

LUMUT SEJATI DI KAWASAN CAGAR ALAM GUNUNG PAPANDAYAN GARUT, JAWA BARAT [Mosses of Mount Papandayan Nature Reserve, Garut, West Java]

Florentina Indah Windadri

Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi – LIPI
Cibinong Science Center

Jl. Raya Jakarta – Bogor KM 46 Cibinong, 16911, Bogor, Jawa Barat.
Telepon. 021 – 8765066; Faksimili 021 – 8765062;
email: floren_windadri@yahoo.co.id

ABSTRACT

Research on moss diversity in the Papandayan Nature Reserve has been conducted covering the western and eastern areas of the Nature Reserve. Fifty one species of mosses from 14 families and 30 genera were recorded and collected with *Dicranaceae* as the dominant family. Four species of mosses (*Papillaria crocea* (Hampe) Jaeg., *Barbella ruffolioides* (Broth.) Broth., *Ctenidium luzonense* Broth. and *Trichostomum brachydontium* Bruch ex Mull.Hal) are reported here as new records to Java.

Key words: *Dicranaceae*, Indonesia, Java, Mosses, Mount Papandayan, new records.

ABSTRAK

Penelitian keanekaragaman lumut di Cagar Alam Gunung Papandayan telah dilakukan di bagian barat dan timur Cagar Alam. 51 jenis lumut yang tergolong dalam 14 suku dan 30 marga berhasil direkam dan dikoleksi, dimana *Dicranaceae* merupakan suku yang dominan. Empat jenis lumut (*Papillaria crocea* (Hampe) Jaeg., *Barbella ruffolioides* (Broth.) Broth., *Ctenidium luzonense* Broth. dan *Trichostomum brachydontium* Bruch ex Mull.Hal) dilaporkan sebagai rekaman baru untuk Jawa.

Kata Kunci: *Dicranaceae*, Indonesia, Jawa, Lumut, Gunung Papandayan, rekaman baru.

PENDAHULUAN.

Lumut merupakan salah satu obyek penelitian yang masih belum banyak mendapatkan perhatian, walaupun kelompok tumbuhan ini merupakan peranan penting di hutan lembab tropika dataran tinggi (*moist tropical montane forest*) dan berperan sangat penting dalam keseimbangan air dan siklus makanan di hutan tersebut serta sebagai indikator perubahan iklim dunia (Pócs 1980; Nadkarni 1984; Frahm 1990; Hofstede *et al.* 1994; Hölscher *et al.* 2004; Slack 2011; Tuba 2011). Kurangnya perhatian terhadap kelompok tumbuhan ini agaknya lebih disebabkan oleh ukurannya yang umumnya kecil, ketiadaan bunga serta sebagian besar ditemukan di dataran tinggi yang membuat mereka sering luput dari perhatian.

Penelitian yang terkait dengan tumbuhan lumut di Indonesia telah dilakukan di beberapa tempat dan yang terbaru sebelum penelitian ini antara lain di Sulawesi (Gradstein & Culmsee 2010). Di Jawa, khususnya di Jawa Barat penelitian tentang keane-

karagaman lumut telah dilakukan dan dilaporkan oleh beberapa orang peneliti seperti Fleischer (1900-1908) di wilayah Bogor, Tan, *et al* (2006) di Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Gradstein, *et al* (2010) di Gunung Patuha, dan Windadri (2010) di Cagar Alam Dungus Iwul.

Konservasi *ex-situ* lumut di Jawa terutama dilakukan di Kebun Raya Cibodas. Meskipun demikian koleksi di Kebun Raya Cibodas belum mewakili semua area yang ada di Jawa, salah satu area yang belum mendapat perhatian adalah Cagar Alam Gunung Papandayan. Untuk itulah penelitian ini dilakukan.

Gunung Papandayan adalah salah satu kawasan konservasi di Jawa Barat. Luas kawasan Cagar Alam Gunung Papandayan ini 6.807 Ha, termasuk di dalamnya kawasan Taman Wisata Alam seluas 225 Ha (Anonymous, 2014a).

Kawasan Cagar Alam Gunung Papandayan telah banyak diteliti sebelumnya, namun lebih banyak berkonsentrasi pada ekologi, geologi dan pem-

anfaatan alam sebagai sumber panas bumi dan kawasan wisata, sementara penelitian terkait dengan keanekaragaman jenis tumbuhan belum banyak dilakukan termasuk flora lumutnya. Oleh karenanya penelitian lumut di Gunung Papandayan sangat penting dilakukan sebelum kawasan ini mengalami kerusakan akibat eksploitasi berlebihan oleh manusia; dan itulah juga yang menjadi tujuan penelitian ini dilakukan.

BAHAN DAN CARA KERJA

Lokasi

Kegiatan penelitian keanekaragaman tumbuhan lumut sejati telah dilakukan di CAGP yang meliputi bagian barat (hutan di Gunung gagak dan Gunung Kendang) pada ketinggian sekitar 1900-2000 m dpl dan timur (hutan di sekitar Tegal Bungbrun, Puncak Gunung Papandayan dan hutan Sorok teko) pada ketinggian 2200 - 2400 m dpl.

Koleksi sampel

Eksplorasi dan koleksi dilakukan merujuk kepada Cornard (1982), Rosenberg (2002), Kruse (2009), dan Vanderpoorten & Hallingbäck (2008). Kajian specimen herbarium juga dilakukan di Herbarium Bogoriense. Koleksi specimen yang dibuat selama kegiatan penelitian ini disimpan di Herbarium Bogoriense.

HASIL

Kondisi umum lokasi penelitian

Secara umum Lokasi penelitian di bagian timur Cagar Alam Gunung Papandayan berada di sekitar kawasan Taman Wisata Alam. Tiga tempat telah ditentukan sebagai lokasi penelitian: Hutan Tegal Bungbrun, Puncak Gunung Papandayan dan Hutan Sorok Teko. Hutan Tegal Bungbrun merupakan area hutan yang pernah mengalami kebakaran sehingga kondisinya terbuka dan panas. Vegetasi hutannya didominasi oleh pohon 'Suagi' (*Vaccinium valium*; Ericaceae), Puncak Gunung Papandayan merupakan tempat yang terbuka dan panas serta banyak ditemukan kawah yang masih aktif mengeluarkan asap belerang dengan bau cukup menyengat.

'Suagi' (*Vaccinium valium*) merupakan satu-satunya jenis pohon yang ditemukan. Hutan Sorok Teko berada di sebelah tenggara dari puncak Gunung Papandayan. Berbagai jenis pepohonan yang berukuran besar ditemukan di dalam hutan ini. Kondisi lingkungannya lembab disebabkan oleh cukup rapatnya semak-semak dan perdu serta banyaknya aliran-aliran air di dalam hutan ini. Ketinggian tempat penelitian di bagian timur Cagar Alam Gunung Papandayan berkisar antara 2200 -2400 m dpl.

Lokasi penelitian di bagian barat Cagar Alam Gunung Papandayan berada disekitar lereng Gunung Gagak dan Gunung Kendang. Wilayahnya merupakan hutan primer yang relative masih bagus dengan kanopi cukup lebar dan rapat. Di dalam kawasan ini terdapat pengeboran panas bumi 'Derajat'. Kondisi lingkungannya berbeda dengan lokasi penelitian di bagian timur. Walaupun di kawasan ini tidak banyak dijumpai aliran-aliran sungai namun banyak ditemukan pepohonan tinggi, perdu dan semak belukar. Dipadukan dengan ketinggian antara 1900 - 2000 m dpl, lokasi penelitian ini merupakan kawasan yang ideal untuk lumut.

Keanekaragaman lumut di lokasi penelitian

161 nomor koleksi dari lima lokasi terpilih dihasilkan dari penelitian ini. 51 jenis yang termasuk ke dalam 30 marga dan 14 suku berhasil diidentifikasi (Tabel 1). Lumut yang ditemukan di lokasi penelitian umumnya tumbuh pada substrat berupa batu, tanah, kayu mati, kayu lapuk dan batang pohon, pada kondisi lingkungan yang lembab, teduh dan tidak banyak mengalami kerusakan baik secara alami maupun campur tangan manusia.

Besarnya keanekaragaman jenis lumut sejati yang telah didata pada masing-masing lokasi penelitian sangat berbeda. Sebaran keanekaragaman jenis lumut untuk masing-masing suku di setiap lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

PEMBAHASAN

Pengaruh lingkungan terhadap kehadiran jenis-jenis lumut di lokasi penelitian.

Lumut merupakan kelompok tumbuhan berk-

Tabel 1. Keanekaragaman jenis lumut sejati di Cagar Alam Gunung Papandayan, dan persebarannya (*Diversity of mosses at Gunung Papandayan Nature Reserve and its distribution*).

No.	Nama suku / jenis (Family/species)	Lokasi penelitian (location)					Substrat (substrate)	Persebaran (distribution)
		TB	PGP	ST	GG	GK		
1	BRACHYTHECIACE- AE: <i>Oxyrrhynchium</i> <i>vagans</i> (A. Jaeger) Igna- tov & Huttunen					√	KM	India, Sri Lanka, Myanmar, Thailand, Laos, Jawa, Bor- neo, Filipina, Taiwan, Je- pang, Hawai (1)
2	BRYACEAE: <i>Bryum billarderi</i> Schwägr .					√	T	Cina, Hong Kong, India, Jepang, Jawa, Korea, Myan- mar, Nepal, Filipina, Sikkim, Sri Lanka, Taiwan, Vietnam (1)
3	DICRANACEAE : <i>Bryo-</i> <i>humbertia walkeri</i> (Mitt.) Frahm.			√			T & B	Meluas di kawasan Asia tropis: Borneo, Jepang, Ma- laysia, Papua , Sri Lanka, Sumatra, Jawa. (1, 2,8)
4	<i>Campylopodium medium</i> (Duby) Giese & J.-P. Frahm	√					T	Cina, Jepang, Indonesia, Myanmar, Papua New Gui- nea, Filipina, Taiwan, Vi- etnam. (1,2)
5	<i>Microcampylopus khasi-</i> <i>anus</i> (Griffiths) Giese & J.-P. Frahm Hal.) A. Jae- ger		√				T	India, Jawa, Myanmar, Ne- pal, Papua New Guinea, Sikkim, and Sri Lanka. (1)
6	<i>Campylopus schmidii</i> (Müll.			√			T	Borneo, Sulawesi, Cina, India, Jepang, Jawa, Malay- sia, , Sri Lanka, Taiwan.(1)
7	<i>Campylopus ericoides</i> (Griff.) A. Jaeger		√				T	Cina, India, Jawa, Kamboja, Myanmar, Nepal, Filipina, Semenanjung Malaya, Sri Lanka, Vietnam. (1,2)
8	<i>Campylopus schmidii</i> subsp. <i>hemitrichius</i> (Müll. Hal.) J.-P. Frahm	√					B	Endemik di kawasan Malesia : Borneo, Jawa hingga , New Guinea, Ma- laysia, Filipina. (1,2)
9	<i>Campylopus umbellatus</i> var. <i>umbellatus</i>		√				T	Borneo, Sulawesi, Cina, India, Jepang, Jawa, Kam- boja, Malaysia, Myanmar, Nepal, New Guinea, Filipina, Sikkim, Sri Lanka, Taiwan, Vietnam.(1,2)
10	<i>Campylopus zollingeri-</i> <i>anus</i> (Müll. Hal.) Bosch & Sande Lac.	√	√	√			T& B	Borneo, Cina, Jawa, Sulawe- si. (1,2)
11	<i>Oreoweisia brasiliensis</i> Hampe	√					T	Bhutan, Borneo, Cina, India, Jawa, Kamboja, Myanmar, Papua New Guinea, Filipina, Sikkim, Sri Lanka, Vietnam. (1)
12	<i>Dicranoloma assimile</i> (Hampe) Paris					√	B	Cina, Malesia.(1)

Tabel 1. Keanekaragaman jenis lumut sejati di Cagar Alam Gunung Papandayan, dan persebarannya (*Diversity of mosses at Gunung Papandayan Nature Reserve and its distribution*).

No.	Nama suku / jenis (Family/species)	Lokasi penelitian (location)					Substrat (substrate)	Persebaran (distribution)
		TB	PGP	ST	GG	GK		
13	<i>Dicranoloma billardierei</i> (Brid.) Paris				√	√	B	New Guinea, Australia (2)
14	<i>Dicranoloma brevisetum</i> (Dozy. & Molk.) Par.				√		T	Borneo, Sulawesi, Cina, Jawa, Laos, Malaysia, New Guinea, Filipina, Sri Lanka, Sumatra, Vietnam. (1,2)
15	<i>Dicranoloma leucophyllum</i> (Hampe ex Lac.) Par.			√			T	India selatan, Sri Lanka, Jawa, Sumatra, Borneo, Sulawesi, New Guinea (1,2)
16	<i>Dicranoloma reflexum</i> (Müll. Hal.) Renauld				√		B	Indonesia (Sumatra, Jawa), Semenanjung Malaya, Filipina, Brunei (1,2)
17	<i>Leucoloma molle</i> (Mull.Hal.) Mitt				√		B	Borneo, Cina, Indonesia, Jepang, Kamboja, Malaysia, Papua New Guinea, Filipina, Sri Lanka, Vietnam. (1,2)
18	<i>Microdus miquelianus</i> (Mont.) Besch.			√			T	Borneo, Cina, Indonesia, Malaysia, Papua New Guinea, Filipina (1,2)
19	HYPNACEAE: <i>Ctenidium luzonense</i> Broth. *				√		B	Filipina, Jepang, cina dan Papua New Guinea (3, 4, 9)
20	<i>Ectropothecium buitenzorgii</i> (Bel.) Mitt.			√			KL & KM	Borneo, Sulawesi, Cina, India, Jawa, Kamboja, Laos, Malaysia, Myanmar, Filipina, Sumatra, Taiwan, Vietnam. (1, 4)
21	<i>Ectropothecium dealbatum</i> (Reinw. and Hornsch.) Jaeg.			√			T	Borneo, Cina, India, Jawa, Myanmar, Filipina, Sumatra, Taiwan. (1)
22	<i>Ectropotheciella distichophylla</i> (Hampe ex Dozy & Molk.) M. Fleisch.				√		KM & B	Borneo, Sulawesi, Cina, India, Jawa, Filipina, Taiwan. (1)
23	<i>Ectropothecium ichnotocladum</i> (Mull.Hal.) Jaeg.			√	√		BT & B	Borneo, Sulawesi, Jawa, Laos, Malaysia, Myanmar, Filipina, Sumatra, Vietnam. (1)
24	<i>Isopterygium albescens</i> (Hook.) Jaeg.	√		√			KM & B	Borneo, Sulawesi, Cina, India, Jepang, Jawa, Kamboja, Laos, Malaysia, Myanmar, Nepal, Filipina, Sikkim, Sri Lanka, Sumatra, Taiwan, Vietnam (1)
25	<i>Isopterygium minutirameum</i> (Mull. Hal.) Jaeg.			√			B	Borneo, Cina, India, Jawa, Kamboja, Laos, Malaysia, Myanmar, Filipina, Sri Lanka, Sumatra, Taiwan, Vietnam.(1)
26	<i>Isotheciopsis comes</i> (Griff.) Nog.				√		B	Himalaya, Ceylon, Sumatra, Jawa (1)
27	<i>Trachythecium verrucosum</i> (Jaeg.) M. Fleisch.	√	√	√			B & KM	Papua New Guinea, Indonesia, Malaysia, Australia (1)

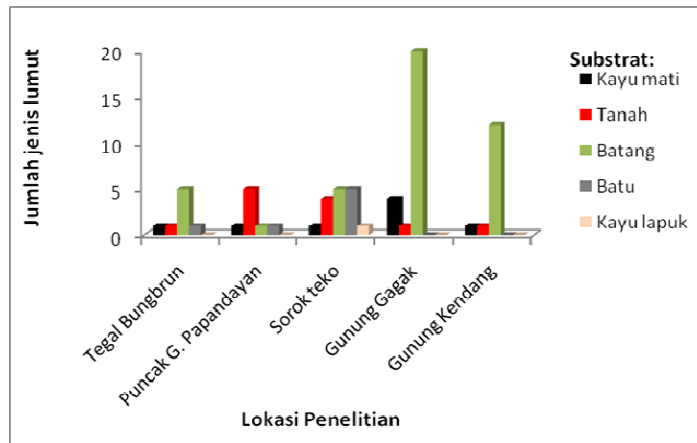
Tabel 1. Keanekaragaman jenis lumut sejati di Cagar Alam Gunung Papandayan, dan persebarannya (*Diversity of mosses at Gunung Papandayan Nature Reserve and its distribution*).

No.	Nama suku / jenis (Family/species)	Lokasi penelitian (location)					Substrat (substrate)	Persebaran (distribution)
		TB	PGP	ST	GG	GK		
28	HYPNODENDRACEAE: <i>Mniodendron divaricatum</i> (Reinw. and Hornsch.) Lindb.				√		B	Borneo, Sulawesi, Jawa, Malaysia, New Guinea, Filipina, Sri Lanka, Sumatra, Vietnam. (1)
29	<i>Hypnodendron diversifolium</i> Broth. & Geh.			√			B	Borneo, Jawa, Malaysia, Maluku, Sulawesi, Filipina, Solomon, Sumatra, Vietnam (1)
30	LEUCOBRYACEAE : <i>Leucobryum aduncum</i> Dozy & Molk.				√		B	Borneo, Cina, India, Jawa, Kamboja, Laos, Malaysia, Nepal, Caledonia, Papua, Filipina, Singapura, Sri Lanka, Sumatra, Vietnam. (1;5)
31	METEORIACEAE: <i>Barbella rufifolioides</i> (Broth.) Broth. *				√		KM	Cina, Filipina (4)
32	<i>Floribundaria floribunda</i> (Doz. and Molk.)Fleisch.				√		B	Bhutan, Borneo, Cina, India, Jepang, Jawa, Laos, Malaysia, Myanmar, Nepal, New Guinea, Filipina, Sikkim, Sri Lanka, Sumatra, Taiwan, Vietnam. (1)
33	<i>Floribundaria pseudofloribunda</i> Fleisch.				√		B	Borneo, Cina, India, Jepang, Jawa, Malaysia, New Guinea, Filipina, Sumatra, Taiwan, Vietnam. (1)
34	<i>Meteorium polytrichum</i> Dozy & Molk.				√	√	B	Borneo, Cina, India, Jepang, Jawa, Malaysia, New Guinea, Filipina, Sri Lanka, Sumatra, Vietnam. (1)
35	<i>Papillaria crocea</i> (Hampe) Jaeg. *				√	√	B	India bagian selatan, Sri Lanka, Cina, Jepang, New Zealand, Australia (6), Papua New Guinea (7)
36	<i>Papillaria fuscescens</i> (Hook.) Jaeg.				√	√	KM & B	Bhutan, Borneo, Sulawesi, Cina, India, Jawa, Kamboja, Laos, Malaysia, Myanmar, Nepal, New Guinea, Filipina, Sikkim, Sri Lanka, Sumatra, Vietnam. (1)
37	MNIACEAE : <i>Orthomnion javense</i> (Fleisch.) Kop.		√				B	Jawa (10), Sulawesi (11), Filipina (12)
38	NECKERACEAE: <i>Homaliodendron Jawanicum</i> (Mull.Hal.) Fleisch.				√		KM & B	Bhutan, Borneo, Sulawesi, Cina, India, Jepang, Jawa, Laos, Malaysia, Myanmar, Nepal, New Guinea, Filipina, Sikkim, Sri Lanka, Sumatra, Taiwan, Vietnam.(1)
39	POLYTRICHACEAE: <i>Pogonatum microstomum</i> (R. Br. & Schwaegr.) Brid.		√				T	Bhutan, India, Jawa, Sulawesi, Myanmar, Nepal, Filipina, Sikkim, Sri Lanka, Taiwan, Vietnam. (1; 2)

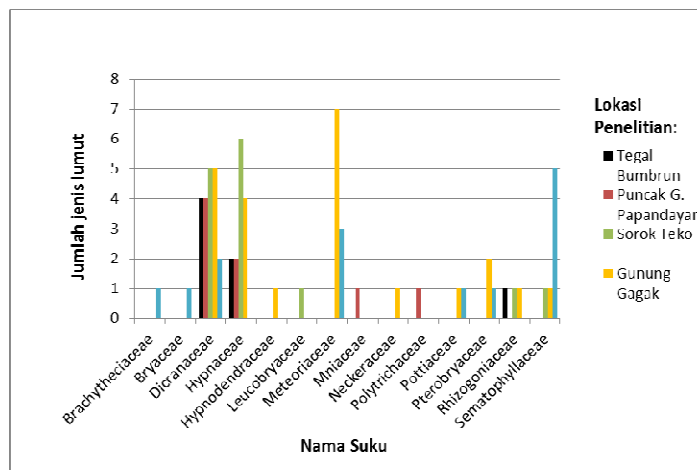
Tabel 1. Keanekaragaman jenis lumut sejati di Cagar Alam Gunung Papandayan, dan persebarannya (*Diversity of mosses at Gunung Papandayan Nature Reserve and its distribution*).

No.	Nama suku / jenis (Family/species)	Lokasi penelitian (location)					Substrat (substrate)	Persebaran (distribution)	
		TB	PGP	ST	GG	GK			
40	POTTIACEAE: <i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch*				√		B	Cina, Jepang, Asia Barat, Rusia, Eropa, Afrika Utara, Amerika Selatan dan Utara. (12)	
41	<i>Barbula consanguinea</i> (Thw & Mitt) Jaeg.						√	B	Bangladesh, Borneo, Sulawesi, Cina, India, Jawa, Kamboja, Malaysia, Myanmar, Nepal, New Guinea, Filipina, Singapore, Sri Lanka, Sumatra, Taiwan, Vietnam. (1)
42	PTEROBRYACEAE: <i>Trichyloma indicum</i> Mitt.				√			B	Borneo, Cina, India, Jawa, Malaysia, New Guinea, Sri Lanka, Sumatra, Taiwan, Vietnam. (1)
43	<i>Symphysodon neckeroides</i> Dozy et Molk..						√	B	Sumatra, Jawa, Borneo, New Caledonia, Papua New Guinea.
44	<i>Symphysodontella cylindracea</i> (Mont) M. Fleisch.				√			B	Sumatra, Jawa, Caledonia, Kepulauan Pasifik (4)
45	RHIZOGONIACEAE: <i>Pyrrhobryum spiniforme</i> Hedw.	√		√	√			B	Borneo, Sulawesi, Cina, India, Jepang, Jawa, Kamboja, Korea, Malaysia, Myanmar, Nepal, New Guinea, Filipina, Sikkim, Sri Lanka, Sumatra, Taiwan, Vietnam.
46	SEMATOPHYLLACEAE: <i>Acroporium strepsiphylum</i> (Mont.) B.C. Tan				√		√	B	Indonesia, Malaysia, Filipina, Papua New Guinea, Kepulauan Solomon, Thailand, Vietnam dan Cina. (13)
47	<i>Acroporium hermaphroditum</i> (Mull. Hal.) M. Fleisch.				√		√	B	Borneo, Sulawesi, Jawa, Malaysia, New Guinea, Filipina, Sri Lanka, Sumatra, Vietnam. (1)
48	<i>Acroporium rufum</i> (Reinw. and Hornsch.) Fleisch.						√	B	Sumatra, Jawa, Sulawesi, Borneo, Filipina. (4)
49	<i>Acroporium pungens</i> (Hedw.) Broth.						√		Ceylon, Sumatra, Jawa, New Guinea, Borneo, Filipina, Tahiti (4)
50	<i>Acroporium stramineum</i> (Reinw. and Hornsch.) M. Fleisch.						√	B	Kamboja, Semenanjung Malaya, New Guinea, Filipina, Sri Lanka, Vietnam (1)
51	<i>Trichosteleum boschii</i> (Dozy & Molk.) Jaeg.				√			B	Cina, India, Jepang, Jawa, Kamboja, Laos, Malaysia, Myanmar, Nepal, Filipina, Sumatra, Taiwan, Vietnam (1)

Catatan: Nama Jenis (species name): *: catatan baru lumut sejati di Indonesia (*new record of mosses in Indonesia*). **Lokasi Penelitian (research location):** √= ditemukan di lokasi penelitian (*in this report*); TB = Tegal Bungbrun; PGP= Puncak Gunung Papandayan (*top of Papandayan Mount*); ST= Sorok Teko; GG= Gunung Gagak; GK= Gunung Kendang **Substrat (substrate):** T = tanah (*soil*); BT = Batuan (*stony*); KL = kayu lapuk (*weathered wood*); KM= kayu mati (*die wood*); B= batang pohon (*tree*). **Persebaran (distribution):** 1 = anonymous (2012); 2 = A. Eddy (1988); 3 = Nishimura (1985); 4= Bartram (1939); 5 = A. Eddy (1990); 6=Nair, *et al* (2005); 7= Streimann (1988); 8 = Gradstein (2010); 9= Anonimous (2014a); 10 = Koponen (1980); 11 = Anonimous (2014 b); 12= Redfearn (1986); 13= Tan, *et al* (2007)



Gambar 1. Jumlah jenis lumut sejati berdasarkan substrat pada lokasi penelitian (*number of mosses base on their substrate at research location*)



Gambar 2. Jumlah jenis lumut sejati berdasarkan suku di lokasi penelitian (*number of mosses base on family at research location*)

lorofil yang kehadirannya di suatu tempat dipengaruhi oleh substrat dan faktor lingkungan mikro seperti kelembaban, intensitas cahaya dan suhu (Bates 2008; Proctor 2008; Vanderpoorten & Hallingbäck 2008). Substrat merupakan salah satu bagian terpenting dalam kehidupan tumbuhan ini terutama yang tergolong dalam kelompok tumbuhan epifit. Substrat dengan permukaan kasar merupakan tempat yang baik untuk pertumbuhan lumut sedangkan permukaan yang halus dan licin tidak dapat ditumbuhi lumut (Bates 2008).

Gambar 1 memperlihatkan bahwa di lokasi penelitian batang pohon adalah substrat yang paling sering ditumbuhi oleh lumut. Batang-batang pohon

yang ditumbuhi lumut umumnya adalah batang pohon yang sudah tua, ini selarah dengan Smith (1982) dan Bates (2008). Batang pohon yang sudah tua umumnya mempunyai permukaan kulit kasar atau retak-retak sebagai akibat dari pertambahan umur. Pada permukaan kulit batang demikian merupakan tempat yang baik untuk singgahnya spora-spora lumut maupun air hujan beserta mineral-mineral yang terlarut di dalamnya sehingga bila kondisi lingkungan sesuai dan tidak ada faktor penghambat maka spora-spora lumutpun akan berkecambah, tumbuh dan berkembang menjadi tumbuhan lumut dewasa (Smith 1982; Bates 2008; Windadri, 2009). Sementara batang yang masih muda tidak

ditemukan pertumbuhan lumut karena permukaannya halus dan licin.

Keanekaragaman lumut tertinggi bersubstrat batang pohon ditemukan di lereng Gunung Gagak. Lokasi penelitian ini merupakan hutan yang masih didominasi oleh pepohonan tinggi dan berkanopi cukup rapat dengan lantai hutan ditumbuhi oleh semak-semak yang rapat. Kondisi hutan yang demikian membuat lingkungan menjadi lembab, seperti pernah dilaporkan bahwa kawasan ini mempunyai kelembaban berkisar 70-80% dengan suhu rata-rata berkisar 10 °C (Anonimous, 2014a).

Kelembaban dan intensitas cahaya merupakan faktor lingkungan yang penting dan besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan lumut khususnya di daerah tropis (Richards 1984; Proctor 2008; Gradstein et al. 2008). Intensitas cahaya diperlukan oleh tumbuhan terkait dengan aktivitas fotosintesisnya dan hasil fotosintesis tersebut sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Tumbuhan lumut yang bersubstrat batang pohon di lokasi penelitian umumnya tumbuh pada bagian batang yang tidak tertutup oleh semak-semak atau tumbuh di ranting-ranting pohon. Melimpahnya pertumbuhan lumut pada batang dan ranting-ranting pohon karena intensitas cahaya matahari yang masuk dan kelembaban serta substratnya mendukung untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Sedangkan lumut-lumut yang bersubstrat tanah maupun batu di Gunung Gagak ditemukan lebih sedikit dibandingkan dengan lumut yang tumbuh di batang pohon (Gambar 1). Rendahnya keanekaragaman lumut bersubstrat tanah dan batuan karena tertutup oleh semak-semak yang cukup padat, sehingga intensitas cahaya yang masuk sangat kurang. Meskipun kelembaban lingkungannya cukup tetapi intensitas cahaya yang masuk kurang maka kondisi lingkungan seperti ini juga akan menghambat pertumbuhan dan perkembangannya. Hal ini berkaitan erat dengan aktifitas fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan lumut untuk menghasilkan sumber makanan yang diperlukan dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Temuan ini selaras

dengan Tuba et al. (1996), Marschall & Proctor (2004), dan Proctor (2008).

Kondisi yang berbeda tampak di tiga lokasi penelitian yang berada di bagian timur Cagar Alam Gunung Papandayan. Lumut di tiga lokasi ini mampu tumbuh pada substrat berupa tanah, batu dan batang pohon karena kondisi lingkungannya lebih terbuka dibandingkan dengan dua lokasi lainnya yang berada di bagian barat Cagar Alam Gunung Papandayan. Kondisi lingkungan yang terbuka menyebabkan cahaya mampu sampai ke permukaan lantai hutannya. Hal ini didukung pula oleh kelembaban lingkungan yang cukup sehingga spora-spora lumut yang menempel pada substrat tersebut dapat berkecambah, tumbuh dan berkembang menjadi individu dewasa. Namun demikian keanekaragaman jenis lumut di bagian timur Cagar Alam Gunung Papandayan relatif lebih rendah dibandingkan dengan bagian barat Cagar Alam Gunung Papandayan. Rendahnya keanekaragaman jenis lumut di tiga lokasi ini disebabkan oleh karena kuatnya intensitas cahaya yang masuk sehingga berdampak pada peningkatan penguapan air dan mengakibatkan kelembaban lingkungan akan turun. Kondisi seperti ini akan menghambat pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan lumut bahkan dapat berdampak pada kematian individunya dan akan menurunkan keanekaragamannya.

Selain disebabkan oleh faktor cahaya, rendahnya keanekaragaman jenis lumut di bagian timur Cagar Alam Gunung Papandayan juga dipengaruhi oleh gas belerang (sulfur) yang senantiasa keluar dari beberapa titik kawah Gunung Papandayan. Memang belerang adalah salah satu unsur penting yang diperlukan tumbuhan dalam pembentukan asam amino sistin, sistein dan metionin (Marschner, 1995), yang mana sebesar 90% sulfur dalam tanaman ditemukan dalam bentuk asam amino, salah satu fungsi utamanya membantu pembentukan ikatan disulfida antara rantai-rantai peptida (Tisdale *et al.* 1985) yang menjadi dasar dalam penyusunan protein di dalam tubuhnya, namun keberadaan senyawa ini pada konsentrasi yang tinggi akan membahayakan kehidupan tumbuhan termasuk juga pada lumut (Lee 1998;

Vanderpoorten & Hallingbäck 2009. Pada konsentrasi tinggi gas belerang dapat membunuh jaringan pada pinggiran daun dan kerusakan daerah di antara tulang-tulang daun. Secara kronis SO₂ menyebabkan terjadinya klorosis (Ferguson *et al.* 1978; Lee 1998; Rahmanto 2009). Apabila pemaparan terus berlanjut, akan mengakibatkan terhambatnya proses fotosintesis sehingga jaringan sel mengalami *collaps* atau nekrosis (Ferguson *et al.* 1978; Ismaria, 1998.) Hal inilah yang menyebabkan jarangya tumbuhan berkolofil yang mampu tumbuh di sekitar kawah gunung yang masih aktif seperti Gunung Papandayan.

Keanekaragaman lumut di lokasi penelitian.

Adanya perbedaan kondisi lingkungan maupun ketinggian tempat dari lokasi penelitian yang dipilih mengakibatkan terjadinya perbedaan keanekaragaman jenisnya. Dari histogram di atas (Gambar 2) dapat dilihat bahwa *Dicranaceae* merupakan suku yang dapat ditemukan pada semua lokasi penelitian meskipun kondisi lingkungannya sangat berbeda seperti hutan Tegal Bungbrun dan Puncak Gunung Papandayan yang lebih terbuka, panas dan kering dibandingkan dengan hutan di lereng Gunung Gagak dan Gunung Kendang yang teduh, sejuk dan lembab. Dengan ditemukannya jenis-jenis anggota *Dicranaceae* pada semua lokasi penelitian pada ketinggian tempat berkisar 1800-2400 m dpl, menunjukkan bahwa suku ini mempunyai kisaran habitat yang lebih luas dari suku-suku lainnya. Hal ini sesuai dengan laporan Frahm (1993) bahwa jenis-jenis dari *Dicranaceae* tumbuh pada daerah dengan ketinggian tempat yang tinggi seperti pegunungan dan subalpin, pada tanah yang terbuka, kayu lapuk, dan batuan yang umumnya bersifat asam. Kemampuan jenis-jenis lumut dari *Dicranaceae* untuk mampu hidup dengan baik dalam kondisi habitat dengan keasaman tinggi (*acidophilous*) yang diakibatkan oleh SO₂ juga dilaporkan oleh Stephenson *et al.* (1995), Bates *et al.* (1997), Thiébaud *et al.* (1998), dan Vanderpoorten & Hallingbäck (2009) Eddy (1988) juga melaporkan bahwa lumut anggota *Dicranaceae* merupakan lumut yang umumnya tumbuh di lantai hutan pada ketinggian tempat di atas 1000 m dpl.

Meskipun *Dicranaceae* mempunyai kisaran habitat yang luas namun jumlah keanekaragaman jenisnya di lokasi penelitian masih rendah dibandingkan dengan suku lainnya. Keanekaragaman jenis tertinggi pada suku-suku yang ditemukan di lokasi penelitian ditunjukkan pada kelompok suku *Meteoriaceae* (7 jenis). *Meteoriaceae* merupakan kelompok lumut yang umumnya tumbuh menggantung atau merayap pada batang atau ranting-ranting pohon (Quandt *et al.* 2004; Huttunen & Quandt 2007). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suku ini tidak mempunyai kisaran habitat yang luas. Di lokasi penelitian suku ini hanya ditemukan di hutan lereng Gunung Gagak dan Gunung Kendang dengan kondisi lingkungan teduh dan lembab. Kedua lokasi penelitian ini mempunyai kesamaan habitat yaitu berupa hutan primer yang ditumbuhi oleh berbagai jenis pepohonan besar serta berkanopi lebar dan saling tumpang tindih yang membuat lingkungan hutan menjadi teduh dan lembab. Temuan ini selaras dengan penelitian-penelitian sebelumnya di tempat-tempat lain oleh Norris & Koponen (1985), Streimann (1991; 1992), Menzel (1992), Sprengel-Schuetz dan Crum (1994), dan Huttunen dan Quandt (2007).

Berdasarkan daerah persebaran dari jenis-jenis lumut yang ditemukan di lokasi penelitian (Tabel 1) dapat diketahui ada empat jenis lumut berstatus sebagai jenis pendatang (i.e. rekaman baru) di Jawa (dan juga Indonesia): *Barbella rufolioides* (Broth.) Broth. (*Meteoriaceae*; FIW 3013a), *Ctenidium luzonense* Broth. (*Hypnaceae*; FIW 2975a), *Papillaria crocea* (Hampe) Jaeg. (*Meteoriaceae*; FIW 3018, 3045), dan *Trichostomum brachydontium* Bruch (*Pottiaceae*; FIW 2970). Keempat jenis lumut tersebut ditemukan di hutan Gunung Gagak yang belum banyak mengalami gangguan dengan substrat pertumbuhan berupa batang pohon dan kayu mati. Status mereka sebagai rekaman baru untuk Jawa dan juga Indonesia dipastikan melalui pengecekan pada koleksi spesimen yang tersimpan di Herbarium Bogoriense dan kajian pustaka, di mana keempat jenis tersebut memang belum pernah dipublikasikan

secara valid terdapat di Jawa maupun seluruh kepulauan Indonesia meski spesimen mungkin pernah dikoleksi.

Barbella rufifolioides (Broth.) Broth. termasuk dalam suku *Meteoriaceae* dengan nama sinonim *Chrysocladium rufifolioides* Broth.; *C. flammeum* subsp. *rufifolioides* (Broth.) Nog. dan *Sinskea flammea* (Mitt.) Buck. Pada pengecekan di Herbarium Bogoriense, diketahui bahwa jenis ini pernah di koleksi dari Jawa (dua koleksi di bawah nomer koleksi H Rustiami 283 & D Rosalina 15) namun belum pernah dipublikasikan. Chen et al. (2011) melaporkan jenis ini ditemukan di Kepulauan Filipina dan daratan Cina, namun tidak ada catatan akan keberadaannya di Indonesia. Jadi, hasil penelitian ini memperluas persebaran jenis ini mulai dari daratan Cina, Kepulauan Filipina hingga Jawa. Lebih jauh lagi, hasil penelitian ini juga menduga bahwa jenis ini mungkin tersebar pula di kawasan floristic Malesia (Flora Malesiana), setidaknya di bagian barat hingga Sulawesi.

Hal yang sama juga terjadi pada lumut *Ctenidium luzonense* Broth. yang dilaporkan endemik di Filipina (Bartram, 1939), sementara penelusuran yang dilakukan menunjukkan bahwa jenis ini juga ditemukan di Kepulauan Jepang, Filipina dan Papua New Guinea (Anonymous, 2014b). Pengecekan pada koleksi spesimen di Herbarium Bogoriense menunjukkan bahwa ternyata jenis ini pernah dikoleksi di Jawa (tepatnya di Geger Bentang, Jawa Barat) pada tahun 1949 (Noerta dan Soekar 50/1241B dan 50/1648B) tetapi belum pernah dipublikasikan. Dengan demikian hasil penelitian ini menggugurkan status endemik *Ctenidium luzonense*, seraya memperluas persebarannya.

Papillaria crocea (Hampe) Jaeg. termasuk dalam suku *Meteoriaceae* dan mempunyai nama sinonim *Meteorium cuspidiferum* Wilson; *Neckera cuspidifera* Müll. Hal.; *N. funiformis* Müll. Hal.; *N. kermadecensis* Müll. Hal.; *N. reginae* Hampe; *Papillaria aongstroemii* Müll. Hal. ex Ångstr.; *P. franca* Thér.; *P. funiformis* (Müll. Hal.) Broth.; *P. kermadecensis* (Müll. Hal.) A. Jaeger; *P. neocaledonica*

Thér.; *P. pascuana* Thér. ex Broth.; *P. pellucida* Broth. & Watts; *Pilotrichum croceum* Hampe; *Trachyloma taylorii* Mitt; dan *Trachypus hornschurchii* Mitt. Nair et al. (2005) melaporkan bahwa jenis ini mempunyai daerah persebaran meliputi India bagian selatan, Sri Lanka, Cina, Jepang, Australia dan Selandia Baru, tanpa mengindahkan laporan sebelumnya oleh Streimann (1988, 1991 & 1992) bahwa jenis ini juga ditemukan di wilayah Papua New Guinea. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis ini juga memiliki persebaran di Jawa, sehingga merupakan rekaman baru untuk Jawa dan Indonesia seraya melengkapi kawasan persebarannya mulai dari anak benua India via Jawa ke Australia dan Selandia Baru. Koleksi jenis ini di wilayah lain dalam lingkup kawasan floristik Malesiana agaknya tinggal menunggu waktu saja.

Trichostomum brachydontium Bruch merupakan anggota dari *Pottiaceae*, dengan nama sinonim: *Barbula nana* Müll. Hal.; *B. planifolia* Broth. & Yasuda; *B. sparsifolia* Renault & Cardot; *Hyophila lombokensis* Broth.; *H. mexicana* Thér.; *H. usambarica* Broth.; *Pottia afrophaea* Müll. Hal.; *P. compacta* Welw. & Duby; *P. gymnostomoides* Welw. & Duby; *P. zeyheri* Hampe; *Tortella spathulata* Sakurai; *Trichostomum ayresianum* Schimp. ex Besch.; *T. flavescens* Dixon; *T. leikipiae* Müll. Hal.; *T. mutabile* Bruch, *T. novogranatense* Broth. & Irmsch.; *T. oblongifolium* E.B. Bartram; *T. trirete* Dixon; dan *Weissia perviridis* Dixon. Jenis ini dikategorikan sebagai rekaman baru berdasarkan hasil pengecekan koleksi di Herbarium Bogoriense di mana sebelumnya jenis ini tidak pernah dikoleksi di Jawa dan wilayah manapun di Indonesia, meskipun sebenarnya jenis ini memiliki kawasan persebaran yang sangat luas, mulai dari Cina, Jepang, Asia Barat, Rusia, Eropa, Afrika Utara, Amerika Utara sampai Amerika Selatan (Redfearn dan Wu, 1986).

Di samping empat jenis lumut yang berstatus sebagai rekaman baru untuk Jawa dan juga Indonesia, ditemukan juga satu jenis lumut lainnya yang pernah dilaporkan sebagai jenis endemik di kawasan Malesia dengan daerah persebaran mulai dari Jawa

hingga New Guinea, yaitu *Campylopus schmidii* subsp. *hemitrichius* (Müll. Hal.) J.-P. Frahm (FIW 922). dengan nama sinonimnya *Campylopus hemitrichus* (Mull.Hal.) Jaeg. dan *Dicranum hemitrichum* Mull.Hal. (Eddy, 1988).

Morfologi sifat spora lumut yang kecil dan mudah dibawa oleh angin adalah penjelasan yang paling dapat diterima untuk fenomena rekaman baru tersebut. Dengan kata lain, spora adalah agen penyebaran lumut yang sangat baik (lihat Vanderpoorten & Hallingbäck 2009).

KESIMPULAN.

Terdapat 51 jenis lumut sejati dari 14 suku di Cagar Alam Gunung Papandayan, empat jenis di antaranya adalah rekaman baru untuk Jawa dan Indonesia: *Barbella ruffolioides* (Broth.) Broth.; *Ctenidium luzonense* Broth. ; *Papillaria crocea* (Hampe) Jaeg.; dan *Trichostomum brachydontium* Bruch. Suku *Dicranaceae* adalah paling dominan di lokasi penelitian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan penelitian ini didanai oleh DIPA Puslit Biologi LIPI tahun 2010. Diucapkan terima kasih kepada BKSDA Jawa Barat beserta jajarannya yang telah memberikan izin beserta segala fasilitas terkait dengan kegiatan penelitian ini. Demikian juga ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak-Bapak Pemandu lapangan dan semua pihak yang telah bersusah payah membantu kelancaran penelitian hingga terpublikasinya kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2012.** An annotated checklist and atlas of the mosses of Thailand. 1995-2012 Missouri Botanical Garden, <http://www.mobot.org/mobot/moss/thailand/thai-v-z.shtml>. (Diunduh 18 Juli 2012)
- Anonymous. 2014a.** Kawasan Konservasi dan Keanekaragaman Hayati : CA dan TWA Papandayan, http://www.garutkab.go.id/pub/static_menu/detail/sda_lingkungan_hidup (Di unduh 7 Juli 2014)
- Anonymous. 2014b.** <http://www.discoverlife.org/mp/20m?map=Ctenidium+luzonense> (diunduh 8 Juli 2014.)
- Bartram EB 1939.** Mosses of the Philippine. *The Philippine Journal. of science* **68**, 1–423.
- Bates, J.W. 2008.** Mineral nutrition & substratum ecology. In Goffinet, B. & Shaw, A.J. (eds.). 2008. Bryophyte biology. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge: 300–356.
- Bates JW Proctor, MCF Preston, CD Hodgetts, NG. and Perry AR. 1997.** Occurrence of epiphytic bryophytes in a ‘tetrad’ transect across southern Britain. 1. Geographical trends in abundance and evidence of recent change. *Journal of Bryology* **19**, 685-714.
- Chen WL, TG Gao, CM Hu, Y Jia, TC Ku, KY Lang, HW Li, QX Liu, Y Liu, HN Qin, Y Yang, SR Zhang, XC Zhang and XY Zhu (2011).** *Cina checklist of higher plants*. Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing, Cina. http://data.sp2000.cn/2012_cmcode_e/show_database_details.php?database_name=CVH, (Diunduh 6 Maret 2013)
- Conard HS. 1982.** *How to know Mosses and Liverworts*. Second editions. Wm.C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa.
- Eddy A. 1988.** *A Handbook of Malesian Mosses Volume 1 (Sphagnales to Dicranales)*. The Natural History Museum. London.
- Eddy A. 1990.** *A Handbook of Malesian Mosses Volume 2 (Leucobryaceae to Buxbaumiaceae)*. The natural History Museum. London.
- Ferguson NP, Lee JA and Bell JNB. 1978.** Effects of sulphur pollutants on the growth of *Sphagnum* species. *Environmental Pollution* **16**, 151-162.
- Fleischer M. 1900-1908.** *Die Musci der Flora von Buitenzorg*, Volume 1-3. Buchhandlung und Druckerei vormals E.J. Brill, Leiden.
- Frahm, J.P. 1990.** The ecology of epiphytic bryophytes of Mt. Kinabalu, Sabah (Malaysia). *Nova Hedwigia* **51**, 121-132
- Frahm JP. 1993.** Taxonomic Results of the BRYOTROP Expedition to Zaire and Rwanda. 17. Andreaeaceae, Bruchiaceae, Dicranaceae, Rhizogoniaceae, Bartramiaceae, Rhaecocarpaceae, Hedwigiaceae, Cryphaeaceae, Leucodontaceae. *Tropical Bryology* **8**, 153-170.
- Gradstein SR, Homeier J and Gansert D. 2008.** *The tropical mountain forest: Patterns & processes in a biodiversity hotspot*. Göttingen University Press, Göttingen.
- Gradstein R and Culmsee H. 2010.** Bryophyte diversity on tree trunks in montane forests of Central Sulawesi, Indonesia. *Tropical Bryology*, **31**, 95-105.
- Gradstein R, YK Thai, A Putrika, D Apriani, E Yuniati, FAG Kanak, FB Ulum, I Wahyuni, K Wongkuna, LC Lubos, LT Tam, MR Puspaningrum, MPGHJ Serudin, M Zuhri, NgA Min, N Junita, N Pasaribu and S Kornochalart. 2010.** Bryophytes of Mount Patuha, West Java, Indonesia. *Reinwardtia* **13(2)**, 107–123
- Hofstede, R. G. M., J. Wolf & D. H. Benzing. 1994.** Epiphytic biomass and nutrient status of a Colombian Upper Montane Rain Forest. *Selbyana* **14**, 37-45.
- Hölscher, Norris, D. H. D., L. Köhler, A. I. J. M. van Dijk & L. A. Bruijnzeel. 2004.** The importance of epiphytes to total rainfall interception by a tropical montane rainforest in Costa Rica. *Journal of Hydrology* , **292**, 308-322.
- Huttunen, S. & Quandt, D. 2007.** *Phylogenetic relationships within the moss family Meteoriaceae in the light of different datasets, alignment & analysis methods*. In Newton, A.E. & Tangneyn, R.S. (eds.). 2007. *Pleurocarpus mosses: Systematics & evolution*. The Systematics Association Special Volume Series 71. 145-162. CRC Press, London:
- Ismaria R. 1998.** Efek zat pencemar udara sulfur dioksida (SO₂) terhadap tanaman. *Jurnal Itenas* **2(1)**, 14-2 1
- Koponen T. 1980.** A synopsis of Mniaceae (Bryophyta). II. Or-

- thomnion. *Annales Botanici Fennici* **17**, 35–55
- Kruse, D.A. 2009.** *Bryophytes collections*. S. M. Tracy Herbarium (TAES), Texas A & M University, Houston.
- Lee, J. A. 1998.** Unintentional experiments with terrestrial ecosystems: Ecological effects of sulphur and nitrogen pollutants. *Journal of Ecology* **86**, 1–12.
- Marschall, M. & Proctor, M. C. F. 2004.** Are bryophytes shade plants? Photosynthetic light responses and proportions of chlorophyll a, chlorophyll b and total carotenoids. *Annals of Botany* **94**, 593–603.
- Marschner H. 1995.** *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd ed. Academic Press, London
- Menzel, M. 1992.** The bryophytes of Sabah (North Borneo) with special reference to the BRYOTROP transect of Mount Kinabalu. XVII. *Meteoriaceae (Leucodontales, Bryopsida)*. *Willdenowia* **22**, 171–196.
- Nadkarni NM. 1984.** Epiphytic biomass and nutrient capital of a neotropical elfin forest. *Biotropica* **16**, 249–256.
- Nair MC, KP Rajesh and PV Madhusoodanan. 2005.** *Bryophytes of Wayanad in Western Ghats*. Malabar Natural History Society, Kozhikode
- Nishimura N. 1985.** A revision of the genus *Ctenidium* (Musci). *The Journal of The Hattori Botanical Laboratory* **58**, 1–82
- Norris, DH and Koponen, T. 1985.** Bryophyte flora of the Huon Peninsula, Papua New Guinea. VII. *Trachypodaceae, Thuidiaceae, and Meteoriaceae* (Musci). *Acta Botanica Fennica* **13**; 1–52
- Pócs T. 1980.** The epiphytic biomass and its effect on the water balance of two rain forest types in the Uluguru Mountains (Tanzania, East Africa). *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungarica* **26**, 143–167.
- Proctor MCF. 2008.** Physiological ecology. In Goffinet, B. & Shaw, A.J. (eds.). 2008. *Bryophyte biology*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge: 237–268.
- Quandt D, Huttunen S, Streimann H, Frahm JP and Frey W. 2004.** Molecular phylogenetics of the *Meteoriaceae* s. str.: Focusing on the genera *Meteorium* and *Papillaria*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **32**, 435–461.
- Richards PW. 1984.** The Ecology of Tropical Forest Bryophyte. Dalam Schuster RM (ed.) *Manual of Bryology* volume 2. NiCinan.
- Rahmanto A. 2009.** Dampak Pencemaran SO_x <http://ahmadchem.blogspot.com/2009/11/dampak-pencemaran-so2.html>, (Diunduh 15 Maret 2013)
- Redfearn PLJ and PC Wu. 1986.** Catalog of the mosses of Cina. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. **73**, 177–208
- Rosenberg J. 2002.** *Lichens & bryophytes: Data collection & reporting*. Missouri Botanic Garden, Missouri.
- Slack NG. 2011.** The ecological value of bryophytes as indicators of climate change. In Tuba, Z; Slack, N.G. & Stark, L.R. (eds.). 2011. *Bryophyte ecology & climate change*. Cambridge University Press, Cambridge: 3–12.
- Smith AJE. 1982.** *Bryophyte ecology*. Chapman & Hall, London.
- Spessard-Schueth L dan Crum H. 1994.** *Meteoriaceae*. In Sharp, A.J; Crum, H. & Eckel, P.M. (eds.). 1994. The moss flora of Mexico, Vol. II. *Memoirs of the New York Botanical Garden* **69**, 718–738.
- Stephenson SL, Studlar SM, McQuattie CJ and Edwards PJ 1995.** Effects of acidification on bryophyte communities in West Virginia mountain streams. *Journal of Environment Quality* **4**, 116–124
- Streimann H. 1991.** Taxonomic studies on Australian *Meteoriaceae* (Musci). II. The genera *Aerobryopsis*, *Barbella*, *Floribundaria*, *Meteoriopsis*, *Meteorium*, *Weymouthia*. *The Journal of The Hattori Botanical Laboratory* **69**, 277–312.
- Streimann H. 1992.** Moss genus *Papillaria* (*Meteoriaceae*) in the Pacific. *The Journal of The Hattori Botanical Laboratory* **71**, 83–111.
- Streimann H. 1988.** The moss genus *Papillaria* (*Meteoriaceae*) in . *Bryologist* **91**, 341–343
- Tan BC and Z Iwatsuki. 1991.** A new annotated Philippine moss checklist. *Harvard Paper in . Botany*. **3**, 1–64
- Tan BC, BC Ho, V Linis, Iskandar, AP Eka, I Nurhasanah, L Damayanti, S Mulyati, I Haerida. 2006.** Mosses of Gunung Halimun National Park, West Java, Indonesia. *Reinwardtia* **12**(3), 205–214.
- Tan BC, T Koponen and DH Norris. 2007.** Bryophyte flora of the Huon Peninsula, Papua . LXX. *Sematophyllaceae* (Musci) 1. *Acanthorrhynchium*, *Acroporium*, *Clastobryophilum*, *Pseudopiloecium*, *Radulina* and *Trichosteleum*. *Annales Botanici Fennici* **44**, 35–78
- Thiébaud, G., Vanderpoorten, A., Guérol, F., Boudot, J.P. & Muller, S. 1998.** Bryological patterns and stream water acidification in the Vosges Mountains (N.E. France): An analysis tool for the survey of acidification processes. *Chemosphere* **36**, 1275–1289.
- Tisdale SL, WL Nelson and JD Beaton. 1985.** *Soil Fertility dan Fertilizers*. 4th ed. MacMillan Publishing Company, New York.
- Tuba, Z. 2011.** Bryophyte physiological processes in a changing climate: An overview. In Tuba, Z; Slack, N.G. & Stark, L.R. (eds.). 2011. *Bryophyte ecology & climate change*. Cambridge University Press, Cambridge: 13–34.
- Tuba Z, Csintalan Z. and Proctor MCF. 1996.** Photosynthetic responses of a moss, *Tortularurialis* ssp. *ruralis*, and the lichens *Cladonia convoluta* and *C. furcata* to water deficit and short periods of desiccation, and their ecophysiological significance: a baseline study at present-day CO₂ concentrations. *New Phytologist* **133**, 353–361.
- Vanderpoorten A and Hallingbäck T. 2008.** Conservation biology of bryophytes. In Goffinet, B. & Shaw, A.J. (eds.). 2008. *Bryophyte biology*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge: 487–533.
- Windadri FI. 2009.** Keanekaragaman Lumut Pada Marga Pandanus Di Taman Nasional Ujung Kulon, Banten. *Jurnal Natur Indonesia* **11**(2), 89–93
- Windadri FI. 2010.** Keanekaragaman Lumut di Kawasan Cagar Alam Dungus Iwul, Jasinga, Jawa Barat. *Biota* **15**(3), 400–406