bandung.
- DiCosmo F, Quesnel A, Misawa M, Tallevi SG. 1987. Increased synthesis of ajmalicine and catharanthine by cell suspension cultures of *Catharanthus roseus* in response to fungal culture-filtrates. *Appl Biochem Biotechnol*.14(2):101-6.
- Hong SB, Hughes EH, Shanks JV, San KY, Gibson SI. 2003. Role of The Non-Mevalonate Pathway in Indole Alkaloid Poduction by *C. roseus* Hairy Roots. *Biotechnol Prog* 19:1106-1108.
- Misawa M. 1994. Plant Tissue Culture: an Alternative for Production of Useful Metaboliteson of Useful Metabolites. Bio International Inc. Canada.
- Oksman-Caldentey KM, Häkkinen ST, Rischer H. 2007. Metabolic engineering of the alkaloid biosynthesis in plants: functional genomics approaches. In: Verpoorte R, Alfermann AW, Johnson TS (Eds). Applications of Plant Metabolic Engineering. Springer, Dordrecht. pp:109-127.
- Pandiangan D, Nainggolan N. 2006a. Produksi Alkaloid dari kalus tapak dara. *Jurnal Ilmiah Sains*. 6: 48-54.
- Pandiangan D, Nainggolan N. 2006b. Peningkatan produksi katarantin pada kultur kalus *C. roseus* yang diberi NAA. *Jurnal Hayati* .13(3):90-94
- Pandiangan D, Rompas D, Aritonang H, Esyanti R, Marwani E. 2006a. Pengaruh triptofan terhadap pertumbuhan dan kandungan katarantin pada kultur kalus *C. roseus*. *Jurnal Matematika dan Sains* 11(4):111-118.
- Pandiangan D, Rompas D, Aritonang H, Esyanti R, Marwani E. 2006b. Produksi katarantin pada kultur agregat sel *C. roseus*: optimasi dan peningkatan produksi. Laporan Penelitian Hibah Pekerti. Lembaga Penelitian UNSRAT. Manado.
- Pandiangan D. Esyanti RR, de Queljoe. 2008. Aktivitas Antikanker Katarantin pada sel *mouse mammary cancer* MmT06054. *Jurnal Imiah Sains*. 8(1):107- 113
- Pandiangan D, Esyanti RE, de Queljoe E. 2008a. Kajian Aktivitas dan Produksi Antikanker Katarantin dengan memanfaatkan Teknologi Kultur Jaringan dan Bioreaktor. Laporan Riset Terapan MENRISTEK.
- Pandiangan D, Esyanti RE, Usviany V, Wulansari W. 2008b. Production of catharanthine in *Catharanthus roseus* aggregate cell cultures by feeding, elicitation and immobilization method. *Proceedings International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS)* November 2008, Bandung. pp. 379-386
- Pandiangan D. 2011. Produksi Katarantin Melalui Kultur Jaringan.
- Tabata, M., H.Yamamoto, N. Hirakawa. 1971. In "*Les Cultures de Tissue de Plantes*. CNRS, Paris.p.389.

Uji Fitokimia Lamun Laut (*Seagrass*) di Pantai Tongkaina Kecamatan Bunaken Kota Manado

Pience V.Maabuat dan Susan M. Mambu

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado

Abstrak

Wilayah pesisir Kota Manado - Sulawesi Utara menyimpan potensi yang besar menyangkut keanekaragaman flora dan fauna. Salah satunya yaitu keberadaan lamun/ *seagrass*. Penelitian ini bertujuan untuk menguji senyawa aktif dalam tumbuhan yaitu tanin, flavonoid, saponin, steroid, terpenoid dan alkaloid sehingga nantinya akan lebih memperkaya informasi dari lamun itu sendiri yang penting sebagai dasar pemanfaatannya untuk bahan makanan maupun obat-obatan. Metode penelitian meliputi penyiapan bahan, ekstraksi, penapisan fitokimia. Penapisan fitokimia serbuk simplisia dilakukan terhadap kandungan alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, triterpenoid dan steroid. Hasil analisis uji fitokimia pada tujuh (7) jenis daun lamun menunjukkan bahwa daun lamun mengandung tanin, saponin, steroid dan flavonoid. Hal ini menunjukkan bahwa daun lamun memiliki beberapa kandungan senyawa metabolit sekunder yang memiliki potensi sebagai tanaman obat.

Kata-kata kunci: lamun, uji fitokimia, tanin, flavonoid, saponin, steroid

1. Pendahuluan

Pesisir pantai Kota Manado - Provinsi Sulawesi Utara merupakan wilayah perairan Indonesia yang menyimpan potensi tinggi menyangkut keanekaragaman hayati, salah satunya adalah keberadaan lamun. Informasi ilmiah dari hasil pengkajian lamun merupakan hal yang penting, selain untuk menambah pengetahuan juga dapat dijadikan sebagai dasar pemikiran untuk pengambilan keputusan dalam melaksanakan suatu langkah konservasi jenis dan pemanfaatan lamun lebih lanjut, terutama sebagai bahan sumber obat-obatan yang dibutuhkan oleh manusia. Sejak zaman dahulu, masyarakat perdesaan telah memanfaatkan tumbuh-tumbuhan sebagai bahan dasar untuk pengobatan tradisional, dan hal tersebut dikembangkan sampai saat ini, sampai kepada masyarakat perkotaan yang memanfaatkannya sebagai cara pengobatan alternatif yang dianggap lebih aman untuk dikonsumsi. Achmad (1985) menyebutkan bahwa keanekaragaman hayati dapat diartikan sebagai keanekaragaman kimiawi yang mampu menghasilkan bahan-bahan kimia, baik untuk kebutuhan manusia maupun organisme lainnya seperti obat-obatan, kosmetika dan bahan dasar sintesa senyawa organik yang lebih bermanfaat.

Lamun merupakan salah satu jenis tumbuhan yang ikut dimanfaatkan oleh nelayan dan masyarakat pesisir. Berbagai bagian dari lamun digunakan masyarakat misalnya bijinya sebagai pengganti nasi, daun sebagai kerajinan tangan, makanan ternak, bahkan di negara yang telah maju dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan. Untuk itu, perlu dilaksanakan suatu penelitian untuk menganalisis golongan senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam daun lamun, seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid, steroid, saponin dan tanin. Tujuan dari penelitian yaitu untuk menganalisis zat-zat kimia penting yang terkandung pada lamun dan membandingkan kandungan zat kimia pada beberapa jenis lamun.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama delapan (8) bulan. Lokasi pengambilan sampel di Pantai Tongkaina Kecamatan Bunaken Kota Manado. Metode penelitian diawali dengan preparasi sampel, ekstraksi daun lamun, penapisan fitokimia, uji fitokimia meliputi uji alkaloid dengan pereaksi Mayer, Wagner dan Dragendorf. Uji triterpenoid, steroid, tanin, flavonoid, dan saponin. Uji fitokimia dilakukan secara kualitatif.

3. Hasil Dan Pembahasan

Ada tujuh jenis lamun yang telah ditemukan di Pantai Tongkaina yaitu *Enhalus acoroides*, *Syringodium isoetifolium*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *C. serrulata*, *Halodule pinifolia* dan *Halophila ovalis*. Semua jenis lamun yang ditemukan diberikan perlakuan yang sama dengan dikeringkan dalam oven pada suhu 40 °C dan dihaluskan serta diekstraksi dengan pelarut etanol. Hasil yang diperoleh melalui uji fitokimia untuk menguji kandungan kimia dari daun lamun ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

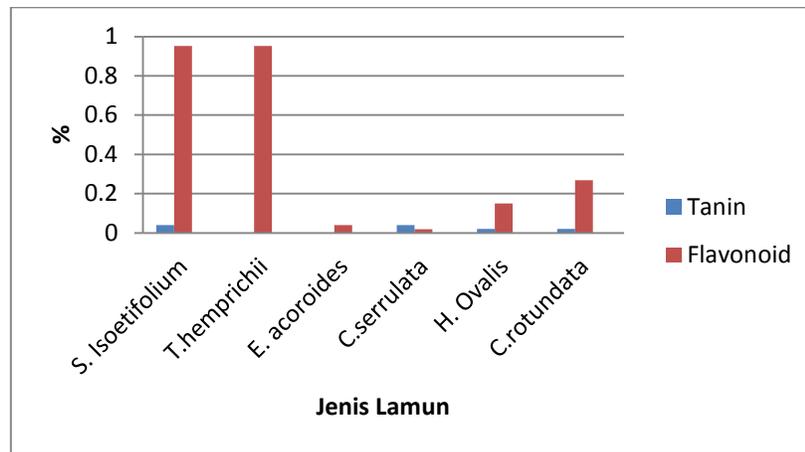
Tabel 1. Kandungan Kimia Daun Lamun

No	Jenis Lamun	Parameter Fitokimia						
		Alkaloid	Steroid	Flavonoid	Tanin	Saponin	Triterpenoid	Hidroquinon
1	<i>Syringodium isoetifolium</i>	-	+	+	-	+	-	-
2	<i>Thalassia hemprichii</i>	-	+	+	-	+	-	-
3	<i>Halophila ovalis</i>	-	+	+	-	+	-	-
4	<i>Cymodocea rotundata</i>	-	+	+	-	+	-	-
5	<i>Thalassia hemprichii</i>	-	+	+	-	+	-	-
6	<i>Enhalus acoroides</i>	-	+	+	-	+	-	-
7	<i>Cymodocea serrulata</i>	-	+	+	-	+	-	-

Keterangan: - : tidak terdeteksi; + : terdeteksi

Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa hasil uji fitokimia yang dilakukan pada tujuh jenis lamun diperoleh beberapa senyawa kimia aktif melalui teknik analisis dengan memperhatikan visualisasi warna. Senyawa yang ditemukan yaitu steroid, flavonoid, dan saponin. Senyawa tanin tidak terdeteksi melalui teknik visualisasi warna namun dengan titrimetri pada ekstrak etanol daun lamun ditemukan kadar tanin 0,04 mg/g pada *S. isoetifolium*, *E. acoroides*, *C. serrulata*, sedangkan pada *C. rotundata* dan *H. ovalis* kadar tanin 0,02 mg/g dan yang tidak terdeteksi pada *T. hemprichii*. Kadar flavonoid dengan menggunakan metode spektrofotometri ditemukan tertinggi pada *S. isoetifolium* dan *T. hemprichii* yaitu 0,952 %,

diikuti *C. rotundata* yaitu 0,268 %, *H. ovalis* yaitu 0,150 %, terendah pada *C. serrulata* yaitu 0,018 % (Gambar 1). Berdasarkan hasil uji fitokimia, tujuh jenis lamun hanya mengandung empat senyawa fitokimia yaitu steroid, saponin, flavonoid dan tanin.



Gambar 1. Histogram Kadar Tanin dan Flavonoid (%)

Pada uji alkaloid secara kualitatif dengan pereaksi Mayer, Wagner dan Dragendorff tidak ditemukan adanya endapan dengan visualisasi warna yang diinginkan. Menurut Robinson (1995), senyawa golongan alkaloid dapat ditentukan ketika terbentuk endapan berwarna putih saat direaksikan dengan pereaksi Meyer, warna coklat dengan pereaksi Wagner dan warna jingga dengan pereaksi Dragendorff. Jadi, dapat dikatakan bahwa hasil yang diperoleh tidak ditemukan senyawa alkaloid.

Senyawa lainnya yang tidak ditemukan yaitu triterpenoid, dimana dari tujuh jenis lamun yang diuji, tidak menunjukkan perubahan warna. Hal tersebut sesuai dengan yang disebutkan oleh Harbone (1987) bahwa triterpenoid merupakan komponen yang bersumber dari damar dan getah. Tumbuhan lamun tidak memiliki getah. Untuk uji steroid pada sampel lamun menunjukkan nilai positif dengan adanya visualisasi warna, setelah di uji dengan menggunakan metode Liebermann-Bucchard yang menimbulkan warna biru jika mengandung steroid (Harbone, 1987).

Hasil pengujian senyawa tanin, tidak menunjukkan adanya perubahan warna, namun dengan ekstraksi etanol dengan teknik titrimetri ditemukan adanya kadar tanin meskipun dalam jumlah yang relatif kecil, yaitu kisaran 0,02-0,04 mg/g. Ini menunjukkan bahwa senyawa tanin ditemukan pada lamun, meskipun dalam jumlah relatif kecil.

Uji flavonoid menunjukkan adanya senyawa flavonoid lewat visualisasi warna yang ditunjukkan dan dengan teknik spektrofotometri untuk menentukan total flavonoid. Untuk kadar flavonoid ditemukan tertinggi pada *S. isoetifolium* dan *T. hemprichii* yaitu 0,952 %, diikuti *C. rotundata* yaitu 0,268 %, *H. ovalis* yaitu 0,150 %, terendah pada *C. serrulata* yaitu 0,018 %, sedangkan pada *E. acoroides* tidak terdeteksi nilai totalnya. Menurut Robinson (1995), metode dengan menggunakan serbuk magnesium dan asam klorida akan menyebabkan senyawa flavonoid yang terkandung dalam sampel tereduksi sehingga memunculkan warna merah yang menjadi ciri khas dari senyawa flavonoid. Dalam penelitian ini terlihat warna merah sehingga dapat dikatakan bahwa hasilnya dalam daun lamun terkandung senyawa flavonoid. Sebelumnya, Ukthy (2011) telah menguji kandungan fitokimia

pada lamun jenis *S. isoetifolium* yang menunjukkan adanya flavonoid, fenol, hidrokuinon dan potensi senyawa flavonoid yang bisa digunakan sebagai antioksidan.

Kandungan saponin yang di uji pada sampel lamun menunjukkan bahwa terdapat busa pada saat pengujian. Pada saat larutan uji dikocok dengan kuat maka terlihat busa yang stabil dan bertahan cukup lama. Sesuai dengan namanya saponin karena memiliki sifat seperti sabun yang aktif jika dikocok dengan air. Menurut Robinson (1995), saponin larut dalam air dan etanol namun tidak larut dalam eter. Merupakan senyawa yang memiliki gugus polar dan non polar yang bersifat aktif permukaan sehingga saat dikocok dengan air dapat membentuk misel, dimana pada struktur misel gugus polar menghadap keluar sedangkan gugus nonpolar menghadap ke dalam, sehingga nampak seperti busa.

4. Kesimpulan

Hasil uji fitokimia yang terdapat pada daun lamun menunjukkan bahwa pada daun lamun mengandung senyawa flavonoid, steroid, saponin dan tanin.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan untuk seluruh tim yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini, baik di lapangan maupun di laboratorium Ekologi F-MIPA UNSRAT dan Laboratorium Pusat Studi Biofarmaka LPPM-IPB.

Daftar Pustaka

Achmad SA. 1985. Kimia Organik Bahan Alam. Universitas Terbuka. Jakarta

Robinson T. 1995. Kandungan Senyawa Organik Tumbuhan Tinggi. Diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata. ITB. Bandung.

Ukhti N. 2011. Kandungan senyawa fitokimia, total fenol dan aktivitas antioksidan lamun *Syringodium isoetifolium*.
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/51108>.

Lingkungan Hidup Semakin Krisis Manusia yang Hidup Semakin Kritis

Benyamin L. Tampang

Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

Abstrak

Faktor terpenting dalam permasalahan lingkungan hidup adalah besarnya populasi manusia (laju pertumbuhan penduduk) sebab dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi, kebutuhan pangan, bahan bakar, permukiman dan kebutuhan-kebutuhan dasar yang lain juga turut meningkat. Hal ini pada akhirnya akan meningkatkan limbah domestik maupun limbah industri, sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan besar pada kualitas lingkungan hidup, terutama di negara-negara sedang berkembang, dimana tingkat ekonomi dan penguasaan teknologi masih rendah. Semakin banyak populasi manusia, lingkungan hidup semakin kritis. Semakin banyak manusia yang hidup, semakin banyak manusia yang kritis. Hanya dalam lingkungan hidup yang optimal, manusia dapat berkembang dengan baik, dan hanya dengan manusia yang baik lingkungan akan berkembang ke arah yang optimal". Sepanjang masa, lingkungan hidup memegang peranan penting dalam kebudayaan manusia, mulai dari manusia primitif sampai pada yang modern. Manusia dalam kehidupannya tidak cukup hanya untuk memperhatikan arus materi, energi dan informasi saja. Dalam alam kehidupan modern, arus yang nampaknya lebih diutamakan. Oleh karena itu, walaupun ekologi sangat penting, namun bukan satu-satunya masukan untuk mengambil keputusan dalam permasalahan lingkungan hidup, melainkan hanya sebagai salah satu masukan saja. Masukan lainnya adalah faktor ekonomi, teknologi, politik, sosial dan budaya. Namun, harus diingat bahwa uang tidak menentukan segalanya tetapi tanpa uang segalanya menjadi tidak menentu. Nampak bahwa manusia modern terbentuk oleh lingkungan hidupnya, dan kelangsungan hidup manusia modern tersebut, hanya mungkin dalam batas kemampuannya untuk menyesuaikan diri (adaptasi) terhadap sifat lingkungannya.

Kata-kata kunci: lingkungan hidup kritis, manusia kritis

1. Pendahuluan

Berfirmanlah Allah: "Lihatlah, Aku memberikan kepadamu segala tumbuh-tumbuhan yang berbiji di seluruh bumi dan segala pohon-pohonan yang buahnya berbiji; itulah akan menjadi makananmu. Tetapi kepada segala binatang di bumi dan segala burung di udara dan segala yang merayap di bumi, yang bernyawa, Kuberikan segala tumbuh-tumbuhan hijau menjadi makanannya." Dan jadilah demikian. Maka Allah melihat segala yang dijadikan-Nya itu, **sungguh amat baik**.

Ya langit, bumi dan segala isinya pada waktu diciptakan Tuhan, dinyatakan atau dinilai oleh Tuhan sendiri bahwa "**sungguh amat baik**". Proses industrialisasi yang dipicu di negara-negara maju selama periode 1950-1970 telah menimbulkan masalah pencemaran dan kerusakan lingkungan. Di London dan kota-kota industri lainnya telah mengalami masalah asbut (asap kabut) atau smog (*smoke fog*) yang disebabkan oleh pembakaran batubara untuk pemanasan rumah dan proses dalam industri.

Bersamaan dengan berkembangnya aliran-aliran antroposentris, saat itulah masalah lingkungan hidup dikaitkan dengan *human* (manusia), yaitu dengan diadakannya konferensi lingkungan dunia di Stockholm pada tanggal 5-16 Juni 1972 dengan tema: "*The United Nations Conference on the Human Environment*" Konferensi PBB tentang lingkungan hidup manusia, dengan motto: "**Kita harus melestarikan dan meningkatkan lingkungan hidup manusia**". Dalam konferensi tersebut ada 7 pernya-

taan yang disepakati, salah satunya ialah "Manusia disepakati sebagai pembina dan perusak lingkungan terutama dari teknologi dan industri".

Konferensi Stockholm 1972 menghasilkan keputusan yang sangat baik bagi manusia dan lingkungannya, tetapi kualitas lingkungan tidak bertambah baik. Sepuluh tahun setelah konferensi Stockholm dilakukan konferensi Nairobi, Kenya pada tahun 1982 dengan alasan antara lain: banyak keputusan konferensi Stockholm yang belum dilaksanakan guna menanggulangi masalah lingkungan.

Perkembangan masalah lingkungan dunia menunjukkan kurang menggembarakan, karena persoalan kerusakan lingkungan terus meningkat dan kualitas lingkungan dunia terus merosot; sehingga disepakati diadakan konferensi, yaitu: *The Interparliamentary Conference on the Global Environment* (29 April - 2 Mei 1990) di Washington DC. Konferensi tersebut merumuskan masalah lingkungan dan menandatangani deklarasi untuk menentukan strategi secara nasional dan internasional.

Konferensi Rio de Janeiro, Brasil 3-14 Juni 1992, konferensi PBB tentang lingkungan hidup dan pembangunan menegaskan kembali isi dari deklarasi Stockholm 1972, dengan mendasarkan pada deklarasi tersebut, maka hendak diupayakan terwujudnya suatu kemitraan global yang baru dan adil dengan mewujudkan tingkat kerjasama yang baru dan erat di antara negara-negara yang merupakan pelaku utama dalam kehidupan dan pergaulan masyarakat dan bangsa-bangsa. Pada konferensi Rio disepakati 27 pernyataan, salah satunya ialah: "Umat manusia merupakan pusat perhatian bagi pembangunan berkelanjutan".

Setelah 5 tahun konferensi Rio dilakukan konferensi Rio + 5 di New York 23-27 Juni 1997. Selama 5 tahun sejak pelaksanaan KTT Bumi di Rio de Janeiro, ada sejumlah kemajuan yang dicapai dalam bidang ekonomi, tetapi kualitas lingkungan global mengalami kemerosotan. Secara global laju pertumbuhan penduduk dapat dikurangi, usia hidup meningkat, tingkat kesehatan masyarakat meningkat dan kemiskinan berkurang, namun kondisi lingkungan malah mengalami kemunduran. Kemunduran lingkungan hidup di antaranya: (1) laju emisi GRK meningkat, terjadi pemanasan global dan dampak dari perubahan iklim, (2) limbah padat, gas, cair meningkat, (3) tanah semakin tidak subur, (4) stok ikan menipis, (5) biodiversity mengalami tekanan.

Di Indonesia, gerakan lingkungan hidup telah dimulai pada tahun 1960-an. Sebuah tonggak sejarah gerakan ini ialah diselenggarakannya Seminar Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pembangunan Nasional oleh Universitas Pajajaran Bandung, pada tanggal 15-18 Mei 1972 menyatakan "Hanya dalam lingkungan hidup yang optimal, manusia dapat berkembang dengan baik, dan hanya dengan manusia yang baik lingkungan akan berkembang ke arah yang optimal". Sepanjang masa lingkungan hidup memegang peranan penting dalam kebudayaan manusia, mulai dari manusia primitif sampai pada yang modern. Dalam seminar nasional dengan Tema "Pemanfaatan dan Konservasi Sumberdaya Alam dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan" yang dilaksanakan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi, dan Himpunan Kimia Indonesia Cabang Sulawesi Utara; saya merumuskan judul makalah: "Lingkungan Hidup Semakin Krisis, Manusia yang Hidup Semakin Kritis".

2. Diskusi

2.1. Lingkungan Hidup Semakin Krisis

Pembangunan yang semakin pesat, khususnya dalam bidang teknologi dan industri, serta semakin meningkatnya penggunaan zat-zat radioaktif di berbagai bidang ilmu pengetahuan, menyebabkan perlunya pemikiran terhadap perencanaan pengelolaan lingkungan secara baik. Pembangunan berkelanjutan merupakan suatu prasyarat utama dalam mencapai tujuan pembangunan manusia Indonesia. Di dalam prosesnya, pembangunan yang berkelanjutan bertumpu pada: (1) kondisi sumberdaya alam,

(2) kualitas lingkungan, dan (3) kependudukan atau manusianya. Pembangunan berkelanjutan memerlukan keutuhan tatanan lingkungan agar sumberdaya alam dapat secara berlanjut menopang pembangunan, pada masa kini dan mendatang, generasi demi generasi, khususnya dalam meningkatkan kualitas hidup manusia.

Pokok-pokok kebijakan pembangunan yang berkelanjutan menggariskan pentingnya pengelolaan sumberdaya alam yang sesuai dengan daya dukung lingkungan, khususnya dalam pengembangan industri, pertanian, dan pemukiman perkotaan. Rencana tata ruang wilayah merupakan suatu kebutuhan utama, di samping proses analisis dampak lingkungan dan penetapan kebijakan penanggulangan pencemaran yang ditimbulkan dari kegiatan-kegiatan tersebut.

Manusia dalam menjalani kehidupan sehari-hari, tidak luput menghasilkan suatu bahan yang tidak diperlukan, yang disebut buangan atau sampah. Semakin maju tingkat kehidupan seseorang, maka limbah atau buangan yang dihasilkannya akan bertambah banyak dan lebih beragam pula. Pada masyarakat yang primitif, kepadatan penduduknya rendah, limbah yang dihasilkan sangat terbatas pada limbah yang berasal dari badan manusia sendiri yang jumlahnya juga sangat sedikit. Hal ini disebabkan kebutuhan hidup mereka sangat terbatas, yaitu hanya makan, sehingga alam dapat menerima tanpa mempengaruhi kualitas alam itu sendiri. Pada masyarakat modern, kepadatan penduduk tinggi, kebutuhan hidupnya meningkat dan beranekaragam yang berakibat jumlah limbah baik volume maupun ragamnya lebih banyak pula. Akibatnya alam harus menerima jumlah limbah yang lebih berat pula, sehingga pada suatu saat kemampuan alam untuk melakukan pembersihan diri (*self purification*) terlampaui. Pada saat itulah populasi atau pencemaran mulai terjadi, yang kecenderungannya saat ini semakin lama semakin meningkat, sehingga kualitas lingkungan hidup semakin bertambah buruk (krisis) dan manusia tidak dapat lagi menikmati keindahan alam bahkan melaperakalah yang dialaminya.

Pencemaran air

Air merupakan salah satu komponen lingkungan yang paling penting untuk kehidupan. Tanpa air, berbagai proses kehidupan tidak akan berlangsung. Saat ini air sering menjadi masalah karena banyak yang tercemar. Pencemaran air meliputi pencemaran air tanah, sungai, kolam, danau, rawa, wilayah pesisir dan lautan oleh limbah industri, rumah sakit, rumah tangga dan lainnya.

Suriawiria (2003) menyatakan bahwa air merupakan substrat yang paling riskan akibat pencemaran. Berbagai jenis pencemar berasal dari: (1) Sumber domestik (rumah-tangga), perkampungan, kota, pasar, jalan, dan sebagainya, (2) Sumber non-domestik (pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan serta sumber-sumber lainnya) banyak memasuki badan air. Secara langsung ataupun tidak langsung pencemar tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas air, baik untuk keperluan air minum, industri ataupun keperluan lainnya. Berbagai cara dan usaha telah banyak dilakukan agar kehadiran pencemaran terhadap air dapat dihindari, dikurangi atau dikendalikan.

Sumber pencemaran terdiri dari bermacam-macam jenis, dan juga pengaruhnya terhadap lingkungan serta makhluk hidup. Jenis pencemaran perairan yang paling banyak ditemukan adalah pencemaran mikroorganisme dalam air. Berbagai kuman penyebab penyakit pada makhluk hidup seperti bakteri, virus, protozoa dan parasit sering mencemari air. Kuman yang masuk ke dalam air tersebut berasal dari buangan limbah rumah tangga maupun buangan dari industri peternakan, rumah sakit, tanah pertanian dan lain sebagainya. Pencemaran dari kuman penyakit ini merupakan penyebab utama terjadinya penyakit pada orang yang terinfeksi. Penyakit yang disebabkan oleh pencemaran air ini disebut *waterborne disease* dan dapat menyebabkan penyakit tipus, kolera dan disentri (Darmono, 2001).

Konsep untuk mengukur potensi pencemaran dari suatu limbah yang mengandung sumber Karbon organik yang tersedia bagi mikroba adalah dengan cara mengukur banyaknya Oksigen yang digunakan selama pertumbuhan organisme pada contoh air limbah. Kandungan Oksigen yang digunakan secara biologis maupun secara kimiawi dapat digunakan untuk menduga jumlah senyawa organik yang ada dalam suatu perairan, yaitu melalui pengukuran BOD (*Biochemical Oxygen Demand*, kebutuhan Oksigen biokimia), COD (*Chemical Oxygen Demand*, kebutuhan oksigen kimia) dan DO (*Dissolved Oxygen*, Oksigen terlarut).

Parameter BOD memberikan gambaran seberapa banyak Oksigen yang telah digunakan oleh aktivitas mikroba selama kurun waktu yang ditentukan. Analisis BOD adalah suatu analisis empirik yang mencoba mendekati secara global proses biokimia atau mikrobiologi yang benar-benar terjadi di alam atau perairan, sehingga uji BOD berlaku sebagai simulasi suatu proses biologis yaitu oksidasi senyawa organik yang terjadi di perairan secara alami.

Ketersediaan oksigen dalam perairan juga dipengaruhi oleh suhu perairan. Makin tinggi suhu perairan, ketersediaan atau kelarutan oksigen makin menurun. Sawyer dan McCarty (1998), serta Metcalf dan Eddy (1991) menyatakan kelarutan Oksigen dalam air pada suhu 30°C berada dalam keseimbangan dengan udara adalah 7,6 mg/l. Banyaknya bahan organik yang diperlukan mikroba untuk mengkonsumsi 7,6 mg oksigen dalam satu liter air yang jenuh hanya sekitar 7,1 mg. Ini berarti mikroba yang menghancurkan bahan organik hanya mampu mengubah sekitar 7 mg bahan organik saja, bila mikroba tersebut mengkonsumsi oksigen jenuh dalam 1 liter air. Hal ini menjadi penting karena untuk Oksigen tidak terdapat *chemical sink* dalam air atau tidak ada reaksi kimia yang dapat menambah Oksigen terlarut, kecuali untuk Oksigen yang diberikan melalui proses fotosintesis (Saeni, 1989). Oleh karenanya Oksigen merupakan zat kunci dalam menentukan ada dan macamnya kehidupan dalam perairan.

Kehadiran pencemaran fekal (dari tinja) di dalam air dapat diketahui dengan adanya kelompok bakteri koliform. Di dalam penentuan kualitas air secara mikrobiologi kehadiran bakteri tersebut ditentukan berdasarkan uji tertentu dengan perhitungan tabel JPT (Jumlah Perkiraan Terdekat). Kehadiran pencemaran fekal di dalam air minum misalnya, sangat tidak diharapkan, baik ditinjau dari segi estetika, sanitasi, maupun terjadinya infeksi yang berbahaya. Jika di dalam 100 ml contoh air didapatkan 500 sel bakteri koliform memungkinkan terjadinya gastroenteritis yang segera dikuti oleh demam tipus. *Escherichia coli* sebagai salah satu contoh jenis bakteri koliform, pada keadaan tertentu dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh, sehingga dapat tinggal di dalam kandung kemih, ginjal dan hati. Bakteri tersebut juga dapat menyebabkan diareha, septikemia, peritonitis, meningitis dan infeksi-infeksi lainnya (Muslimin, 1995).

Pencemaran daratan

Daratan adalah campuran antara partikel mineral dan organik dengan berbagai ukuran dan komposisi. Partikel-partikel tersebut menempati kurang lebih 50% volume, sedangkan sisanya yang berupa pori-pori diisi oleh air dan udara. Salah satu fungsi tanah yang terpenting adalah tempat tumbuhnya tanaman.

Tidak dapat disangkal bahwa dengan kemajuan teknologi yang begitu pesat, selain dapat menimbulkan pencemaran pada air dan udara, juga dapat menimbulkan pencemaran pada daratan. Pencemaran daratan relatif lebih mudah diamati (dikontrol) dibandingkan dengan pencemaran air dan udara. Secara garis besar pencemaran daratan dapat disebabkan oleh: (1) faktor internal, yaitu pencemaran yang disebabkan oleh peristiwa alam, seperti letusan gunung berapi yang memuntahkan debu, pasir, batu dan bahan vulkanik lainnya yang menutupi dan merusakkan daratan, sehingga daratan menjadi tercemar. Pencemaran oleh faktor internal tersebut, tidak terlalu menjadi beban

pemikiran dalam masalah lingkungan karena dianggap sebagai musibah bencana alam, (2) faktor eksternal, yaitu pencemaran daratan karena ulah dan aktivitas manusia. Pencemaran daratan karena faktor eksternal merupakan masalah yang perlu mendapat perhatian yang saksama dan sungguh-sungguh agar daratan tetap dapat memberikan daya dukung alamnya bagi kehidupan manusia. Pembahasan mengenai pencemaran daratan lebih terfokus kepada pencemaran karena faktor eksternal “manusia” (Whardana, 2004).

Bentuk dan macam limbah yang dihasilkan manusia tergantung pada tingkat peradaban manusia. Sebelum manusia mengenal kemajuan industri dan teknologi, limbah atau bahan buangan yang dihasilkan dari kegiatan manusia pada umumnya bersifat organik. Ditinjau dari kepentingan kelestarian lingkungan, limbah yang bersifat organik lebih menguntungkan karena dengan mudah dapat didegradasi atau dipecah oleh mikroorganisme, menjadi bahan yang mudah menyatu kembali dengan alam tanpa menimbulkan pencemaran pada lingkungan.

Kemajuan industri dan teknologi ternyata telah menambah jenis limbah manusia yang semula sebagian besar bersifat organik menjadi bersifat anorganik. Bagaimana peranan atau pengaruh kemajuan industri dan teknologi terhadap macam limbah yang dihasilkan dapat dilihat pada contoh komposisi bahan yang digunakan oleh industri mobil pada Tahun 1966 dan Tahun 1986. Mobil yang telah rusak dan dibuang akan menghasilkan limbah sesuai dengan komposisi bahan yang digunakan dalam pembuatan mobil tersebut, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi bahan yang digunakan oleh industri mobil tahun 1966 dan 1986

No.	Nama Bahan	Tahun 1966	Tahun 1986
1	Baja	47%	15%
2	Baja tinggi (<i>high strength</i>)	10%	30%
3	Besi	20%	15%
4	Aluminium	5%	15%
5	Plastik Thermosetting	3%	10%
6	Plastik	2%	2%
7	Karet	2%	2%
8	Gelas	2%	2%
9	Seng	5%	5%
10	Lain-lain	4%	4%
Total		100%	100%

Sumber: Whardana (2004)

Pencemaran daratan pada umumnya berasal dari limbah berbentuk padat yang dikumpulkan pada suatu tempat penampungan yang sering disebut TPA (Tempat Pembuangan Akhir) atau *Dump Station*. Bahan buangan padat terdiri dari berbagai macam komponen baik yang bersifat organik maupun yang anorganik. Bahan buangan padat kota besar di negara industri padat akan berbeda dengan bahan buangan yang dihasilkan oleh kota kecil yang tidak ada kegiatan industrinya. Susunan komponen pencemar daratan yang berasal dari bahan buangan atau limbah kota besar di negara industri dapat dilihat pada Tabel 2.

Bahan buangan anorganik yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme dipisahkan dari bahan buangan organik dan dikumpulkan sesuai dengan sifat dan jenisnya. Misalnya semua jenis logam (besi, aluminium, seng, tembaga, dan lainnya) dikumpulkan menjadi satu, dipisahkan dari bahan buangan gelas dan plastik, untuk memudahkan proses daur ulang bahan buangan tersebut. Pemisahan sebaiknya sudah dimulai sejak

bahan buangan akan dijadikan limbah, dengan menyediakan tempat limbah yang sudah dibagi dengan sifat dan jenisnya.

Tabel 2. Komponen pencemar daratan

No.	Komponen	Prosentase
1	Kertas	41%
2	Limbah bahan makanan	21%
3	Gelas	12%
4	Logam (besi)	10%
5	Plastik	5%
6	Kayu	5%
7	Karet dan Kulit	3%
8	Kain (serat tekstil)	2%
9	Logam lainnya (Aluminium)	1%

Sumber: Whardana (2004)

Pencemaran udara

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor 02/MENKLH/1988, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah “masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara dan atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Batasan-batasan terhadap pokok-pokok pengertian yang memberikan bobot pada definisi tersebut adalah: (a) bahwa setiap pembebasan bahan atau zat-zat ke dalam udara atmosfer tidak harus selalu dikatakan pencemaran udara, karena bahan-bahan tersebut (kontaminan) belum menjerus pada suatu kemampuan untuk secara potensial untuk mengubah stabilitas dan kualitas kelestarian udara atmosfer, (b) bahwa untuk menimbulkan gangguan terhadap susunan udara atmosfer harus dipenuhi dahulu angka batas. Angka batas tersebut ditentukan oleh faktor kuantitas kontaminan, lamanya berlangsung maupun potensinya. Sebab kondisi yang masih berada pada batas-batas kemampuan ekologis untuk beradaptasi dan mengadakan mekanisme pengendalian alamiah (ecological auto mechanism) dengan unsur yang ada dalam ekosistem. Angka batas inilah yang nantinya akan secara conditioning digunakan sebagai parameter untuk menentukan apakah sudah terjadi pencemaran atau belum, (c) dalam pengertian pencemaran udara tersebut, sumber pencemar tidak hanya dibatasi pada sumber-sumber pencemar yang berasal dari aktivitas manusia, tetapi juga oleh sumber-sumber pencemar yang datangnya dari akibat peristiwa alamiah misalnya gunung meletus.

Berdasarkan asal dan kelanjutan perkembangannya di udara, pencemar udara dapat dibedakan menjadi: (1) Pencemar udara primer, dan (2) Pencemar udara sekunder. Pencemar udara primer, yaitu semua pencemar di udara yang ada dalam bentuk yang hampir tidak berubah, sama seperti pada saat dibebaskan dari sumbernya sebagai hasil dari suatu proses tertentu. Pencemar udara primer, yang mencakup 90% dari jumlah pencemar udara seluruhnya, umumnya berasal dari sumber-sumber yang diakibatkan oleh aktivitas manusia, seperti dari industri (cerobong asap industri) di mana dalam industri tersebut terdapat proses pembakaran yang menggunakan bahan bakar minyak, batu bara, proses peleburan atau pemurnian logam, dan juga dihasilkan dari sektor transportasi (mobil, bus, sepeda motor, dan lainnya). Dari seluruh pencemar primer tersebut, sumber pencemar yang utama berasal dari sektor transportasi, yang memberikan andil sebesar 60% dari pencemaran udara total. Pencemar udara primer

dapat digolongkan menjadi lima kelompok, yaitu: a) Karbon monoksida (CO), b) Nitrogen oksida (NO_x), c) Hidro karbon (HC), d) Sulfur oksida (SO_x), dan e) Partikel.

Pencemar udara sekunder, yaitu semua pencemar di udara yang sudah berubah, karena reaksi tertentu antara dua atau lebih kontaminan atau polutan. Umumnya polutan sekunder tersebut merupakan hasil antara polutan primer dengan polutan lain yang ada di udara. Reaksi-reaksi yang menimbulkan polutan sekunder diantaranya adalah reaksi fotokimia dan reaksi oksida katalis. Pencemar sekunder yang terjadi melalui reaksi fotokimia, misalnya oleh pembentukan ozon, yang terjadi antara molekul-molekul hidrokarbon yang ada di udara dengan NO_x melalui pengaruh sinar ultraviolet dari matahari. Sebaliknya pencemar sekunder yang terjadi melalui reaksi-reaksi oksida katalis diwakili oleh polutan-polutan berbentuk oksida gas yang terjadi di udara, karena adanya partikel-partikel logam di udara yang berfungsi sebagai katalisator.

2.2 Manusia yang Hidup Semakin Kritis

Manusia sebagai makhluk Tuhan yang termulia dari semua makhluk yang diciptakan Tuhan, bahkan diyakini bahwa manusia diciptakan serupa dan segambar dengan Allah, dari abad ke abad jelas bahwa manusia selalu berusaha untuk meningkatkan kualitas hidupnya. Peningkatan kualitas hidup tersebut, terutama berkaitan dengan masalah kesejahteraan manusia yang akan diperjuangkan terus-menerus sampai akhir hidupnya. Usaha peningkatan kualitas hidup manusia merupakan persoalan semua bangsa di dunia ini, akan tetapi dalam usaha meningkatkan kualitas hidup, setiap bangsa akan berbeda-beda karena faktor seperti: modal, pengetahuan dan kesempatan yang sama.

Manusia dalam kehidupannya tidak cukup hanya untuk memperhatikan arus materi, energi dan informasi saja. Dalam alam kehidupan modern, arus uang nampaknya lebih diutamakan. Oleh karena itu, walaupun ekologi sangat penting, namun bukan satu-satunya masukan untuk mengambil keputusan dalam permasalahan lingkungan hidup, melainkan hanya sebagai salah satu masukan saja. Masukan lainnya adalah faktor ekonomi, teknologi, politik, sosial dan budaya. Namun, harus diingat bahwa uang tidak menentukan segalanya, tetapi tanpa uang segalanya menjadi tidak menentu. Nampak bahwa manusia modern terbentuk oleh lingkungan hidupnya, dan kelangsungan hidup manusia modern tersebut, hanya mungkin dalam batas kemampuannya untuk menyesuaikan diri (adaptasi) terhadap sifat lingkungannya.

Suatu hal yang sangat ironis ialah bahwa sikap ilmiah yang dapat meningkatkan kemampuan teknologi belum berkembang, namun sikap manusia yang eksploratif terhadap lingkungan telah berkembang dengan pesat. Oleh sebab itu, masalah besar yang dihadapi adalah bagaimana mengembangkan sikap dan kemampuan ilmiah serta teknologi tanpa menggeser sikap yang ingin melestarikan lingkungan menjadi sikap yang eksploitatif dan merusak lingkungan.

Sejak konferensi Stockholm 1972, yang menghasilkan keputusan yang sangat baik bagi manusia dan lingkungannya, tetapi kualitas lingkungan tidak bertambah baik, bahkan semakin kritis. Tetapi harus diakui dan perlu dimaknai bahwa manusia yang hidup di lingkungannya semakin kritis. Masyarakat mulai dari kalangan bawa telah menyadari bahwa betapa pentingnya memelihara lingkungan, sehingga di mana-mana telah terbentuk kelompok atau group "Pencinta Lingkungan, Peduli Lingkungan, Pemerhati Lingkungan, dan lain-lain". Masyarakat di kalangan atas atau Pemerintah khususnya semakin sadar dan semakin kritis betapa pentingnya lingkungan hidup untuk kehidupan manusia, sehingga hukum lingkungan semakin hari (dari waktu ke waktu) semakin dikembangkan. Hukum lingkungan meliputi aspek-aspek: (1) Hukum Tata Lingkungan, (2) Hukum Perlindungan Lingkungan, (3) Hukum Kesehatan Lingkungan, (4) Hukum Pencemaran Lingkungan, (5) Hukum Lingkungan Internasional, (6) Hukum

Perselisihan Lingkungan, dan lain-lain. Hal-hal tersebut, membuktikan bahwa manusia yang hidup semakin kritis.

3. Penutup

1. Semakin maju suatu bangsa, lingkungan hidupnya semakin kritis, namun manusia yang hidup di dalamnya semakin kritis.
2. Air sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari hasil kegiatan manusia, mulai dari kegiatan rumah tangga sampai kegiatan industri.
3. Daratan mengalami pencemaran akibat bahan-bahan asing, baik yang bersifat organik maupun anorganik, berada di permukaan tanah yang menyebabkan daratan menjadi rusak, sehingga tidak dapat memberikan daya dukung bagi kehidupan manusia.
4. Udara tidak pernah bersih dan selalu mengandung partikel-partikel asing, namun jika terlalu banyak partikel asing di atmosfer, maka daur normal akan terganggu.
5. Langit, Bumi dan segala isinya diciptakan oleh Tuhan Yang Maha Kuasa untuk kepentingan hidup manusia sebagai makhluk Tuhan yang termulia, oleh sebab itu manusia yang hidup di dalamnya harus menundukkan bumi dan segala isinya, bukan sebaliknya.
6. Supaya Sumber Daya Alam untuk kehidupan manusia, maka semua kegiatan yang berkaitan dengan masalah peningkatan kualitas hidup manusia harus selalu memperhatikan dampaknya terhadap lingkungan.
7. Instansi terkait hendaknya selalu mensosialisasikan kepada masyarakat tentang pemanfaatan sampah organik dan anorganik melalui kegiatan pengurangan (*reduce*), pemakaian kembali (*reuse*), dan daur ulang (*recycle*).

Daftar Pustaka

- Darmono. 2001. lingkungan hidup dan pencemaran. hubungannya dengan toksikologi senyawa logam. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Erwin M. 2011. Hukum lingkungan. dalam sistem kebijakan pembangunan lingkungan hidup. Refika Aditama. Bandung.
- Ghufran M, Kordi H, Tancung AB. 2007. Pengelolaan kualitas air dalam budi daya perairan. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kristanto P. 2004. Ekologi Industri. Andi. Yogyakarta.
- Metcalf and Eddy. 1991. Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal. McGraw-Hill Book Publishing Company Ltd. New York.
- Muslimin LW. 1995. Mikrobiologi lingkungan. Dirjen Dikti. Depdikbud. Jakarta.
- Saeni MS. 1989. Kimia lingkungan. Departemen P & K, Dirjen Pendidikan Tinggi. PAU Ilmu Hayat. IPB. Bogor.
- Sawyer CN, McCarty PL. 1998. Chemistry for environmental engineering. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Soerjani M, Yuwono A, Fardiaz D. 2006. Lingkungan hidup (*the living environment*). pendidikan, pengelolaan lingkungan dan pembangunan berkelanjutan (*education, environmental management and sustainable development*). Restu Agung. Jakarta.
- Suriawiria U. 2003. Mikrobiologi air. Alumni. Bogor.



Tampang BL. 2007. Peranan teknologi dalam menunjang pembangunan berwawasan lingkungan. Seminar Nasional Biologi Terapan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Manado di Tondano. Tondano 21-22 Juni 2007.

-----, 2010. Lingkungan Rumah sakit sumber penyembuhan atau penyebaran Penyakit. Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam Bidang Teknik Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado.

-----, 2012. Peran serta masyarakat melestarikan lingkungan hidup pesisir pantai alternatif penunjang perekonomian daerah. Seminar Internasional. *Food Sovereignty and Natural Resources In Archipelago Region*. Persatuan Mahasiswa Maluku, bekerja sama dengan Institut Pertanian Bogor. Bogor 23-24 Oktober 2012.

Wardhana WA. 2004. Dampak pencemaran lingkungan. Andi. Yogyakarta.

-----, 2010. Dampak pemanasan global. bencana mengancam manusia. sebab, akibat dan penanggulangannya. Andi. Yogyakarta.

Pemanfaatan Riparia dan Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala, Sulawesi Utara

Ratna Siahaan dan Susan M. Mambu

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado
e-mail: ratna245_siahaan@yahoo.com

Abstrak

Riparia memiliki fungsi ekologis yang sangat penting dalam mempertahankan kualitas air sungai. Pemanfaatan riparia oleh manusia ternyata dapat berdampak negatif bagi kualitas air sungai dan biodiversitas hidupan liar di sungai, riparia dan teresterial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan riparia dan Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala, Sulawesi Utara. Metode analisis deskriptif digunakan dalam penelitian ini mulai dari hulu hingga hilir Sungai Saluesem pada Maret- Mei 2014. Riparia Sungai Saluesem bagian hulu dimanfaatkan sebagai lahan pertanian. Pola pertanian di hulu umumnya kebun campur dengan tanaman utama yaitu kelapa (*Cocos nucifera*) dengan beberapa tanaman buah-buahan seperti pisang (*Musa*), mangga (*Mangifera Indica*), duku (*Lansium domesticum*) dan durian (*Durio zibethinus*). Tanaman enau (*Arenga pinnata*) yang menghasilkan minuman tradisional dan bambu (*Bambusa*) banyak ditemukan. Permukiman di titik pengamatan di luar zona riparia. Permukiman penduduk terletak di luar riparia. Bekas kandang-kandang ternak ayam dan babi juga ditemukan di riparia hulu. Pemanfaatan riparia dan sungai di tengah, di Sungai Sawangan, tidak berbeda jauh dengan di bagian hulu. Pemanfaatan riparia di hilir, di Sungai Tikala, yang membelah Kota Manado didominasi oleh permukiman dan bangunan komersial. Substrat sungai terdiri dari lumpur. Pemanfaatan sungai oleh penduduk dari hulu hingga hilir umumnya untuk mandi, kakus dan mencuci pakaian serta kendaraan bermotor. Pemerintah telah memperkuat tebing-tebing sungai dengan beton. Banjir bandang Sungai Saluesem akibat hujan deras pada Februari 2014 telah menyebabkan longsor tebing sejak hulu hingga hilir Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala. Riparia Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala telah dimanfaatkan sebagai lahan pertanian, permukiman dan perkantoran. Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala dimanfaatkan sebagai sumber air bersih untuk kebutuhan domestik, pertanian, peternakan dan komersial.

Kata kunci: Sungai Saluesem, zona riparia, pemanfaatan riparia

1. Pendahuluan

Sungai adalah ekosistem perairan yang berperan penting tidak hanya untuk hidupan liar namun juga bagi kesejahteraan manusia. Peningkatan aktivitas manusia di sekitar Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala, Sulawesi Utara akan berdampak langsung dan tidak langsung pada sungai. Dampak aktivitas manusia terhadap sungai berasal dari pencemar yang dihasilkan manusia. Pencemar tersebut memasuki sungai baik dari sumber langsung maupun tidak langsung.

Riparia adalah ekosistem peralihan yang terletak di antara ekosistem sungai dan teresterial. Ekosistem ini berperan penting dalam mempertahankan ekosistem sungai dari aktivitas manusia di daratan. Riparia memiliki berbagai nilai antara lain nilai konsumtif, jasa, estetika dan spiritual (Gordon *et al.* 2004). Riparia memiliki fungsi ekologis yaitu mengendalikan kualitas air, memberikan naungan dan serasah organik (FAO, 1998), habitat hidupan liar, mempertahankan suhu, stabilisasi tepian sungai, mempertahankan morfologi sungai dan mengendalikan banjir (Chang 2006). Fungsi ekologis riparia yang sangat penting jika terganggu akan menyebabkan penurunan struktur dan fungsi sungai (Gordon *et al.* 2004). Oleh karena itu, keutuhan riparia menjadi faktor utama dalam mempertahankan keberlanjutan fungsi dan nilai riparia tersebut.

Namun, seiring dengan peningkatan aktivitas manusia dan kebutuhan lahan, riparia menghadapi ancaman yang semakin tinggi. Ancaman tertinggi bagi riparia yaitu konversi riparia menjadi lahan pertanian, permukiman dan industri. Kegiatan normalisasi dan penguatan tebing sungai juga mengancam riparia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan riparia dan Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala, Sulawesi Utara.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di enam (6) titik di sepanjang Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala, Sulawesi Utara dari hulu hingga hilir pada Maret – Juni 2014. Sebanyak dua (2) stasiun ditempatkan di tiap bagian/segmen sungai. Stasiun I dan II di bagian hulu, Stasiun III dan IV di bagian tengah dan Stasiun V dan VI di bagian hilir.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survei dan wawancara. Observasi langsung di stasiun penelitian untuk mengamati pemanfaatan riparia dan sungai oleh penduduk. Zona riparian ditentukan berdasarkan wawancara dengan penduduk dan observasi. Riparia adalah tepian sungai yang terkena luapan banjir. Observasi langsung juga dilakukan untuk mengetahui batas zona riparian berdasarkan tanda-tanda adanya banjir misalnya lumpur dan sampah serta rebahan vegetasi yang terkena banjir. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk menjelaskan pemanfaatan riparia dan sungai.

3. Hasil dan Pembahasan

Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala berasal dari Gunung Mahau dan bermuara ke Teluk Manado, Sulawesi Utara. Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala dinamakan penduduk berdasarkan nama desa yang dilalui. Stasiun I dan Stasiun II melintasi Desa Kembesa I dan II, Kecamatan Tombuluan, Kabupaten Minahasa disebut sebagai Sungai Saluesem. Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala yang melintasi Stasiun III di Desa Kamangta, Kecamatan Tombuluan, Kabupaten Minahasa disebut juga Sungai Saluesem. Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala yang melintasi Desa Sawangan, Kecamatan Tombuluan, Kabupaten Minahasa di Stasiun IV dan V disebut Sungai Sawangan. Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala yang melintasi Stasiun VI di Kelurahan Paal 4 Banjer, Kecamatan Tikala, Kota Manado disebut Sungai Tikala.

Stasiun I dan II (Gambar 1-2) terletak di bagian hulu sungai yang dicirikan dengan substrat batuan besar dan penampang sungai yang sempit. Longsor tebing ditemukan yang menyebabkan sungai melebar dan batuan besar jatuh ke sungai. Vegetasi riparian roboh pada beberapa bagian sungai tidak mampu menahan erosi tebing akibat gerusan arus sungai yang sangat kuat saat banjir bandang. Vegetasi riparian ini terdapat di bagian sungai dengan tebing dari jenis tanah yang mudah tergerus arus sungai. Vegetasi riparian yang mampu bertahan terletak di bagian sungai yang memiliki tebing sungai dari jenis batuan. Sungai di Stasiun II mengalami tekanan yang sangat besar akibat banjir bandang yang ditandai dengan longornya batuan-batuan besar dan hanyutnya vegetasi riparian. Perubahan bentuk aliran sungai juga tampak di Stasiun II akibat longoran tebing sehingga arus sungai terpecah dua tetapi bersatu lagi menuju ke bagian tengah di Stasiun III.

Riparia dimanfaatkan penduduk sebagai lahan pertanian kebun campur. Tanaman utama di riparia yaitu kelapa (*Cocos nucifera*) Penduduk menanam tanaman buah-buahan menahun di antara kelapa seperti mangga (*Mangifera indica*), duku (*Lansium domesticum*) dan rambutan (*Niphelium lappaceum*) Tanaman bambu (*Bambusa*) banyak ditanam di riparia ke arah sungai. Tanaman enau (*Arenga pinnata*) banyak ditemukan di riparia yang digunakan penduduk sebagai sumber minuman tradisional. Penduduk memanfaatkan riparia juga sebagai lahan peternakan ayam dan

babi. Sungai dimanfaatkan penduduk sebagai sumber air bersih untuk mandi, cuci dan kakus (MCK). Penduduk juga memanfaatkan sungai untuk membersihkan kendaraan bermotor disebabkan pada sungai dekat dengan jalan sehingga memudahkan penduduk untuk memanfaatkan air sungai.

Stasiun III dan IV (Gambar 3-4) terletak di bagian tengah sungai yang memiliki substrat batuan yang dicampur dengan lumpur. Lebar sungai semakin melebar. Batuan besar ditemukan di dasar sungai yang berasal dari longsoran tebing. Banjir bandang pada Februari 2014 telah menyebabkan batuan besar longsor ke sungai. Sama seperti di Stasiun I dan II, banjir besar menyebabkan arus yang sangat kuat yang ditampakkan dengan hanyutnya vegetasi riparian termasuk bambu. Vegetasi riparian yang mampu bertahan hanyalah vegetasi pohon besar dengan perakaran kuat di tebing batuan. Riparia dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dengan pola tanam seperti di Stasiun I dan II. Sungai juga dimanfaatkan penduduk untuk MCK dan memancing.

Stasiun V dan VI (Gambar 5-6) terletak di bagian hilir yang bercirikan substrat berlumpur dan penampang sungai yang lebar. Air sungai tampak sangat keruh dengan kecepatan arus melambat. Riparia di Stasiun V dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dan permukiman. Tanaman kelapa, enau dan buah-buahan juga ditemukan. Tanaman palawija seperti jagung ditanam penduduk. Sungai di Stasiun VI melintasi Kota Manado. Tebing sungai telah diperkuat dengan beton yang dimaksudkan untuk mencegah longsor tebing. Banjir bandang telah menyebabkan tinggi air sungai meningkat hingga mencapai atap permukiman. Riparia telah dimanfaatkan sebagai lahan terbangun komersial misalnya permukiman dan perkantoran.

Riparia Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala telah dimanfaatkan oleh penduduk untuk pertanian dan permukiman. Riparian merupakan *buffer*/penyangga yang mempertahankan kualitas air sungai (Rheinhardt *et al.* 2013). Kualitas riparian semakin ke hilir semakin buruk yang dicirikan dengan vegetasi riparian yang semakin berkurang digantikan dengan bangunan. Fungsi ekologis vegetasi riparian untuk mempertahankan kualitas air sungai dan habitat akan semakin menurun seiring menurunnya kualitas riparia. Kualitas riparia dari hulu ke hilir semakin berkurang seiring penurunan vegetasi riparian yang digantikan dengan lahan terbangun. Kualitas riparia tertinggi ditemukan di bagian hulu dan tengah yang ditanami penduduk dengan berbagai jenis tanaman budidaya tahunan. Kualitas riparia terburuk ditemukan di bagian hilir disebabkan riparia telah dirubah menjadi lahan terbangun.

Banjir bandang pada Februari 2014 telah menyebabkan longsor tebing sungai dari hulu hingga hilir sungai. Hal ini menjadi penting diperhatikan mengingat erosi tebing yang menyebabkan longsor dapat disebabkan oleh penurunan kualitas riparian. Rheinhardt *et al.* (2013) menyebutkan bahwa kualitas riparian yang buruk akan memperbesar erosi tebing sungai. Erosi tebing akan semakin besar jika vegetasi riparian hilang digantikan oleh lahan terbangun. Vegetasi riparian berperan penting dalam pencegahan erosi tebing sebab bagian vegetasi riparian seperti batang, ranting yang jatuh ke sungai dapat memperlambat kecepatan arus dan meningkatkan stabilitas dan deposisi (Dosskey *et al.* 2010). Meskipun bagian hulu sungai ditanami penduduk dengan berbagai tanaman budidaya tahunan namun curah hujan yang tinggi berdampak pada ketidakseimbangan tebing sungai yang menyebabkan longsor tebing. Upaya restorasi riparia penting dilakukan terutama di bagian hulu sungai mengingat fungsi utama bagian hulu sebagai area konservasi sungai. Upaya restorasi bagian hulu sungai pada akhirnya akan berdampak pada pemulihan fungsi ekologis riparia di bagian hulu namun juga di bagian tengah dan hilir.

4. Kesimpulan

Riparia di sepanjang Saluesem-Sawangan-Tikala telah dimanfaatkan penduduk sebagai lahan pertanian, peternakan dan permukiman. Riparia di bagian hulu dan tengah umumnya masih dimanfaatkan sebagai lahan pertanian kebun campur. Berbagai tanaman tahunan ditanam oleh penduduk di riparia. Pemanfaatan riparia di bagian hilir didominasi oleh permukiman dan bangunan komersial. Sungai dimanfaatkan oleh penduduk sebagai sumber air bersih untuk MCK dan mencari ikan. Upaya restorasi riparia penting dilakukan terutama di bagian hulu sungai untuk memulihkan fungsi ekologis riparia Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala dari hulu hingga hilir.

Terima Kasih

Penelitian ini dilakukan atas biaya Skim Riset Unggulan Universitas 2014 yang diberikan oleh Dirjen Dikti. Penulis mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa yang telah membantu di lapangan yaitu Amran, Amanda, Jean, Wahid, Aswad, Yudi, Fahri, Ino dan Angel.

Daftar Pustaka

- Chang M. 2006. *Forest Hydrology: an Introduction to Water and Forests*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Dosskey, MG, Vidon P, Gurwick NP, Allan CJ, Duval TP & Lowrance R. 2010. The role of riparian vegetation in protecting and improving chemical water quality in streams. *J.the American Water Resources Association (JAWRA)* 1-18. DOI: 10.1111 / j.1752-1688.2010.00419.x
- [FAO] Food and Ariculture Organization. 1998. *Rehabilitation of River for Fish*. Cowx IG, Welcomme RL [editors]. Oxford: Fishing New Books & FAO.
- Gordon ND, McMahon TA, Finlayson BL. 2004. *Stream Ecology: an Introduction to Ecologists*. Ed ke-2. Chichester: John Wiley & Sons.
- Rheinhardt RD, Brinson MM, Meyer GF & Miller KH. 2013. Carbon storage of headwater riparian zones in an agricultural landscape. *Carbon Balance and Management* 7:4. <http://www.cbmjournal.com/content/7/1/4>.



1. Riparia di Stasiun I



2. Riparia di Stasiun II



3. Riparia di Stasiun III



4. Riparia dan Erosi Tebing di Stasiun IV



5. Riparia dan Erosi tebing di Stasiun V



6. Riparia dan Batas Banjir di Stasiun VI

Gambar 1- 6. Pemanfaatan Riparia dan Sungai Saluesem-Sawangan-Tikala, Sulawesi Utara

Sistem Pendukung Keputusan dalam Memetakan Daerah Berisiko Banjir di Kota Manado

Glorya M. Ontah, Winsy Weku, Altien Rindengan

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sam Ratulangi, Manado
E-mail: ontahgloria@yahoo.com

Abstrak

Banjir yang melanda di berbagai wilayah Indonesia merupakan suatu fenomena logis karena negara ini berada di daerah tropis dengan curah hujan yang sangat besar. Penelitian bertujuan untuk memetakan daerah berisiko banjir di Kota Manado. Penelitian bertujuan untuk memetakan wilayah berisiko banjir di Kota Manado yang memerlukan beberapa pendapat atau masukan dari berbagai pihak. Atribut yang digunakan yaitu kemiringan lahan (%), ketinggian wilayah (%), DAS (km), luas pemukiman/wilayah tutupan lahan (%) dan curah hujan (mm). Penentuan wilayah banjir di Kota Manado menggunakan metode *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) dengan dua (2) teknik yaitu *Simple Additive Weighting Method* (SAW) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Hasil dengan menggunakan teknik SAW menunjukkan bahwa wilayah banjir yaitu Kecamatan Bunaken, Kecamatan Wenang, dan Kecamatan Singkil. Hasil dengan menggunakan teknik TOPSIS menunjukkan bahwa wilayah banjir yaitu Kecamatan Bunaken, Kecamatan Wenang, dan Kecamatan Tikala. Hasil penelitian dengan menggunakan teknik SAW dan TOPSIS menunjukkan bahwa Kecamatan Bunaken adalah wilayah yang berisiko banjir di Kota Manado. Kecamatan Bunaken menjadi wilayah paling berisiko banjir disebabkan wilayah ini memiliki aliran sungai terpanjang dibandingkan dengan wilayah lainnya.

Kata-kata kunci: MCDM, SAW, TOPSIS, wilayah banjir, Kota Manado

1. Pendahuluan

Bencana alam merupakan proses alam yang dapat membahayakan kehidupan manusia sehingga harus dihindari, agar kehilangan jiwa dan harta dapat diminimalkan. Selain bencana yang dipicu oleh aktivitas alam, terdapat pula jenis bencana yang dipicu oleh aktivitas manusia sendiri. Indonesia merupakan negeri yang sangat rawan akan berbagai bencana alam, seperti kekeringan, banjir, tanah longsor, letusan gunung berapi, dan bencana gempa bumi serta tsunami. Banjir yang melanda di berbagai wilayah Indonesia merupakan suatu fenomena logis karena negara ini berada di daerah tropis dengan curah hujan yang sangat besar. Banjir merupakan bencana terbesar yang menempati urutan pertama. Berbagai pemicu dapat mengakibatkan banjir seperti perubahan lahan di daerah hulu dengan pembukaan hutan yang menyebabkan air hujan tidak dapat diserap oleh tanah sehingga menjadi air limpasan yang langsung mengalir ke sungai serta perkembangan wilayah perkotaan yang tidak diiringi dengan pengelolaan yang baik akan menyebabkan sistem drainase perkotaan akan memburuk sehingga air tidak mengalir dengan semestinya sehingga menyebabkan genangan air.

Fenomena ini terjadi di wilayah Sulawesi Utara khususnya di beberapa kecamatan kota Manado yang pada beberapa waktu yang lalu mengalami bencana Banjir. Permasalahan banjir di kota manado selain disebabkan oleh curah hujan yang tinggi juga disebabkan beberapa faktor lainnya seperti kemiringan lahan, ketinggian wilayah (dpl), penutupan lahan, sistem drainase yang kurang baik, sampah masyarakat, serta banyaknya jumlah aliran air yang masuk ke kota manado sangat besar sehingga akumulasi aliran air sangat tinggi.

Lewat peristiwa banjir pada beberapa waktu yang lalu, dibutuhkan suatu pemahaman yang dapat dijadikan masukan bagi pemerintah daerah untuk lebih memberikan perhatian khusus wilayah mana saja yang berisiko banjir. Adapun tujuan penelitian ini yaitu menentukan wilayah berisiko banjir di kota Manado serta memvisualisasikannya ke dalam bentuk peta tematik.

Pemetaan wilayah banjir merupakan suatu masalah keputusan spasial multikriteria yang memerlukan kemampuan informasi geografi. Penelitian ini menggunakan teknik *Multi Criteria Decision Making* yang bertujuan untuk menyeleksi wilayah mana saja memenuhi berdasarkan kriteria – kriteria penyebab banjir. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini ada 2 metode yaitu *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution* (TOPSIS).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Sistem Pendukung Keputusan dengan pendekatan MCDM yaitu metode SAW dan TOPSIS. Sistem pendukung keputusan adalah sebuah sistem berbasis komputer yang dapat melakukan bantuan dalam pengambilan keputusan untuk memecahkan suatu masalah dengan memanfaatkan data dan model tertentu (Turban, 2005). MCDM adalah salah satu metode yang membantu dalam melakukan pengambilan keputusan terhadap beberapa alternatif keputusan yang harus diambil dengan beberapa kriteria yang akan menjadi bahan pertimbangan. Satu hal yang menjadi permasalahan adalah apabila bobot kepentingan dari setiap kriteria dan derajat kecocokan setiap alternatif terhadap setiap kriteria mengandung ketidakpastian (Kusumadewi dan Guswaludin, 2005).

Model MCDM diklasifikasikan menjadi dua model (Zimmermann, 1991) yaitu *Multi Attribute Decision Making* (MADM) dan *Multi Objective Decision Making* (MODM). Model MADM umumnya digunakan untuk melakukan penilaian atau seleksi terhadap beberapa alternatif dalam jumlah yang terbatas. Model MODM digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah pada ruang kontinu (seperti permasalahan pada pemrograman matematis). Ada beberapa fitur umum yang akan digunakan dalam MCDM (Janko, 2005) yaitu alternatif, atribut/kriteria, konflik antar kriteria, bobot keputusan dan matriks keputusan. Metode MADM dalam pengambilan keputusan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Keputusan Metode MADM

Alternatif Lokasi	Kriteria					
	B_1	B_2	B_3	-	-	B_M
	(w_1)	(w_2)	(w_3)	(-)	(-)	(w_M)
A_1	m_{11}	m_{21}	m_{13}	-	-	m_{1M}
A_2	m_{12}	m_{22}	m_{23}	-	-	m_{2M}
A_3	m_{13}	m_{23}	m_{33}	-	-	m_{3M}
A_N	m_{N1}	m_{N2}	m_{N3}	-	-	m_{NM}

Keterangan :

Alternatif : A_i (Dimana $i = 1, 2, 3, \dots, N$)

Atribut : B_j (Dimana $j = 1, 2, 3, \dots, M$)

Bobot Atribut : w_j (Dimana $j = 1, 2, 3, \dots, M$)

Kinerja Alternatif : m_{ij} ($i = 1, 2, \dots, N$ dan $j = 1, 2, \dots, M$)

Metode SAW

Metode SAW sering juga dikenal dengan istilah metode penjumlahan terbobot. Konsep dasar metode SAW adalah mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif pada semua atribut. Metode SAW membutuhkan proses normalisasi matriks keputusan (X) ke suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua *rating* alternatif yang ada.

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan (benefit)} \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} & \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya (cost)} \end{cases}$$

Dimana r_{ij} adalah rating kinerja ternormalisasi dari alternatif A_i pada atribut C_j dimana $i=1,2,\dots,m$ dan $j=1,2,\dots,n$. Nilai preferensi untuk setiap alternatif (V_i) diberikan sebagai :

$$V_i = \sum_{j=1}^n (w_j r_{ij})$$

Nilai V_i yang lebih besar mengindikasikan bahwa alternatif A_i lebih terpilih.

Metode TOPSIS

TOPSIS adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang (1981). TOPSIS menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal positif dan jarak terpanjang (terjauh) dari solusi ideal negatif. Solusi ideal positif didefinisikan sebagai jumlah dari seluruh nilai terbaik yang dapat dicapai untuk setiap atribut, sedangkan solusi negatif-ideal terdiri dari seluruh nilai terburuk yang dicapai untuk setiap atribut.

Adapun langkah-langkah algoritma dari TOPSIS ini adalah sebagai berikut :

1. Ranging Tiap Alternatif

TOPSIS membutuhkan ranking kinerja setiap alternatif (A_i) pada setiap kriteria (C_j) yang ternormalisasi yaitu :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{dengan } i=1,2,\dots,m \text{ dan } j=1,2,\dots,n$$

2. Matriks keputusan ternormalisasi terbobot

$$y_{ij} = w_i r_{ij}; \quad \text{dengan } i = 1,2,\dots,m \text{ dan } j=1,2,\dots,n$$

3. Solusi Ideal Positif Dan Negatif

Solusi ideal positif A^+ dan solusi ideal negatif A^- dapat ditentukan berdasarkan ranking bobot ternormalisasi (y_{ij}) sebagai berikut :

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+)$$

$$A^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-)$$

dimana y_j^+ adalah - max y_{ij} jika j adalah atribut keuntungan

- min y_{ij} jika j adalah atribut biaya

y_j^- adalah - min y_{ij} jika j adalah atribut keuntungan

- max y_{ij} jika j adalah atribut biaya

4. Jarak Dengan Solusi Ideal

Jarak dengan alternatif A_i dengan solusi ideal positif dirumuskan sebagai:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_i^+ - y_{ij}^+)^2}; \quad i=1,2,\dots,m$$

Jarak dengan alternatif A_i dengan solusi ideal negatif dirumuskan sebagai :

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_1^+ - y_{ij}^-)^2} ; i = 1, 2, \dots, m$$

5. Nilai Preferensi Untuk Setiap Alternatif

Nilai preferensi untuk setiap alternatif (V_i) diberikan sebagai :

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} ; i = 1, 2, \dots, m$$

Nilai V_i yang lebih besar menunjukkan bahwa alternatif A_i lebih dipilih.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kemampuan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam menganalisis data-data spasial yang menjadi parameter dalam memetakan wilayah berisiko banjir. Perangkat lunak SIG yang digunakan adalah Arc View 3.3 dan menggunakan perangkat lunak Matlab untuk perhitungan MCDM. Kriteria-kriteria yang digunakan untuk menentukan wilayah banjir di Kota Manado dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai dari setiap kriteria/atribut per kecamatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Kriteria dalam penentuan wilayah banjir

Kriteria	Indikator
Kemiringan	Wilayah berpotensi banjir pada kemiringan 0-8 %
Ketinggian	Wilayah berpotensi banjir pada ketinggian 0-240 m dpl
DAS	Semakin panjang aliran sungai semakin berpotensi untuk terjadi banjir
Pemukiman	Semakin luas daerah pemukiman maka semakin berpotensi terjadi banjir
Curah Hujan	Semakin Tinggi semakin berpotensi Banjir

Tabel 3. Nilai dari setiap kriteria/atribut per kecamatan

Wilayah	Kriteria				
	Kemiringan % (1)*	Ketinggian % (2)*	DAS km (3)*	Tutupan Lahan % (4)**	Curah Hujan mm (5)***
Bunaken	0.06	0.74	17.9	8.18	385
Sario	1	1	3	97.51	345
Tuminting	0.9	1	0	75.85	229
Singkil	0.89	1	5	51.50	531
Wanea	0.25	1	3.72	63.63	345
Malalayang	0.29	1	4.80	37.06	345
Mapanget	0.65	0.98	0	12.87	426
Wenang	1	1	6	94.59	531
Tikala	0.16	1	7.56	32.14	452

Sumber:

*: BPS Sulawesi Utara; **: Putra (2012); BMKG Stasiun Klimatologi Kayuwatu

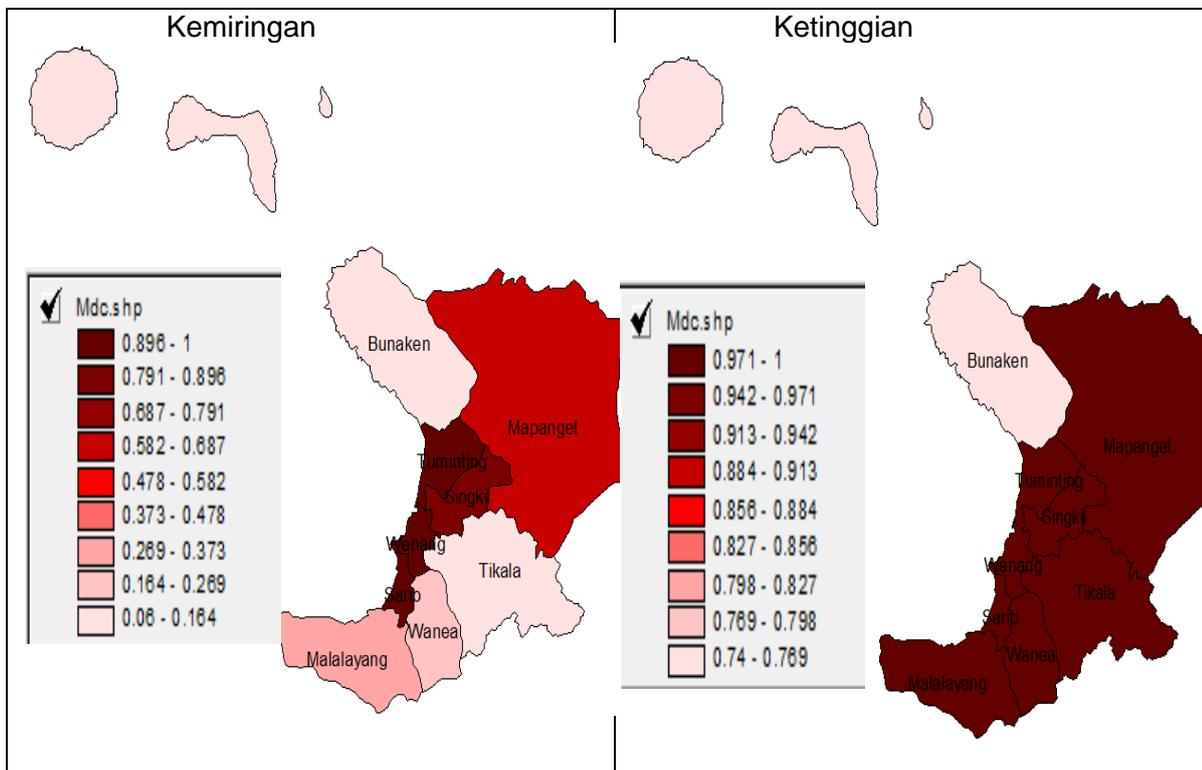
Setelah mendapatkan Tabel 3, penelitian dilanjutkan dengan teknik MCDM yaitu SAW dan TOPSIS. Ada beberapa yang harus diperhatikan dalam MCDM yaitu normalisasi matriks ke suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua rating yang ada dan juga pembobotan kriteria. Proses normalisasi dilakukan dengan menentukan kriteria mana yang masuk pada atribut keuntungan dan atribut biaya. Kriteria kemiringan dan ketinggian termasuk dalam atribut biaya/*cost* artinya ke dua kriteria ini tidak menguntungkan suatu wilayah untuk berisiko terkena banjir. Kriteria DAS, tutupan lahan dan curah hujan termasuk dalam atribut keuntungan/*benefit* artinya ke tiga kriteria ini memberi dampak suatu wilayah untuk berisiko terkena banjir. Pembobotan kriteria dilakukan berdasarkan tingkat kepentingan tiap kriteria. Semakin penting kriteria tersebut

maka semakin tinggi bobot kriteria. Bobot kriteria yang diberikan yaitu 1- 5 dengan urutan bobot tertinggi ke terendah yaitu curah hujan berbobot 5, DAS berbobot 4, permukiman berbobot 3 dan kemiringan dan ketinggian berbobot 2. Setelah melakukan teknik MCDM, wilayah yang paling berpotensi banjir akan dapat diketahui.

3. Hasil dan Pembahasan

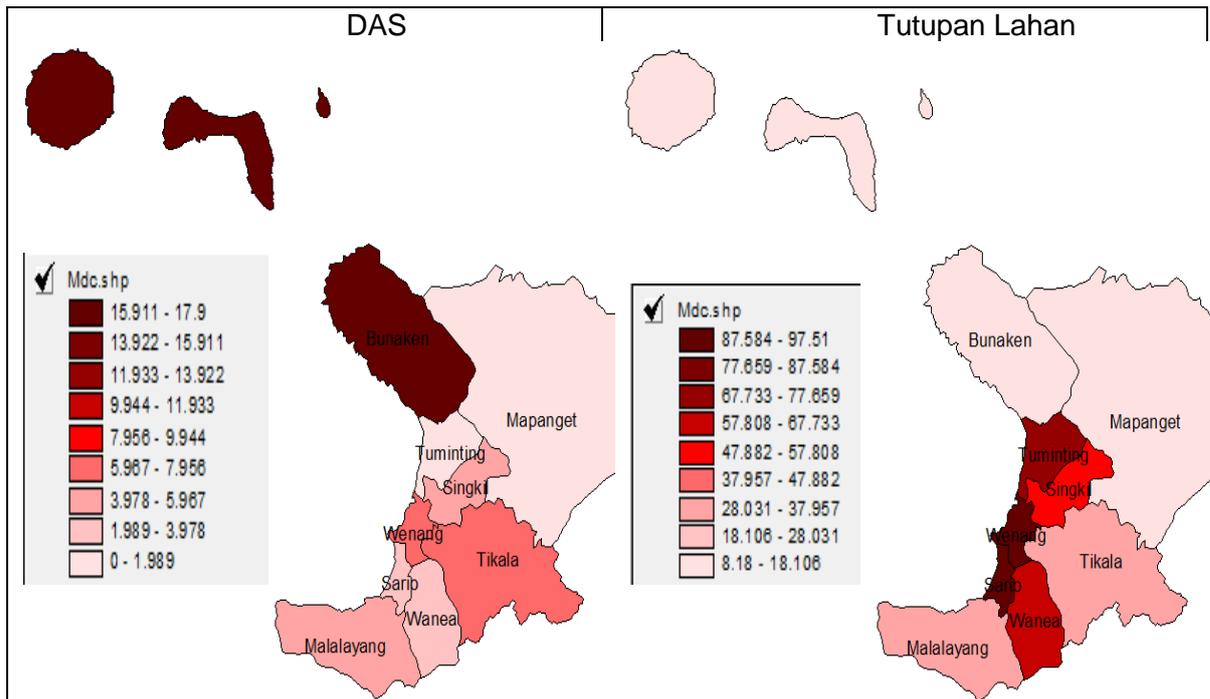
3.1. Analisis Spasial

Proses seleksi wilayah banjir dimulai dengan membuat peta tematik kota Manado sebagai bentuk visualisasi dari pengolahan data menggunakan metode SAW dan TOPSIS. Peta tematik Kota Manado dibuat berdasarkan peta administrasi Kota Manado yang terdiri dari 9 kecamatan. Kemudian, peta ini akan diisi dengan data kriteria-kriteria yaitu kemiringan, ketinggian, Daerah Aliran Sungai (DAS), tutupan lahan dan curah hujan. Hasilnya akan divisualisasikan pada Gambar 1 untuk kriteria kemiringan dan ketinggian, Gambar 2 untuk kriteria DAS dan tutupan lahan dan Gambar 3 untuk kriteria curah hujan di bawah ini.



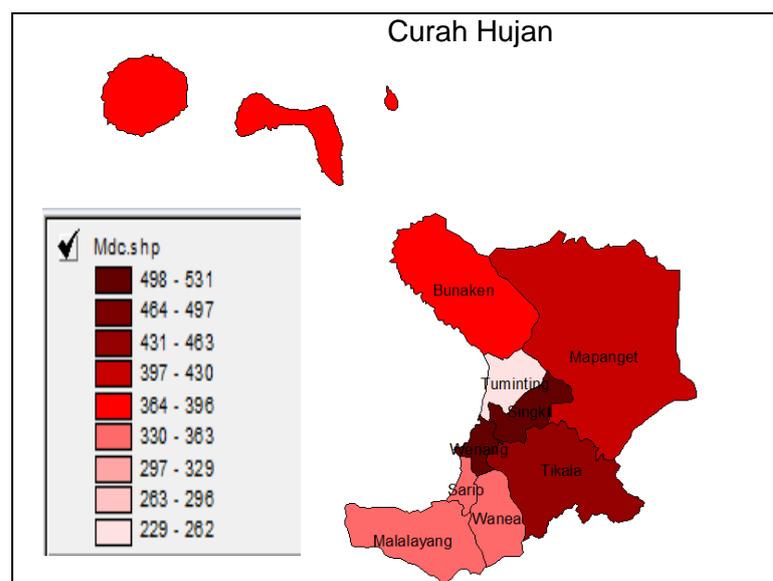
Gambar 1. Peta tematik berdasarkan matriks keputusan untuk kriteria kemiringan dan ketinggian

Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa Kecamatan Sario, Wenang, Tuminting dan Singkil berada di kemiringan pada interval 0.896-1. Wilayah yang berada di kemiringan terendah ada di Kecamatan Nunaken dan Tikala pada interval 0.06-0.164. Ketinggian hampir semua kecamatan di Kota Manado berada pada interval 0.971-1, terkecuali untuk Kecamatan Bunaken berada pada interval 0.74-0.769.



Gambar 2. Peta tematik berdasarkan matriks keputusan untuk kriteria DAS dan tutupan lahan

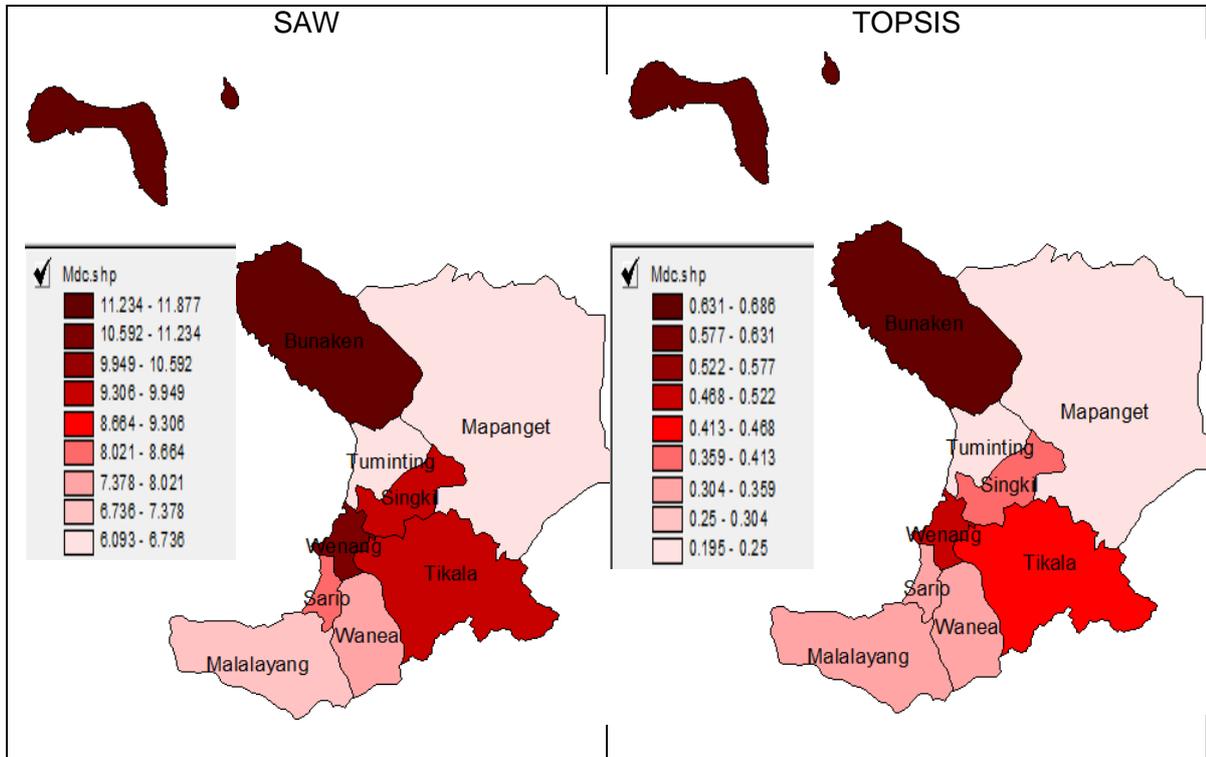
Gambar 2 menunjukkan bahwa Kecamatan Bunaken memiliki aliran sungai terpanjang dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Kecamatan Bunaken berada pada interval 15.9-17.9. Kecamatan Sario dan Wenang adalah kecamatan dengan tutupan lahan tertinggi. Kedua kecamatan ini berada pada interval 87.58-97.51. Kecamatan dengan tutupan lahan terendah yaitu kecamatan Bunaken dan Mapangget berada pada interval 8.18-18.106.



Gambar 3. Peta tematik berdasarkan matriks keputusan untuk kriteria curah hujan

Gambar 3 menunjukkan bahwa Kecamatan Singkil dan Wenang adalah kecamatan dengan curah hujan tertinggi berada pada interval 498-531, diikuti dengan kecamatan Tikala berada pada interval 431-463. Kecamatan dengan curah hujan terendah adalah kecamatan Tuminting yang berada pada interval 229-262.

Berdasarkan Tabel 3, penelitian dilanjutkan dengan teknik MCDM yaitu metode SAW dan TOPSIS. Hasil penelitian divisualisasikan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 4. Peta wilayah banjir dengan menggunakan metode SAW dan TOPSIS

SAW

Berdasarkan peta (Gambar 4) di atas, semakin berwarna gelap maka wilayah tersebut merupakan wilayah paling berpotensi banjir. Menurut metode SAW, wilayah berpotensi banjir yaitu Kecamatan Bunaken yang berada pada interval 11.232-11.877, kecamatan Wenang pada interval 10.592-11.232 dan Kecamatan Singkil interval 9.306-9.949. Kecamatan Bunaken menjadi wilayah paling berisiko banjir dikarenakan kecamatan ini memiliki aliran sungai terpanjang yaitu 17,9 km. Kecamatan Wenang menjadi salah satu kecamatan berisiko banjir karena wilayah ini memiliki tutupan lahan sebesar 94,59% serta curah hujan yang tinggi mencapai 531 mm. Begitupun dengan kecamatan Singkil menjadi salah satu wilayah berisiko banjir dikarenakan wilayah ini memiliki curah hujan yang tinggi yaitu 531 mm.

TOPSIS

Menurut metode TOPSIS, wilayah berpotensi banjir yaitu Kecamatan Bunaken, Kecamatan Wenang, Kecamatan Tikala. Sama halnya dengan metode SAW, Kecamatan Bunaken menjadi daerah paling berisiko banjir sebab wilayah ini memiliki aliran sungai terpanjang dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Menurut TOPSIS, Kecamatan Tikala menjadi salah satu wilayah berisiko banjir karena wilayah ini salah satu wilayah yang memiliki aliran sungai terpanjang ke 2 setelah Kecamatan Bunaken. Selain karena DAS, Kecamatan Tikala memiliki curah hujan yang cukup tinggi yaitu 452 mm.

4. Kesimpulan

Lewat penelitian ini dapat diketahui bahwa Kecamatan Bunaken dan Kecamatan Wenang adalah wilayah paling berisiko banjir. Hal yang membedakan yaitu pada urutan ke 3, menurut SAW, Kecamatan Singkil merupakan salah satu wilayah berisiko banjir karena wilayah ini memiliki curah hujan yang tinggi. Berbeda dengan itu, menurut TOPSIS, Kecamatan Tikala merupakan salah satu wilayah berisiko banjir karena wilayah ini memiliki aliran sungai terpanjang kedua setelah Kecamatan Bunaken.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2013. Manado dalam Angka 2013. BPS Provinsi Sulut. Manado.
- Janco W. 2005. Multy-Criteria Decision Making: An Application Study of ELECTRE and TOPSIS. Dalam: Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM). Graha Ilmu. Yogyakarta
- Kusumadewi S, Purnomo H. 2004. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kusumadewi S, Guswaludin I. 2005. Fuzzy Multi-Criteria Decision Making (Fuzzy MCDM). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Kusumadewi S. 2006. Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM). Graha Ilmu :Yogyakarta
- Kusrini. 2007. Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan. Andi. Yogyakarta.
- Putra EH. 2012. Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan pendekatan kebutuhan oksigen menggunakan Citra Satelit EO-1 ALI (Earth Observer-1 Advanced Land Imager) di Kota Manado. *Info BPK Manado*. 2 (1): 41-54.
- Turban E. 2005. Decision Support System and Intelligent System (Sistem Pendukung Keputusan dan Sistem Cerdas). Andi. Yogyakarta.