

ISSN: 1412-033X

BIODIVERSITAS

Journal of Biological Diversity

Volume 2 - Nomor 1 - Januari 2001



JURUSAN BIOLOGI FMIPA

Universitas Sebelas Maret Surakarta

THIS PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

BIODIVERSITAS

Journal of Biological Diversity

PENERBIT:
Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

ALAMAT PENERBIT/REDAKSI:
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126 Telp. (0271) 663375, (0271) 46994 Psw. 387. Faks. (0271) 646655,
<http://www.biology.mipa.uns.ac.id>; biologi.mipa.uns.ac.id; e-mail: biodiv@uns.ac.id; biology@mipa.uns.ac.id

TERBIT PERDANA: 2000

PEMIMPIN REDAKSI/PENANGGUNGJAWAB:
S u t a r n o

SEKRETARIS REDAKSI:
Ahmad Dwi Setyawan

PENYUNTING PELAKSANA:
Marsusi, Solichatun (Botani), Edwi Mahajoeno, Agung Budiharjo (Zoologi),
Wiryanto, Kusumo Winarno (Biologi Lingkungan)

PENYUNTING AHLI:
Prof. Ir. Djoko Marsono, Ph.D. (UGM Yogyakarta)
Prof. Dr. Hadi S. Alikodra, M.Sc. (IPB Bogor)
Prof. Drs. Indrowuryatno, M.Si. (UNS Surakarta)
Prof. J.M. Cummins, M.Sc., Ph.D. (Murdoch University Australia)
Prof. Dr. Jusup Subagja, M.Sc. (UGM Yogyakarta)
Prof. Dr. R.E. Soeriaatmadja, M.Sc. (ITB Bandung)
Dr. Setijati Sastrapradja (Yayasan KEHATI Jakarta)
Dr. Dedi Darnaedi (Kebun Raya Bogor)
Dr. Elizabeth A. Wijaya (Herbarium Bogoriense Bogor)
Dr. Yayuk R. Suhardjono (Museum Zoologi Bogor)



P E D O M A N P E N U L I S A N

BIODIVERSITAS menerima tulisan ilmiah, baik hasil penelitian maupun telaah pustaka dalam lingkup keanekaragaman hayati (biodiversitas), baik pada tingkat gen, varietas, spesies maupun ekosistem.

Tulisan yang dimuat merupakan hasil seleksi dewan redaksi dan belum pernah dimuat dalam publikasi lain. Dewan redaksi berhak mengedit naskah tanpa mengubah isi.

Penulis diminta mengirimkan dua kopi naskah tulisan beserta disket yang diketik dengan program MS-word, kecuali naskah yang dikirim melalui e-mail.

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris, dengan kertas kuarto, maksimal 15 halaman, spasi 1.5, huruf 12 point, format batas kiri dan atas 4 cm, batas kanan dan bawah 3 cm. Jumlah tabel dan gambar maksimal 3 halaman.

Gambar dan grafik dibuat dengan tinta cina atau dicetak dengan printer Laser, pada kertas yang sesuai. Foto dicetak pada kertas *glossy* dan diberi keterangan.

Naskah hasil penelitian disusun dengan urutan: judul dalam bahasa Indonesia dan Inggris, nama lengkap penulis, nama dan alamat institusi, abstrak dalam bahasa Inggris (tidak lebih dari 200 kata), pendahuluan, bahan dan metode, hasil dan pembahasan, kesimpulan, ucapan terima kasih (apabila diperlukan) dan daftar pustaka. Naskah telaah pustaka ditulis secara berkesinambungan, tanpa sub-judul bahan dan metode, serta hasil dan pembahasan.

Pustaka di dalam naskah ditunjukkan dengan nama akhir penulis diikuti tahun penerbitan. Apabila penulis lebih dari dua orang disingkat dengan dkk. atau *et. al.* Daftar pustaka ditulis menurut abjad, dengan sistem nama dan tahun.

Penulis, penulis pertama atau penulis yang ditunjuk untuk korespondensi pada naskah kelompok akan mendapatkan lima eksemplar *reprint/offprint*, selambat-lambatnya sebulan setelah naskah diterbitkan.



THIS PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

Studies on *Ranunculus* Population: Isozymic Pattern

SURANTO

Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sebelas Maret University Surakarta.

Received: December 24th 2000; Accepted: January 20th 2001

ABSTRACT

Species of *Ranunculus* is small herb grows at quite high altitudes, ranging from several hundreds to more than a thousand meter above sea level. They can occupy a variety of habitats such as moist soils or can even grow submerged or floating in stream. A few numbers of species from different populations have been recorded to have morphological complexity, which could cause a problem for the work of taxonomists in making decisions. In order to support taxonomists in solving their problem, a new experimental method using SDS-PAGE will be used to explore the isozyme data. The main purpose of this research was to investigate whether or not isozyme data can be used to clarify the morphological complexity of *Ranunculus* species. In this study, nine species of *Ranunculus* from different populations were used. Five to twenty plants were sampled for electrophoresis studies. Four enzyme systems: peroxidase, esterase, malate dehydrogenase and acid phosphatase were chosen. The results showed that every enzyme gave its specific pattern in each species and common band always found in nine species tested. This experiment proved that genetic data (isozyme) quite promoting to be applied in higher plant taxonomy in solving the morphological complexity problem.

© 2001 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: isozyme, PER, EST, MDH, ACP, *Ranunculus*.

INTRODUCTION

The genus *Ranunculus* consists of about 500 species, and is recorded as the large genus within the family Ranunculaceae. The *Ranunculus* species usually grow at quite high altitudes, ranging from several hundred to more than a thousand meters above sea level. They can occupy a variety of habitats, in wet or moist soils and muddy water, or can even grow submerged or floating in steams.

Species are widely distributed around the world and the number in different countries varies. About 146 species have been recorded in Russia (Komarov and Schischkin, 1963). On the other hand, in Java (Indonesia) only 3 species so far have been recorded (Eichler in Backer and Bakhuizen van den Brink, 1963). Japan, India and Taiwan each have 20-30 species, and in New Zealand approximately 50 are recorded. This confirms they are typical

plants of cool climate regions. In tropical countries such as Indonesia they can only grow in the mountains. Table 1. shows the distribution of *Ranunculus* species used in this study.

Enzyme variations

The term "isozyme" has been used by Brown (1990) for "the multiple zones of enzyme activity that are observed when electrophoresis gels are subject to histochemical stains to detect the presence of more or less specific enzymes". In addition, he stated that isozymes might precisely or correctly is applied for multiple bands coded by more than one structural gene locus for particular enzymes. Alternatively the allozyme term is used if the occurrence of multiple bands arises from the alleles which are segregating at a single locus.

The use of isozyme in plant taxonomy

In recent years, uses of isozyme data for plant taxonomic purposes have increased quite rapidly. This method offers a very powerful tool in studying lower hierarchies of plant taxa such as the species, sub-species or population level (Reisenberg *et. al.*, 1988; Burden *et. al.*, 1980; Brown, 1990).

Isozyme data is particularly useful if the morphological characters of species appear to overlap. At the present time, there is no doubt that isozyme data provides a powerful tool in the era of molecular taxonomy. It is likely that by the next decade the use of isozyme data in the work of taxonomist will be intensively adopted. Molecular biology techniques will use data both from DNA sequence and isozyme analysis for research purposes in plant taxonomy.

DNA sequencing needs quite expensive funds to run it, but it provides the best data, and has wider applications for all levels of taxa. On the other hand, "isozyme analysis" is less expensive (even affordable) and relatively easy and rapid to perform. It also has the ability to handle quite a large numbers of samples simultaneously (Brown, 1990). From the undoubted advantages of both the above approaches, financial considerations frequently determine which experimental taxonomic research will be adopted. In this project, the second approach is the alternative to be adopted.

Studies of enzyme patterns in higher plant taxonomy have been carded on for more than two decades (Mitra *et. al.*, 1970; Conklin and Smith, 1971; Reisenberg and Soltis, 1987; Burden *et. al.*, 1980; Moran *et. al.*, 1990; Brown, 1990). These studies of plant enzymes involved both alloenzyme variations (Crawford *et. al.*, 1988, 1985; James *et. al.*, 1983), and isozyme variations (Reisenberg, 1987). The principle methodology in studying isozyme and allozymes in plant is electrophoresis. Electrophoresis examines the movement of the protein and enzymes in buffered gel when they are subjected to an electric current.

Band forms on electrophoresis gels which reveal the activity of enzymes using specific enzymic detection methods, at least implies functional similarity and analogy of the proteins being compared (Mitra *et. al.*, 1970). Protein variations revealed by electrophoresis have been considered as a powerful approach in measuring the genetic diversity in

populations (Brown, 1978; Brown *et. al.*, 1978). In order to ascertain the level of generic variation within and/or between populations, isozymes and allozymes can be used as main sources of data, because an enzyme marker which is separated by electrophoresis furnished a simple means for rapid partitioning of the variability within and between populations at the gene level.

Although studies of enzyme variations by means of electrophoresis in *Ranunculus* species is here being conducted for the first time, this method has been extensively employed for other species, for example; *Pisum sativum* (Bowling and Crowden, 1970); *Datura* species (Conklin and Smith, 1971); *Nicotiana* species (Smith *et. al.* 1970; Bredemeijer, 1984); *Dubautia agyroxiphium* and *Wilkesia* (Witter, 1988); *Glycine canescent* and *G. aryrea* (Brown, 1990); *Glycine tomentella* (Doyle *et. al.*, 1986); *Chenopodium santae-clarae* (Crawford *et. al.*, 1988); *Eucalyptus* and *Acacia* (Moran *et. al.*, 1990); *Thuja plicata*, *Eremaea* species (Coates and Hnatiuk, 1990); *Emex australis* (Panetta, 1990).

Since multiform enzymes are presumably the direct product of multiform (alleles) of genes, they may serve as molecular markers which are useful for analyzing genetic dissimilarity among species (Conklin and Smith, 1971). "Undoubtedly allozymes will continue to be used in biosystematics and phylogenetic applications, and the importance of isozyme data will be strengthened if they are treated carefully like any other group of taxonomic characters, with criteria for category assignments clearly stated and the possibility of selective interactions considered" (Johnson, 1973). Although the use of isozyme data in the studies of populations is increasing, it is better that a group of enzymes be studied rather than a single system.

In this present study four enzyme systems were chosen, namely peroxidase, esterase, malate dehydrogenase and acid phosphatase.

Peroxidase is an easy enzyme to detect in gel electrophoresis, but interpretation of isoperoxidase data requires can, as has been reported in their studies of *Shorea lopusula* and *Xerospermum* species. Pattern may change during physiological development. Conklin and Smith (1971) have reported an increased number of bands in *Datura* species as leaves approach maturity. In addition, they

recorded no difference in band patterns from plants from the green house or from field grown plants.

Like peroxidase, the esterase has numerous isozymes, and more in herbaceous plants than in woody plants. Smith *et al.* (1970) reported band number of esterase in *Nicotiana* species to range from 3-15. Even though there are more esterase band present than peroxidase, this enzyme system may not be particularly useful in discriminating between species, as Mitra *et al.* (1970) recorded in *Hordeum* species.

Table 1. *Ranunculus* species and population sources used for electrophoresis.

Population	Species	Plant numbers
Liawenee	<i>R. triplodontus</i>	16
Nive River	<i>R. triplodontus</i>	20
Rat Castle	<i>R. triplodontus</i>	15
Clarence Weir	<i>R. triplodontus</i>	20
Ouse River	<i>R. triplodontus</i>	13
Projection Bluff	<i>R. triplodontus</i>	10
Wild Dog Plains	<i>R. triplodontus</i>	12
Black Mary Plains	<i>R. pimpinellifolius</i>	9
Pine Lake	<i>R. gunnianus</i>	6
Lake Augusta	<i>R. gunnianus</i>	5
Projection Bluff	<i>R. decurvus</i>	10
Rat Castle	<i>R. decurvus</i>	10
Projection Bluff	<i>R. collinus</i>	10
Rat Castle	<i>R. collinus</i>	10
Wild Dog Plains	<i>R. collinus</i>	10
Liawenee	<i>R. pascuinus</i>	10
Wild Dog Plains	<i>R. amphitricus</i>	10
Green View	<i>R. lappaceus</i>	9
Wild Dog Plains	<i>R. nanus</i>	20
Camerons Lagoon	<i>R. nanus</i>	20
Saint Patric Plains	<i>R. nanus</i>	20
Ouse River	<i>R. nanus</i>	20
Clarence Weir	<i>R. nanus</i>	20

Unlike esterase, malate dehydrogenase isozymes are fewer in number, i.e. only about 3 or 4 as recorded by Gottlieb (1982). Moran and Hooper (1983), again showed for malate dehydrogenase that there are more isozymes bands in herbaceous than in woody species.

Acid phosphatase isozymes are likely to give many bands since this enzyme may be dimeric. This enzymic marker gives good resolution where polyploid species are studied, for example in hexaploid bread wheat

(Gottlieb, 1982). This enzyme system may give significant results since several *Ranunculus* have several polyploid species. Recent studies of isozyme variations in plant taxonomy have made substantial contributions in examining inter relationships between species or species differences, provided then data are integrated with a proper analysis. The value of using isozyme data in association with morphological characters in resolving problems species complexes is potentially great.

To examine any possible effect of environmental change on the isozyme patterns in *Ranunculus*, both field and transplanted leaf samples were examined. Field harvested leaves were of uncertain age, which may account for some quantitative differences observed within population sample. Leaves examined after four months transplanting were of uniform age and at an equivalent stage of physiological development, and therefore would be expected to give a uniform pattern unless genetic variability existed within the population.

MATERIALS AND METHODS

Gel Preparation

Acrylamide gel electrophoresis was employed. The gel buffer was tris-citric buffer pH 8.4 (Stock Solution A). Stock Solution A: 4.5 grams of TRI (Hydroxymethyl) Methylamine (PURISS), 0.51 grams of citric acid and 500 ml of deionized water. Stock Solution B: 30 grams of acrylamide, 0.80 grams of N N'-methylene-bis-acrylamide and 100 ml of deionized water.

The gel was made by mixing 20 ml of solution B and 40 ml of solution A. This mixture was deaerated on a Buchi rotary evaporator for 5 minutes after which 0.04 ml of N, N, N', N'-tetramethyl-ethylenediamine was added and with carefully mixed. To polymerize the gel, 0.06 grams of ammonium persulphate was added and mixed carefully immediately before pouring the solution into the gel mould (BIO-RAD Model 360). Using this model, at least 4 thin gels each with 10-14 slots can be cast simultaneously.

Extraction and loading the samples

Laminas and petioles were examined separately. Material from each plant was

ground individually in a staining dish using 0.15-0.35 ml of protein extracting solution for laminas and 0.1-0.15 ml for petioles. Despite the voluminous literature on extraction methodology which suggests the need to use frozen plant material (liquid nitrogen), it was found unnecessary for the systems studied in this project to use other than an ice cool buffer and to hold plant material and extracts in an ice bath. The extracts were transferred to a small glass vial, 2 mm diameter, 3 cm long, and centrifuged at 3500 rpm for 15 minutes. The supernatants were then applied in the gel slots. The amount of sample loaded in each slot was, for peroxidase about 10-15 ul, while for the other enzymes about 15-24 ul.

The protein extracting solution consisted of 0.018 grams of cysteine, 0.021 grams of ascorbic acid, 5 grams of sucrose, diluted in 20 ml of borax buffer pH 8.4 (tank buffer).

Electrophoresis

The electrophoresis chamber used in this project was a mini vertical slab cell manufactured by BIO-RAD, USA, model 360. This model has advantages in allowing use of very small amounts of samples, as well as allowing a short running time.

Electrophoresis was conducted at a constant current of 5 mA for peroxidase (PER) and 7 mA for esterase (EST), malate dehydrogenase (MDH), and acid phosphatase (AP), at room temperature for about 60 minutes including a pre-electrophoresis time of approximately 10 minutes. Electrophoresis was stopped when the bromophenol blue marker dye had traveled about 56 mm from the slot toward the anode.

Staining Procedures

Four enzyme stains were used routinely.

Peroxidase

0.0125 grams of o-Dianisidine, dissolved in 2.5 ml of acetone, then add 50 ml of 0.2 M acetate buffer pH 4.5 and 2 drops of H₂O₂.

Esterase

0.0125 grams of 1-naphthyl acetate dissolved in 2.5 ml acetone, then add 50 ml of

0.2 M phosphate buffer pH 6.5 and 0.0125 grams of Fast Blue BE Salt

Malate Dehydrogenase

15 ml of 0.1 M Tris-HCl pH 8 was mixed in 125 ml of deionized water. Then 10 ml of 0.2 M Sodium Malate pH 7.5, 0.020 grams of MTT (2,5-Diphenyl tetrazolium Bromide) and 0.005 grams of PMS (Phenazine Methosulphate) was added.

Incubate gel for 30-40 minutes in the dark, and then transfer to a fresh solution containing in addition 0.020 grams of NAD (Nicotinamide Adenine Dinucleotide).

Acid Phosphatase

0.0125 grams of 1-naphthyl phosphate dissolved in 2.5 ml of acetone then add 75 ml of 0.2 M acetate buffer pH 4.5, 0.025 grams of Fast Black K Salt and 0.025 grams of Fast Garnet GBC Salt.

A number of other enzyme systems, namely Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase, 6 Phosphogluconate Dehydrogenase, Alcohol Dehydrogenase, Isocitratase, and Tetrazolium Oxidase were investigated and found unsuitable.

All staining procedures in this experiment were conducted at room temperature. For Peroxidase and Esterase stains refer to Mills and Crowden (1968), for Malate Dehydrogenase stains refer to Brown *et al.* (1978), and for Acid Phosphatase stains refer to Adam and Jolly (1980).

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1-4 are interpretative drawings of isozyme patterns for Peroxidase, Esterase, Malate Dehydrogenase, and Acid Phosphatase of the *Ranunculus* species examined. The diagrams shown represent average band patterns determined after examining 1 number of populations for each species.

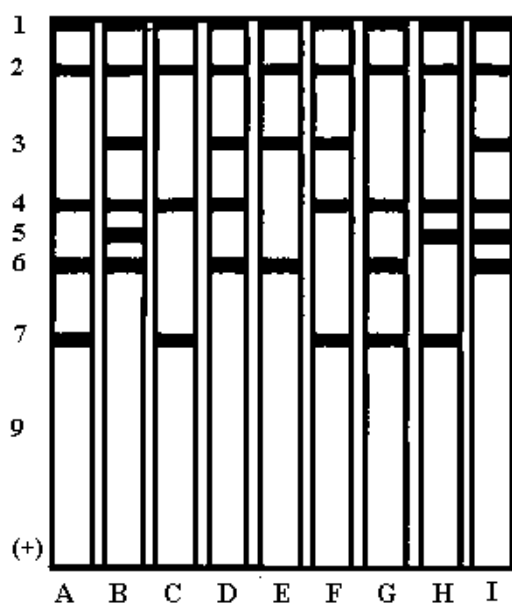


Figure 1. Peroxidase isozyme patterns of *Ranunculus* species. A. *R. triplodontus*, B. *R. collinus*, C. *R. decurvus*, D. *R. pimpinellifolius*, E. *R. gunnianus*, F. *R. pascuinus*, G. *R. amphitricus*, H. *R. lappaceus*, I. *R. nanus*.

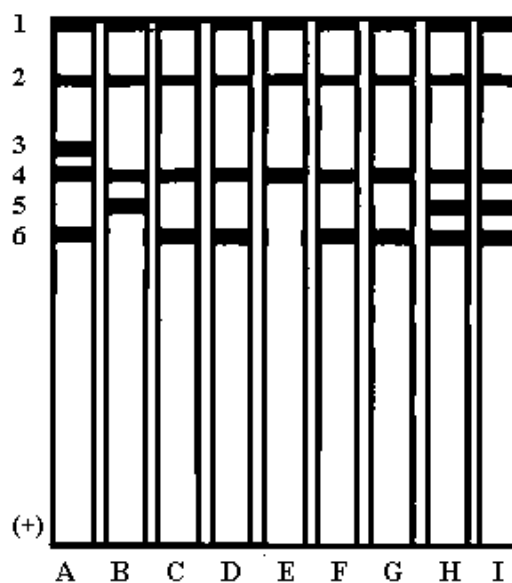


Figure 3. Malate dehydrogenase isozyme patterns of *Ranunculus* species. A. *R. triplodontus*, B. *R. collinus*, C. *R. decurvus*, D. *R. pimpinellifolius*, E. *R. gunnianus*, F. *R. pascuinus*, G. *R. amphitricus*, H. *R. lappaceus*, I. *R. nanus*.

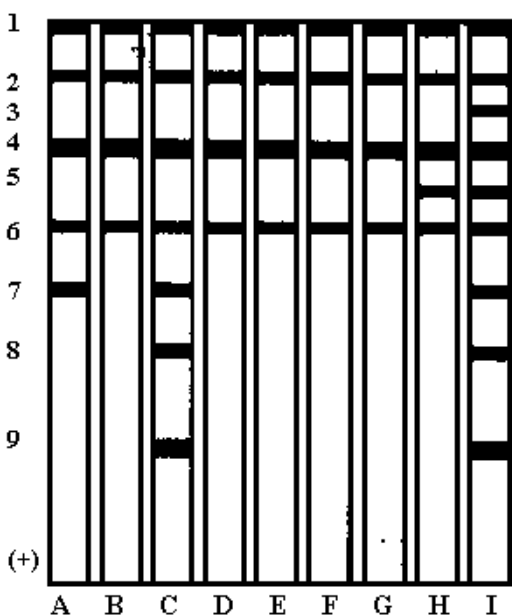


Figure 2. Esterase isozyme patterns of *Ranunculus* species. A. *R. triplodontus*, B. *R. collinus*, C. *R. decurvus*, D. *R. pimpinellifolius*, E. *R. gunnianus*, F. *R. pascuinus*, G. *R. amphitricus*, H. *R. lappaceus*, I. *R. nanus*.

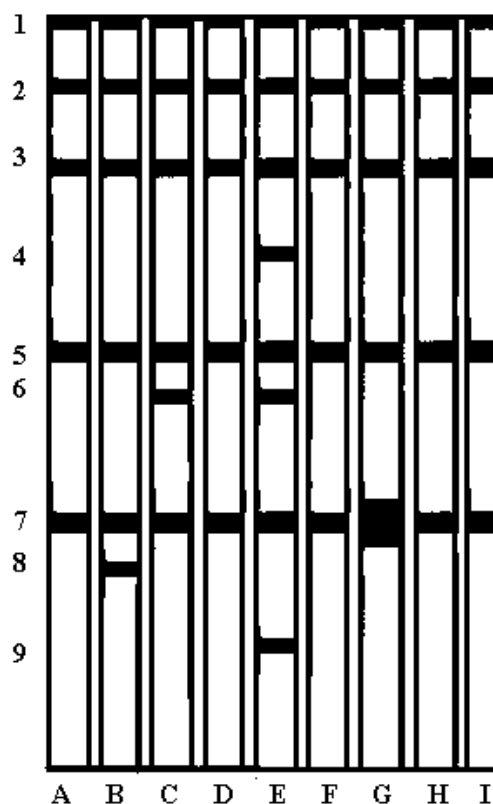


Figure 4. Acid phosphatase isozyme patterns of *Ranunculus* species. A. *R. triplodontus*, B. *R. collinus*, C. *R. decurvus*, D. *R. pimpinellifolius*, E. *R. gunnianus*, F. *R. pascuinus*, G. *R. amphitricus*, H. *R. lappaceus*, I. *R. nanus*.

Peroxidase

Peroxidase showed most variations of the four enzymes tested. The seven isoperoxidases identified arranged in eight distinct patterns. Bands 1 and 2 occurred in all species tested. The two species *R. triplodontus* and *R. amphitricus* had the same patterns (5 bands). These are aquatic or semi-aquatic plants. Two other species *R. collinus* and *R. nanus* also had identical peroxidase patterns (6 bands). These species which often co-occur in the same habitat sometimes show overlapping leaf morphology, but they are easily distinguished on floral characters. The other species had distinctive peroxidase patterns.

Esterase

Isozyme bands 1, 2, 4 and 6 appeared in all species. Five species, i.e. *R. collinus*, *R. pimpinellifolius*, *R. gunnianus*, *R. pascuinus* and *R. amphitricus* had the same banding patterns (4 bands). The other 4 species *R. nanus*, *R. decurvus*, *R. lappaceus* and *R. triplodontus* had distinctive patterns. The main variability was in the bands 7, 8 and 9.

Malate Dehydrogenase

Common isozyme bands for all species were numbers 1, 2 and 4. For species *R. decurvus*, *R. pimpinellifolius*, *R. pascuinus* and *R. amphitricus* had the same bands (4 bands), as did *R. gunnianus* (3 bands). *R. lappaceus*, *R. triplodontus* and *R. nanus* had distinctive patterns. *R. nanus* showed the most complexity of isoenzyme patterns.

Acid Phosphatase

Common isozyme bands in all species tested were bands 1, 2, 3, 5 and 7. Band 5 was absent from *R. amphitricus* while band 7 was very strong in this species. *R. gunnianus* showed a very distinctive pattern, with the unique bands 4 and 9. Six species *R. nanus*, *R. pascuinus*, *R. pimpinellifolius*, *R. gunnianus* and *R. lappaceus* were not resolved.

Each enzyme studied gave a different result, and a different level of species separation. Peroxidase gave the best resolution of the species, compared to the presently accepted taxonomy. However, one would hardly expect all 11 species to be separated on the basis of variation in 1 enzyme system. No sound taxonomic classification will result from examination of a

single character, even though that character may have a number of states.

The experimental methods used in this study, of isozyme analysis using polyacrylamide gel electrophoresis, applied to 9 species of *Ranunculus* have supported the general view that such experimental data are useful in delineating in a meaningful (classification) sense. It is almost certainly that the more extensive application of the procedure(s) to include wider range of enzyme tests, examination of more populations, examination of plant organs other than leaves, e.g. seeds, seedling, would broaden the data base, and therefore would give better result for taxonomists in providing improved taxon delineation

ACKNOWLEDGEMENTS

A great appreciation was given to AIDAB-Australia for the funding during my study in Tasmania. I would like to thank Dr R. Crowden for his advice, patience and correction of the manuscripts, while I was studying at the Department of Plant Science (Botany), Tasmania University-Hobart-Australia

REFERENCES

- Adam and Jolly. 1980. Electrophoretic Buffer System and Stain Recipes. *In* CSIRO, Division of Forest Research (Ed.) 1982. pp.: 68-80.
- Backer, C.A. and R.J. Bakhuizen van den Brink (1963). *Flora of Java*. Volume I. Groningen: Noordhoff.
- Bentham, G. 1864. *Flora Australensis*. Volume 2. London: Reive Br Co.
- Bowling, A.C. and R.K. Crowden, 1970. Peroxidase Activity and Lignification in the Pod Membrane of *Pisum sativum* L. *Australian Journal of Biological Science*. 26: 679-684.
- Bredemeijer, G.M.M. 1984. The Role of Peroxidase in Pistil-Pollen Interactions. *Theory of Application Genetic*. 68: 193-206.
- Brown, A.D.H., E. Nevo, D Iohary, and O. Dagon. 1978. Genetic Variation in Natural Populations of Wild Barley (*Hordeum spontaneum*) *Genetica* 49 (2/3): 97-108.
- Brown, A.H.D. 1990 Isozymes, Plants Population Genetic Structural and Conservation. *Theory of Application Genetic* 52:145-157.

- Burdon, J.I., D.R. Marshall, and R.H. Groves. 1980. Isozyme Variation in *Chondrella juncea* L. in Australia. *Australian Journal Botany*. 28: 193-198.
- Coates, D.J. and Hnatiuk, R.J. 1990. Systematic and Evolutionary Inferences from Isozyme Studies in the Genus *Eremaea* (Myrtaceae). *Australian Systematic of Botany*. 3: 59-74.
- Conklin, M.E, and Smith, M.M. 1971. Peroxidase Isozymes: A measure of Molecular Variation in Ten Herbaceous Species of *Datura*. *Amer. J. Bot.* 58 (7): 688-696.
- Crawford, D.J., R Ornduff, and M.C. Vasey. 1985. Allozyme Variation Within and Between *Lasthenia minor* and its Derivatives species *L. maritima* (Asteraceae). *Amer. J. Bot.* 72 (8): 1177-1184.
- Crawford, D.J., Stuessy, F.F. and Mario Silvia O. 1988. Allozyme Variation in *Chenopodium santae-clarae*, and Endemic species of the Joan Fernandez Islands, Chile. *Biochemical Systematics and Ecology* 16(3): 279-284.
- Doyle, M.J., J.E. Grant, and A.H.D. Brown. 1986. Reproductive Isolation between Isozyme Groups of *Glycine temonlella* (Leguminosae) and Spontaneous Doubling in their Hybrids. *Australian Journal of Botany* 34: 532-535.
- Gottlieb, L.D. 1982. Conservation and Duplication of Isozymes in Plants. *Science*. 216:373-380.
- James, S.H., A.P. Wylie, M.S. Johnson, S.A Carstairs. and G.A. Simpson. 1983, Complex Hybridity in *Isotoma petraea* V. Allozyme Variations and the Pursuit of Hybridity. *Heredity*. 51(3): 653-663.
- Johnson, S.H 1973. *Evolution of Polymorphism and Biosystematic*. The Hypothesis of Selective Neutrality. *Ann. Rev. Evol. & System.* 4: 43-116.
- Komarov, I. and B.K. Schischkin. 1963. *Flora USSR*. VL. Moscow: Academic Scimtiarum.
- Mills, A.K. and R.K. Crowden. 1968. Distribution of Soluble Proteins and Enzyme During Early Development of *Pisum sativum*. *Aust J. Biol. Sci.* 21: 1131-1141.
- Mitra, R., D.R. Jagannath and C.R Bhatia.. 1970. Disc Electrophoresis of Analogous Enzymes in *Hordeum*. *Phytochemistry* 9 (8): 1843-1850.
- Moran G.F. and Hopper, S.D. 1983. Generic Diversity and the Insular Population Structure of the Rare Granite Rock Species *Eucalyptus caria* Benth. *Australian Journal of Botany*. 31: 161-172.
- Moran, GE, Bell. I.C. and Prober. S. 1990. The utility of isozymes in Systematics of Some Australian Tree Groups. *Australian Systematic of Botany*. 3: 47-57.
- Reiseberg, L.H. and Soltis, D.E. 1987. Phosphoglucumutase in *Helianthus*: a Polymorphism for Isozyme Number. *Biochemical Systematic and Ecology*. 15 (4): 545-548.
- Smith, H.H., Hamill, D.E., Veaver, E.A. and Thomson, KH. 1970. Multiple Molecular Forms of Peroxidase and Esterase Among *Nicotiana* Species and Amphiploids. *Heredity*. 61(5): 203-212.
- Witter, M.S. 1988. Duplicate Expression of Biochemical Gene Marker in the Hawaiian Silverword Alliance (Madiinae: Compsitae). *Biochemical Systematics and Ecology*. 16 (4): 373-377.

Studi Kemotaksonomi pada Genus *Zingiber*

A Chemotaxonomic Study in the Genus *Zingiber*

MARSUSI, AHMAD DWI SETYAWAN, SHANTI LISTYAWATI
Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Diterima: 24 Desember 2000. Disetujui: 20 Januari 2001

ABSTRACT

Zingiber is profitable for spice, ingredients, medicine and garnishing plant (Purseglove, 1972). The systematic of *Zingiber* (and other Zingiberaceae) has been argued among the authors, because they commonly use the morphological and the anatomical characters, that they obtain limited data. The chemical constituents of volatile oils are one of the most prospective characters for taxonomy of *Zingiber*. This research is objected to find out (1) the constituents of volatile oils (2) the number and the type of compounds composing volatile and (3) the genetic relationship. This research is done in the laboratory. The data seeking covers, i.e. (1) water distillation (Guenther, 1948; Anon, 1977), (2) extraction (Anon, 1977; Harborne, 1984), and gas chromatography (Mc Nair & Bonelli, 1968; Pramono, 1988). Dendrogram is arranged referring to Sokal & Sneath (1963), and the association coefficient degrees are determined referring to Pielou (1984). The rhizomes are gathered from Bogor Botanical Garden and from around Surakarta. There are seven achieved species, namely *Z. amaricans* Nor., *Z. aromaticum* Val., *Z. cassumunar* Roxb., *Z. gramineum* Bl., *Z. officinale* Roxb., *Z. ottensii* Val., and *Z. zerumbet* (L.) J.E. Smith. Every species is identified referring to manuals of Backer & Bakhuizen van den Brink (1968), Holttum (1950) and Burkill (1935). The volatile contents of seven species subsequently are 4.67% (ml/100gr.), 5.00%, 6.33%, 0.20%, 6.67%, 4.29% and 6.00%. The numbers of composing volatile compounds subsequently are 30, 26, 37, 44, 29, 29 and 29. The genetic relationships of seven species are *Z. amaricans*, *Z. aromaticum* and *Z. zerumbet* joint at similarity index of 90, and it is followed by *Z. ottensii* at similarity index of 85. Then those five species join with *Z. cassumunar* and *Z. gramineum* at similarity index of 60. The last is the joining of *Z. officinale* to those six species at similarity index of 55.

© 2001 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Keywords: chemotaxonomy, volatile oils, *Zingiber*.

PENDAHULUAN

Taksonomi *Zingiber* dan Zingiberaceae lainnya, mencatat sejarah panjang perdebatan para author. Hal ini terjadi karena umumnya pengamatan hanya dilakukan terhadap morfologi bunga dan sebagian kecil anatomi rimpang, sehingga data yang terkumpul relatif terbatas. Kandungan kimia minyak atsiri merupakan salah satu sifat yang prospektif guna mendapatkan data-data untuk taksonomi *Zingiber*. Di samping itu penelitian kandungan kimia ini juga berguna untuk mendukung pemanfaatan minyak atsiri dalam industri pangan dan obat.

Kemotaksonomi

Ruang lingkup taksonomi tumbuhan meliputi identifikasi, klasifikasi dan deskripsi (Lawrence, 1951). Semua ciri-ciri yang dapat dilihat, diukur, dihitung dan dibatasi memiliki nilai taksonomi, terutama yang jelas dan tidak berubah-ubah. Taksonomi yang sempurna boleh jadi mensyaratkan penelitian atas semua sifat yang ada, baik morfologi, anatomi, fisiologi, biokimia, palinologi, sitologi, sitogenetika dan lain-lain (Heywood, 1967; Shukla dan Misra, 1982).

Kemotaksonomi dapat menggunakan senyawa organik maupun anorganik. Senyawa

yang tersebar luas nilai taksonominya rendah, sedangkan senyawa yang khas dan mudah diekspresikan nilainya tinggi. Tumbuhan menghasilkan beberapa tipe senyawa sekunder dengan jalur biosintesis berbeda-beda. Hal ini sering kali sangat berkaitan dengan sistem taksonomi tradisional yang didasarkan pada sifat morfologi, namun dapat juga berlawanan (Jones dan Luchsinger, 1986).

Klasifikasi Zingiber

Genus *Zingiber* termasuk dalam divisi Spermatophyta, subdivisi Angiospermae, kelas Monocotyledoneae, ordo Zingiberales (Scitami-neae), familia Zingiberaceae, subfamilia Zingiberoideae, tribus Zingibereae (Backer dan Bakhuizen van den Brink, 1968; Burt dan Smith, 1972; Lawrence, 1951).

Familia Zingiberaceae memiliki sekitar 47 genera dan 1400 spesies. *Zingiber* merupakan salah satu genus besar dengan anggota sekitar 80 spesies. Penyebaran *Zingiber* terbatas di belahan timur bumi, khususnya Indo-Malaya, yang merupakan tempat asal sebagian besar *Zingiber* (Lawrence, 1951; Purseglove, 1972).

Zingiber yang tumbuh di Indonesia antara lain *Z. acuminatum* Val., *Z. amaricans* Nor. (lempuyang emprit), *Z. aromaticum* Val., *Z. cassumunar* Roxb. (bengle), *Z. gramineum* Bl., *Z. inflexum* Bl., *Z. leptostachyum* Val., *Z. littorale* Val. (lempuyang pahit), *Z. macradenium* K. Schum., *Z. macroglossum* Val., *Z. marginatum* Roxb., *Z. odoriferum* Bl. (belakuwa), *Z. officinale* Roxb. (jahe), *Z. ottensii* Val. (panglai hideung), *Z. papuanum* Val. dan *Z. zerumbet* (L.) J.E. Smith (lempuyang gajah) (Backer dan Bakhuizen v.d. Brink, 1968; Heyne, 1950).

Minyak Atsiri

Kandungan kimia utama *Zingiber* adalah minyak atsiri. Minyak ini tersimpan dalam sel-sel parenkim yang termodifikasi dan terdapat di semua jaringan terutama rimpang. Minyak atsiri memiliki aroma khas, indeks bias tinggi, optis aktif, sudut putar spesifik, tidak larut dalam air, bening, serta berasa pedas, pahit dan hangat karena adanya resin (Burkill, 1935; Claus dkk., 1970). Dalam minyak atsiri terkandung resin sekitar 30%. Komponen utama minyak atsiri adalah terpenoid dan senyawa aromatis turunan asam sikimat (Claus dkk., 1970; Guenther, 1948).

Komponen minyak atsiri umumnya tidak stabil dan dapat menyatu kembali.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kadar minyak atsiri pada spesies-spesies anggota genus *Zingiber*, jumlah dan jenis senyawa penyusun minyak atsiri serta hubungan kekerabatan berdasarkan kandungan kimia minyak atsiri.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang dilakukan di laboratorium. Prosedur pencarian data meliputi: (1) distilasi air untuk menentukan kadar minyak atsiri (Guenther, 1948; Anonim, 1977), (2) ekstraksi untuk mengisolasi minyak atsiri (Anonim, 1977; Harborne, 1984), dan (3) kromatografi gas cairan untuk menentukan jumlah dan jenis senyawa-senyawa penyusun minyak atsiri (McNair dan Bonelli, 1968; Pramono, 1988).

Bahan

Dalam penelitian ini rimpang *Zingiber* diperoleh dari Kebun Raya Bogor, serta dilengkapi dari daerah Surakarta dan sekitarnya. Adapun spesies-spesies yang dapat disediakan dan diteliti adalah: *Z. amaricans* Nor. (lempuyang emprit), *Z. aromaticum* Val. (lempuyang wangi), *Z. cassumunar* Roxb. (bengle), *Z. gramineum* Bl., *Z. officinale* Roxb. (jahe), *Z. ottensii* Val. (panglai hideng) dan *Z. zerumbet* (L.) J.E. Smith (lempuyang gajah).

Sebelum diteliti setiap spesies diidentifikasi menggunakan pustaka-pustaka: Backer dan Bakhuizen van den Brink (1968), Holttum (1950) dan Burkill (1935). Dalam penelitian ini diperlukan bahan untuk distilasi berupa xylene dan akuades. Untuk ekstraksi berupa petroleum eter. Sedang untuk kromatografi gas cairan diperlukan gas pembawa.

Alat

Alat-alat yang digunakan sebagai berikut:

- **Penyiapan bahan:** kipas angin, blender, ayakan, rak, kain hitam, ember, pisau, landasan kayu dan wadah pengeringan.
- **Labu distilasi Stahl:** labu didih 1000 ml, pendingin, buret 0,5 ml berskala 0,01 ml, statis, klem serta kasa keramik dan kompor pemanas.
- **Ekstraksi:** tabung reaksi, lumpang porselen, cawan porselen, tabung

sentrifus, sentrifus, penangas air, corong penyaring, kipas angin, kertas saring, vorteks, labu didih 1000 ml, pendingin, penampung, statis dan klem.

- **Kromatografi gas cairan:** srynge, kolom kromatografi, detektor FID, alat pencatat, syringe dan tabung gas pembawa.

Cara Kerja

Setiap spesies dari ketujuh anggota genus *Zingiber*, diuji sebanyak tiga cuplikan untuk setiap metode pencarian data.

Distilasi Air

Rimpang segar yang cukup umur (kurang lebih 12 bulan) dicuci bersih dan dipotong-potong setebal kira-kira 2 mm. Kemudian dikeringanginkan, diblender dan diayak hingga berupa serbuk. Distilasi dimulai dengan menimbang 100 gram serbuk rimpang, lalu dimasukkan dalam labu didih 1000 ml, ditambah akuades sampai kira-kira $\frac{3}{4}$ kapasitas labu dan dididihkan selama 5-6 jam, hingga minyak atsiri menguap sempurna. Sebelumnya buret diisi 0,2 ml xylene untuk mengikat dan menaikkan daya kohesi minyak atsiri, sehingga tidak menempel pada dinding buret dan tidak larut dalam air suling.

Ekstraksi

Rimpang segar yang cukup umur (12 bulan) dicuci bersih. Lalu ditimbang sekitar 1 kg, dipotong-potong melintang setebal 1-2 cm dan diblender halus. Kemudian dimasukkan kedalam labu ekstraksi, ditambah 500 ml petroleum eter dan dibiarkan semalam. Setelah itu divorteks sekitar 15 menit dan disaring. Filtrat dipekatkan dengan cara diuapkan pada labu evaporasi yang dipanaskan dengan penangas air sampai seperempat volume asal dan disaring.

Kromatografi Gas Cairan

Minyak atsiri hasil ekstraksi dianalisis senyawa penyusunnya dengan metode kromatografi gas cairan, dengan kondisi sebagai berikut:

Cuplikan	0,04 μ m minyak atsiri rimpang <i>Zingiber</i>
Kolom	10% carbowax 20 M, 2 meter
Detektor	FID (<i>Flame Ionisation Detector</i>)
Suhu Injektor	260°C
Suhu Kolom	80 - 250°C, 10°C per menit
Gas Pembawa	He, 25 ml/menit

Parameter yang diamati adalah seluruh komponen penyusun minyak atsiri *Zingiber* (kualitatif), sedang kadar masing-masing senyawa (kuantitatif) diabaikan karena adanya pengaruh lingkungan, kecuali yang kadarnya cukup tinggi (senyawa utama).

Analisis Data

Kadar minyak atsiri ketujuh spesies *Zingiber* yang diketahui melalui distilasi air diperbandingkan dengan analisis regresi, sedang jenis-jenis senyawa penyusun minyak atsiri yang diketahui melalui kromatografi gas cairan diperbandingkan dengan analisis statistik sederhana. Kemudian seluruh data ditabulasi dan dibuat dendrogram untuk mengetahui hubungan kekerabatan.

Dendrogram dibuat dengan metode pengelompokan koefisien asosiasi, dimana indek similaritas ditentukan dengan rumus dari Sokal dan Sneath (1963), sedang tingkatan persamaan harga-harga koefisien asosiasi ditentukan dengan analisis klaster (Pielou, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prosedur kemotaksonomi memiliki lebih banyak keuntungan untuk menentukan kedudukan taksonomi dibandingkan prosedur morfologi, anatomi, sitologi, sitogenetika dan lain-lain. Pada pengamatan kandungan kimiawi, bahan yang hendak diuji tidak harus dalam keadaan segar, hidup atau lengkap. Potongan bahan kering yang sudah remuk sekalipun dapat dianalisis kandungan kimiawinya dengan hasil sangat memuaskan dan ditetapkan status taksonominya secara benar, selama tidak ada kontaminasi yang mengganggu kemurnian bahan.

Kadar Minyak Atsiri Rimpang

Kadar minyak atsiri *Zingiber* cenderung bervariasi. Kadar ini dipengaruhi oleh umur panen, bagian organ yang diisolasi, tanah dan iklim tempat tumbuh serta spesies dan varitasnya. Di antara faktor-faktor tersebut, faktor genetik yang dieksplisitkan dalam bentuk spesies dan varitas merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kadar minyak atsiri.

Dalam penelitian ini kadar minyak atsiri ketujuh spesies yang diamati bervariasi. Kadar tertinggi dihasilkan oleh *Z. officinale* yaitu

6,67% (ml/100gram), disusul *Z. cassumunar* 6,33%, *Z. zerumbet* 6,00%, *Z. aromaticum* 5,00%, *Z. amaricans* 4,67%, *Z. ottensii* 4,29% dan yang paling sedikit adalah *Z. gramineum* 0,20%.

Intensitas bau/aroma yang dihasilkan rimpang saat diremas, dapat digunakan sebagai pendugaan awal kadar minyak atsiri, meskipun masing-masing spesies memiliki bau khas yang cenderung berbeda-beda.

Rimpang *Z. officinale*, *Z. cassumunar* dan *Z. zerumbet* memberikan bau sangat tajam. Pada distilasi air ketiganya menghasilkan minyak atsiri cukup tinggi. Sedang *Z. gramineum* memberikan aroma yang cenderung netral dan pada distilasi air terbukti kadar minyak atsirinya sedikit. Di samping itu rimpang *Z. gramineum* sangat kecil dan keras, sehingga ruang-ruang sel untuk dekomposisi minyak atsiri sangat terbatas. Secara khas rimpang *Z. cassumunar*, *Z. aromaticum* dan *Z. amaricans* mengandung banyak zat kuning kurkumin. Sedang rimpang *Z. officinale* terasa sangat pedas (panas) dan berbau segar. Sifat-

sifat ini akan muncul pada dendrogram hubungan kekerabatan.

Senyawa Penyusun Minyak Atsiri

Zingiber merupakan tanaman obat yang memiliki cukup banyak komponen senyawa penyusun minyak atsiri. Dalam penelitian ini dari tujuh spesies yang diuji diperoleh total 79 komponen, yang diekspresikan dalam bentuk puncak-puncak (*peak*). Setiap puncak mewakili senyawa yang berbeda.

Setiap spesies memiliki antara 27-44 senyawa. Jumlah senyawa terbanyak terdapat pada *Z. gramineum* yaitu 44 senyawa. Disusul *Z. cassumunar* 37, *Z. amaricans* 30, *Z. ottensii* 29, *Z. officinale* dan *Z. zerumbet* masing-masing 29, serta *Z. aromaticum* 26 senyawa. Meskipun kadar minyak atsiri *Z. gramineum* sangat kecil, hanya 0,2%, namun jumlah komponen penyusun minyak atsirinya sangat banyak, 44 senyawa. Berarti besarnya kadar minyak atsiri dalam rimpang tidak selalu sebanding dengan jumlah komponen senyawa penyusunnya.

Tabel 1. Nilai Rf dan kadar senyawa utama penyusun minyak atsiri tujuh spesies anggota genus *Zingiber*.

No.	Nilai Rf	Kadar Komponen Penyusun Minyak Atsiri (%)						
		<i>Z. amaricans</i>	<i>Z. aromaticum</i>	<i>Z. cassumunar</i>	<i>Z. gramineum</i>	<i>Z. officinale</i>	<i>Z. ottensii</i>	<i>Z. zerumbet</i>
		1	2	3	4	5	6	7
1	3,774	9,291	11,702	+	+	12,754	+	8,960
2	4,130	-	-	-	-	-	19,515	-
3	4,199	-	-	39,465	-	-	-	-
4	6,973	14,563	+	+	+	+	+	+
5	8,846	-	-	19,341	-	+	-	-
6	13,628	13,330	20,152	-	-	-	12,668	19,817
7	14,039	-	-	+	20,453	10,813	-	-
8	14,176	-	-	+	+	11,749	-	-
9	16,059	+	+	12,704	+	-	+	+
10	17,388	-	-	-	13,182	+	-	-
11	17,444	40,098	37,253	-	+	-	27,130	39,234

Keterangan: "+" senyawa ditemukan dalam kadar kecil; "-" senyawa tidak ditemukan.

Kadar setiap komponen senyawa penyusun minyak atsiri umumnya dibawah 1%, namun ada pula yang kadarnya sangat tinggi, misalnya senyawa dengan Rf 17,444 pada *Z. amaricans*, yaitu sebanyak 40,09%. Jumlah senyawa utama, yaitu senyawa yang kadarnya cukup tinggi sehingga mencapai batas kanan ketas kromatogram, bervariasi antara 2-4 buah. Data nilai Rf yang mengandung senyawa utama disajikan dalam Tabel 1.

Beberapa senyawa utama terletak pada nilai retensi (Rf) yang sama, sehingga kemungkinan memiliki kasiat yang sama. Meskipun kasiat obat bahan alami umumnya ditentukan oleh keseluruhan senyawa yang ada dalam bahan, tidak hanya oleh senyawa-senyawa tertentu. Hal ini juga menunjukkan kemungkinan kedekatan hubungan kekerabatan. Senyawa utama dapat digunakan sebagai landasan untuk menguji kemurnian suatu bahan dan mencegah pemalsuan.

Beberapa komponen senyawa dapat ditemukan pada semua spesies, meskipun dengan kadar sangat bervariasi. Senyawa tersebut dengan Rf 3,77, Rf 6,97 dan Rf 20,97.

Hubungan Kekerabatan pada *Zingiber*

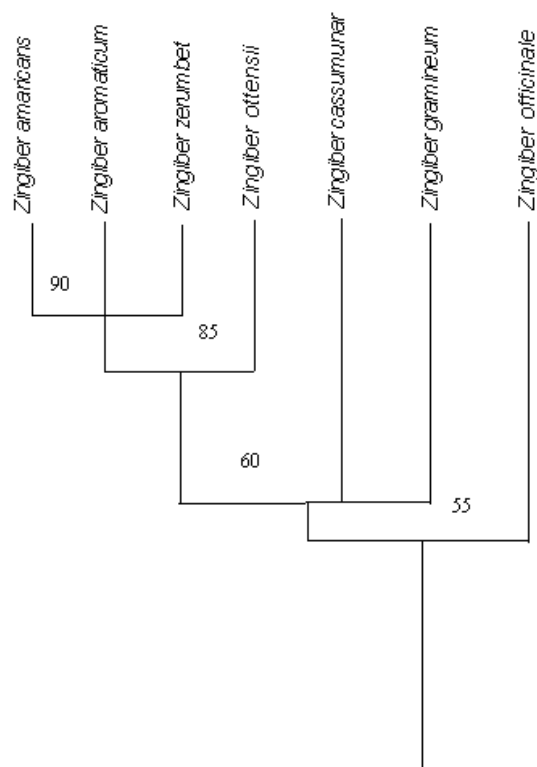
Dalam penelitian ini hubungan kekerabatan ditentukan berdasarkan besarnya kadar minyak atsiri pada masing-masing spesies dan ada tidaknya ke-79 puncak pada masing-masing spesies, sehingga terdapat 80 ciri yang digunakan untuk menentukan hubungan kekerabatan.

Berdasarkan dendrogram Gambar 1, spesies yang memiliki kekerabatan paling tinggi adalah *Z. amaricans*, *Z. aromaticum* dan *Z. zerumbet*, dengan indeks similaritas 90. Secara morfologi, rimpang ketiganya berwarna kuning kurkumin, rasa pahit, bau minyak atsiri tajam dan agak memuakkan. Selanjutnya ketiga spesies tersebut berkerabat dekat dengan *Z. ottensii* pada indeks similaritas 85. Spesies ini juga memiliki sifat morfologi serupa dengan ketiga spesies sebelumnya.

Kelima spesies tersebut bergabung dengan *Z. cassumunar* dan *Z. gramineum* pada indeks similaritas 60. Secara morfologi, bau minyak atsiri *Z. cassumunar* dan *Z. gramineum* cenderung netral, sangat berbeda dengan minyak atsiri kelima spesies di atas.

Z. officinale bergabung dengan keenam spesies di atas pada indeks similaritas 55.

Spesies ini memiliki sifat-sifat morfologi minyak atsiri yang jauh berbeda dengan spesies lainnya, dimana minyak atsiri berbau harum dan rasa panas, pedas dan tidak pahit.



Gambar 1. Dendrogram hubungan kekerabatan antara tujuh spesies *Zingiber*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kadar minyak atsiri ketujuh spesies *Zingiber* yang diteliti adalah sebagai berikut: *Z. officinale* 6,67% (ml/100gram), *Z. cassumunar* 6,33%, *Z. zerumbet* 6,00%, *Z. aromaticum* 5,00%, *Z. amaricans* 4,67%, *Z. ottensii* 4,29% dan *Z. gramineum* hanya 0,20%.

Jumlah senyawa-senyawa penyusun minyak atsiri ketujuh spesies *Zingiber* adalah: *Z. gramineum* 44, *Z. cassumunar* 37, *Z. amaricans* 30, *Z. ottensii* 29, *Z. officinale* dan *Z. zerumbet* masing-masing 29, serta *Z. aromaticum* 26 senyawa.

Jumlah senyawa utama pada ketujuh spesies *Zingiber* adalah: *Z. amaricans* 3 senyawa utama, *Z. aromaticum* 3, *Z. cassumunar* 3, *Z. gramineum* 2, *Z. officinale* 4, *Z. ottensii* 3 dan *Z. zerumbet* 3.

Hubungan kekerabatan pada tujuh spesies *Zingiber* adalah: *Z. amaricans*, *Z. aromaticum* dan *Z. zerumbet* bergabung dengan indeks

similaritas 90, disusul *Z. ottensii* dengan indeks similaritas 85. Kemudian kelima spesies tersebut bergabung dengan *Z. cassumunar* dan *Z. gramineum* pada indeks similaritas 60. *Z. officinale* bergabung pada indeks similaritas 55.

Penelitian kemotaksonomi genus *Zingiber* perlu diperluas terhadap spesies-spesies *Zingiber* lainnya. Di samping itu juga perlu dilakukan analisis terhadap genus lainnya, sehingga diperoleh susunan kemotaksonomi Familia Zingiberaceae secara lengkap. Penelitian kemotaksonomi juga dapat dipadukan dengan sifat-sifat taksonomi lainnya seperti susunan kromosom dan pola isozim yang selama ini masih jarang dilakukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan yang bersedia mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1977, *Materia Medika Indonesia*, Jilid I, Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Backer, C.A. dan R.C. Bakhuizen van den Brink, 1968. *Flora of Java*. Volume III. Groningen: Wolters Noordhoff.
- Burkill, I.H., 1935. *A Dictionary of The Economic Product of The Malay Peninsula*. London: Governments of The Straits Settlements & Federated Malay States.
- Burt, B.L. dan R.M. Smith. 1972. Tentative Keys to The Subfamilies, Tribes & Genera of Zingiberaceae. *Notes from The Botanic Garden Edinburg* 31 (2): 171-176.
- Claus, E.P., V.E. Tyler dan L.R. Brady. 1970. *Pharmacognosy*. 6th edition. Philadelphia: Lea & Febinger.
- Guenther, E. 1948. *Minyak Atsiri*. Jilid I (Penerjemah S. Ketaren, 1987). Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (U.I. Press).
- Harborne, J.B. 1984. *Metode Fitokimia*. (Penerjemah K.Padmawinata dan I. Soediro. Penyunting S.Niksolihin). Bandung: Penerbit ITB.
- Heyne, K. 1950. *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Jilid I (Penerjemah: Badan Litbang Kehutanan). Jakarta: Departemen Kehutanan.
- Heywood, V.H. 1967. *Plant Taxonomy*. New York: St. Martin's Press.
- Holtum, R.E. 1950. The Zingiberaceae of The Malay Peninsula. *The Gardens Singapore* 8 (1): 1-249.
- Jones, S.B. dan A.E. Luchsinger. 1986. *Plant Systematics*. 2nd edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Lawrence, G.H.M. 1951. *Taxonomy of Vascular Plant*. New York: John Wiley & Sons.
- McNair, H.M. dan E.J. Bonelli. 1986. *Dasar Kromatografi Gas* (Penerjemah K. Padmawinata, 1988). Bandung: Penerbit ITB.
- Pielou, E.C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data, A Primer on Classification & Ordination*. New York: John Wiley & Sons.
- Pramono, S. 1988. Identifikasi Kandungan Kimia Tanaman Obat Melalui Pendekatan Kemotaksonomi *Kaempferia galanga*. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.
- Purseglove, J. W. 1972. *Tropical Crops Monocotyledons*. London: Longman.
- Shukla, P. dan S.P. Misra. 1982. *An Introduction to Taxonomy of Angiosperms*. New Delhi: Vikas Publishing House, PVT.LTD.
- Sokal, R.R. dan P.H.A. Sneath. 1963. *Principles of Numerical Taxonomy*. San Francisco: W.H. Freeman & Co.
- Tarigan, P. 1987. *Pengaturan Biosistesis Sekunder dalam Fermentasi, Risalah Seminar Nasional Metabolit Sekunder 1987*. Yogyakarta: PAU Bioteknologi UGM.

Pemberian Berbagai Jenis Pakan untuk Mengevaluasi Palatabilitas, Konsumsi Protein dan Energi pada Kadal (*Mabouya multifasciata*) Dewasa

Evaluation of palatability, protein and energi consumption of adult lizard (*Mabouya multifasciata*) by feed them of with many diet variations

RONI RIDWAN¹, NAHROWI² dan Hj. LILY AMALIA SOFYAN²

¹ Puslitbang Bioteknologi - LIPI, ²Ilmu Nutrisi Makanan Ternak, Fakultas Peternakan IPB Bogor.

Diterima 22 Desember 2000; Disetujui 20 Januari 2001

ABSTRACT

Lizard (*Mabouya multifasciata*), one of natural resources that spreads almost all Indonesian islands. The animals can potentially be used as a source of protein and medicine as well as a pet. The objectives of the research were therefore to investigate the preference of certain kind of diet, measure the protein and energy consumption, and also to observe the weight gain of the lizard. Seventy two lizards consisting of 36 females that each having weight of 29.7 ± 2.6 grams and 36 male that having weight of 30.0 ± 2.9 grams were used in this study. These lizards were captured from their wild nature around Bogor, Ciamis, Sumedang and Cianjur of West Java. Block experimental design was used, with 4 diet treatments and two grouping based on sex, (male and female). The diets were crickets, mealworm, red ant larva and artificial diet. Each tree lizards was put on 0.30m x 0.30m x 0.50m nets made from glass. Diets were given 3% dry matter of lizard body weight and water has given *ad libitum*. Parameter measured was dry matter consumption, protein consumption, energy consumption and body weight gain. ANOVA used for the data analysis, followed with Duncan range-test. The result showed that dry matter consumption of crickets, red ant larva and artificial diet was significantly ($P < 0.01$) higher than mealworms. Consumption of crickets crude-protein was significantly ($P < 0.01$) higher than mealworms, red ant larva and artificial diet. Mealworm crude-protein consumption was significantly ($P < 0.01$) lower compared with both red ant larva and artificial diet. Crickets and red ant larva showed higher affect ($P < 0.01$) on body weight gain than artificial diet. However, there were no significant effect of all diet on consumption, brute energy and relatively metabolic energy. Grouping based on sex also did not show any significant affect to all parameters observed. It can be concluded that lizards prefer eating crickets, red ant larva and diet than mealworms.

© 2001 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Keywords: feeding variants, palatability, protein, energy consumption, lizard.

PENDAHULUAN

Alam Indonesia mempunyai kekayaan yang cukup besar akan keanekaragaman hayatinya. Untuk menggali dan mengembangkan kekayaan alam ini maka diperlukan tangan-tangan kreatif dalam memanfaatkan potensi yang ada. Jenis-jenis hewan yang ada di Indonesia diperkirakan berjumlah sekitar 220.000 jenis yang terdiri

atas kurang lebih 200.000 jenis serangga, 4.000 jenis ikan, 2.000 jenis burung dan 1.000 jenis reptilia dan ampibia (Resosoedarmo *et al.*, 1985). Banyak jenis flora dan fauna di Indonesia pada hakikatnya memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi jika diarahkan menuju proses budidaya secara profesional. Untuk menuju proses tersebut harus ada upaya penangkaran.

Salah satu kekayaan alam yang dicoba untuk dibudidayakan adalah kadal (*Mabouya multifasciata*). Hewan reptilia ini terdapat hampir di seluruh daratan Indonesia, seperti di sekitar persawahan, pinggir kolam, perkebunan, di bawah pepohonan yang tumbang dan semak belukar (Hoeve, 1992). Kadal diduga mempunyai potensi sebagai sumber protein substitusi tepung ikan. Selain itu banyak masyarakat yang percaya akan khasiat daging kadal sebagai obat eksim dan kudis. Lebih jauh lagi kadal dimungkinkan dapat digunakan sebagai komoditi ekspor baik hewannya maupun kulitnya. Protein kasar daging kadal dalam bahan kering adalah sebesar 60.72%. Seiring dengan semakin majunya ilmu dan teknologi, tepung kadal mungkin dapat digunakan sebagai sumber protein dan sekaligus sebagai bahan untuk peningkatan kekebalan ternak.

Dalam upaya penangkaran kadal, faktor pakan sangat penting, namun informasi mengenai konsumsi nutrisi dan jenis pakan yang disukai kadal belum banyak, sehingga sangat perlu dilakukan studi tentang hal tersebut dalam upaya mendukung keberhasilan penangkaran kadal.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi konsumsi berbagai jenis pakan baik pakan alami maupun pakan buatan dan mengetahui pertambahan bobot badan kadal dalam kandang penangkaran.

BAHAN DAN METODE

Penelitian pakan kadal dilaksanakan selama empat bulan di Laboratorium Lapang Ilmu dan Teknologi Pakan Fakultas Peternakan IPB, sedang analisis kimia sampel dilakukan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan IPB.

Kandang yang digunakan berupa 24 buah aquarium, dengan ukuran masing-masing 0.30 m x 0.30 m x 0.50 m. Alas kandang berupa campuran seimbang batu kerikil, pasir dan tanah setebal 20 cm.

Bahan-bahan yang digunakan adalah: kadal sebanyak 72 ekor terdiri dari 36 jantan dengan rerata bobot badan sebesar 30.00 ± 2.9 gram dan 36 betina dengan rerata bobot badan sebesar 29.7 ± 2.6 gram. Kadal diambil dari alam bebas di sekitar daerah Ciamis, Sumedang, Cianjur dan Bogor, Jawa Barat.

Jenis pakan yang digunakan adalah jengkerik, ulat hongkong, kroto dan pakan buatan. Pakan buatan dibuat dengan mencampur sampai homogen jagung, dedak, bungkil kedelai, tepung tulang, premix dan minyak ikan. Selanjutnya dicampur dengan ikan segar dan dicetak menjadi pellet basah. Komposisi kimia pakan disajikan dalam Tabel 1.

Peralatan yang digunakan antara lain: semprotan air, tempat pakan dan minum, termometer, timbangan digital, alat pencetak pellet, kantong untuk sampel pengujian.

Pakan yang diberikan pada kadal sebesar 3% bahan kering (BK) dari bobot badan (BB) sedang air minum diberikan secara *ad libitum*. Dalam setiap kandang ditempatkan satu tempat pakan dan satu tempat minum dengan ukuran 5 X 5 cm. Tiga ekor kadal dimasukkan secara kelompok ke dalam setiap kandang, serta diberi salah satu dari 4 jenis pakan perlakuan. Masing-masing perlakuan dengan tiga kali ulangan.

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (Steel & Torrie, 1995). Model matematika rancangan ini sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

Analisis data statistika dihitung dengan sidik ragam ANOVA menggunakan program SAS versi 7 for Windows 1997 dan apabila terdapat perbedaan maka dilakukan uji jarak Duncan (Steel & Torrie, 1995). Peubah yang diamati adalah konsumsi bahan kering sebagai pendekatan untuk mengetahui palatabilitas pakan, konsumsi protein, konsumsi energi dan pertambahan bobot badan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Umum

Selama penelitian, kadal tidak menunjukkan gejala yang tidak diinginkan seperti sakit dan mati, akan tetapi kadal selalu berusaha keluar dari kandang. Hal ini terjadi karena kadal terbiasa hidup lepas di alam bebas. Gejala lain, terlihat sebagian besar kadal membenamkan tubuh ke dalam tanah karena kadal termasuk hewan peliang (Hoeve, 1992). Pada minggu pertama kadal mengalami masa adaptasi dengan lingkungan kandang penelitian dan pakan percobaan. Minggu selanjutnya kadal mulai terbiasa dengan kondisi kandang dan pakan.

Tabel 1. Komposisi Kimia Jenis Pakan Percobaan

Komposisi zat makanan	B1 (Jengkerik)	B2 (Ulat Hongkong)	B3 (Kroto)	B4 (Pakan buatan)
Bahan kering (%)	29.1	33.67	19.17	42.54
Protein Kasar%	21.26	16.25	10.19	18.98
Protein Kasar% (% BK)	73.05	48.28	53.16	44.62
Energi Bruto (Kal/g)	5777	6107	4849	4717

Keterangan: Perlakuan jenis pakan kadal: B1 = jengkerik, B3 = kroto, B2 = ulat hongkong, B4 = pakan buatan.

Suhu lingkungan selama penelitian berkisar antara 26-31°C dan kelembaban ruangan berada pada rata-rata 75%. Keadaan ini secara umum tidak mempengaruhi selera makan (Tabel 2) dan tingkah laku kadal. Grzimek (1972) menyatakan bahwa suhu rata-rata tubuh kadal saat melakukan aktivitas harian berkisar 3-10°C lebih tinggi dari suhu lingkungan. Aktifitas kadal dimulai pada jam 06.00-18.00 WIB selama intensitas cahaya matahari masih ada. Hasil ini sesuai dengan penelitian Kurniati (1997) yang menyatakan bahwa kadal mempunyai aktivitas harian sepanjang hari selama masih ada cahaya matahari.

Konsumsi Pakan

Jenis pakan yang diberikan setelah dilakukan analisis proksimat memperlihatkan kandungan zat nutrisi yang bervariasi. Pakan buatan mempunyai bahan kering tertinggi sebesar 42.54% dan yang terendah adalah pakan kroto sebesar 19.17%. Adapun kandungan bahan kering pakan percobaan dari tertinggi ke terendah adalah B4 (pakan buatan), B2 (ulat hongkong), B1 (jengkerik) dan B3 (kroto), dimana masing-masing sebesar 42.54%, 33.67%, 29.10% dan 19.17%. Kandungan protein kasar tertinggi dalam bahan kering pakan dikandung oleh jenis pakan jengkerik yaitu sebesar 73.05%, diikuti kroto sebesar 53.16%, ulat hongkong sebesar 48.28% dan pakan buatan sebesar 44.62%. Sedangkan energi bruto tertinggi dikandung oleh pakan ulat hongkong sebesar 6107 kal/g, diikuti jengkerik sebesar 5777 kal/g, kroto sebesar 4849 kal/g dan pakan buatan sebesar 4717 kal/g (Tabel 1). Tingginya nilai komposisi kimia pada suatu pakan belum tentu menjamin terpenuhinya kebutuhan energi hewan karena zat nutrisi yang terkandung di dalamnya tidak

seluruhnya dapat dicerna dan diserap oleh tubuh (Pond *et al.*, 1995).

Tingkat konsumsi pakan mencerminkan pendekatan palatabilitas pakan, yaitu keinginan dan kesukaan hewan terhadap suatu pakan (Tabel 2). Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diketahui bahwa perlakuan pakan memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap konsumsi bahan kering. Kadal yang mengonsumsi pakan B2 (21.16%) nyata ($P < 0.01$) lebih kecil dibandingkan dengan kadal yang mendapat pakan B1, B3 (25.13%) dan B4 (31.34%). Perlakuan pakan antara B1, B2 dan B4 telah nyata mempengaruhi konsumsi bahan kering kadal. Rendahnya konsumsi pakan B2, kemungkinan disebabkan oleh tingginya kandungan energi pakan B2 (6107 kal/g) dibandingkan dengan jenis pakan lain. Di samping itu, hal ini kemungkinan terkait dengan penampilan pakan B2 yang tidak aktif bergerak dan tidak mempunyai aroma khas, sehingga kadal cenderung tidak tertarik untuk mengonsumsinya.

Regal (1978) menyatakan bahwa kadal di alam termasuk kategori pemburu intensif yaitu kebiasaan hewan yang memangsa dengan cara mendekati mangsanya. Pakan B2 tidak mempunyai aroma khas, seperti pakan B3. Jenis pakan B3 (kroto) mempunyai aroma khas yang disukai oleh kadal. Kurniati (1997) melaporkan bahwa setelah dilakukan pembedahan pada kadal ditemukan banyak serangga berbentuk larva dalam lambung. Sedangkan pakan B4 meskipun tidak bergerak tetapi dibuat dengan aroma yang mendekati aroma khas pakan B3 sehingga menarik kadal untuk mengonsumsinya.

Pengelompokan jenis kelamin antara jantan dan betina tidak memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap konsumsi

Tabel 2. Pengaruh pemberian berbagai jenis pakan terhadap rerata semua parameter yang di ukur.

Jenis Pakan	Bahan Kering	Konsumsi			Pertambahan Bobot Badan
		Energi Bruto	Energi Metabolis Semu	Protein	
B1	0.189 ^a ± 0.028	1092.46±164.34	822.88±148.74	0.138 ^a ±0.021	0.096 ^a ±0.007
B2	0.149 ^b ± 0.006	911.42±35.09	779.01±75.77	0.072 ^c ±0.003	0.063 ^{ab} ±0.027
B3	0.199 ^a ± 0.013	963.32±65.08	773.39±42.05	0.106 ^b ±0.007	0.081 ^a ±0.003
B4	0.217 ^a ± 0.018	1021.23±84.49	816.00±106.02	0.097 ^b ±0.008	0.045 ^b ±0.023

Keterangan:

Superskrip berbeda pada kolom dan baris yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($P < 0.01$). Perlakuan jenis pakan kadal: B1 = jengkerik, B3 = kroto, B2 = ulat hongkong, B4 = pakan buatan.

pakan. Konsumsi pakan kadal dalam penelitian ini 0.63% bahan kering pakan dari bobot badan. Faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi pakan antara lain kandungan nutrisi, palatabilitas, suhu, umur, bobot badan dan kapasitas lambung. Kapasitas lambung menandakan daya tampung terhadap makanan yang dikonsumsi, dimana hewan akan berhenti mengonsumsi setelah kapasitasnya penuh.

Palatabilitas merupakan faktor yang sangat penting untuk menentukan tingkat konsumsi pakan, dimana palatabilitas pakan ditentukan oleh rasa, bau dan warna yang merupakan pengaruh faktor fisik dan kimia pakan (Parakkasi, 1986). Semua faktor tersebut berlaku untuk kadal, tetapi ada faktor tambahan yang secara tidak langsung mempengaruhi palatabilitas yaitu faktor bergerak aktif atau tidaknya pakan, sebaliknya warna pakan tidak terlalu menarik perhatian kadal.

Konsumsi Energi Bruto

Pengaruh pemberian berbagai jenis pakan terhadap rerata konsumsi energi bruto kadal per ekor per hari selama penelitian disajikan dalam Tabel 2. Rerata konsumsi energi bruto yang dihasilkan berkisar antara 911.4–1092.4 kal/g/ekor/hari. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian berbagai jenis pakan dan pengelompokan jenis kelamin berpengaruh nyata terhadap rerata konsumsi energi bruto.

Konsumsi energi bruto oleh kadal belum mencerminkan ketepatan jumlah kebutuhan energinya. Hal ini karena tidak semua energi bruto suatu ransum dapat diserap tubuh, tetapi ada yang terbuang bersama ekskreta. Energi yang terbuang ini tergantung kualitas pakan seperti jenis pakan, pencernaan dan

kandungan nutrisi. Konsumsi energi bruto dalam penelitian ini telah melewati kebutuhan hidup pokok, terlihat dari kadal yang masih dapat tumbuh.

Konsumsi Energi Metabolis Semu

Pengaruh pemberian berbagai jenis pakan kadal terhadap rerata konsumsi energi metabolis semu per ekor per hari selama penelitian disajikan dalam Tabel 2. Data rerata konsumsi energi metabolis semu didapatkan dari perhitungan selisih antara konsumsi energi yang masuk dengan energi yang keluar bersama ekskreta (Radiopetro, 1977). Rerata konsumsi energi metabolis semu yang dihasilkan berkisar antara 773.39–822.88 kal/g/ekor/hari. Seperti halnya energi bruto, hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian berbagai jenis pakan dan pengelompokan jenis kelamin tidak nyata mempengaruhi konsumsi energi metabolis semu. Ruang gerak kadal dalam penelitian ini terbatas, sehingga aktivitas kadal jantan dan betina tidak memperlihatkan perbedaan. Hoeve (1992) menyatakan bahwa kadal dapat menggunakan energi secara efisien, walaupun terjadi perubahan keadaan lingkungan seperti cekaman panas. Kadal akan segera membenamkan tubuhnya kedalam tanah untuk sementara waktu sampai keadaan lingkungan normal kembali.

Persentase energi yang diserap oleh kadal paling tinggi terlihat pada pakan B2 sebesar 85.47% dari konsumsi rerata energi asalnya. Hal ini menunjukkan bahwa pakan B2 mengandung energi tercerna yang tertinggi dibandingkan dengan pakan yang lain. Sedangkan pakan B1 mempunyai persentase energi yang terserap oleh kadal paling rendah sebesar 75.32% dari

konsumsi rerata energi brutonya yang menunjukkan bahwa energi tercerna B1 terendah dibandingkan dengan pakan lain.

Kadal jantan dan betina dalam mengonsumsi energi dari berbagai jenis pakan akan menyesuaikan dengan kebutuhan energi untuk aktivitasnya. Selain itu tingkat kandungan energi pakan dapat menentukan jumlah konsumsi pakan. Konsumsi pakan kadal dalam penelitian ini menurun pada pakan yang mengandung energi tertinggi yaitu B2 (ulat hongkong) dan sebaliknya meningkat pada pakan yang mengandung energi rendah seperti B4 (pakan buatan). Konsentrasi energi dalam pakan merupakan pengaruh utama dalam kemampuan ternak unggas mengonsumsi pakan (Scott *et al.*, 1982). Pada kadal, apabila kebutuhan tersebut telah terpenuhi maka akan berhenti makan. Oleh karena itu, zat-zat gizi yang lainnya seperti protein, vitamin dan mineral harus tersedia dalam perbandingan yang tepat dengan energi sehingga kadal mendapatkan cukup zat gizi pada saat kebutuhan energinya terpenuhi.

Pengaruh Perlakuan terhadap Konsumsi Protein

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian berbagai jenis pakan berpengaruh sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap konsumsi protein kasar kadal (Tabel 2.), tetapi pengelompokan berdasarkan jenis kelamin tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap konsumsi protein kasar. Konsumsi protein kasar asal pakan (B1) oleh kadal jantan maupun kadal betina sangat nyata ($P < 0.01$) lebih tinggi dibanding dengan konsumsi pakan dari ketiga jenis pakan lainnya yaitu masing-masing lebih tinggi: 23.19% dari pakan B3, 29.71% dari pakan B4 dan 47.83% dari pakan B2. Konsumsi protein pakan B3 dan B4 tidak memperlihatkan pengaruh yang nyata, tetapi konsumsi kedua jenis pakan tersebut nyata lebih tinggi ($P < 0.01$) dibandingkan dengan konsumsi pakan B2. Pakan B3 dan B4 nyata berturut-turut lebih tinggi 32.08% dan 25.77% dari pakan B2.

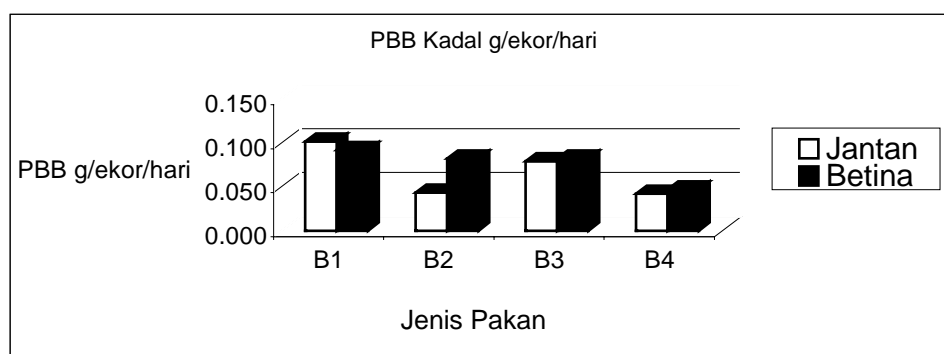
Konsumsi protein pakan B1 lebih besar dibandingkan dengan pakan lain, karena kandungan protein kasarnya lebih tinggi 27.23% dari pakan B3, 38.92% dari pakan B4 dan 33.91% dari pakan B2 (Tabel 1).

Namun alasan tingginya kandungan protein tidak terbukti pada pakan B4. Kandungan protein kasar pakan B2 lebih tinggi 7.6% dari pakan B4. Tingginya rerata konsumsi protein pakan B4 dibandingkan dengan pakan B2 diduga karena kandungan energi pakan B2 lebih tinggi dari pakan B4 yang secara langsung dapat mempengaruhi konsumsi.

Rerata konsumsi protein kasar ke-4 jenis pakan percobaan diduga telah memenuhi kebutuhan pokok kadal bahkan melebihi, hal ini terlihat dari adanya penambahan bobot badan (Tabel 2). Protein di dalam tubuh digunakan untuk memperbaiki atau mengganti jaringan yang rusak, pertumbuhan jaringan baru, kebutuhan hidup pokok, metabolisme energi dan metabolisme zat-zat vital dalam fungsi tubuh. Menurut Anggorodi (1985) salah satu faktor yang menentukan tinggi rendahnya nilai gizi suatu pakan adalah tinggi rendahnya kandungan protein. Tetapi tingginya kandungan protein kasar pada pakan belum tentu dapat memenuhi kebutuhan tubuh akan protein, karena kualitas protein ditentukan oleh susunan asam-asam amino dan struktur pengikatnya.

Pengaruh Perlakuan terhadap Peningkatan Bobot Badan

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis pakan memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap peningkatan bobot badan kadal. Rerata peningkatan bobot badan kadal per ekor per hari dari masing-masing perlakuan selama 4 minggu terlihat pada Tabel 2. Hasil uji jarak Duncan menunjukkan bahwa pemberian pakan B4 secara nyata 54.17% lebih kecil dalam memberikan peningkatan bobot badan dibandingkan dengan pakan B1 dan 45.68% lebih kecil dari pakan B3. Sedangkan pakan B1, B2 dan B3 serta pakan B2 dan B4 tidak berbeda nyata. Meskipun konsumsi pakan B4 lebih tinggi dari ketiga pakan lainnya, tetapi pakan B4 tidak dapat memberikan hasil peningkatan bobot badan yang lebih tinggi dari pakan lainnya (Tabel 2). Walaupun demikian pakan B4 masih dapat digunakan untuk pakan kadal dalam masa penangkaran, karena dapat meningkatkan bobot badan (Gambar 1), tidak membuat ternak mati dan pakan B4 disukai kadal (Tabel 2). Sedang pengelompokan berdasarkan jenis kelamin



Gambar 1. Rerata pertambahan bobot badan kadal selama penelitian. Keterangan: B1 = jengkerik, B3 = kroto, B2 = ulat hongkong, B4 = pakan buatan. PBB = Pertambahan Bobot Badan.

kadal tidak berpengaruh nyata terhadap pertambahan bobot badan, artinya pada kadal dewasa diduga konsumsi pakan tidak seluruhnya digunakan untuk pertambahan bobot badan, akan tetapi digunakan untuk aktivitas hariannya. Namun demikian, pada penelitian ini ruang geraknya dibatasi oleh kandang sehingga aktivitas kadal jantan dan betina terbatas. Pertambahan bobot badan sedikit sekali bertambah sejalan dengan bertambahnya umur hewan. Pertambahan bobot badan suatu ternak selama dalam penangkaran harus tetap dipertahankan. Pada penelitian ini terlihat bahwa masih adanya pertambahan bobot badan dalam kandang aquarium, sehingga ke-4 jenis pakan dapat dipakai pada kadal selama penangkaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, pemberian berbagai jenis pakan memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap konsumsi bahan kering, konsumsi protein dan pertambahan bobot badan (PBB), sedangkan jenis kelamin tidak nyata mempengaruhi semua parameter yang diamati. Kadal yang mengonsumsi pakan buatan bila dibandingkan dengan pakan jengkerik dan kroto memberikan respon yang sama terhadap konsumsi bahan kering dengan urutan sebagai berikut pakan buatan, kroto dan Jengkerik, sehingga pakan buatan dapat dijadikan pakan alternatif pengganti pakan alami untuk kadal dalam penangkaran dengan mengacu pada

kebutuhan zat nutrisi kadal. Diantara berbagai jenis pakan, jengkerik memperlihatkan pengaruh yang baik dalam pertambahan bobot badan.

Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan waktu penelitian yang lebih lama, menggunakan kadal pra dewasa sampai dewasa. Protein hewani pakan dapat berasal dari berbagai jenis hewan dengan kandungan bahan aditif yang berbeda-beda, sehingga kadal tertarik untuk mengonsumsi pakan percobaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggorodi, R. 1985. *Kemajuan Mutakhir dalam Ilmu Makanan Ternak Unggas*. Jakarta: UI-Press.
- Hoeve, V. 1992. *Reptilia dan Ampibia. Ensiklopedi Indonesia Seri Fauna*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kurniati, H.,. 1997. *Aktivitas Harian Kadal Mabouya multifasciata dan Kadal Tachydromus sexineatus yang Hidup Simpatik di Perkebunan Kakao*. Bogor: Berkala Penelitian Hayati LIPI.
- Parakkasi, A. 1986. *Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Monogastrik*. Jakarta: UI-Press.
- Pond, W.G., D.C. Church and F.R.Pond.1995. *Basic Animal Nutrition and Feeding*. 4th Ed. New York: John Wiley and Sons.
- Radiopoetro. 1977. *Zoologi*. PT. Erlangga, Jakarta.
- Resosoedarmo, S., K. Kartawinata dan A. Soegiarto. 1985. *Pengantar Ekologi*. Bandung: CV Remadja Karya.
- Scott, M.L., M.C. Nesheim and R.J. Young. 1982. *Nutrition of the Chicken*. 3rd Ed., Ithaca: M. L. Scott & Associates.
- Steel, R.G.D. and J.H Torrie. 1995. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Jakarta: PT. Gramedia.

Perubahan Karakter Morfologi Ikan Tawes (*Barbodes gonionotus*) yang Hidup di Danau Gua Serpeng, Gunungkidul

Displacement of Morphological Characters of *Barbodes gonionotus* at Serpeng Cave Lake, Gunungkidul

AGUNG BUDIHARJO
Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

ABSTRACT

Serpeng cave lake is located inside a cave that is isolated from any waters outside the cave, and the lake is located about 96 meters down under the ground surface. The isolated waters in the lake have also resulted in the isolation of the fishes from any other fish populations outside the cave. The objective of the study was to know how the displacement of morphological character occurred on a group of fish suspected belong to *Barbodes gonionotus* lived in Serpeng lake based on the observation of morphological characters of the fish. The *Barbodes gonionotus* from Kalisuci river and a well at Serpeng village was used as a comparison. The morphological characters observed were morphometric, meristic, color of scale, and number of vertebrae. The parameters of the water environment were also measured. The morphological characters from the three populations of fish were compared. The correlation coefficient of the morphologic data was measured, and grouping analysis was also applied for data. There was not any obvious differences observed between fishes from Kalisuci river and well at Serpeng village, on the other hand, the differences were obviously observed for the fish from the lake compared to the fishes from the river and well. The differences were evident from all characters observed. The grouping analysis indicated that the fish population suspected to be *Barbodes gonionotus* from the lake was separated from the same species of the river and well, while the distinct features were not observed between both fishes from the river and well. Based on the basic characters and observed morphological characters of *Barbodes gonionotus* suggest that the speciation of the fish to the subspecies taxonomic level has occurred.

© 2001 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: cave, geographic isolation, speciation, morphological character

PENDAHULUAN

Danau Gua Serpeng merupakan sebuah perairan yang terletak di dalam Gua Serpeng. Danau seluas 800 m² ini berada pada kedalaman lebih kurang 96 meter di bawah permukaan tanah (MacDonald, 1984). Karena terletak di dalam gua danau tersebut memiliki lingkungan yang khas dan berbeda dari lingkungan perairan lain yang terletak di luar gua. Lingkungan yang khas tersebut ditandai dengan keadaan yang gelap total sepanjang waktu, suhu yang relatif rendah, kelembapan udara yang relatif tinggi, kondisi lingkungan yang konstan sepanjang tahun, serta terbatas-

nya bahan pangan (Poulson & White, 1969).

Lingkungan perairan danau terisolasi dari lingkungan di luar gua karena dibatasi oleh dinding gua yang menyebabkan perairan danau tidak memiliki hubungan langsung dengan perairan di luar gua. Isolasi tersebut menyebabkan ikan yang hidup di danau tersebut juga mengalami isolasi reproduktif dari ikan yang hidup di luar gua. Akibatnya, ikan-ikan sejenis yang hidup di Danau Serpeng hanya melakukan perkawinan antar-anggota dalam populasinya sendiri sehingga terjadi *inbreeding*. Dengan terjadinya *inbreeding* berarti tidak ada aliran gen yang masuk dalam populasi tersebut. Dalam

populasi yang kecil, *inbreeding* yang berlangsung dalam waktu yang lama memungkinkan terjadinya susunan gen yang hampir seragam pada populasi tersebut (Mettler & Gregg, 1969).

Ikan yang hidup dalam gua, untuk dapat bertahan hidup harus mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan yang ada. Populasi ikan gua yang relatif kecil, adaptasi dalam jangka waktu yang lama, serta proses *inbreeding* yang terus menerus memungkinkan terjadinya perubahan karakter terhadap populasi ikan dalam danau. Akibatnya, sangat dimungkinkan terjadi perbedaan karakter taksonomi antara ikan dalam gua dan ikan sejenis di luar gua.

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sekelompok ikan yang populasinya relatif besar di Danau Gua Serpeng diduga adalah ikan tawes (*Barbodes gonionotus*). Apabila dibandingkan dengan ikan tawes yang hidup di luar gua, ikan yang diduga ikan tawes tersebut memperlihatkan beberapa perbedaan morfologi.

Isolasi geografi merupakan salah satu penyebab awal terjadinya spesiasi (Alle & Schmidt, 1963; Fryer, 1996). Proses ini dapat diamati dari perubahan-perubahan dan perbedaan karakter taksonomi yang terdapat dalam suatu populasi (Schluter & McPhaill, 1992). Karena populasi ikan tawes yang hidup di dalam gua memperlihatkan beberapa perbedaan morfologi dengan ikan dari luar, perlu dikaji perbedaan karakter morfologi ikan tersebut. Dengan tujuan agar dapat diketahui seberapa jauh kemungkinan terjadinya perbedaan yang mengarah ke proses spesiasi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 1999 sampai bulan Juli 2000. Pengambilan

sampel ikan dilakukan di danau yang terdapat dalam Gua Serpeng, Sungai Kalisuci dan Telaga Desa Serpeng di Kabupaten Gunungkidul.

Dalam penelitian ini, dari danau, sungai dan telaga masing-masing diambil sampel ikan sebanyak 5 ekor. Setiap sampel diamati karakter morfologinya, meliputi morfometri, meristik, warna sisik dan jumlah vertebrae. Selain itu, diukur juga beberapa parameter ekologi yang meliputi oksigen terlarut, CO₂ terlarut, kelembapan udara, suhu air dan udara serta intensitas cahaya.

Data morfologi dari individu yang diamati, dihitung koefisien korelasinya menggunakan metode dari Sokal & Sneath (1963). Selanjutnya, dilakukan *clustering* menggunakan metode *weighted variable-group method* (WVGM) untuk mengetahui hubungan kekerabatannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek Ekologi

Tidak adanya cahaya matahari di dalam Gua Serpeng menyebabkan lingkungan perairan danau berbeda dari lingkungan perairan Sungai Kalisuci dan telaga. Hasil pengukuran beberapa parameter lingkungan disajikan pada Tabel 1.

Parameter lingkungan yang diukur sebagian besar menunjukkan perbedaan yang mencolok antara lingkungan danau dan dua lokasi yang lain. Sementara itu, antara perairan telaga dan sungai perbedaannya tidak terlalu besar, bahkan hampir sama. Dari 6 parameter yang diukur, cahaya matahari sangat besar pengaruhnya terhadap kondisi lingkungan, misalnya terhadap oksigen terlarut, CO₂ terlarut, suhu, kelembapan udara dan intensitas cahaya.

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter lingkungan

No	Parameter Lingkungan	Danau	Sungai	Telaga
1.	Oksigen terlarut (ppm)	5,67 ± 0,17	11,53 ± 0,80	12,20 ± 0,56
2.	CO ₂ terlarut (ppm)	45,00 ± 2,60	18,67 ± 3,51	19,00 ± 2,34
3.	Suhu udara (°C)	24,00 ± 0,00	31,00 ± 1,00	30,67 ± 1,36
4.	Suhu air (°C)	24,00 ± 0,00	29,33 ± 1,08	30,00 ± 1,00
5.	Kelembapan udara (%)	97,30 ± 0,52	39,30 ± 8,45	42,67 ± 4,67
6.	Intensitas cahaya (<i>lux</i>)	0	1.233,33 ± 28,80	1.266,67 ± 28,2

Kandungan oksigen terlarut perairan danau (rata-rata 5,67 ppm) jauh lebih rendah daripada oksigen terlarut sungai dan telaga yang berkisar dari 11-12 ppm. Nilai oksigen terlarut yang rendah merupakan hal yang umum untuk perairan gua karst yang dalam dan tidak mengalir (Moore & Sullivan, 1985). Rendahnya oksigen terlarut dalam danau terutama disebabkan terbatasnya oksigen dalam lingkungan gua, tidak adanya proses fotosintesis karena tidak ada cahaya matahari dan oksigen yang terlarut selalu digunakan oleh hewan danau.

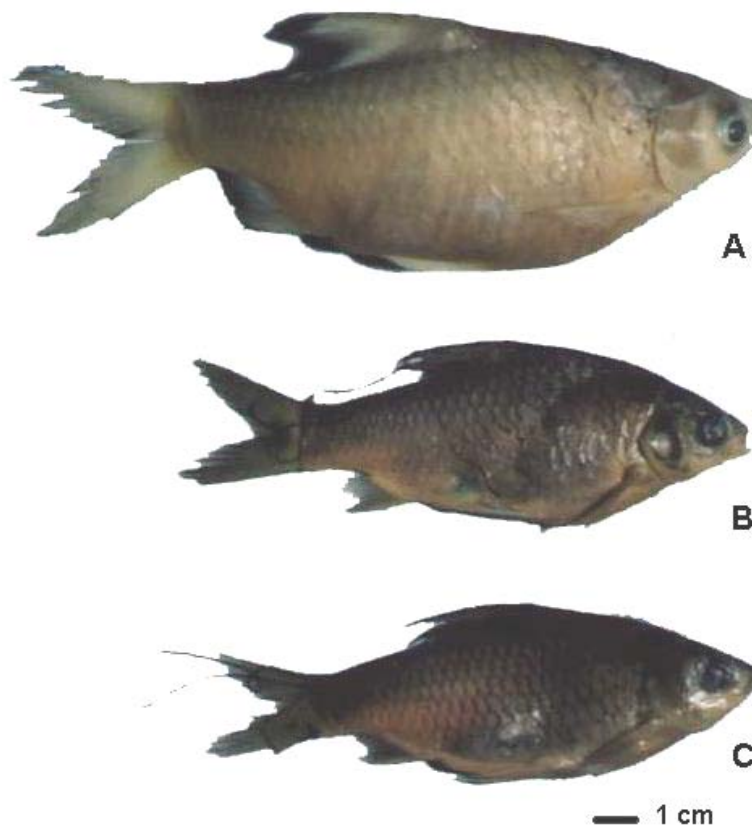
Karbon dioksida terlarut dalam danau (rata-rata 45 ppm) jauh lebih tinggi daripada perairan sungai dan telaga yang berkisar 18-19 ppm. Nilai CO_2 terlarut dalam danau yang tinggi terutama karena adanya CO_2 hasil respirasi hewan yang larut dalam air, reaksi kimia pelarutan batuan karst yang menghasilkan CO_2 dan tidak adanya penggunaan CO_2 melalui fotosintesis.

Tidak adanya cahaya matahari di lingkungan perairan danau menyebabkan suhu udara menjadi lebih rendah daripada di

luar gua. Aliran udara yang sangat lambat dalam lorong gua dan lingkungan gua yang selalu berair menyebabkan panas dari luar gua yang masuk sampai lingkungan danau sangat sedikit. Akibatnya, suhu udara di danau menjadi rendah. Dalam gua yang dalam, suhu udara relatif seragam dan konstan. Suhu air tidak jauh berbeda dari suhu udara karena panas yang mempengaruhi suhu air berasal dari udara di sekitarnya. Dari hasil pengukuran suhu udara dan air danau sama, yaitu 24°C .

Kondisi gua yang selalu basah dan berair, tidak ada cahaya, aliran udara yang lambat dan terjebaknya uap air oleh dinding gua menyebabkan kelembapan udara di lingkungan danau (rata-rata 97%) jauh lebih tinggi daripada lingkungan telaga dan sungai (rata-rata 40%).

Lorong gua yang panjang menyebabkan cahaya matahari tidak dapat mencapai lingkungan danau sehingga keadaannya gelap total. Sebaliknya, lingkungan telaga dan sungai yang terbuka cahaya matahari sangat melimpah. Hasil pengukuran menunjukkan angka intensitas cahaya lebih dari 1.200 *lux*.



Gambar 1. Morfologi ikan tawes dari (A) Gua Serpeng, (B) Sungai Kalisuci dan (C) Telaga Desa Serpeng.

Aspek Morfologi

Lingkungan gua yang berbeda dari lingkungan asal mengharuskan ikan yang hidup dalam gua melakukan berbagai penyesuaian diri. Penyesuaian diri tersebut dapat menyebabkan terjadinya perbedaan morfologi antara ikan yang hidup dalam gua dan ikan luar gua. Dalam penelitian ini perbedaan morfologi yang diamati meliputi warna sisik, jumlah vertebrae, meristik dan morfometri.

Warna Sisik

Sisik ikan dari danau tampak transparan karena pigmennya tidak berkembang. Sebaliknya, ikan dari sungai dan telaga pigmennya berkembang sehingga sisiknya tampak ada warna tertentu, yaitu keperakan atau hijau gelap. Moyle & Cech (1982) menjelaskan sisik yang transparan pada ikan gua karena pigmen melanofor yang dapat berfungsi menyerap cahaya tereduksi. Hilangnya pigmen ini terutama karena tidak adanya cahaya matahari di lingkungan danau.

Jumlah Vertebrae

Hasil pengamatan menunjukkan ikan dari telaga dan sungai vertebraenya berjumlah 29 buah, sedangkan vertebrae ikan danau 31 buah. Menurut Ferguson (1980) perbedaan

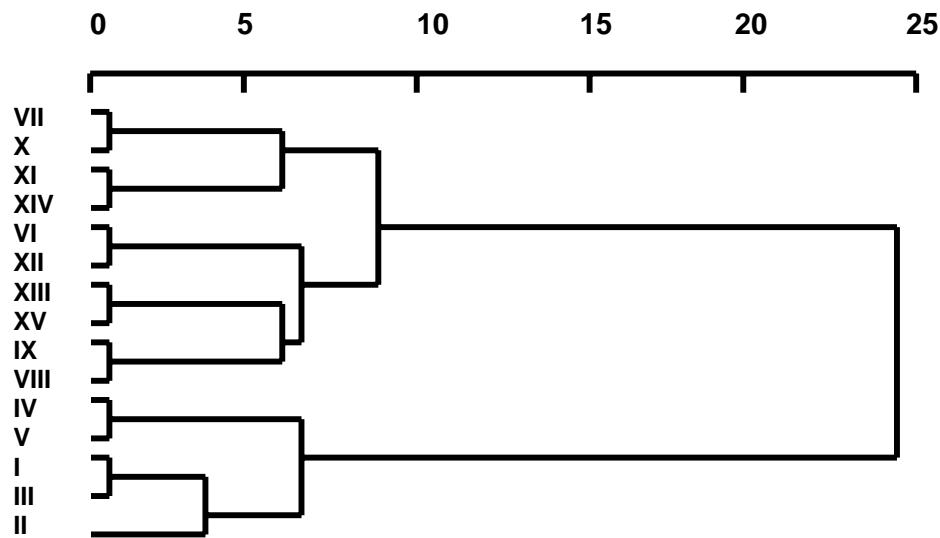
jumlah vertebrae tersebut terutama akibat pengaruh suhu air yang berbeda. Suhu air danau (rata-rata 24°C) berada di bawah suhu optimum ikan tawes pada umumnya (28-32°C). Apabila selama masa perkembangan embrio ikan berada pada suhu yang lebih rendah dari suhu optimumnya dan terus berlangsung dari satu generasi ke generasi berikutnya dapat merangsang jumlah vertebrae berkembang menjadi maksimal dalam variasinya. Faktor inilah yang diduga paling berpengaruh terhadap perubahan jumlah vertebrae ikan Danau Serpung.

Perhitungan Meristik

Data meristik yang diamati meliputi jumlah sisik pada linea lateralis dan jumlah jari-jari sirip. Sisik pada linea lateralis ikan gua berjumlah 31, sedangkan ikan dari telaga dan sungai jumlahnya 29 buah. Jumlah sisik linea lateralis ikan gua yang lebih banyak erat kaitannya dengan lingkungan yang gelap total, sehingga untuk mengetahui keadaan lingkungan fungsi linea lateralis sangat besar. Sementara itu, ikan di luar gua fungsi untuk mengetahui keadaan lingkungan selain menggunakan linea lateralis, juga dapat menggunakan organ penglihatan. Dengan demikian, fungsi linea lateralis ikan di luar tidak semaksimal ikan gua.

Tabel 2. Rata-rata indeks morfometri ikan dari tiga lokasi

No	Karakter yang Diukur	Danau (%)	Kalisuci (%)	Telaga (%)
1	Panjang total	119,82 ± 0,39	126,22 ± 0,23	126,64 ± 0,25
2	Panjang standar	100	100	100
3	Panjang kepala	28,40 ± 0,32	25,24 ± 0,33	25,01 ± 0,21
4	Panjang batang ekor	9,34 ± 0,21	17,26 ± 0,22	17,88 ± 0,41
5	Panjang sirip kaudal	19,82 ± 0,36	26,26 ± 0,21	26,44 ± 0,30
6	Panjang pre-dorsal	64,86 ± 0,36	55,94 ± 0,39	55,42 ± 0,21
7	Panjang dasar sirip dorsal	10,84 ± 0,29	13,58 ± 0,29	13,21 ± 0,22
8	Jarak dorso-hypural	23,06 ± 0,39	37,26 ± 0,25	37,83 ± 0,43
9	Tinggi batang ekor	10,14 ± 0,15	13,88 ± 0,23	14,03 ± 0,11
10	Tinggi badan	31,54 ± 0,11	40,1 ± 0,14	40,17 ± 0,24
11	Panjang sirip pektoral	16,86 ± 0,15	22,64 ± 0,89	22,64 ± 0,17
12	Panjang sirip ventral	14,08 ± 0,30	20,34 ± 0,53	20,38 ± 0,14
13	Panjang sirip anal	14,22 ± 0,14	16,34 ± 0,17	16,22 ± 0,56
14	Panjang pre-ventral	53,88 ± 0,16	50,00 ± 0,49	49,82 ± 0,24
15	Panjang pre-anal	80,18 ± 0,39	76,34 ± 0,21	76,25 ± 0,16
16	Panjang moncong	8,32 ± 0,08	6,36 ± 0,14	6,42 ± 0,09
17	Tinggi kepala melalui mata	11,54 ± 0,21	12,98 ± 0,04	13,09 ± 0,12
18	Diameter lobang mata	4,12 ± 0,08	7,00 ± 0,74	6,92 ± 0,28
19	Tinggi kepala	17,42 ± 0,41	22,60 ± 0,24	22,92 ± 0,31



Gambar 2. Dendrogram ikan dari tiga lokasi berbeda. Keterangan: Sampel nomor I-V berasal dari danau, nomor VI-X berasal dari Kalisuci dan nomor XI-XV berasal dari telaga.

Rumus jari-jari sirip ikan gua agak berbeda dibandingkan dengan ikan dari sungai dan telaga. Perbedaan tersebut pada jumlah jari-jari pada sirip ventral. Rumus sirip ikan tawes di luar gua semuanya D.I. $8\frac{1}{2}$, C.22, P. $13\frac{1}{2}$, V. $8\frac{1}{2}$, A. $6\frac{1}{2}$, namun pada ikan dari gua rumus sirip ventralnya adalah V. $7\frac{1}{2}$. Jadi, pada sirip ventral berbeda 1 jari-jari. Menurut Vandell (1965), perbedaan itu karena pada ikan gua umumnya sirip ventral tereduksi.

Morfometri

Dari 19 data morfometri tubuh ikan yang diukur menunjukkan ikan gua memiliki proporsi tubuh yang berbeda dibandingkan dengan ikan dari sungai dan telaga. Secara umum bentuk tubuh ikan gua lebih langsing daripada ikan dari luar gua. Hal ini dapat dilihat dari indeks tinggi kepala dan tinggi badannya. Beberapa sirip, yaitu sirip dorsal, ventral dan anal letak dasarnya agak bergeser ke arah kaudal. Posisi ini berkaitan dengan kemudahan bergerak ikan karena dapat memperkecil gesekan dengan air. Hasil pengukuran morfometri tercantum dalam Tabel 2.

Pada dasarnya, perbedaan-perbedaan tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi perairan danau yang berbeda dari sungai dan telaga. Kondisi yang gelap total dan terbatasnya bahan pakan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap perubahan morfologi tubuh ikan (Alle & Schmidt, 1963;

Banister, 1984; Culver, 1982; Hard *et al*, 2000; McDowall, 1998).

Dari berbagai aspek morfologi yang meliputi warna sisik, jumlah vertebrae, jumlah sisik pada linea lateralis, rumus sirip dan morfometri, menunjukkan bahwa ikan dari sungai dan ikan dari telaga merupakan satu populasi besar, sedangkan ikan dari gua merupakan satu populasi tersendiri yang berbeda dari populasi ikan diluar gua.

Perubahan dan perbedaan ciri ikan tawes di Danau Gua Serpeng memerlukan proses yang kompleks dan waktu yang panjang. Salah satu kuncinya adalah adanya variasi individu. Kondisi danau yang terisolir dengan lingkungan yang berbeda serta populasi ikan yang kecil, dapat menyebabkan terjadinya mutasi, terputusnya aliran gen, proses *genetic drift* dan seleksi alam. Dalam waktu yang lama, berbagai faktor tersebut dapat menyebabkan suatu proses evolusioner yang efeknya dapat terlihat pada perubahan dan perbedaan ciri taksonomi yang ada.

Analisis Cluster

Dengan menggunakan rumus dari Sneath & Sokal (1963) dilakukan analisis terhadap data morfologi untuk dicari koefisien korelasinya. Selanjutnya dilakukan *clustering* dengan metode *weighted variable-group method* dan hasilnya berupa dendrogram pada Gambar 2.

Dari dendrogram di atas terlihat bahwa sampel ikan dari gua jelas terpisah dari ikan yang lain, sedangkan antara ikan telaga dan sungai tidak jelas pemisahannya karena bercampur dan sulit dibedakan. Hasil *clustering* tersebut memperkuat pemisahan populasi ikan gua dari populasi ikan di luar gua dan dari skala terlihat bahwa pemisahan tersebut jaraknya cukup jauh.

Dengan mengacu pada Kottelat *et al* (1993) dan Saanin (1995), ikan dari gua masih dapat diidentifikasi sebagai ikan tawes atau *Barbodes gonionotus*. Namun, karena isolasi geografis dan memiliki perbedaan yang cukup besar dengan ikan tawes dari sungai dan telaga, dengan mengacu pada pendapat Simpson (1961) populasi ikan dalam danau tersebut merupakan suatu subspecies tersendiri dari ikan tawes. Akan tetapi mengingat adanya beberapa perbedaan karakter morfologi yang diamati, ada kecenderungan bahwa kedua populasi tersebut spesiesnya sudah berbeda. Meskipun demikian, apabila mengacu pada konsep spesies biologi yang menyangkut isolasi reproduksi secara alamiah, pendapat ini belum dapat dibuktikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data yang diperoleh dalam penelitian ini disimpulkan bahwa populasi ikan tawes yang hidup di Danau Serpeng merupakan suatu populasi lokal yang terpisah dari ikan tawes di luar gua. Dari pengamatan berbagai karakter morfologi pada ikan tersebut, diindikasikan telah terjadi proses spesiasi awal berupa terbentuknya subspecies ikan tawes.

Untuk lebih memantapkan status taksonomi dan proses spesiasi ikan tawes yang hidup di danau tersebut, disarankan perlunya penelitian lanjutan yang lebih detail, misalnya uji molekuler yang meliputi susunan DNA.

DAFTAR PUSTAKA

- Alle, W.C. and Schmidt, K.P. 1963. *Ecological Animal Geography*. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Banister, K.E. 1984. A Subterranean Population of *Gora bareimiae* (Teleostei: Cyprinidae) from Oman with Comment of the Concept of Regressive Evolution. *Journal of Natural History* 18: 927-938.
- Culver, D.C. 1982. *Cave Life. Evolution and Ecology*. London: Harvard University Press.
- Ferguson, A. 1980. *Biochemical Systematic and Evolution*. Glasgow: Blackie and Sons Limited. Bishopbriggs.
- Fryer, G. 1996. Endemism, Speciation, and Adaptive Radiation in Great Lakes. *Environmental Biology of Fishes* 45: 109-131.
- Hard, J.J., Berejikian, B.A., Tezak, E.P., Schoder, S.L., Knudsen, C.M., and Parker, L.T. 2000. Evidence for Morphometric Differentiation of Wild and Captively Reared Adult Coho Salmon: A Geometric Analysis. *Environmental Biology of Fishes* 58: 61-73. 2000.
- Kottelat, M., Whitten, A.J., Kartikasari, S.N., and Wirjoatmodjo, S. 1993. *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Edition (HK) Ltd. in Collaborated with EMDI Project.
- MacDonald, M. 1984. *Greater Yogyakarta Ground Water Resources Study*. Vol. 3C. Cave Survey. Overseas Development Administration, Land and Ground Water Project (P2AT). Jakarta: Directorate General of Water Resources Development. Ministry of Work.
- McDowall, R.M. 1998. Phylogenetic Relationships and Ecomorphological Divergence in Sympatric and Allopatric Species of *Paragalaxias* (Teleostei: Galaxiidae) in High Elevation Tasmanian Lakes. *Environmental Biology of Fishes* 53: 235-257.
- Mettler, L.E. and Gregg, T.G. 1969. *Population Genetic and Evolution*. Prentice Hall. Inc. New Jersey.
- Moore, G.W. and Sullivan, N.G. 1985. *Speleology*. Teaneck: Zephyrous Press.
- Moyle, P.B. and Cech Jr., J.J. 1982. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Poulson, T.L. and White, W.B. 1969. The Cave Environment. *Science* 165: 971-981.
- Saanin, H. 1995. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan I*. Cetakan ketiga. Bandung: Binacipta.
- Schluter, D. and McPhaill, J.D. 1992. Ecological Character Displacement and Speciation in Sticklebacks. *Am. Nat.* 140: 85-108.
- Simpson, G.G. 1961. *Principles of Animal Taxonomy*. New York: Columbia University Press.
- Sokal, R.R. and Sneath, P.H.A., 1963. *Principles of Numerical Taxonomy*. San Fransisco: W.H. Freeman Company.
- Vandel, A. 1965. *Biospeleology: The Biology of Cavernicolous Animal*. London: Pergamon Press.

Keanekaragaman Jenis Mikroorganisme Sumber Kontaminasi Kultur *In vitro* di Sub-Lab. Biologi Laboratorium MIPA Pusat UNS

Source of contaminant microorganisms in *in vitro* culture at Sub lab. Biology, Central Laboratory of Mathematics and Sciences, Sebelas Maret University

ARI SUSILOWATI, SHANTI LISTYAWATI
Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Diterima: 17 Juli 2000. Disetujui: 20 Januari 2001

ABSTRACT

The objectives of the research were to know the species and the most dominant microorganisms that become a source of contamination in *in vitro* culture at Sub lab Biology, central laboratory of Sebelas Maret University. As in many general laboratory, there were many microorganisms that able to contaminate *in vitro* culture coming from air, dusts, or from the contaminated experimental materials such as plants or fruits. A qualitative descriptive method was used in the research, involving many steps of making pure culture and identification of microorganisms macroscopically or microscopically. In the research found six microorganisms potentially contaminate *in vitro* culture, that are generally from groups of fungi (mold), such as *Mucor*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Dictyostelium* and *Saccharomyces*. *Mucor* and *Rhizopus* were the most contaminants present in all contaminated *in vitro* culture.

© 2001 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key Words: *in vitro* culture, contamination, fungi

PENDAHULUAN

Mikroorganisme terdapat di berbagai tempat seperti tanah, debu, air, udara, kulit dan selaput lendir. Mikroorganisme dapat berupa bakteri, fungi, protozoa dan lain-lain. Mikroorganisme mudah terhembus udara dan menyebar ke mana-mana karena ukuran selnya kecil dan ringan. Laboratorium MIPA Pusat, khususnya Sub-lab Biologi, banyak digunakan untuk penelitian mahasiswa dan dosen, termasuk bidang kultur jaringan tanaman dan mikologi. Selama ini kendala yang umum dihadapi para peneliti adalah tingginya kontaminasi kultur *in vitro*. Pada penelitian mikologi, tingkat kontaminasi dapat mencapai 100%. Untuk itu perlu dilakukan usaha-usaha pengendalian. Langkah awal

usaha ini adalah identifikasi jenis-jenis mikroorganisme sumber kontaminasi dan mengetahui jenis paling dominan.

Teknik Aseptik

Mikroorganisme dapat menyebabkan banyak kerusakan. Pengendalian mikroorganisme ditujukan untuk mencegah penyebaran penyakit, membasmi mikroorganisme pada inang, serta mencegah pembusukan dan kerusakan bahan. Mikroorganisme dapat dihambat atau dibunuh secara fisik dan kimia. Secara fisik melalui suhu, tekanan, radiasi dan penyaringan, misalnya sterilisasi, pembakaran atau sanitasi. Secara kimia melalui perubahan komposisi molekul misalnya dengan senyawa-senyawa fenolik, alkohol, klor, iodium dan etilen oksida. Keefektifan zat antimikrobal

tergantung konsentrasi, jumlah dan jenis mikroorganisme, suhu, bahan organik terlarut dan pH (Pelczar dan Chan, 1988).

Sumber kontaminasi dapat berasal dari eksplan tumbuhan, organisme kecil yang masuk ke dalam media, alat yang tidak steril dan lingkungan kerja yang kotor. Sehingga harus dilakukan: sterilisasi lingkungan kerja, alat-alat, media dan bahan tanaman (Gunawan, 1988).

Penanaman eksplan dan prosedur lain seperti isolasi protoplasma, sering dilakukan dalam kotak pindah (*transfer box*). Kotak ini biasanya terbuat dari kaca dan tertutup. Di dalamnya terdapat lampu *germicidal* yang memancarkan radiasi ultra violet untuk sterilisasi. Sterilisasi juga dapat dilakukan dengan alkohol 70%, kaporit atau formalin. Pada masa sekarang, kotak pindah dilengkapi *blower* berkecepatan 100 *flow* per menit, untuk mencegah kontaminasi dari udara. Kotak pindah disebut *Laminar Air Flow Cabinet* apabila dilengkapi aliran udara yang melalui filter HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) berpori-pori kurang dari 0,3 μm (Gunawan, 1988).

Sterilisasi otoclaf menggunakan panas dan tekanan uap air. Temperatur sterilisasi biasanya 121°C, sedang tekanan sekitar 17,5-20 *psi*. Lama sterilisasi tergantung dari volume dan jenis bahan. Alat-alat dan air disterilisasi selama 1 jam, tetapi media hanya 20-40

menit. Sterilisasi media yang terlalu lama menyebabkan: degradasi vitamin dan asam-asam amino, inaktivasi sitokinin zeatin riboside dan perubahan pH yang mengakibatkan depolimerisasi agar.

Teknik Pencirian Mikroorganisme

Metode untuk mencirikan mikroorganisme menurut Pelczar dan Chan (1988) disajikan pada tabel 1. Cendawan yang sering ditemukan berasal dari kelas *Zigomycetes*, *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* dan *Deuteromycetes*, dengan ciri-ciri disajikan pada tabel 2 (Pelczar dan Chan, 1988).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Sub-lab Biologi, Laboratorium MIPA Pusat Universitas Sebelas Maret Surakarta, selama satu bulan. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif yang dilaksanakan melalui tahap-tahap: (1) pengamatan morfologi koloni mikroorganisme yang mengkontaminasi kultur *in vitro* cendawan *C.versicolor* dan *S.commune*, (2) pembuatan kultur murni masing-masing koloni dan (3) indentifikasi mengacu pada pustaka-pustaka: Alexopoulos dan Bold (1967), Alexopoulos dan Mimms (1979), Dharmaputra (1989) dan Hadioetomo (1993).

Tabel 1. Metode Pencirian Mikroorganisme

Ciri khas	Metode
Morfologi	Pengamatan spesimen dengan bantuan mikroskop cahaya atau elektron, baik diwarnai atau tidak. Teknik mikroskop elektron memungkinkan pengamatan irisan ultra tipis sel-sel mikrobia.
Nutrisi	Penentuan substansi kimiawi dan keadaan fisik yang khusus (suhu, cahaya, gas) yang diperlukan untuk menunjang pertumbuhan mikroorganisme
Kultur	Penentuan tanpang pertumbuhan mikrobia pada berbagai macam medium laboratorium, baik yang cair maupun yang padat
Metabolik	Identifikasi dan pengukuran perubahan kimiawi yang dilakukan dan hanya untuk mengetahui apakah mikroorganisme menyebabkan perubahan kimia pada suatu substansi khusus atau tidak
Susunan antigen	Perincian mikroorganisme terutama bakteri dan virus, dengan penelaahan antigen, substansi kimiawi yang ada pada permukaannya. Antigen adalah substansi kimiawi suatu mikroorganisme yang apabila disuntikkan pada hewan akan memulai pembentukan substansi kimiawi berupa antibodi yang dapat diidentifikasi dengan prosedur laboratoris. Antigen dan antibodi merupakan bagian dari sistem imunologis yang kompleks.
Susunan kimiawi	Penentuan susunan kimiawi berbagai komponen sel. Pelbagai teknik tersedia untuk memecahkan sel dan untuk mengisolasi komponen-komponen sel yang khusus dari campuran yang diperoleh seperti fragmen dinding sel, bahan nukleus dan membran
Sifat Patogeni	Penentuan potensi suatu biakan mikarobe untuk menimbulkan penyakit dilakukan dengan menginokulasi hewan atau tumbuhan dengan biakan murni mikroorganisme yang bersangkutan

Tabel 2. Ciri-ciri utama cendawan

Ciri-ciri	Kelas			
	Zygomycetes	Ascomycetes	Basidiomycetes	Deuteromycetes
Miselium	Aseptat/ senositik	Septat	Septat	Septat
Spora aseksual	Sporangiospora atau konidia	Konidia	Konidia	Konidia
Spora seksual	Zigospora, Oospora	Askospora	Basidio-spora	Tidak diketahui
Habitat alamiah	Air, tanah, hewan	Tanah, tumbuhan, hewan	Tanah, tumbuhan	Tanah, tumbuhan, hewan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kultur murni *in vitro* cendawan perusak kayu *Coriolus versicolor* dan *Schizophyllum commune* merupakan koleksi Laboratorium Jurusan Biologi FMIPA UNS yang disimpan di Sub-lab Biologi, Laboratorium MIPA Pusat UNS. Agar kondisi kultur selalu optimum, maka dilakukan peremajaan secara berkala. Peremajaan dilakukan dengan menginokulasikan biakan ke medium taoge sukrosa agar segar secara aseptik. Semua kegiatan dilakukan dalam *laminar air flow cabinet* yang telah disterilisasi dengan penyemprotan alkohol 70% dan penyinaran lampu UV selama 1-2 jam. Namun ternyata masih terjadi kontaminasi setelah masa inkubasi 3 hari. Mikroorganisme kontaminan berasal dari enam genus, yakni cendawan *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Dictyostelium* dan golongan *Saccharomyces*.

Mucor dan *Rhizopus*

Klasifikasi *Mucor*

Divisi : Amastigomycota
 Subdivisi : Zygomycotina
 Kelas : Zygomycetes
 Ordo : Mucorales
 Familia : Mucoraceae
 Genus : *Mucor*

Ciri morfologi koloni: hifa seperti benang putih; bagian tertentu tampak sporangium dan sporangiofor berupa titik-titik hitam seperti jarum pentul. Ciri mikroskopis: hifa tanpa sekat, terdapat sporangium dan sporangiospora.

Klasifikasi *Rhizopus*

Divisi : Amastigomycota
 Subdivisi : Zygomycotina

Kelas : Zygomycetes
 Ordo : Mucorales
 Familia : Mucoraceae
 Genus : *Rhizopus*

Ciri morfologi koloni: hifa seperti benang berwarna putih sampai kelabu hitam; bagian tertentu tampak sporangium dan sporangiofora berupa titik-titik hitam seperti jarum pentul. Ciri mikroskopis: hifa tanpa sekat, terdapat rizoid dan sporangiospora.

Dalam penelitian ini *Mucor* dan *Rhizopus* ditemukan hampir di semua kultur *in vitro* yang terkontaminasi. Pertumbuhan miseliumnya sangat lebat dan mendominasi seluruh permukaan media kultur. Hampir 80% dari kultur *in vitro* yang diamati pada penelitian ini diserang oleh kedua cendawan ini.

Aspergillus dan *Cladosporium*

Klasifikasi *Aspergillus*

Divisi : Amastigomycota
 Subdivisi : Deuteromycotina
 Kelas : Deuteromycetes
 Subkelas : Hyphomycetidae
 Ordo : Moniliales
 Familia : Moniliaceae
 Genus : *Aspergillus*

Ciri morfologi koloni: koloni berwarna hijau kebiruan dengan area kuning sulfur pada permukaannya; miselium berbentuk benang halus. Ciri mikroskopis: terdapat konidiofor, sel kaki dan kepala berkonidium terdiri dari gelembung, *fialid* serta kadang-kadang *metula* dan konidium; *fialid* dapat dibentuk langsung pada gelembung uniseriat atau *metula* biseriat; kepala konidium berbentuk kolumner atau radial. *Aspergillus* adalah cendawan yang paling sering mengkontaminasi karena pertumbuhan koloninya sangat cepat.

Klasifikasi *Cladosporium*

Divisi : Amastigomycota
 Subdivisi : Deuteromycotina
 Kelas : Deuteromycetes
 Subkelas : Hyphomycetidae
 Ordo : Moniliales
 Familia : Dematiaceae
 Genus : *Cladosporium*

Ciri morfologi koloni: warna hijau kehitaman; struktur kompak seperti beludru; pertumbuhan relatif lambat.

Cendawan kelas Deuteromycetes yang ditemukan pada penelitian ini adalah *Aspergillus* dan *Cladosporium*. Frekuensi kontaminasi kultur oleh *Aspergillus* relatif lebih tinggi dibandingkan *Cladosporium*, tetapi masih lebih rendah dibanding *Mucor* dan *Rhizopus*. *Aspergillus* dan *Cladosporium* adalah cendawan yang banyak menyerang tumbuhan tingkat tinggi (parasit) dan banyak ditemukan pada produk-produk pasca panen (Setyawati, 1989).

Penelitian mikrobiologi dan mikologi di Sub-lab Biologi, Laboratorium MIPA Pusat UNS dilakukan pada ruangan yang sama dengan penelitian pasca panen yang sering memakai buah-buahan seperti duku, salak dan pisang. Buah-buahan tersebut sering ditumbuhi *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus* dan *Cladosporium* (Setyawati, 1989). Hal inilah yang diduga sebagai sumber penyebaran jenis-jenis cendawan tersebut.

Untuk mengurangi peluang terkontaminasinya kultur *in vitro* oleh kedua cendawan ini, maka pembagian ruang penelitian harus diperhatikan. Masing-masing aspek penelitian harus menempati ruang yang berbeda untuk mencegah tingginya tingkat kontaminasi kultur. Segi kebersihan ruang termasuk kebersihan lantai, meja, kursi dan peralatan lain juga menentukan keberhasilan penelitian dengan kultur *in vitro*.

Saccharomyces**Klasifikasi *Saccharomyces***

Divisi : Amastigomycota
 Subdivisi : Ascomycotina
 Kelas : Ascomycetes
 Subkelas : Hemiascomycetidae
 Ordo : Endomycetales
 Familia : Saccharomycetaceae
 Genus : *Saccharomyces*

Ciri morfologi koloni: tidak membentuk miselium, koloni berupa lendir berwarna putih,

permukaan koloni licin. Ciri mikroskopis: satu sel, bentuk bulat sampai lonjong, ditemukan adanya tunas.

Cendawan golongan Ascomycetes yang ditemukan pada penelitian ini adalah *Saccharomyces* atau biasa dikenal sebagai khamir. Frekuensinya tidak begitu sering ditemukan pada kultur yang terkontaminasi. Sumber penyebarannya adalah tanah atau bahan penelitian berupa tumbuhan yang terkena parasit. Oleh karena itu kebersihan ruang kultur menjadi sangat penting untuk menekan tingkat kontaminasi khamir ini.

Dictyostelium**Klasifikasi *Dictyostelium***

Kelas : Acraciales
 Genus : *Dictyostelium*

Ciri morfologi koloni: terdapat agregasi yang merupakan pusat struktur seluler pertama yang bersifat amoeboid. Termasuk kapang lendir seluler.

Kapang lendir merupakan kumpulan mikroorganisme yang heterogen. Padanya terdapat ciri-ciri hewan dan tumbuhan. Fase vegetatif atau somatik yang aseluler dan merayap jelas mempunyai struktur dan fisiologi seperti binatang; struktur reproduksifnya seperti tumbuhan, yaitu menghasilkan spora yang terbungkus dinding yang nyata. Gabungan fase seperti binatang dan tumbuhan dalam satu daur hidup ini merupakan ciri pembeda kapang lendir.

Ada empat tipe kapang lendir berdasarkan perbedaan struktur, fisiologi dan daur hidupnya. Keempatnya ialah kapang lendir sejati (*Myxomycetes*), kapang lendir endoparasit (*Plasmodiophoromycetes*), kapang lendir jaring (*Labyrinthulales*) dan kapang lendir selular (*Acraciales*).

Klasifikasi kapang lendir menantang dan sulit dideskripsikan. Mereka kadang-kadang diklasifikasikan sebagai filum tersendiri dalam dunia Protista. Namun kadang-kadang dimasukkan dalam dunia Fungi. Dalam klasifikasi yang lain lagi, *Myxomycetes* dan *Plasmodiophoromycetes* dianggap mempunyai status taksonomi sejajar dengan cendawan sejati, sedang *Acraciales* dan *Labyrinthulales* dianggap terpisah karena pertalian keturunannya tidak jelas.

Kapang lendir seluler merupakan organisme yang hidup bebas dan ameboid; plasmodiumnya tidak multi nukleat. Daur

hidupnya menarik, tumbuh tanah untuk mendapatkan bakteri yang menjadi makanannya. Kapang lendir seluler yang ditemukan pada penelitian ini adalah genus *Dictyostelium*. Hal ini ditentukan dari morfologi koloni yaitu adanya plasmodium yang tersebar di seluruh permukaan medium kultur yang terkontaminasi. Plasmodium ini lama kelamaan membentuk agregat berupa benang miselium yang sangat halus dan menjadi pusat koloni. Setelah munculnya papila apikal, kolum silindris berubah menjadi semacam siput, lalu topi sombrero, terbentuk tangkai dan akhirnya terbentuk tubuh buah (Alexopoulos dan dan Bold, 1967).

Frekuensi ditemukannya *Dictyostelium* relatif jarang. Sumber *Dictyostelium* adalah tanah atau debu (Pelczar dan Chan, 1988), sehingga untuk menghindarinya harus diperhatikan masalah kebersihan ruangan.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini ditemukan enam jenis mikroorganisme yang menjadi sumber kontaminasi kultur *in vitro* di Sub-lab Biologi Laboratorium MIPA Pusat UNS Surakarta, terdiri dari golongan cendawan dan khamir.

Cendawan yang mengkontaminasi adalah *Mucor*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Aspergillus* dan *Dictyoteliium*. Sedangkan khamir yang mengkontaminasi adalah *Saccharomyces*. Jenis mikroorganisme yang paling sering ditemukan adalah *Mucor* dan *Rhizopus* yang ditemukan pada hampir semua kultur *in vitro* yang terkontaminasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos, C.J. and H.C. Bold. 1967. *Algae and Fungi*. London: The Macmillan Company.
- Alexopoulos, C.J. and C.E. Mimms. 1979. *Introductory Mycology*. New York: John Wiley and Sons.
- Dharmaputra, O.S. *et al.* 1989. *Mikologi Dasar*. Bogor: Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor.
- Gunawan, L.W. 1988. *Teknik Kultur Jaringan*. Bogor: Laboratorium Kultur Jaringan, PAU Bioteknologi, IPB.
- Hadioetomo, R.S. 1993. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek, Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Jakarta: Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Pelczar, M.J. dan E.C.S. Chan. 1988. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press.
- Setyawati, O. 1989. *Penuntun Praktikum Mikologi Dasar*. Bogor: Laboratorium Mikrobiologi Dasar Jurusan Biologi FMIPA IPB.

Keanekaragaman Flora Hutan Jobolarangan Gunung Lawu: 1. Cryptogamae

Plants Biodiversity of Jobolarangan Forest Mount Lawu: 1. Cryptogamae

AHMAD DWI SETYAWAN dan SUGIYARTO
Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Diterima: 24 Desember 2000. Disetujui: 20 Januari 2001

ABSTRACT

The objectives of the research were to make: (1) a list of Cryptogamic plants at Jobolarangan forest in mount Lawu, and (2) the actual condition of biodiversity conservation of the plants. All Cryptogamic plants on the forest were studied. The procedures of data collection were including species collection in the field, make up herbaria, observation of flora vegetation using transect method, morphology observation in the laboratory, and interview to residents and government administrations. The results showed that in the forest were found 77 species Cryptogamic plants, consisting of 27 species of fungi, 5 species of lichens, 20 species of Bryophyta and 25 species of Pterydophyta. Government and residents had successfully conserved the forest; however fire and illegal logging damaged another part.

© 2001 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: biodiversity, Cryptogamic plants, Jobolarangan, mount Lawu

PENDAHULUAN

Gunung Lawu merupakan pegunungan vulkanik tua yang sudah tidak aktif. Secara geografis terletak pada posisi sekitar 111°15' BT dan 7°30'LS dan meliputi areal seluas sekitar 15.000 Ha. Secara administratif lereng barat terletak di Propinsi Jawa Tengah, meliputi Kabupaten Karanganyar, Sragen dan Wonogiri, sedang lereng timur terletak di Propinsi Jawa Timur, meliputi Kabupaten Magetan dan Ngawi. Gunung ini memanjang dari utara ke selatan, dipisahkan jalan raya penghubung propinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Topografi bagian utara berbentuk kerucut dengan puncak Argo (Hargo) Dumilah setinggi 3.265 m dpl., sedang bagian selatan sangat kompleks terdiri dari bukit-bukit bertebing curam dengan puncak Jobolarangan setinggi 2.298 m. dpl. (US Army Maps Services, 1963; Docters van Leeuwen, 1925).

Gunung Lawu merupakan salah satu bentuk habitat yang sangat eksotis. Gunung ini menjadi batas antara lingkungan Jawa Timur yang cenderung kering dan gersang dengan Jawa Tengah yang mulai basah, sebelum mencapai Jawa Barat yang basah dan dingin. Sebagai kawasan peralihan, tempat ini ditumbuhi spesies-spesies khas Jawa Timur, namun tidak ditemukan di Jawa Barat dan sebaliknya (Steenis, 1972).

Fisiografi gunung sangat khas, sehingga memiliki bentuk kehidupan yang khas pula. Ketinggian dan kemiringan gunung, menyebabkan terbentuknya iklim yang lebih fluktuatif dan berbeda dengan dataran rendah. Perbedaan ini meliputi suhu, intensitas sinar matahari, ketebalan awan, curah hujan, kecepatan angin, kebakaran, kelembaban udara dan lain-lain (Odum, 1983; Steenis, 1972; Lawrence, 1951).

Suhu merupakan faktor utama yang mempengaruhi struktur dan komposisi vegetasi tumbuhan. Rata-rata suhu di permukaan laut kawasan tropis adalah 26,3°C, kemudian setiap naik 100 m dpl, suhu akan turun 0,61°C. Pada ketinggian 2000 m dpl suhu menjadi 14,1°C, lalu setiap naik 100 m dpl suhu akan turun 0,52°C. Pada ketinggian 4700 m dpl. suhu menjadi 0°C (Braak, 1923 dalam Steenis, 1972). Setiap spesies memiliki tanggapan berbeda terhadap suhu, sehingga terbentuk zonasi distribusi. Zonasi vertikal karena ketinggian serupa dengan zonasi horizontal karena garis lintang (Odum, 1983; Steenis, 1972; Wood, 1971).

Topografi gunung di Jawa beragam, namun kesemuanya merupakan gunung berapi (vulkanik), baik masih aktif atau sudah padam. Puncak-puncak gunung menempati sebagian kecil pulau Jawa. Diperkirakan 92% permukaan Jawa terletak di bawah ketinggian 1000 m dpl., sekitar 7% berada di ketinggian 1000-2000 m dpl dan hanya 0,7% di atas ketinggian 2000 m dpl. (Steenis, 1972). Meskipun demikian hutan pegunungan merupakan area yang biodiversitasnya sangat kaya di pulau ini (Werner, 1999) dan menjadi tempat perlindungan terakhir ekosistem hutan alam di Jawa.

Zonasi iklim di Jawa dikelompokkan sebagai berikut (Steenis, 1972):

0–1000 m dpl.	Zona tropis (500–1000 m dpl. Subzona Colline)
1000–2400 m dpl.	Zona montane (1000–5000m.dpl. Subzona submontane)
di atas 2400 m dpl.	Zona subalpine

Penelitian ini dimaksudkan untuk membuat daftar spesies Cryptogamae yang tumbuh di Hutan Jobolarangan Gunung Lawu dan mengetahui kondisi aktual biodiversitas di kawasan tersebut.

BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan penelitian meliputi koleksi spesies, pembuatan herbarium, pengamatan vegetasi di lapangan, pengamatan morfologi di laboratorium (Oosting, 1959; Lawrence, 1955), serta wawancara dengan masyarakat dan aparat pemerintah setempat.

Bahan dan Alat

Objek yang diteliti adalah semua spesies tumbuhan Cryptogamae, meliputi Fungi/Lichenes, Bryophyta dan Pterydophyta.

Koleksi di lapangan

Alat yang digunakan adalah: ransel/tas lapangan, gunting tanaman, pisau, beliung, benang, pensil, buku koleksi lapangan (*collector book*), etiket gantung, altimeter, kompas, binokuler.

Pembuatan herbarium

Alat yang digunakan adalah: pengepres herbarium, kertas koran, kertas kardus/dos penyekat, karet pengikat dan silet. Bahan yang digunakan adalah: kertas herbarium, label herbarium, amplop herbarium, etiket herbarium, dan lem/selotip transparan.

Pengamatan vegetasi di lapangan

Alat yang digunakan adalah: meteran, tali plastik/rafia, patok, gunting/pisau.

Pengamatan di laboratorium

Alat yang digunakan adalah: mikroskop stereo, lampu penyorot, lensa pembesar, cawan petri, jarum pemisah, pisau/silet, pinset.

Pengamatan kondisi aktual biodiversitas

Alat yang digunakan adalah: lembar kuesioner, alat tulis, alat perekam dan kamera.

Cara Kerja

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap, yakni pada bulan September dan Desember 2000. Lokasi penelitian, hutan Jobolarangan, terletak di ketinggian 1.600-2.298 m dpl, dimana stasiun I (hutan produksi) terletak pada ketinggian 1.600-1.700 m. dpl., stasiun II (batas terluar hutan alam hingga kaki bukit Jobolarangan) terletak pada ketinggian 1.700-2.000 m. dpl. dan stasiun III (kaki bukit hingga puncak) terletak pada ketinggian 2.000-2.298 m. dpl.

Koleksi dan Identifikasi

1. Koleksi spesimen untuk herbarium dilakukan bersamaan dengan analisis vegetasi.
2. Pustaka untuk identifikasi Fungi/Lichenes adalah Jarman dan Fuhrer (1995), Galloway (1991), Burdsall (1982);

Bryophyta adalah Fleischer (1980), Conard dan Redfearn (1979); Pterydophyta adalah Anonim (1979), Camus (1991), Jeremy (1991), Johnson (1960) dan Holtum (1955). Tumbuhan inang Spermatophyta: Backer dan Bakhuizen van den Brink (1968, 1965, 1963); Lawrence (1951).

Analisis Vegetasi

a. Tumbuhan terrestrial

1. Pengambilan sampel ditentukan secara *stratified random*, di sepanjang jalan setapak mulai dari tepi hutan hingga puncak Jobolarangan.
2. Kuadrat diletakkan setiap jarak ± 200 m perjalanan, dengan memperhatikan kondisi biodiversitas yang ada, dimana setiap stasiun minimal memiliki 3 ulangan. Luas kuadrat untuk herba $1 \times 1 \text{ m}^2$, untuk semak $5 \times 5 \text{ m}^2$ dan untuk pohon $10 \times 10 \text{ m}^2$.
3. Identitas setiap spesies dan jumlah individu masing-masing spesies pada setiap kuadrat dicatat. Spesimen yang baik diawetkan dalam bentuk herbarium kering atau basah dengan fiksasi formalin 4% dilanjutkan preservasi alkohol 70%.

b. Tumbuhan epifit

1. Pemilihan pohon inang ditentukan secara acak (*random*), sepanjang jalan setapak mulai dari tepi hutan hingga puncak Jobolarangan. Pohon inang dipilih yang sudah mencapai usia dewasa, ditunjukkan dengan tinggi, ukuran batang dan fungsi reproduksinya.
2. Teknik sampling pada pohon inang dilakukan dengan metode transek (*stratified random*) dari pangkal pohon hingga puncak kanopi, dimana setiap pohon inang disampling sebanyak tiga kali, masing-masing ulangan diusahakan mewakili stasiun yang berbeda.
3. Ukuran kuadrat $1 \times 1 \text{ m}^2$, bentuk dapat menyesuaikan batang pohon, namun luasnya tetap 1 m^2 . Transek dibuat mengikuti ketinggian pohon. Jarak setiap kuadrat sejauh 5 meter, dimulai dari permukaan tanah hingga mendekati pucuk pohon, yaitu 0-5 m, 5-10 m, 10-15 m dan > 15 m. Keberadaan tumbuhan epifit pada cabang hanya dicatat sebagai data tambahan.
4. Jumlah individu tumbuhan epifit pada setiap kuadrat dicatat. Identitas pohon inang dan tumbuhan epifit yang melekat

padanya diidentifikasi, lalu keduanya diawetkan dalam bentuk herbarium kering.

Pengukuran faktor lingkungan dan kondisi aktual biodiversitas

1. Pada setiap stasiun dilakukan pengukuran faktor-faktor lingkungan, meliputi: penetrasi cahaya, kelembaban udara, kelembaban tanah, suhu udara, suhu tanah dan pH tanah. Pengukuran ini dilakukan pada siang hari antara pukul 12.00-14.00.
2. Kondisi aktual biodiversitas diamati secara langsung di lapangan dan wawancara dengan penduduk, aparat desa dan perhutani.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lereng selatan Gunung Lawu merupakan kawasan yang sangat subur, karena merupakan daerah tangkapan hujan, dimana angin tenggara yang berawan dan mengandung uap air menabrak gunung dan terangkat ke atas, sehingga terjadi kondensasi dan titik-titik air turun sebagai hujan. Sepanjang tahun lereng selatan relatif mendapatkan curahan hujan lebih tinggi dari pada lereng lainnya (Setyawan, 2000).

Penelitian ini dilakukan pada bulan September dan Desember 2000, awal dan pertengahan musim hujan. Dengan datangnya hujan diharapkan pertumbuhan vegetasi lebih subur, sehingga keanekaragaman dan kemelimpahannya mencapai kondisi terbaik.

Fungi

Dalam penelitian ini ditemukan 27 spesies Fungi, 19 diantaranya hanya ditemukan di hutan alam dan 5 spesies hanya ditemukan di hutan produksi (Tabel 1.).

Spesies yang ditemukan umumnya tumbuh pada sisa-sisa pohon yang lapuk atau tanah yang kaya bahan organik, namun banyak juga yang hidup pada kulit batang pohon yang masih hidup, menggunakan sel-sel permukaan kulit pohon yang telah mati sebagai media. Hampir semua spesies Fungi yang ditemukan termasuk dalam kelas Basidiomycetes, kecuali *Rhizopus* (Phycomycetes), *Tuber aestivum* dan *Tuber sp* (Ascomycetes).

Distribusi dan kemelimpahan fungi di hutan alam relatif lebih tinggi dari pada hutan produksi. *Fomes aplanatus* merupakan spesies dengan nilai penting tertinggi pada kedua habitat tersebut, yakni sebesar 20%.

Tabel 1. Spesies Fungi di Hutan Jobolarangan

No.	Nama Spesies	Familia	Keterangan
1.	<i>Agaricus campestris</i>	Agaricales	ha
2.	<i>Agaricus sp (I)</i>	Agaricales	hp, ha
3.	<i>Agaricus sp (II)</i>	Agaricales	ha
4.	<i>Agaricus sp (II)</i>	Agaricales	ha
5.	<i>Agaricus sp (III)</i>	Agaricales	ha
6.	<i>Amanita muscarina</i>	Amanitaceae	hp
7.	<i>Amanita sp</i>	Amanitaceae	hp
8.	<i>Armillariella melea</i>	Agaricales	ha
9.	<i>Cantharellus cibarus</i>	Aphyllphorales	ha
10.	<i>Cantharellus sp</i>	Aphyllphorales	ha
11.	<i>Clavaria vermicularis</i>	Clavariaceae	hp
12.	<i>Dacryopinax splanularia</i>	-	ha
13.	<i>Daedalea confragosa</i>	Polyporaceae	ha
14.	<i>Fomes aplanatus</i>	Polyporaceae	ha
15.	<i>Ganoderma amboinense</i>	Polyporaceae	hp
16.	<i>Ganoderma aplanatum</i>	Polyporaceae	hp
17.	<i>Ganoderma sp</i>	Polyporaceae	ha
18.	<i>Lycoperdon pratense</i>	Lycoperdaceae	ha
19.	<i>Mycena lux-coeli</i>	Agaricaceae	ha
20.	<i>Pleurotus sapindus</i>	Tricholomataceae	ha
21.	<i>Polyporus sulphures</i>	Aphyllphorales	hp, ha
22.	<i>Polyporus versicolor</i>	Aphyllphorales	ha
23.	<i>Rhizopogon sp.</i>	-	hp, ha
24.	<i>Rhizopus sp</i>	Mucoraceae	ha
25.	<i>Schleroderma sp.</i>	Schlerodermataceae	ha
26.	<i>Tuber aestivum</i>	Pezizaceae	ha
27.	<i>Tuber sp.</i>	Pezizaceae	ha

Keterangan: ha = hutan alam; hp = hutan produksi

Beberapa spesies yang ditemukan dalam penelitian ini diketahui aman untuk konsumsi manusia, khususnya: *Polyporus sulphures*, *Polyporus sp.* dan *Amanita muscarina*, sedang anggota genus *Tuber* biasa dimakan anjing hutan dan babi hutan, namun terdapat pula spesies yang diketahui bersifat toksik bagi manusia, yaitu: *Lycoperdon pratense* dan *Amanita sp.*

Di samping itu ditemukan pula sejumlah Fungi mikroskopis, namun akan dilaporkan tersendiri. Secara ekologi, Fungi merupakan dekomposer sekitar $\frac{2}{3}$ sampah organik di muka bumi, sehingga jumlah jenisnya diyakini cukup banyak, mengingat taksa ini dapat tumbuh pada beragam habitat, mulai dari permukaan salju di kutub, hingga permukaan serasah di kawasan tropis yang panas.

Taksa Lichenes, sering dibahas bersama fungi, mengingat taksa ini merupakan simbiose antara fungi dan algae, dimana fungi umumnya merupakan bagian terbesar. Dalam penelitian ini, pengamatan terhadap biodiversitas Lichenes belum dilakukan secara mendalam. Pada penjelajahan secara random ditemukan sekitar 15 jenis Lichenes, lima diantaranya tumbuh pada batang *Schima wallichii*, yaitu *Cetraria islandica*,

Cora pavonia, *Parmelia acetabulum*, *Usnea dasypoga* dan *Graphis*. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian Setyawan (2000). Pengamatan pada media dan tumbuhan inang lain diyakini akan menambah jumlah Lichenes yang ditemukan. Lichenes memiliki peran ekologi sebagai tumbuhan perintis dan dapat hidup pada media yang sangat ekstrim, seperti batu dan batang pohon. Nilai ekonomi lichenes belum banyak diketahui, salah satu yang sering dimanfaatkan adalah *Usnea dasypoga* yang mengandung asam usnin yang menjadi bahan baku jamu tradisional.

Tumbuhan Lumut (Bryophyta)

Dalam penelitian ini teridentifikasi 20 spesies Bryophyta, tujuh spesies hidup epifit pada berbagai pohon, 11 spesies hidup terestrial dan dua spesies dapat hidup epifit maupun terestrial, yakni *Thuidium furfurosum* dan *Dicranoloma dicarpium* (Tabel 2). Spesies yang ditemukan umumnya dari Divisi Bryophyta, sisanya termasuk Divisi Hepatophyta, yaitu *Plagiochila retrospectans*, *Marchantia polymorpha*, *Marsupidium surculosum* *Porella* dan *Riccia*.

Distribusi dan kelimpahan setiap spesies tumbuhan lumut terestrial sangat bervariasi, tergantung asosiasi dengan tumbuhan di sekitarnya. Di hutan produksi, *Polytrichum* yang tumbuh di bawah tegakan *Pinus mercusii* dan *Araucaria* (semacam cemara) memiliki nilai penting sangat tinggi, masing-masing sekitar 90% dan 40%, sedang di bawah tegakan *Schima wallichii* dan di hutan alam nilai pentingnya hanya sekitar 10%. Pada kaki

Tabel 2. Spesies Bryophyta di Hutan Jobolarangan.

No.	Spesies	Familia	Keterangan
1.	<i>Camtochaete arbuscula</i>	Lembhophyllaceae	e
2.	<i>Cyathophorum bulbosum</i>	Hypopterygiaceae	e
3.	<i>Dicranoloma robustum</i>	Dicranaceae	e
4.	<i>Leptostomum inclinans</i>	Bryaceae	e
5.	<i>Marsupidium surculosum</i>	Acrobalbaceae	e
6.	<i>Plagiochila retrospectans</i>	Plagiochilaceae	e
7.	<i>Weimouthia mollis</i>	Meteoriaceae	e
8.	<i>Dicranoloma dicarpium</i>	Ducranaceae	e, t
9.	<i>Thuidium furfurosum</i>	Thuidiaceae	e, t
10.	<i>Archidium alternifolium</i>	Archidiaceae	t
11.	<i>Eurhynchium oreganum</i>	Eurhynchiaceae	t
12.	<i>Fissidens pungens</i>	Fissidentaceae	t
13.	<i>Leptotheca gaudichaudii</i>	Aulacomniaceae	t
14.	<i>Marchantia polymorpha</i>	Marchantiaceae	t
15.	<i>Mittenia plumula</i>	Mitteniaceae	t
16.	<i>Nothofagus gunii</i>	Nothofagaceae	t
17.	<i>Polytrichum sp</i>	Polytrichaceae	t
18.	<i>Porella sp</i>	Jungermaniaceae	t
19.	<i>Riccia sp</i>	Ricciaceae	t
20.	<i>Sematophyllum leucocytus</i>	Sematophyllaceae	t

Keterangan: e=epifit, t=terrestrial

bukit di hutan alam, *Eurhynchium oreganum* cenderung melimpah dengan nilai penting sekitar 40%, namun di puncak bukit nilai pentingnya hanya berkisar 20%, sebaliknya *Leptotheca gaudichaudii* memiliki nilai penting sekitar 35% di puncak bukit, padahal di ketinggian bawah hampir tidak ditemukan.

Hal yang sama terjadi pada tumbuhan lumut epifit, dimana pertumbuhan lumut sangat tergantung spesies tumbuhan inang. Pada tegakan *Pinus mercurusii*, nilai penting *Leptostomum inclinans*, *Dicranoloma dicarpium* dan *Dicranoloma robustum* 30%. Pada tegakan *Schima wallichii* nilai penting *Camtochaete arbuscula*, *Cyathophorum bulbosum* dan *Weimouthia mollis* sekitar 25%. Pada tegakan *Araucaria*, nilai penting *Cyathophorum bulbosum*, *Leptostomum inclinans* dan *Dicranoloma robustum* berkisar 25-30%. Pada ketiga tegakan pohon di hutan produksi tersebut, spesies lain hampir tidak ditemukan.

Pohon-pohon yang tumbuh di hutan alam, ditempel jenis epifit yang lebih beragam. Pohon *Alsophila glauca* (paku tiang), *Schefflera rugosa*, *Altingia exelsa*, *Sauraria cauliflora* dan *Lasianthus stercorarius* merupakan tumbuhan inang favorit bagi semua spesies tumbuhan lumut epifit hutan ini, yaitu: *Camtochaete arbuscula*, *Cyathophorum bulbosum*, *Dicranoloma robustum*, *Leptostomum inclinans*, *Marsupidium surculosum*, *Plagiochila retrospectans*, *Weimouthia mollis*, *Dicranoloma dicarpium* dan *Thuidium furfurosum*. Di samping itu terdapat pula sekurang-kurangnya delapan pohon lain yang juga menjadi tumbuhan inang, dengan keaneka-

ragaman dan kelimpahan tumbuhan lumut lebih rendah.

Tumbuhan lumut merupakan taksa dengan kebutuhan air cukup tinggi. Survei di sepanjang aliran sungai-sungai kecil, menunjukkan kelimpahan yang cukup tinggi untuk beberapa spesies, seperti *Marchantia polymorpha* dan *Riccia sp*. Ketersediaan air yang melimpah menyebabkan pertumbuhan talus keduanya vigorous (semacam tunas air).

Beranekaragamnya spesies yang ditemukan dengan asosiasi tumbuhan di sekitarnya yang juga beranekaragam, menyebabkan sulitnya menentukan hubungan faktor lingkungan dengan keberadaan Bryophyta. Dalam penelitian ini nilai koefisien korelasi-regresi cenderung negatif.

Tumbuhan Paku (Pterydophyta)

Dalam penelitian ini ditemukan 25 spesies Pterydophyta (Tabel 3), di samping itu diyakini masih terdapat beberapa spesies yang belum terkoleksi, mengingat luas dan sulitnya medan.

Dari ke-25 spesies tersebut hanya dua yang tidak termasuk Divisi Pterophyta, yaitu *Selaginella ornata* Spring dari Divisi Lycophyta dan *Equisetum debile* Roxb. dari Divisi Arthrophta. Spesies Pteropyta yang ditemukan umumnya tergolong dalam Familia Polypodiaceae. Familia ini dikenal sebagai tumbuhan paku yang paling banyak anggotanya, dengan ciri morfologi yang beranekaragam, namun pada umumnya memiliki sorus yang terletak di tepi atau di dekat tepi daun.

Hampir semua spesies yang ditemukan dalam penelitian ini merupakan tumbuhan herba, tanpa batang sejati kecuali

Tabel 3. Spesies Pterydophyta di Hutan Jobolarangan

No.	Spesies	Familia	Keterangan
1.	<i>Adiantum polyphyllum</i>	Polypodiaceae	t, h, hp
2.	<i>Alsophila glauca</i>	Cyateaceae	t, p, ha
3.	<i>Antrophyum sp</i>	Polypodiaceae	e, h, ha
4.	<i>Asplenium caudatum</i>	Polypodiaceae	e/t, h, ha/hp
5.	<i>Asplenium belangeri</i>	Polypodiaceae	t, h, ha
6.	<i>Blechnum patersonii</i>	Polypodiaceae	e, h, hp
7.	<i>Davalia denticulata</i>	Polypodiaceae	e/t, h, ha/hp
8.	<i>Dryopteris sp</i>	Polypodiaceae	e, h, ha/hp
9.	<i>Drynaria sparsisora</i>	Polypodiaceae	t, h, ha
10.	<i>Gleichenia linearis</i>	Gleiceniaceae	e/t, h, ha/hp
11.	<i>Hymenophyllum javanicum</i>	Hymenophyllaceae	e/t, h, ha
12.	<i>Lygodium japonicum</i>	Schizaceae	t, h, ha
13.	<i>Nephrolepis biserrata</i>	Polypodiaceae	t, h, ha
14.	<i>Pteridium aquilinum</i>	Polypodiaceae	t, h, ha
15.	<i>Platyserum bifurcatum</i>	Polypodiaceae	e, h, ha
16.	<i>Polypodium sp</i>	Polypodiaceae	t, h, ha
17.	<i>Trichomanes sp</i>	Hymenophyllaceae	e, h, ha/hp
18.	<i>Vittaria sp</i>	Polypodiaceae	t, h, ha
Dikoleksi secara acak di luar jalur transek			
19.	<i>Selaginella ornata</i> Spring	Lycopodiaceae	t, h, ha
20.	<i>Equisetum debile</i> Roxb	Equisetaceae	t, h, ha
21.	<i>Adiantum farleyense</i> Moore	Polypodiaceae	t, h, hp
22.	<i>Adiantum terenum</i> Sw.	Polypodiaceae	t, h, hp
23.	<i>Angiopteris avecta</i> Hoofm	Marattiaceae	t, p, hp
24.	<i>Phymatodes lingissima</i> J.	Polypodiaceae	t, h, hp
25.	<i>Pitogramma calomelanes</i> Link.	Polypodiaceae	t, h, hp

Keterangan: e = epifit, t = terestrial/darat; h = herba, p = pohon/anak pohon/semak; ha = hutan alam, hp = hutan produksi.

rhizoma, namun beberapa diantaranya memiliki ciri-ciri mendekati habitus semak, seperti *Gleichenia linearis*. Spesies yang dapat dipastikan berhabitus selain herba hanya dua, yaitu *Alsophila glauca* dan *Angiopteris avecta* Hoofm., keduanya dikenal sebagai paku pohon. Jumlah spesies yang tumbuh di tanah dan di pohon hampir sama banyak, bahkan beberapa spesies dapat tumbuh pada kedua media tersebut, khususnya *Asplenium caudatum* dan *Davalia denticulata*.

Pada tumbuhan paku epifit, distribusi dan kelimpahan tertinggi dimiliki oleh *Trichomanes*, disusul *Polypodium* dan *Blechnum*, dimana nilai pentingnya berkisar antara 20-40%, sedang *Gleichenia linearis* merupakan spesies yang paling jarang ditemukan dan paling rendah kelimpahannya.

Dalam penelitian ini *Vittaria*, *Hymenophyllum*, *Gleichenia linearis*, *Antrophyum* dan *Platyserum* tidak dijumpai di hutan produksi yang didominasi tumbuhan *Pinus mercusii*, sebaliknya *Asplenium caudatum* hanya tumbuh di hutan produksi (stasiun I). Indeks similaritas antara hutan alam dan hutan produksi berkisar 50%, sedang di dalam hutan alam sendiri antara kaki bukit (stasiun II) dan puncak (stasiun III)

mencapai 80%, serta di dalam hutan produksi sendiri antara tegakan pohon *Pinus mercusii* dan *Schima wallichii* berkisar 80%. Hal ini menunjukkan tingginya kesamaan struktur vegetasi tumbuhan paku dalam suatu habitat yang sama.

Pohon yang banyak digunakan sebagai tumbuhan inang antara lain: *Acer laurium*, *Altingia excelsa*, *Podocarpus neriifolius*, *Schima wallichii*, *Fragacea blumei*, *Citrus sp*, *Saurania cauliflora*, *Ardisia javanica* dan *Lasiantus stercoracius*.

Pada tumbuhan paku terestrial, spesies yang distribusi dan kelimpahannya paling tinggi adalah *Asplenium caudatum*, dengan nilai penting 50%, disusul *Davalia denticulata* sekitar 20%, sebaliknya *Polypodium* merupakan spesies yang paling jarang ditemukan dan kelimpahannya paling rendah. Spesies yang hanya dijumpai di hutan produksi adalah *Blechnum* dan *Adiantum polyphyllum*, sebaliknya *Polypodium*, *Hymenophyllum*, *Drynaria*, *Lygodium japonicum*, *Asplenium caudatum* dan *Pteridium aquilinum* hanya ditemukan di hutan alam.

Indeks similaritas tumbuhan paku antara hutan alam dan hutan produksi hanya sekitar 30%. Pada hutan produksi sendiri, antara tegakan pinus dan puspa indeks similaritasnya juga hanya berkisar 30%. Hal ini menandakan tingginya keanekaragaman tumbuhan paku antara tipe habitat yang berbeda.

Hasil penelitian di atas, menunjukkan tumbuhan paku epifit memiliki tingkat kesamaan yang cukup tinggi di hutan alam dan hutan produksi, sebaliknya tumbuhan paku terestrial memiliki tingkat kesamaan yang relatif lebih rendah antara kedua habitat tersebut.

Status konservasi biodiversitas

Hutan Jobolarangan termasuk dalam wilayah kerja Perum Perhutani KPH Lawu dan sekitarnya di sisi timur, serta KPH Surakarta di sisi barat. Kawasan ini merupakan hutan lindung, mengingat letaknya pada ketinggian sekitar 2000 m dpl. Bagian tepi hutan yang terletak di ketinggian lebih rendah, terdapat hutan produksi yang ditanami pohon pinus *Pinus mercurisii*, pohon puspa *Schima wallichii* dan semacam pohon cemara *Araucaria* (Coniferae).

Beberapa bagian hutan alam merupakan kawasan hutan primer yang sangat lebat, sehingga menghambat pertumbuhan vegetasi herba di lantai hutan, kecuali di tempat-tempat tertentu yang terbuka karena tumbangannya pepohonan tua. Pohon yang banyak dijumpai antara lain *Schefflera rugosa*, *Altingia exelsa*, *Sauraria cauliflora* dan *Lasianthus stercorarius*. Pohon-pohon ini dapat mencapai ketinggian 30-40 m, dengan diameter batang lebih dari satu meter, serta menjadi habitat berbagai tumbuhan Cryptogamae epifit yang tergolong dalam Fungi/Lichenes, Bryophyta dan Pterydophyta, di samping anggrek dan liana.

Beberapa bagian hutan lainnya mengalami kerusakan yang cukup parah, di beberapa tempat terjadi penebangan kayu ilegal, sehingga tidak saja mematikan pohon yang bersangkutan tetapi juga mematikan berbagai jenis kehidupan yang berhabitat pada pohon-pohon tersebut. Penebangan pohon di kawasan perbukitan, seberapapun sedikitnya dapat dipastikan mendorong terjadinya erosi, terlebih kawasan ini memiliki curah hujan cukup tinggi. Di puncak bukit pada ketinggian sekitar 2.298 m dpl, kerusakan vegetasi terjadi akibat kebakaran pada tahun 1997, dimana proses suksesi belum pulih dan struktur vegetasi didominasi alang-alang, semak *Rubus*, Kirinyu dan lain-lain.

Kebakaran merupakan fenomena alami di hutan pegunungan Jawa. Hal ini dapat terjadi karena aktivitas vulkanik, pemanasan oleh sinar matahari dan campur tangan manusia. Pada zona subalpin, ketiadaan pohon yang tinggi menyebabkan tanah terbuka dan didominasi herba seperti gramineae, sehingga pada musim panas sangat mungkin terjadi kebakaran akibat panas yang tinggi pada serasah. Sedang pada hutan dengan altitude lebih rendah, kebakaran dapat terjadi karena tumbangannya pepohonan yang menyebabkan serasah di lantai hutan terpapar langsung sinar

matahari (Steenis, 1972). Akan tetapi aktivitas vulkanik dan keteledoran manusia diyakini merupakan penyebab utama kebakaran di hutan-hutan Jawa.

Meskipun demikian secara umum keanekaragaman hayati di hutan Jobolarangan relatif masih terjaga, dibandingkan kawasan Gunung Lawu lainnya. Hal ini antara lain dikarenakan:

1. Penduduk setempat memiliki perhatian serius atas kelestarian ekosistem hutan ini, mengingat pasokan air untuk minum, MCK dan pertanian di peroleh dari kawasan ini.
2. Hutan Jobolarangan terletak di lereng selatan Gunung Lawu yang merupakan daerah tangkapan air dengan curah hujan cukup tinggi sepanjang tahun dan relatif subur.
3. Hutan Jobolarangan – menurut kesaksian masyarakat setempat – tidak pernah terbakar, kecuali beberapa puncak bukit, sehingga memungkinkan komposisi tumbuhan, hewan dan mikroorganisme mantap dan bertahan lama.
4. Hutan Jobolarangan jarang dijamah manusia karena terdiri dari bukit-bukit terjal dan jurang dalam, terlebih letaknya di luar jalur pendakian.
5. Hutan Jobolarangan merupakan area latihan rutin pasukan elit TNI AD sehingga orang-orang yang tidak berkepentingan segan masuk.

Penanganan yang benar terhadap kawasan Jobolarangan, antara lain dengan menghentikan penebangan pohon dan gangguan terhadap binatang, sangat mungkin untuk menjadikan hutan ini sebagai area konservasi dengan status perlindungan lebih tinggi, terlebih kawasan ini merupakan bagian Gunung Lawu, yang luasnya lebih dari 10.000 ha.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa di Hutan Jobolarangan Gunung Lawu, setidaknya terdapat 27 spesies Fungi, lima spesies Lichenes, 20 spesies Bryophyta dan 25 spesies Pterydophyta. Distribusi dan kelimpahan spesies di hutan alam hampir selalu lebih tinggi dari pada di hutan produksi. Secara umum kawasan hutan ini masih mampu mendukung kehidupan Cryptogamae, meskipun di beberapa tempat terjadi kerusakan habitat akibat kebakaran dan penebangan ilegal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Proyek DUE (*Development for Under Graduate Project*) UNS dan Sublab. Biologi Laboratorium MIPA Pusat UNS yang membantu pembiayaan penelitian ini, serta para mahasiswa yang turut melaksanakan pengambilan data lapangan.

Tulisan ini didedikasikan untuk Nova Indra Tri Sujarta, anak muda UNS yang sangat cinta konservasi biodiversitas dan meninggal pada saat penelitian biodiversitas akuatik di sungai Bengawan Solo.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1979. *Spesies Paku Indonesia*. Bogor: Lembaga Biologi Nasional – LIPI.
- Backer, C.A. dan R.C. Bakhuizen van den Brink, Jr. 1963. *Flora of Java*. Vol. I, Groningen : P. Noordhoff.
- Backer, C.A. dan R.C. Bakhuizen van den Brink, Jr. 1965. *Flora of Java*. Vol. II. Groningen: P.Noordhoff
- Backer, C.A. dan R.C. Bakhuizen van den Brink, Jr. 1968. *Flora of Java*. Vol. III. Groningen: P.Noordhoff
- Burdsall, H.H. 1982. *A Field Guide to Mushroom and their Relatives*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Camus, J. 1991. *World of Ferns*. London: Natural History Museum Publ.
- Conard, H.S. dan P.L. Redfearn. 1979. *How to Know the Moses and Liverworts*. Iowa: WMC Brown Co. Publ.
- Docters van Leeuwen, W.M. 1925. De alpine vegetatie van de Lawoe vukaan. *Natuurk. Tijdschr. Ned. Indie* 85: 23-48.
- Fleischer, M. 1980. *Die Muschi der Flora von Buitenzorg*. Leiden: E.J. Brill.
- Galloway, D.J. 1991. *Tropical Lichens: Their Systematics and Conservations*. New York: Clarendon Press
- Holtum, R.E. 1955. Fern in Malaya. *Garden's Bulletin Singapore* 1-622.
- Jarman, S.J. dan B.A. Fuhrer. 1995. *Moses and Liverworth of Rainforest in Tasmania and Southeastern Australia*. Melbourne: CSIRO Publication.
- Jeremy, A. C. 1991. *Illustration Field Guide to Ferns and Allied Plants*. London: Natural History Museum Pubs.
- Johnson, A. 1960. *A Student's Guide to the Fern of Singapore Island*. Singapore: University of Malaya Press.
- Lawrence, G.H.M. 1951, *Taxonomy of Vascular Plant*. New York, John Wiley and Sons.
- Lawrence, G.H.M. 1955. *An Introduction to Plant Taxonomy*. New York: John Wiley and Sons.
- Odum, F.P. 1983. *Principles of Ecology*. Philadelphia: W.B. Saunders.
- Oosting, H.J. 1959. *The Study of Plant Communities. An Introduction to Plant Ecology*. Second edition. San Fransisco: W.H. Freeman and Company
- Setyawan, A.D. 1999. Distribusi dan Kemelimpahan *Rubus* di Gunung Lawu. *BioSMART* 1 (2): 35-41
- Setyawan, A.D. 2000. Tumbuhan epifit pada tegakan Pohon Puspa *Schima wallichii* (D.C.) Korth. di Gunung Lawu. *BIODIVERSITAS* 1 (1): 20-25.
- Steenis, C.G.G..J. van. 1972. *The Mountain Flora of Java*. Leiden: E.J. Brill
- US. Army Maps Services, 1963.
- Werner, W. 1999. Conservation Strategies and Project Planning. Dipresentasikan dalam "Workshop Ekologi dan Biogeografi Pulau Jawa". Bandung 10-11 Maret 1999.
- Wood, D. 1971. The adaptive significance of a wide altitudinal range for montane species. *Trans. Bot. Soc. Edinburg* 41: 119-124.

REVIEW:

Keanekaragaman Spesies Lebah Madu Asli Indonesia

The Diversity of Indigenous Honey Bee Species of Indonesia

SOESILAWATI HADISOESILO

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Bogor.

Diterima: 24 Desember 2000. Disetujui: 20 Januari 2001

ABSTRACT

It has been known that Indonesia has the most diverse honey bee species in the world. At least five out of nine species of honey bees are native to Indonesia namely *Apis andreniformis*, *A. dorsata*, *A. cerana*, *A. koschevnikovi*, and *A. nigrocincta*. One species, *A. florea*, although it was claimed to be a species native to Indonesia, it is still debatable whether it is really found in Indonesia or not. The new species, *A. nuluensis*, which is found in Sabah, Borneo is likely to be found in Kalimantan but it has not confirmed yet. This paper discusses briefly the differences among those native honey bees.

© 2001 Jurusan Biologi FMIPA UNS

Keywords: diversity, indigenous, honey bee, Indonesia

PENDAHULUAN

Walaupun lebah madu sudah lama dikenal dan dibudidayakan, taksonominya sejak awal sudah sangat membingungkan. Banyak perbedaan pendapat diantara para pakar lebah madu sendiri mengenai jumlah species yang ada. Perbedaan pendapat ini disebabkan karena besarnya variasi geografis sebaran lebah madu, terutama pada lebah Eropa (*A. mellifera*). Dengan demikian, dalam taksonomi tersebut ada beberapa subspecies yang secara morfologis dianggap cukup kuat untuk dipisahkan menjadi satu species tersendiri, tetapi diantara mereka secara reproduksi tidak ada isolasi.

Revisi besar-besaran mengenai taksonomi lebah madu yang terakhir dipublikasikan oleh Maa pada tahun 1953. Dia membagi lebah madu menjadi tiga genera (*Megapis*, *Micrapis*, dan *Apis*) dengan 24 species. Oleh karena klasifikasi ini hanya berdasarkan beberapa karakter morfologis lebah pekerja dari beberapa specimen yang ada di berbagai

museum tanpa dasar biologi yang kuat, klasifikasi versi Maa ini banyak diabaikan oleh pakar lebah madu. Dengan demikian, sampai akhir dekade 1980, para pakar lebah madu sepakat bahwa lebah madu hanya terdiri dari satu genus, *Apis*, dengan empat species: *A. florea*, *dorsata*, *mellifera*, dan *cerana* (Gould dan Gould, 1988; Ruttner, 1988).

Dengan perkembangan penelitian lebah madu akhir-akhir ini, terutama di Asia Tenggara, ternyata jumlah species lebah madu lebih banyak dari yang diperkirakan semula. Beberapa species yang pernah disebutkan Maa dalam klasifikasinya secara biologis telah terbukti merupakan species tersendiri. Species-species tersebut adalah *A. andreniformis*, *laboriosa*, *koschevnikovi*, dan *nigrocincta*. Selain itu ada satu species baru yang saat ini baru ditemukan di Sabah, Borneo yakni *A. nuluensis* (Tingek *et al.*, 1996).

Dalam kurun waktu sekitar delapan tahun, species lebah madu telah berkembang dari empat menjadi sembilan species dengan tiga

subgenera yakni: subgenus *Micrapis*: *A. florea*, *andreniformis*, subgenus *Megapis*: *dorsata*, *laboriosa*, serta subgenus *Apis*: *mellifera*, *cerana*, *koschevnikovi*, *nigrocincta*, dan *nuluensis*. Pada saat hanya empat species lebah madu dikenal di dunia, Indonesia sudah terbukti mempunyai tiga species: *A. florea*, *dorsata*, dan *cerana*. Dengan penambahan jumlah species lebah madu, telah dibuktikan bahwa di Indonesia paling sedikit mempunyai lima jenis lebah madu *A. andreniformis*, *dorsata*, *cerana*, *koschevnikovi*, dan *nigrocincta*. Jenis lebah yang dahulu diidentifikasi sebagai *A. florea* ternyata adalah *A. andreniformis*. Keberadaan *A. florea* di Indonesia masih dipertanyakan. Uraian berikut memberikan sedikit gambaran tentang species lebah madu yang merupakan jenis asli Indonesia. Dalam uraian ini *A. florea* masih penulis masukkan sebagai tambahan informasi.

Lebah Madu yang Bersarang di Tempat Terbuka (Open-Nesting Honey Bees)

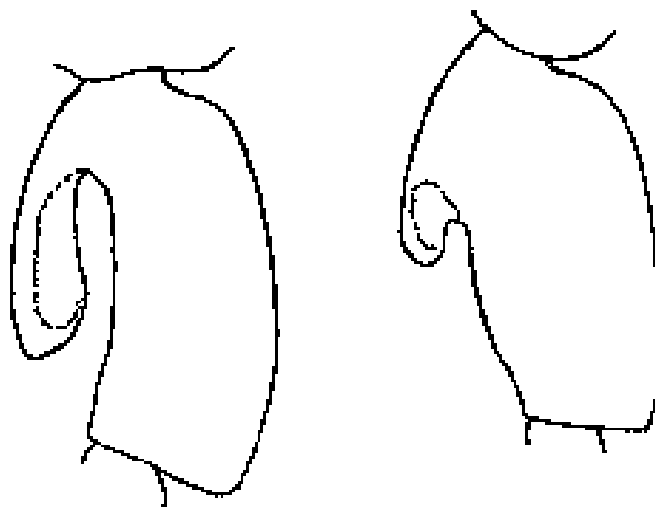
***Apis andreniformis* F. Smith, 1858 dan *Apis florea* Fabricius, 1787**

Apis andreniformis hanya tersebar di bagian barat garis Wallace (Otis, 1996) pada ketinggian antara 0-500 m. di atas permukaan laut (Salmah *et al.*, 1990; Otis, 1996),

sedangkan penyebaran *A. florea* di Indonesia belum diketahui secara pasti sampai saat ini. Specimen *A. florea* yang ada di berbagai museum dikoleksi dari Jakarta dan Surabaya (Otis, 1996, observasi pribadi) namun keberadaan *A. florea* di Indonesia masih dipertanyakan karena sampai saat ini memang belum ada laporan lagi tentang ditemukannya *A. florea* di daerah lain di Indonesia.

Semula kedua species ini dianggap sebagai satu species, *A. florea*, tetapi kemudian dapat dibuktikan bahwa *A. andreniformis* secara reproduksi terpisah dari *A. florea* berdasarkan waktu penerbangan lebah jantan (Rinderer *et al.*, 1993) serta anatomi alat kelamin lebah jantan (*endophallus*) yang berbeda dari kedua species ini (Wongsiri *et al.*, 1990).

Apis andreniformis merupakan species yang ukuran tubuhnya paling kecil, lebih kecil dari *A. florea* (Tabel 1). Sarang kedua species lebah madu ini dapat ditemukan di tempat terbuka, biasanya menggantung di ranting atau dahan semak-semak atau pohon yang kecil serta terlindung daun-daunan. Ketinggian sarang dari atas tanah hanya sekitar 5 m. Sarang lebah ini hanya terdiri dari satu sisiran dengan luas sekitar 150-250 cm² untuk *A. andreniformis* dan 200-500 cm² *A. florea* (Wu dan Kuang, 1987).



Gambar: 1. Gambar kaki belakang lebah jantan *A. florea* (kiri) dan *A. andreniformis* (kanan). Perhatikan perbedaan panjang cuping (*lobe*). Digambar ulang dari Wu dan Kuang, 1987.

Tabel 1. Perbandingan beberapa karakter morfologi lebah madu asli Indonesia

Karakter	A. <i>andreniformis</i> ¹	A. <i>florea</i> ²	A. <i>dorsata</i> ³		A. <i>cerana</i> ^{4,5}	A. <i>nigorcincta</i> 4	A. <i>koschevnikovi</i> ⁵
			<i>dorsata</i>	<i>binghami</i>			
Panjang proboscis (mm.)	2,87	3,37	6,56	6,66	4,56	4,98	5,64
Panjang sayap depan (mm.)	6,27	6,71	12,60	13,51	7,64	8,12	8,64
Panjang sayap belakang (mm.)	2,08	2,31	4,51	4,67	2,66	2,73	3,01
Panjang kaki belakang (mm.)	4,91	5,43	10,58	11,58	6,57	7,31	7,68
Tergit 3+4 (mm.)	2,53	2,85	5,81	6,06	3,26	3,71	3,98
Indeks cubital	6,17	2,89	8,87	5,81	3,8	3,84	6,38

Keterangan:

1. Ruttner, F. 1992. *Naturgeschichte der Honigbienen*. Munich: Ehrenwirth Verlag.
2. Ruttner, F. 1988. *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Berlin: Springer Verlag.
3. Hadisoesilo, S. 1990. *Apis binghami* Cockerell dari Sulawesi. *J. Penelitian Kehutanan* 4: 28-29.
4. Hadisoesilo, S., G.W. Otis, M. Meixner, 1995. Two distinct populations of cavity-nesting honey bees (Hymenoptera: Apidae) in South Sulawesi, Indonesia. *J. Kansas Entomol. Soc.* 68: 399-407.
5. Hadisoesilo, S., M.Meixner, F. Ruttner. 1999. Geographic variation within *Apis koschevnikovi* Buttel-Reepen, 1906 in Borneo. *Treubia* 31(3): 305-31.

Secara morfologis kedua species ini dapat dibedakan berdasarkan warna abdomen lebah pekerja. Dua ruas pertama dan sebagian ruas ketiga abdomen *A. florea* biasanya berwarna merah kecoklatan, sedangkan pada *A. andreniformis* abdomennya berwarna hitam dengan garis putih (Otis, 1991). Menurut Wu dan Kuang (1987) kaki belakang lebah jantan dari kedua species ini mempunyai cuping (*lobe*), akan tetapi pada *A. florea* cuping ini lebih panjang dari pada lekukan pada *A. andreniformis*. Pada *A. florea* panjangnya lebih dari setengah kaki belakang, sedangkan pada *A. andreniformis* kurang dari setengah panjang kaki belakang (Gambar 1). Wongsiri *et al.* (1990) juga menyatakan bahwa indeks cubital dari kedua species ini juga merupakan ciri yang khas. Indeks cubital untuk *A. florea* sekitar 2,78 sedangkan pada *A. andreniformis* nilainya sekitar 6,07.

***Apis dorsata* Fabricius, 1793**

Apis dorsata dapat ditemukan hampir di seluruh kepulauan di Indonesia kecuali Maluku dan Irian Jaya (Ruttner, 1988). Dari tiga subspecies *A. dorsata*, dua diantaranya terdapat di Indonesia yakni *A. dorsata dorsata* dan *A.d. binghami* sedangkan subspecies yang ketiga *A.d. breviligula* terdapat di Filipina (Sakagami *et al.*, 1980).

Secara morfologis, *A. dorsata* merupakan species lebah madu asli Indonesia dengan ukuran tubuh paling besar. Selain itu species ini juga terkenal sangat agresif di bandingkan dengan species lebah madu lain yang terdapat di Indonesia..

Seperti halnya *A. florea* dan *A. andreniformis*, sarang *A. dorsata* hanya terdiri dari satu sisiran sarang tetapi amat besar dengan ukuran luas mencapai lebih dari 1 m². Sarangnya juga terdapat di tempat terbuka, menggantung pada dahan pohon-pohon yang besar misalnya pohon kempas (*Kompassia excelsa*) setinggi lebih dari 10 m di atas permukaan tanah. Letak sarang *A.d. dorsata* biasanya berdekatan satu dengan yan lain, pada satu pohon dapat ditemukan puluhan koloni (pengamatan pribadi).

Subspecies *A. dorsata binghami* yang hanya terdapat di pulau Sulawesi dan pulau-pulau di sekitarnya, oleh beberapa ahli perlebahan seperti Maa (1953) dianggap merupakan satu species tersendiri, *A. binghami* Cockerell. Perbedaan morfologi dan perilaku cara bersarang *A.d. dorsata* dan *A.d. binghami* merupakan dasar pemikiran pemisahan ini. Warna abdomen dari *A.d. binghami* hitam dengan garis/strip putih sedangkan abdomen *A.d. dorsata* agak kecoklatan dengan strip oranye. Selain itu,

perilaku bersarang *A.d. binghami* berbeda dengan cara bersarang *A.d. dorsata*. Pada satu pohon biasanya hanya dihuni oleh satu atau dua koloni *A.d. binghami* (pengamatan pribadi). Agregasi koloni yang pernah diinformasikan kepada penulis paling banyak hanya 10 koloni pada satu pohon.

Dasar pemikiran yang tidak menerima *A.d. binghami* sebagai species tersendiri adalah adanya persamaan alat kelamin lebah jantan antara kedua subspecies ini (G. Koeniger, pers. comm.) dan waktu penerbangan lebah jantan yang sama yakni sesaat sesudah matahari terbenam (pengamatan pribadi). Oleh karena daerah penyebaran dari *A.d. binghami* sampai saat ini baru diketahui di Sulawesi, kepulauan Sula dan pulau Butung (Otis, 1996), tidak tumpang tindih dengan daerah penyebaran *A.d. dorsata*, keabsahan pendapat bahwa lebah ini merupakan satu species tersendiri masih diragukan. Sampai saat ini baru ada kesepakatan bahwa lebah ini hanyalah merupakan salah satu subspecies dari *A. dorsata*, dan disebut *A. dorsata binghami*, sampai nanti ada bukti kuat yang membuktikan bahwa kedua subspecies ini secara reproduksi terisolasi.

Lebah Madu yang Bersarang di tempat Tertutup (Cavity-nesting Honey Bee)

Lebah madu yang bersarang di tempat tertutup terdiri dari *Apis cerana*, *A. koschevnikovi*, *A. nigrocincta* dan *A. nuluensis*. Seperti halnya *A. andreniformis* dan *A. florea*, keempat species lebah madu ini sebelum akhir dekade 1980 dianggap satu species dengan *A. cerana* (Gould dan Gould, 1988; Ruttner, 1988). Setelah penelitian lebah madu di Asia dilakukan lebih intensif, ternyata diantara keempat lebah madu tersebut ada isolasi reproduksi, alat kelamin lebah jantan (*endophallus*) dan atau waktu terbang lebah jantan berbeda. Kecuali *A. nuluensis*, ketiga species lebah madu lainnya telah ditemukan di Indonesia. Keempat species lebah ini sarangnya terdiri dari beberapa sisiran dan biasanya terdapat ditempat yang tertutup.

***Apis cerana* Fabricius, 1793**

Apis cerana tersebar hampir disemua kepulauan di Indonesia, sampai ke Timor kecuali di Maluku dan Irian. Menurut beberapa sumber, *A. cerana* yang ada di Ambon dan

Irian bukanlah lebah asli pulau itu melainkan didatangkan dari daerah lain (Ruttner, 1988).

Secara morfologis, ukuran tubuh *A. cerana* adalah yang paling kecil di antara keempat species lebah madu yang membentuk sarang di tempat tertutup. Namun demikian diantara *A. cerana* sendiri ukuran tubuh mereka juga berbeda dari satu lokasi ke lokasi yang lain.

***Apis koschevnikovi* Buttel-Reepen, 1906**

Specimen *A. koschenikovi* yang disimpan di berbagai museum dikoleksi dari berbagai lokasi di Indonesia (Otis, 1996), namun berdasarkan survai yang dilakukan akhir-akhir ini, koloni jenis lebah ini baru ditemukan di sekitar Muaro, Solok, Sumatra Barat (Ruttner *et al.*, 1989) dan di sekitar Barabai, Kalimantan Selatan (Hadisoesilo *et al.*, 1999).

Secara morfologis, lebah ini berukuran lebih besar sekitar 15% dibandingkan dengan *A. cerana* (lihat Tabel 1), warnanya agak kemerah-merahan. Jam terbang lebah jantan *A. koschenikovi* berbeda dengan waktu penerbangan lebah jantan *A. cerana* (Tingek *et al.* 1988, 1996), demikian juga dengan anatomi endophallinya juga berbeda antara kedua species tersebut (Tingek *et al.*, 1988).

***Apis nigrocincta* F. Smith, 1861**

Sampai saat ini *A. nigrocincta* baru ditemukan di Sulawesi, Sangihe (Otis, 1996; Damus dan Otis, 1997). Dalam klasifikasi Maa (1953), jenis lebah ini sudah dikemukakan sebagai satu species tersendiri. Akan tetapi karena diskripsinya tidak jelas, akhirnya lebah ini dijadikan satu species dengan *A. cerana*. *Apis nigrocincta* dinyatakan sebagai satu species tersendiri setelah terbukti bahwa waktu penerbangan lebah jantan *A. nigrocincta* berbeda dengan waktu penerbangan lebah jantan *A. cerana* (Hadisoesilo dan Otis., 1996).

Hal lain yang mendukung bahwa *A. nigrocincta* merupakan species tersendiri adalah struktur tutup sel lebah jantan *A. nigrocincta* yang berbeda dengan tutup sel lebah jantan *A. cerana* dan *A. koschevnikovi*. Tutup sel lebah jantan *A. nigrocincta* tidak keras, tidak berbentuk kerucut, dan tidak berlubang di atasnya sedangkan pada *A. cerana* dan *A. koschevnikovi* tutup sel ini keras, berbentuk kerucut dan berlubang di atasnya (Hadisoesilo dan Otis, 1998).

Secara morfologis lebah ini mirip sekali dengan *A. cerana*, hanya sedikit lebih besar

(Hadisoesilo *et al.*, 1996; Hadisoesilo, 1997, Tabel 1), tidak ada ciri khas yang membedakan kedua species ini (Dr. M. Engels, pers. comm.), kecuali warna tubuhnya yang lebih kuning, clipeus serta femur kaki belakang juga berwarna kuning. Walaupun sudah dibuktikan bahwa *A. nigrocincta* berbeda species dengan *A. cerana*, anatomi alat kelamin lebah jantan (*endophalli*) dari kedua species ini tidaklah berbeda (Hadisoesilo, 1997). Hal ini menyimpang dari penelitian yang sudah diperoleh terdahulu dimana perbedaan species lebah madu biasanya dapat diketahui hanya dengan melihat perbedaan anatomi *endophalli* saja.

***Apis nuluensis* Tingek, Koeniger, and Koeniger, 1996**

Apis nuluensis sampai saat ini baru ditemukan di Sabah, Borneo (Tingek *et al.*, 1996), pada ketinggian di atas 1700 m.d.p.l. Jenis lebah ini dibuktikan merupakan suatu jenis tersendiri setelah terbukti bahwa jam terbang lebah jantannya berbeda dengan jam terbang keempat jenis lebah madu yang ada di Sabah yakni *A. andreniformis*, *dorsata*, *cerana*, dan *koschevnikovi* (Tingek *et al.*, 1996). Penelitian biologi *A. nuluensis* masih terus dilakukan. Apakah jenis lebah ini juga terdapat di wilayah Indonesia belum dapat dipastikan dan ini merupakan suatu tantangan lagi bagi peneliti perlebah di Indonesia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kekayaan Indonesia akan jenis lebah madu tidak diragukan lagi, jauh lebih banyak dari yang diperkirakan semula. Namun penelitian terhadap kekayaan lebah madu di Indonesia sebaiknya terus dilakukan mengingat masih banyak tempat yang belum diteliti lebahnya terutama di lokasi yang sudah lama terisolir. Konfirmasi mengenai ada tidaknya *A. florea* serta *A. nuluensis* dan bagaimana sebarannya di Indonesia perlu dilakukan. Pendekatan penelitian dapat dilakukan baik secara morfologis, genetis, maupun perilaku.

Untuk dapat memanfaatkan kekayaan alam kita akan lebah madu secara optimal, perlu segera dilakukan penelitian secara lebih intensif baik yang bersifat dasar, terutama mengenai biologi dan perilaku, maupun yang bersifat terapan terutama untuk jenis-jenis

yang baru ditemukan dan khususnya untuk jenis yang hanya terdapat di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Damus, M.S. and G.W. Otis. 1997. A morphometric analysis of *Apis cerana* F and *Apis nigrocincta* Smith populations from Southeast Asia. *Apidologie* 28: 309-323.
- Gould, J.L. and C.G. Gould. 1988. *The Honey Bee*. New York: W.H. Freeman and Co.
- Hadisoesilo, S. 1997. *A comparative studies of two species of cavity-nesting honey bees of Sulawesi, Indonesia*. Ph.D. thesis, University of Guelph, Ontario, Canada.
- Hadisoesilo, S. and G.W. Otis. 1996. Drone flight times confirm the species status of *Apis nigrocincta* Smith, 1861 to be a species distinct from *Apis cerana* F. in Sulawesi, Indonesia. *Apidologie* 27: 361-369.
- Hadisoesilo, S. and G.W. Otis. 1998. Differences in drone cappings of *Apis cerana* and *Apis nigrocincta*. *J. Apic. Res.* 37: 11-15.
- Hadisoesilo, S., G.W. Otis, and M. Meixner. 1995. Two distinct populations of cavity-nesting honey bees (Hymenoptera: Apidae) in South Sulawesi, Indonesia. *J. Kansas Entomol. Soc.* 68: 399-407.
- Hadisoesilo, S., M. Meixner, F. Rutter. 1999. Geographic variation within *Apis koschevnikovi* Buttel-Reepen, 1906 in Borneo. *Treubia* 31: 305-311
- Koeniger, G., N. Koeniger, M. Mardan, G. Otis. 1991. Comparative anatomy of male genital organ in the genus *Apis*. *Apidologie* 22: 539-552.
- Koeniger, N., G. Koeniger, M. Gries, S. Tingek, A. Kelitu. 1996. Reproductive isolation of *Apis nuluensis* (Tingek, Koeniger and Koeniger, 1996) by species specific mating time. *Apidologie* 27: 353-360.
- Koeniger, N., G. Koeniger, S. Tingek, M. Mardan, and T.E. Rinderer. 1988. Reproductive isolation by different time of drone flight between *Apis cerana* Fabricius, 1793 and *Apis vechti* (Maa, 1953). *Apidologie* 19: 103-106.
- Maa, T.C. 1953. An inquiry into the systematics of the tribus Apidini or honeybees (Hymenoptera). *Treubia* 21: 525-640.
- Otis, G.W. 1991. A review of the diversity of species within *Apis*. Dalam Smith, D.R. (ed.), *Diversity in the Genus Apis*, hal. 29-49. Boulder: Westview Press.
- Otis, G. W. 1996. Distributions of recently recognized species of honey bees (*Apis* spp.) in Asia. *J. Kansas Entomol. Soc. Supp.* 69: 311-333.
- Rinderer, T.E., B.P. Oldroyd, S. Wongsiri, H.A. Sylvester, L.I. de Guzman, S. Potichot, W.S. Sheppard, and S.L. Buchmann. 1993. Time of drone flight in four

- honey bee species in south-eastern Thailand. *J. Apic. Res.* 32: 27-33.
- Ruttner, F. 1988. *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Springer-Verlag, Berlin.
- Ruttner, F. 1992. *Naturgeschichte der Honigbienen*. Munich: Ehrenwirth Verlag.
- Ruttner, F., D. Kauhausen, and N. Koeniger. 1989. Position of the red honey bee, *Apis koschevnikovi* (Buttel-Reepen, 1906), within the genus *Apis*. *Apidologie* 20: 395-404.
- Sakagami, F.S., T. Matsumara, K. Ito. 1980. *Apis laboriosa* in Himalaya, the little known world largest honeybee (Hymenoptera, Apidae). *Insect Matsumurana* 19: 47-77.
- Salmah, S., T. Inoue, dan S.F. Sakagami. 1990. An analysis of apid bee richness (Apidae) in Central Sumatra. *Dalam* Sakagami, S.F., R. Ogushi, dan D.W. Roubik (eds.), *Natural History of Social Wasps and Bees in Equatorial Sumatra*, hal. 139-174. Hokkaido Univ. Press, Sapporo.
- Tingek, S., M. Mardan, T.E. Rinderer, N. Koeniger, G. Koeniger. 1988. Rediscovery of *Apis vechti* (Maa, 1953): the Saban honeybee. *Apidologie* 19: 97-102.
- Tingek, S., G. Koeniger and N. Koeniger. 1996. Description of a new cavity dwelling species of *Apis* (*Apis nuluensis*) from Sabah, Borneo with note on its occurrence and reproductive biology (Hymenoptera, Apoidea, Apini). *Senckenbergiana Biologica* 76: 115-119.
- Wongsiri, S., K. Limbipichai, P. Tangkanasing, M. Marda, T.E. Rinderer, H.A. Sylvester, G. Koeniger, G. Otis. 1990. Evidence of reproductive isolation confirms that *Apis andreniformis* (Smith, 1858) is a separate species from sympatric *Apis florea* (Fabricius, 1787). *Apidologie* 21: 47-52.
- Wu, Y. and B. Kuang. 1987. Two species of small honeybee- A study of the genus *Micrapis*. *Bee World* 68: 153-155.

THIS PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

BIODIVERSITAS

Journal of Biological Diversity
Volume 2 - Nomor 1 - Januari 2001

- Studies on *Ranunculus* Populations: Isozymic Pattern** 85-91
SURANTO
- Studi Kemotaksonomi pada Genus *Zingiber*** 92-97
MARSUSI, AHMAD DWI SETYAWAN dan SHANTI LISTYAWATI
- Pemberian Berbagai Jenis Pakan untuk Mengevaluasi Palatabilitas, Konsumsi Protein dan Energi pada Kadal (*Mabouya multifasciata*) Dewasa** 98-103
RONI RIDWAN, NAHROWI dan Hj. LILY AMALIA SOFYAN
- Perubahan Karakter Morfologi Ikan Tawes (*Barbodes gonionotus*) yang Hidup di Danau Gua Serpeng, Gunungkidul** 104-109
AGUNG BUDI HARJO
- Keanekaragaman Jenis Mikroorganisme Sumber Kontaminasi Kultur *in vitro* di Sub-Lab. Biologi Laboratorium MIPA Pusat UNS** 110-114
ARI SUSILOWATI dan SHANTI LISTYAWATI
- Keanekaragaman Flora Hutan Jobolarangan Gunung Lawu: 1. Cryptogamae** 115-122
AHMAD DWI SETYAWAN dan SUGIYARTO
- Review: Keanekaragaman Spesies Lebah Madu Asli Indonesia** 123-128
SOESILAWATI HADISOESILO

Gambar sampul depan:
Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.)
(Baillon, 1884)