

Saintifika

**Jurnal Ilmu
Pendidikan MIPA
dan
MIPA**

Penentuan Laju Korosi Pada Kuningan Dalam Berbagai Variasi Komposisi (Tri Mulyono, Minthadi, Norma Ika Kuswiandari)

Penyelesaian Persamaan Difusi Multigroup 3 Dimensi Pada Koordinat Kartesian (x, y, z) Dengan Pendekatan Numerik dan Analitik (Rif'ati Dina Handayani)

Inventarisasi Penggunaan Berbagai Pestisida Nabati Secara Tradisional Oleh Suku Osing Banyuwangi (*The Inventory of Use Various Botanical Pesticides in Traditional by Ethnic Osing Banyuwangi*) (Imam Mudakir, Prima Sari Arsian Dewi)

Aktivitas Anti Jamur Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L.) Terhadap *Candida Albicans* (Evi Umayah Ulfa, Ni Luh Kadek Ika Murdiani)

Karakterisasi *Soil Physics Properties* di Atas Terowongan Kereta Api Mrawan Kabupaten Jember (Puguh Hiskiawan)

Sintesis, Karakterisasi dan Sifat Optik Dari Kristal ZnO dengan Dopan Ion Li^+ (Tanti Haryati)

Pengaruh Jenis Laboratorium Terhadap Respon Siswa (Sri Wahyuni)

Karakteristik Penderita TBC Paru dengan BTA Positif di RS Paru Jember (Bagus Hermansyah)

Isolasi Senyawa Aktif Ekstrak Daun Kecubung (*Brugmansia Suaveolens* Brecht.& J.Presl.) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes Aegypti* L (Dwi Wahyuni)

Efek Hujan Asam Terhadap Kandungan Senyawa Biokimia Daun Murbei *Morus multicaulis* Perr (Jekti Prihatin)



Diterbitkan oleh: P MIPA FKIP Universitas Jember

Saintifika

Jurnal Ilmu Pendidikan MIPA dan MIPA

Terbit dua kali setahun pada bulan Juni dan Desember

Ketua Penyunting

Prof. Dr. Joko Waluyo, M.Si

Wakil Ketua Penyunting

Rif'ati Dina Handayani, S.Pd., M.Si

Dian Kurniati, S.Pd, M.Pd

Penyunting Pelaksana

Dr. Hobri, S.Pd., M.Pd

Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D

Dr. Suratno, M.Si

Dr. Slamin, M.Sc.

Dr. Sudarti, M.Kes

Drs. Nuriman, Ph.D

Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P

Tata Letak

Drs. Wachju Subchan, MS., Ph.D

Dr. Indrawati, M.Pd

Penyunting Ahli

Prof. Dr. Prabowo, M.Pd (Universitas Surabaya)

Drs. Mulyadi Guntur Waseso (Universitas Negeri Malang)

Prof. Dr. Sutarto, M.Pd

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd

Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes

Alamat Penyunting dan Tata Usaha : Jurusan PMIPA Gedung III FKIP Universitas Jember,
Jl. Kalimantan No. 37, Double Way Kampus Tegal Boto Jember, Telp. (0331) 330738, Direct
Phone : 0811357366 E-mail : saintifika@yahoo.com

Saintifika. Jurnal Ilmu Pendidikan MIPA dan MIPA diterbitkan sejak Juni 2000.
Diterbitkan oleh Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Saintifika Vol.12 No.1 Juni 2010 kembali hadir di tengah-tengah pembaca dengan berbagai topik dalam bidang pendidikan maupun sains. Dalam bidang kimia dan farmasi dibahas tentang Penentuan Laju Korosi Pada Kuningan Dalam Berbagai Variasi Komposisi. Sintesis, Karakterisasi Dan Sifat Optik Dari Kristal ZnO dengan Dopan Ion Li^+ , Aktivitas Anti Jamur Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L.) Terhadap *Candida Albicans*,.

Dalam bidang biologi dan kedokteran dibahas Inventarisasi Penggunaan Berbagai Pestisida Nabati Secara Tradisional Oleh Suku Osing Banyuwangi (*The Inventory of Use Various Botanical Pesticides in Traditional by Ethnic Osing Banyuwangi*). Isolasi Senyawa Aktif Ekstrak Daun Kecubung (*Brugmansia Suaveolens* Brecht.& J.Presl.) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes Aegypti* L., Efek Hujan Asam Terhadap Kandungan Senyawa Biokimia Daun Murbei *Morus multicaulis* Perr, Karakteristik Penderita TBC Paru dengan BTA Positif di RS Paru Jember.

Bidang Pendidikan dibahas mengenai Pengaruh Jenis Laboratorium Terhadap Respon Siswa. Demikian juga dalam bidang fisika dibahas mengenai topik yang menarik, yaitu Penyelesaian Persamaan Difusi Multigroup 3 Dimensi Pada Koordinat Kartesian (x, y, z) Dengan Pendekatan Numerik dan Analitik, Karakterisasi *Soil Physics Properties* di Atas Terowongan Kereta Api Mrawan Kabupaten Jember.

Semoga tulisan-tulisan dalam jurnal kali ini dapat memberikan informasi dan menggugah penulis lain untuk lebih aktif berkarya dalam bidang penelitian. Akhirnya kami berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

Penentuan Laju Korosi Pada Kuningan Dalam Berbagai Variasi Komposisi (Tri Mulyono, Minthadi, Norma Ika Kuswiandari)	1 – 10
Penyelesaian Persamaan Difusi Multigroup 3 Dimensi Pada Koordinat Kartesian (x, y, z) Dengan Pendekatan Numerik dan Analitik (Rif'ati Dina Handayani)	11 – 23
Inventarisasi Penggunaan Berbagai Pestisida Nabati Secara Tradisional Oleh Suku Osing Banyuwangi (<i>The Inventory of Use Various Botanical Pesticides in Traditional by Ethnic Osing Banyuwangi</i>) (Imam Mudakir, Prima Sari Arsian Dewi)	24 – 36
Aktivitas Anti Jamur Ekstrak Buah Mengkudu (<i>Morinda Citrifolia</i> L.) Terhadap <i>Candida Albicans</i> (Evi Umayah Ulfa, Ni Luh Kadek Ika Murdiani)	37 – 48
Karakterisasi <i>Soil Physics Properties</i> di Atas Terowongan Kereta Api Mrawan Kabupaten Jember (Puguh Hiskiawan)	49 – 62
Sintesis, Karakterisasi dan Sifat Optik Dari Kristal ZnO dengan Dopan Ion Li^+ (Tanti Haryati)	63 – 73
Pengaruh Jenis Laboratorium Terhadap Respon Siswa (Sri Wahyuni)	74 -86
Karakteristik Penderita TBC Paru dengan BTA Positif di RS Paru Jember (Bagus Hermansyah)	87 – 99
Isolasi Senyawa Aktif Ekstrak Daun Kecubung (<i>Brugmansia Suaveolens</i> Brecht.& J.Presl.) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk <i>Aedes Aegypti</i> L (Dwi Wahyuni)	100 – 108
Efek Hujan Asam Terhadap Kandungan Senyawa Biokimia Daun Murbei <i>Morus multicaulis</i> Perr (Jekti Prihatin)	109 – 120

Penentuan Laju Korosi Pada Kuningan Dalam Berbagai Variasi Komposisi
(Tri Mulyono, Minthadi, Norma Ika Kuswiandari)

Penyelesaian Persamaan Difusi Multigroup 3 Dimensi Pada Koordinat Kartesian (x, y, z) Dengan Pendekatan Numerik dan Analitik (Rif'ati Dina Handayani)

Inventarisasi Penggunaan Berbagai Pestisida Nabati Secara Tradisional Oleh Suku Osing Banyuwangi (*The Inventory of Use Various Botanical Pesticides in Traditional by Ethnic Osing Banyuwangi*) (Imam Mudakir, Prima Sari Arsian Dewi)

Aktivitas Anti Jamur Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L.) Terhadap *Candida Albicans* (Evi Umayah Ulfa, Ni Luh Kadek Ika Murdiani)

Karakterisasi *Soil Physics Properties* di Atas Terowongan Kereta Api Mrawan Kabupaten Jember (Puguh Hiskiawan)

Sintesis, Karakterisasi dan Sifat Optik Dari Kristal ZnO dengan Dopan Ion Li^+ (Tanti Haryati)

Pengaruh Jenis Laboratorium Terhadap Respon Siswa (Sri Wahyuni)

Karakteristik Penderita TBC Paru dengan BTA Positif di RS Paru Jember (Bagus Hermansyah)

Isolasi Senyawa Aktif Ekstrak Daun Kecubung (*Brugmansia Suaveolens* Brecht.& J.Presl.) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes Aegypti* L (Dwi Wahyuni)

Efek Hujan Asam Terhadap Kandungan Senyawa Biokimia Daun Murbei *Morus multicaulis* Perr (Jekti Prihatin)

EFEK HUJAN ASAM TERHADAP KANDUNGAN SENYAWA BOKIMIA

DAUN MURBEI *Morus multicaulis* Perr.

Jekti Prihatin¹⁴⁾

Abstract: Acid rain cause many effects to plants. The aim of this research analyzed the effect of the acid rain exposure to biochemical contents, especially total protein, total sugar and vitamin C in *Morus multicaulis* Perr. leaves. Twelve Mulberry plants as a treatment were planted on pot and watered with 300 ml acid rain/pot/2 days for 5 weeks. The result showed that total protein, total sugar and vitamin C were affected by acidity of acid rain. The highest result of protein and sugar respectively: pH 5.6 was 5.84% and pH 4.6 was 4.6%. While vitamin C was decreased at pH 5.6 and 4.6.

Keywords: Acid rain, pH, mulberry, *Morus multicaulis* Perr.

Pendahuluan

Pembakaran bahan bakar fosil dalam industri, pembangkit tenaga listrik, dan transportasi yang semakin banyak menyebabkan meningkatnya polutan sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen oksida (NO_x) (Tjasyono, 2004). Kedua bahan tersebut di udara akan mengalami reaksi oksidasi membentuk senyawa sulfat dan nitrat yang menyebabkan hujan asam (Re Velle & Re Velle, 1992). Selain itu, banyaknya gunung berapi menyebabkan tingginya deposisi asam (Colvile, 2002). Hujan dinyatakan sebagai hujan asam jika pH dibawah 5,6 (US EPA, 2008).

Hasil analisis air hujan untuk bulan Oktober sampai Desember 2008 menunjukkan bahwa pH rata-rata air hujan di Indonesia berkisar antara 4,49 - 6,21 (BMG, 2009). Kejadian hujan asam dengan pH < 5,6 di Jakarta sebanyak 60% selama 1983-1999 dan sebanyak 65% selama 2001-2004, daerah Cisarua sebagai daerah pedesaan ternyata persentase kejadian hujan asam cukup tinggi, yaitu 72% dari total kejadian hujan sejak tahun 1989 sampai 2004. Bandung mempunyai persentase frekuensi terbanyak di daerah pH 4,5-5,0 dengan kejadian hujan asam dengan pH < 5,6 cukup tinggi yaitu 74% dari total kejadian hujan sejak tahun 1989-2004. Di

¹⁴⁾ Dra. Jekti Prihatin, M.Si adalah staf pengajar Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember

Surabaya, hujan asam yang terjadi sebesar 78% selama 1993-2003 (Budiwati dkk., 2007).

Hujan asam yang sering terjadi perlu diwaspadai, khususnya pengaruhnya terhadap tanaman murbei. Tanaman murbei merupakan satu-satunya pakan untuk ulat sutera (*Bombyx mori* L). Tanaman murbei umumnya ditanam di lahan-lahan dengan areal penanaman yang cukup luas. Oleh karena itu, hujan asam diduga memberi dampak yang besar terhadap persuteraan Indonesia.

Kualitas daun murbei sangat mempengaruhi kualitas benang sutera. Untuk pertumbuhannya, ulat sutera memerlukan daun pakan yang mengandung protein, gula, dan vitamin yang tinggi. Protein yang terdapat pada daun pakan merupakan komponen utama pembentuk jaringan dan organ pada ulat sutera murbei. Variasi kandungan protein pada daun pakan akan mempengaruhi pertumbuhan dan produksi kokon ulat sutera (Veda *et al.*, 1997). Gula, khususnya sukrosa, merupakan fagostimulan yang sangat dikenal. Nutrien lain yang dapat merangsang makan adalah asam amino, fosfolipid, asam lemak tertentu dan sterol, asam askorbat (vitamin C), dan berbagai garam (Dadd, 1985). Selain sebagai fagostimulan, vitamin C berperan dalam metabolisme internal ulat sutera (Veda *et al.*, 1997).

Kajian pengaruh hujan asam terhadap kandungan protein, gula terlarut, dan vitamin C sudah diteliti pada beberapa tanaman budidaya, tetapi pengaruhnya terhadap tanaman murbei belum diteliti. Hasil penelitian pengaruh simulasi hujan asam terhadap tanaman padi menunjukkan bahwa kandungan protein meningkat tetapi produksi padi menurun (LAPAN, 2004). Sedangkan penelitian Santi *et al.* (2008).

Simulasi hujan asam pada tanaman anggrek menunjukkan bahwa kandungan nitrogen pada Vanda dan Oncidium meningkat pada pH 4,9, tetapi menurun pada pH 5,8. Sedangkan kandungan Dendrodium menurun pada pH 4,9 dan meningkat pada pH 5,8. Ini menunjukkan bahwa hujan asam memiliki pengaruh yang spesifik untuk masing-masing jenis anggrek. Laporan dari Singh & Agarwal (1996) dalam Santi *et al.* (2008) menyatakan bahwa kandungan N pada tanaman gandum (*Triticum*

aestivum) meningkat sejalan dengan bertambahnya keasaman air hujan. Selain itu, simulasi hujan asam terhadap tungau laba-laba merah *Tetranychus cinnabarinus* (Acarina: Tetranychidae) juga dirangsang karena kandungan protein terlarut dan gula fosfat terlarut pada daun terong yang berubah, sehingga lebih banyak disukai oleh tungau. Akan tetapi, air hujan yang terlalu asam ($\text{pH} < 3$) menghambat pertumbuhan, baik terhadap tanaman inang maupun terhadap tungau itu sendiri (Wang *et al.*, 2006).

Pengaruh hujan asam juga dapat menurunkan kandungan vitamin. Penelitian pada tanaman stroberi yang diberi perlakuan hujan asam akan menurunkan kandungan vitamin A, E, dan C. Vitamin-vitamin tersebut merupakan antioksidan yang melawan kerusakan oksidatif. Kandungan vitamin A, E dan C masing-masing sebesar 20,71 %; 37,86%; 60,62% setelah diberi perlakuan 24 jam dan menjadi 14,28%, 30,30%, 57,44% setelah 48 jam perlakuan (Munzuroglu *et al.*, 2005).

Hujan asam umumnya menyebabkan rusaknya tanaman akibat tercucinya unsur hara Mg dan Ca dan meningkatnya kandungan Aluminium pada tanah sehingga meracuni tanaman. Akan tetapi hanya sedikit peneliti yang melihat hujan asam sebagai suatu tambahan nutrisi bagi tanaman, karena pada dasarnya peningkatan sulfur dan nitrogen, yang merupakan unsur makro nutrisi tanaman, akan meningkatkan pula kesuburan tanah. Tanaman murbei merupakan tanaman pokok bagi ulat sutera *Bombyx mori* L. Kajian polutan, khususnya pengaruh hujan asam terhadap tanaman murbei, sebagai 'sains-polusi' belum pernah dikaji.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis: (1) pengaruh pH hujan asam terhadap kandungan protein total, (2) pengaruh pH hujan asam terhadap kandungan gula total, dan (3) pengaruh pH hujan asam terhadap kandungan vitamin C daun murbei.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap, terdiri atas 4 perlakuan (penyiraman hujan asam pH 5,6; 4,6; 3,6 dan kontrol berupa air ledeng dengan pH 7,0), masing-masing dengan tiga kali ulangan. Sebanyak 12 tanaman

murbei *Morus multicaulis* Perr. dengan usia 8 minggu setelah pangkas (8 MSP) ditanam dalam polybag dan disiram dengan berbagai pH hujan asam selama 5 minggu (18 kali penyiraman). Penyiraman dilakukan 2 hari sekali dengan volume penyiraman 300 ml/polybag. Selama perlakuan, tanaman diletakkan dalam naungan plastik, supaya tidak terkena hujan dari alam.

Hujan asam yang digunakan berasal dari air hujan alami dan digunakan sebagai air penyiram tanaman setelah ditambahkan dengan sejumlah H_2SO_4 hingga didapatkan pH 5,6; 4,6; dan 3,6. Sebagai kontrol digunakan air ledeng dengan pH 7,0. Alat pengukur pH (pH meter) sebelum digunakan dikalibrasi terlebih dahulu pada pH 7,0 dan pH 4,0.

Setelah disiram 18 kali penyiraman, masing-masing perlakuan dianalisis di laboratorium untuk mengetahui kandungan protein total, gula total, dan vitamin C daun murbei. Seluruh daun murbei diambil untuk keperluan analisis dengan ulangan sebanyak tiga kali.

Analisis kandungan protein total dilakukan dengan menggunakan metode Semi-Mikro-Kjeldahl, yaitu dengan menghitung besar nitrogen total. Sebanyak 10 ml larutan contoh dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tanda. Sebanyak 10 ml dari larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl 500 ml dan ditambahkan 10 ml H_2SO_4 (93-98% bebas N). Ditambahkan 5 g campuran Na_2SO_4 -HgO (20:1) untuk katalisator. Campuran dididihkan sampai jernih dan dilanjutkan pendidihan 30 menit lagi. Setelah dingin, dinding dalam labu Kjeldahl dicuci dengan akuades dan dididihkan lagi selama 30 menit. Setelah dingin ditambahkan 140 ml akuades, dan ditambahkan 35 ml larutan NaOH – $Na_2S_2O_3$ dan beberapa butiran zink. Kemudian dilakukan distilasi. Distilat ditampung sebanyak 100 ml dalam Erlenmeyer yang berisi 25 ml larutan jenuh asam borat dan beberapa tetes indikator metil merah / metilen biru. Larutan yang diperoleh dititrasi dengan 0,02 HCl. Total N dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Jumlah N total} = \frac{\text{ml HCl} \times \text{N HCl}}{\text{ml larutan contoh}} \times 14,008 \times f \text{ mg/ml}$$

f = faktor pengenceran, besarnya $f=10$.

Jumlah protein total = jumlah N total x 6,25

Analisis gula total dilakukan dengan cara spektrofotometri metode *Anthrone*. Sampel daun sebanyak 10 g dihancurkan dan diberi aquades hingga didapatkan filtrat sebanyak 100 ml. Filtrat sebanyak 1 ml kemudian diberi 1 ml reagen Anthrone dan dipanaskan dalam *waterbath* pada 100°C selama 3 menit. Selanjutnya didinginkan secara cepat dengan cara merendamnya dalam *beaker glass* berisi air dingin. Setelah terbentuk endapan Cu_2O (berwarna merah) kemudian dipindahkan ke kuvet dan digojoy supaya homogen. Selanjutnya dilihat nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang 500 nm.

Analisis vitamin C dilakukan dengan cara titrasi Yodium. Sebanyak 15g bahan yang akan dianalisis ditimbang dan dihancurkan menggunakan mortar sampai menjadi halus. Sebanyak 0,5 g daun yang sudah dihancurkan ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan ditambahkan akuades sampai tanda. Setelah itu, campuran diaduk dan disaring dengan kertas saring untuk memisahkan filtratnya. Sebanyak 20 ml filtrat diambil dengan pipet dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 125 ml. Ditambahkan 2 ml larutan amilum 1% dan ditambahkan 50 ml akuades. Dititrasi dengan 0,01 N standart Iodium sampai larutan berubah menjadi berwarna biru, kemudian dihitung kadar Vitamin C-nya. Perhitungan: 1 ml 0,01 N Yodium = 0,88 mg asam askorbat.

$\%vit C =$

$$\frac{ml \text{ titrasi} \times 0,88 \times ml \text{ filtrat (analisa)}}{berat \text{ bahan} \times 1000} \times 100\%$$

(Sudarmadji dkk, 1997).

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh penyiraman pH hujan asam terhadap perubahan kandungan protein total, gula total dan vitamin C daun

murbei yang mengalami paparan hujan asam selama 18 kali penyiraman. Secara lengkap data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh pH Hujan Asam terhadap Kandungan Biokimia Daun Murbei *Morus multicaulis* Perr.

Perlakuan	Protein Total (%)	Gula Total (%)	Vitamin C (mg/100g)
Kontrol (pH 7,0)	4,30 ± 0,22a	3,71 ± 0,18a	75.13 ± 8,51a
P1 (pH 5,6)	5,84 ± 0,29b	3,29 ± 0,24a	45.07 ± 12,26b
P2 (pH 4,6)	3,85 ± 0,17c	4,60 ± 0,32b	57.70 ± 9,12ab
P3 (pH 3,6)	4,51 ± 0,27a	2,99 ± 0,18c	84.15 ± 4,56ac

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada LSD taraf signifikansi 5% ($\alpha < 0,05$).

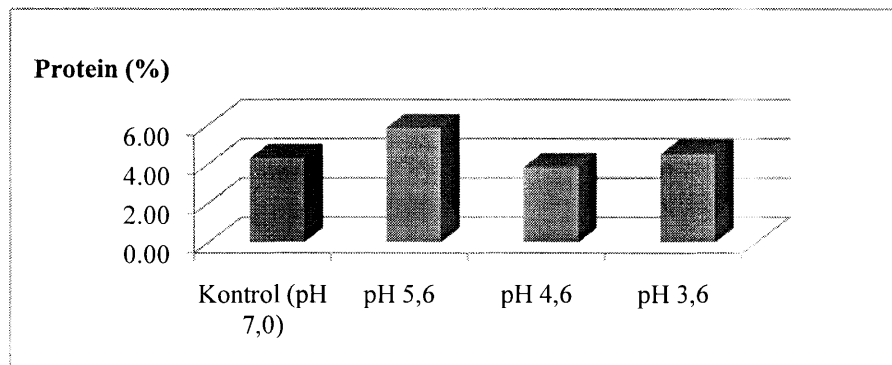
Kontrol (pH 7,0) adalah penyiraman air ledeng dengan pH 7,0

P1 (pH 5,6) adalah penyiraman air hujan asam dengan pH 5,6

P2 (pH 4,6) adalah penyiraman air hujan asam dengan pH 4,6

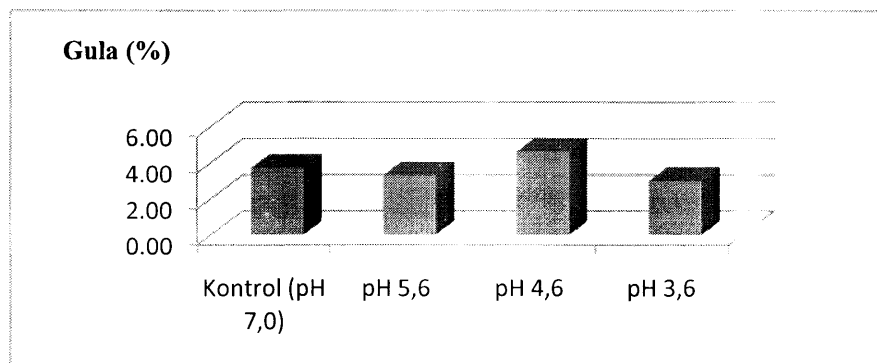
P3 (pH 3,6) adalah penyiraman air hujan asam dengan pH 3,6

Dari Tabel 1 tampak bahwa kandungan protein tertinggi di antara perlakuan terdapat pada P1 (pH 5,6) sebesar 5,84 ± 0,29% atau terjadi peningkatan sebesar 1,54%. Kemudian pada pH 4,6 terjadi penurunan, yaitu sebesar 3,85%, dan pada pH 3,6 naik kembali, tidak berbeda nyata dengan kontrol. Antar perlakuan memiliki kandungan protein yang berbeda satu sama lain. Untuk memperjelas hasil analisis digunakan histogram, seperti terlihat pada Gambar 1. Tampak bahwa pH air hujan asam memiliki pengaruh yang berbeda pada kandungan protein total daun murbei.



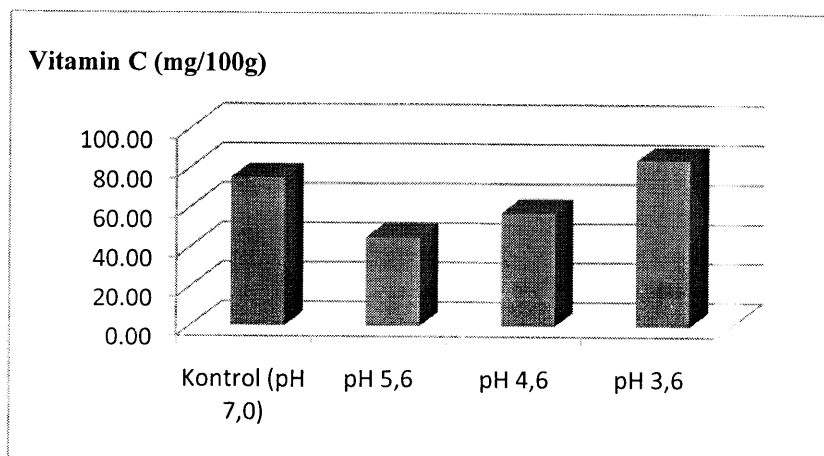
Gambar 1. Histogram Pengaruh Derajat Keasaman Hujan Asam terhadap Kandungan Protein Daun Murbei

Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan gula total pada pH 5,6 masih sama dengan kontrol, akan tetapi pada pH 4,6 terjadi kenaikan dengan kandungan gula total sebesar 4,6%, dan pada pH 3,6 terjadi penurunan. Histogram pengaruh hujan asam terhadap kandungan gula total dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Histogram Pengaruh Derajat Keasaman Hujan Asam terhadap Kandungan Gula Daun Murbei

Vitamin C tertinggi terletak pada P3 (pH 3,6) sebesar 84.15 ± 4.56 mg/100g. Dibandingkan dengan kontrol, terjadi penurunan vitamin C pada pH 5,6 dan 4,6. Akan tetapi pada pH 3,6 terjadi kenaikan kembali yang tidak berbeda nyata dengan kontrol. Histogram pengaruh hujan asam terhadap kandungan vitamin C daun dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Histogram Pengaruh Derajat Keasaman Hujan Asam terhadap Kandungan Vitamin C Daun Murbei

Pembahasan

Hujan asam memiliki dua peran penting pada tanaman. Umumnya, hujan asam akan bersifat fitotoksik pada paparan hujan asam dengan derajat keasaman tinggi, yaitu pH kurang dari 5,6, akan tetapi berperan sebagai nutrisi tanaman pada derajat keasaman rendah, yaitu pH antara 5,6 sampai 7. Pada penelitian ini protein total tertinggi terdapat pada pH 5,6, sedangkan gula total tertinggi terdapat pada pH 4,6, dan vitamin C tertinggi pada pH 3,6.

Pengaruh Hujan Asam terhadap Kandungan Protein Total Daun Murbei

Peningkatan kandungan protein total pada pH 5,6 dapat dipahami. Umumnya, air hujan secara alami memang agak asam (pH sedikit di bawah 6), karena karbon dioksida (CO_2) di udara yang larut dengan air hujan akan membentuk asam karbonat, suatu asam lemah (Re Velle & Re Velle, 1992). Jenis asam lemah tersebut bermanfaat karena membantu melarutkan mineral dalam tanah yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Kalium dan Magnesium, yang merupakan kofaktor enzim (koenzim), tadinya terikat pada butiran-butiran tanah akan terlepas dan diserap oleh akar tanaman jika terpapar oleh asam lemah. Mg^{2+} merupakan koenzim yang dapat meningkatkan efisiensi dalam metabolisme nitrogen menjadi protein.

Penyiraman yang dilakukan dengan jumlah 300 ml air hujan/polybag/2 hari sekali menyebabkan mineral tanah tidak dapat tercuci keluar sehingga efisien diserap tanaman. Akan tetapi, hasil pengamatan menunjukkan indikasi bahwa jumlah 300 ml/polybag/2 hari kurang banyak. Ini terlihat pada tanah permukaan yang tampak sangat kering pada hari ke-2. Dengan demikian sebenarnya perlu penyiraman dengan jumlah air hujan yang lebih banyak tetapi tidak sampai berlebihan. Untuk itu diperlukan metode gravimetri, yaitu mengukur selisih berat pot sebelum dan sesudah penyiraman.

Pengaruh Hujan Asam terhadap Kandungan Gula Total Daun Murbei

Peningkatan gula total akibat pemaparan hujan asam terjadi pada pH 4,6. Pada pH 4,6 sudah terjadi pengaruh sulfur akibat penambahan H_2SO_4 pada air hujan. Sulfur merupakan salah satu unsur makro yang diperlukan oleh tanaman, yang akhirnya merangsang pertumbuhan tanaman (Ashenden, 2002). Tingginya sulfur akan meningkatkan jumlah asam amino yang terbentuk, khususnya sistein dan metionin. Selain berperan sebagai unit pembangun protein, asam amino juga berperan sebagai prekursor sejumlah biomolekul, termasuk porfirin. Porphirin merupakan senyawa molekul kompleks yang mengandung empat senyawa pirol tersubstitusi yang diikat secara kovalen menjadi suatu cincin, dimana pada klorofil Mg berada di pusat porfirin. Mg pada klorofil mengaktifkan pembentukan agregat klorofil, yang memudahkan penangkapan cahaya (Lehninger, 1994). Dengan demikian, glukosa yang dihasilkan dalam reaksi fotosintesis menjadi lebih banyak.

Pada setiap lintasan penambahan CO_2 dalam proses fotosintesa, produk utama penyimpanan pada daun yang terhimpun pada siang hari biasanya adalah sukrosa dan pati. Sukrosa adalah sumber energi di sel fotosintesis dan diangkut melalui floem menuju jaringan yang sedang tumbuh. Reaksi pembentukan sukrosa dari glukosa memerlukan enzim tertentu yang selalu memerlukan Mg^{2+} sebagai kofaktor. Inilah mengapa Mg penting bagi biosintesis sukrosa (Salisbury & Ross, 1995).

Pada perlakuan hujan asam dengan derajat keasaman tinggi, misalnya pada pH 3,6, mekanisme yang terjadi adalah terlepasnya unsur-unsur logam, antara lain

Al, yang dapat meracuni tanaman. Haines & Swank (1988) mengemukakan, jika air tanah diasamkan sampai pH 3,0 maka penyerapan Ca, K, Mg, dan elemen-elemen yang lain akan menurun. Pada pH 3,6 penelitian ini diduga sistem perakaran tanaman sudah terganggu, sehingga penyerapan unsur-unsur hara menjadi tidak optimal. Neufeld *et al.* (2006) melaporkan, bahwa pemaparan simulasi hujan asam pada pH 2,0 dalam jangka waktu lama (16 kali pemaparan) dapat menurunkan laju fotosintesis. Pengurangan laju fotosintesis akibat pemaparan SO₂ kronik juga dilaporkan oleh Legge & Krupa (2002). Laju fotosintesis menurun akibat berkurangnya kandungan klorofil total pada daun. Selain itu, dinyatakan pula bahwa pemaparan SO₂ kronik menyebabkan pengurangan pada kandungan ATP total pada tanaman pinus. Hal tersebut mengindikasikan adanya reduksi pada laju fosforilasi oksidatif dan/atau meningkatkan konsumsi energi pada pemulihan akibat cekaman.

Pengaruh Hujan Asam terhadap Kandungan Vitamin C Daun Murbei

Menurunnya vitamin C pada pH 5,6 dan 4,6 menunjukkan aksi antioksidan melawan kerusakan oksidatif akibat hujan asam. Vitamin C merupakan antioksidan non-enzimatis (Munzuroglu *et al.*, 2005). Kong *et al.* (2000) dalam Munzuroglu *et al.*, 2005) menyatakan bahwa hujan asam menyebabkan meningkatnya radikal oksigen. Ada 2 alasan dasar pada reduksi vitamin C. Pertama, meningkatnya pembentukan radikal oksigen bebas pada tanaman karena adanya cekaman hujan asam, dan penerapan sistem antioksidan merupakan usaha bertahan terhadap cekaman yang ditandai hilangnya kandungan vitamin. Kedua, bahwa jalur metabolik tanaman autotrof dalam mensintesis vitamin sedikit banyak dihambat karena kondisi yang asam.

Akan tetapi tingginya vitamin C pada pH 3,6 penelitian ini barangkali karena air hujan yang digunakan adalah air hujan dari alam, dimana tiap saat tidak sama kandungan mineralnya. Untuk itu, diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan hujan asam buatan, sehingga semua unsur dalam air hujan dapat dikontrol.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah: (1) pH hujan asam berpengaruh terhadap kandungan protein total, gula total dan vitamin C daun murbei *Morus multicaulis* Perr, (2) pH hujan asam yang paling banyak meningkatkan kandungan protein adalah pH 5,6, yaitu sebesar 5,85%. Sedangkan pH yang paling meningkatkan kandungan gula total adalah pH 4,6, yaitu sebesar 4,60%. Selain itu, pemaparan hujan asam terbukti menurunkan kandungan vitamin C pada pH 5,6 dan 4,6.

Saran

Perlu penelitian lanjutan menggunakan hujan asam buatan. Pada penelitian selanjutnya hendaknya air penyiraman ditambah sesuai dengan kebutuhan tiap tanaman. Untuk itu, metode gravimetri disarankan dilakukan. Selain itu, kandungan klorofil total dan kandungan sukrosa daun hendaknya diukur guna mengetahui proses fotosintesis yang terjadi.

Daftar Pustaka

- Ashenden, T.W. 2002. Effects of Wet Deposited Acidity. *In Air Pollution and Plant Life*. 2nd Ed. Bell, J.N.B. & Treshow, M. (Eds). New York: John Wiley & Sons.
- Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG). 2009. *Komposisi Kimia air Hujan Bulan Oktober, Nopember, dan Desember 2008*, (Online), (<http://www.bmg.go.id/data.bmg?Jenis=Teks&IDS=0530535451163022369>, diakses 7 Mei 2009).
- Budiwati, T., Prabotosari, S.K., Mulyani, T., Pariyatmo, M., Mulyono. 2007. *Karakteristik Kimia Air Hujan di Pulau Jawa*, (Online), (<http://www.dirgantara-lapan.or.id/index.php?nama=reinstra&opt=detail&id=48>, diakses 7 Mei 2009).
- Colville, R.N. 2002. *Emissions, Dispersion and Atmospheric Transformation*. Dalam Bell, J.N.B. & Treshow, M. (Eds). *Air Pollution and Plant Life*. 2nd Ed. New York: John Wiley & Sons.

- Dadd, R.H. 1985. Nutrition: Organism. Dalam G.A Kerkut & L.I. Gilbert (Eds.). *Comprehensif Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology. Volume 4, Regulation: Digestion, Nutrition, Excretion*. New York: Pergamon Press.
- Haines, B.L. & Swank, W.T. 1988. Forest Hydrology and Ecology at Coweeta: *Acid Precipitation Effects on Forest Processes*. Ecological Studies, Vol. 66.
- LAPAN, 2004. Majalah LAPAN, (Online), Vol.6 No.1, Juni 2004, (<http://www.dirgantara-lapan.or.id/index.php?nama=penelitian&opt=detail&no=24>, diakses, 7 September 2008).
- Legge, A.H.& Krupa, S.V. 2002. Effects of Sulphur Dioxide. Dalam Bell, J.N.B. & Treshow, M. (Eds), *Air Pollution and Plant Life*. 2nd Ed. New York: John Wiley & Sons.
- Lehninger, A.L. 1994. *Dasar-dasar Biokimia Jilid 2*. Penerjemah: Maggy Thenawidjaja. Jakarta: Penerbit Erlangga.