

VOL. IX No.2 Oktober 2011

ISSN 1693 – 3931

BIOEDUKASI

Jurnal Biologi dan Pembelajarannya



Diterbitkan oleh
Program Studi Pendidikan Biologi FKIP UNEJ

Bioedukasi	Vol. IX	No. 2	Hal. 110 - 211	Oktober 2011	ISSN 1693-3931
------------	---------	-------	----------------	-----------------	-------------------

BIOEDUKASI

Jurnal Biologi dan Pembelajarannya

Setahun terbit dua kali April dan Oktober, berisi tulisan ilmiah tentang biologi baik hasil penelitian kependidikan dan non kependidikan, dan kajian analitis kritis bidang biologi dan pembelajarannya.

DEWAN REDAKSI

Ketua : Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D.
Sekretaris : Sulifah Aprilia H., S.Pd., M.Pd.
Bendahara : Dra. Pujiastuti, M.Si.

Dewan Redaksi

Dr. Suratno, M.Si.
Drs. Slamet Hariyadi, M.Si.
Ir. Imam Mudakir, M.Si.

Penyunting Ahli

Prof. Dr. AD Corebima, M.Pd. (UM)
Prof. Dr. S. Djalal Tandjung, M.Sc. (UGM)
Prof. Soeparman Kardi, Ph.D. (UNESA)
Prof. Dr. Joko Waluyo, M.Si. (UNEJ)
Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes (UNEJ)
Nismah, M.S., Ph.D. (UNILA)
Dr. Bambang Supeno, M.Pd. (UNEJ)

Tata Usaha dan Sirkulasi : Tamyis

Alamat Redaksi : Program Studi Pendidikan Biologi FKIP
UNEJ. Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Bumi
Tegalboto Jember 68121 Jawa Timur
Telp. + 62 0331 334 988
E-mail: wachjus63@yahoo.com

Langganan 2 nomor setahun Rp. 50.000; uang dapat dikirim ke alamat rekening atas nama Pujiastuti No. Rek. 030 000 495 221 920 BNI Cabang UNEJ

BIOEDUKASI diterbitkan oleh Program Studi Pendidikan Biologi FKIP UNEJ

BIOEDUKASI

Jurnal Biologi dan Pembelajarannya

- Uji Efek Hepatoprotektor Ekstrak Tapak Liman (*Elephantopus Schaber L.*) pada Mencit Jantan Galur Swiss (L. Winarti, N. S. Hadi) 110 - 120
- Upaya Meningkatkan Hasil Belajar dengan Menerapkan Pembelajaran Kooperatif Tipe Stad (*Student Team Achievement Devisions*) dengan Praktikum pada Siswa Kelas VIIIA SMPNegeri 1 Mayang Tahun Pelajaran 2010/2011 (E. Soelasmi) 121 - 127
- Implementasi *Lesson Study* pada Matakuliah SPT I dengan Menggunakan Pendekatan Kontekstual untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Aktivitas Mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember (S. A. Harini) 128 – 139
- Pengaruh Simulasi Hujan Asam terhadap Kandungan Sukrosa, pH, dan Kadar Air Daun Murbei *Morus Multicaulis* Perr (J. Prihatin) 140 – 153
- Pengembangan dan Validasi Metode KLT–Densitometri untuk Penentuan Kadar Kafein dalam Teh Celup Kemasan yang Beredar Di Seluruh Supermarket Di Kabupaten Jember (Y. Retnaningtyas) 154 - 164
- Pengaruh *Effective Microorganism-4* (Em-4) dan Waktu Pengomposan pada Media Tumbuh terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jamur Merang (*Volvariella Volvaceae* (Bull. Ex. Fr.)) (I. N. Asyiah, I. Mudakir, M. L. Bararah) 165 – 177
- Pengembangan Formula Antinyamuk Emulgel Minyak Kunyit sebagai Alternatif Pencegah Penyebaran Demam Berdarah Dengue (L. Ameliana, L. Winarti) 178 - 190
- Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Tebu, Kulit Kopi, dan Ampas Tahu sebagai Campuran Medium Tumbuh terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) (I.N. Asyiah, I. Mudakir, I.N. Rahayu) 191 - 200
- Inventarisasi Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Kawasan Wisata Air Terjun Tirto Kemanten, Kecamatan Kalibaru, Kabupaten Banyuwangi sebagai Sumber Belajar Biologi (Pujiastuti, Sulifah Aprilya H, Alfian Nur A.T) 201 - 211

UJI EFEK HEPATOPROTEKTOR EKSTRAK TANAMAN LIMAN
(*Elephantopus scaber* L.) PADA MENCIT JANTAN GALUR

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmad dan karuniaNya sehingga Jurnal Bioedukasi dapat kembali hadir di hadapan pembaca.

Edisi kesembilan Oktober tahun 2011 ini menyajikan berbagai sembilan artikel dalam lingkup biologi dan kependidikan biologi yaitu enam artikel menyajikan hasil penelitian biologi dan tiga artikel menyajikan tentang kajian kependidikan biologi. Kontribusi artikel-artikel tersebut menjadi salah satu daya tarik Jurnal Bioedukasi dalam menyajikan hasil riset sehingga para pembaca tidak hanya mendapatkan informasi hasil riset biologi tetapi juga hasil riset tentang pembelajaran biologi.

Akhirnya kami berharap bahwa jurnal Bioedukasi ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pembaca.

Redaksi

Bioedukasi Vol. IX. No.2 Oktober 2011

Fakultas Farmasi Universitas Jember
Fakultas Farmasi Universitas Jember

Bioedukasi Vol. IX. No. 2 (Oktober 2011)

PENGARUH SIMULASI HUJAN ASAM TERHADAP KANDUNGAN SUKROSA, PH, DAN KADAR AIR DAUN MURBEI (*Morus multicaulis* Perr.)

(Effect of Simulated Acid Rain on Sucrose, pH, and Water Contents of Mulberry Leaf
Morus multicaulis Perr.)

Jekti Prihatin⁵

Abstract

Nowadays, acid rain phenomenon is very common in Indonesia. The influence of acid rain on biochemical compounds of mulberry plant is very crucial to study, since mulberry plant is the sole food for the domesticated silkworm, *Bombyx mori*. The aim of this study was to determine the effect of simulated acid rain on sucrose, pH, and water contents in young and mature leaves of *Morus multicaulis* Perr. during watering 2, 4, 6, and 8 weeks. As many as 180 stems of Mulberry plant were grown in polybags and watered with artificial acid rain pH 5.6; 4.6; 3.6 for 8 weeks. As a control were used well water pH 7.0 and artificial acid rain without sulfuric acid pH 6.2. Data were analyzed using multivariate anova. Significant results were followed by LSD 5% and multiple regression analysis. The lowest biochemical contents in young and mature leaves were showed on pH 3.6 for 8 weeks, i.e. sucrose 2.90% and 2.24%, pH 4.5 and 4.45, water content 78.89% and 71.17%, consecutively. The highest biochemical contents in young and mature leaves were sucrose 4.77% and 4.72%, pH 6.23 and 6.32 at pH 6.2 for 6 weeks, and water content 64% and 81.59% in the well water for 2 weeks. The conclusion, acid rain treatment caused in decreasing of sucrose, pH and water contents of young and mature leaves mulberry.

Keywords: acid rain, sucrose, pH, water content, mulberry leaf

Pendahuluan

Hujan asam didefinisikan sebagai segala macam hujan dengan pH di bawah 5,6. Hujan secara alami bersifat asam (pH sedikit di bawah 6), karena karbondioksida (CO₂) di udara yang larut dengan air hujan akan membentuk asam karbonat, suatu asam lemah (Re Velle & Re Velle, 1992). Jenis asam dalam hujan ini sangat bermanfaat karena membantu melarutkan mineral dalam tanah yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan binatang. Di Surabaya, hujan asam yang terjadi sebesar 78% selama

⁵ Dr. Jekti Prihatin, M.Si adalah dosen Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember.
E-mail: jektip@yahoo.co.id

1993-2003. Hujan asam telah terjadi di Jakarta sejak tahun 1984, di Cisarua sejak 1989, di Bandung sejak 1994, dan di Surabaya sejak 1993 (Budiwati, dkk., 2007).

Hujan asam sangat mempengaruhi kandungan biokimia daun murbei, yaitu menyebabkan penurunan kandungan protein total, gula total, dan vitamin C daun murbei (Prihatin, 2010). Kandungan protein sangat berperan dalam mempengaruhi pertumbuhan ulat sutera.

Gula, khususnya sukrosa, merupakan fagostimulan yang sangat dikenal. Sukrosa dan fruktosa sangat merangsang makan pada ulat *Pieris brassicae* dan *Spodoptera* spp. (Dadd, 1985). Selain fagostimulan, sejumlah tipe glukosida berperan sebagai kemikalia deteren yang menyebabkan serangga menolak makan. Keseimbangan fagostimulan dan deteren barangkali merupakan pembeda akhir palatibilitas suatu pakan. Pada larva Lepidoptera *Pieris brassicae*, jumlah pakan yang dimakan merefleksikan keseimbangan *input* dari reseptor gula dan glukosida (*fagostimulant*) pada satu sisi, dan reseptor deteren (*deterrent*) pada sisi yang lain (Kerkut & Gilbert, 1985).

Derajat keasaman (pH) dan kadar air daun murbei sangat menentukan palatibilitas ulat sutera terhadap daun pakannya. Daun murbei yang disukai ulat sutera adalah daun yang memiliki pH sedikit asam dan kadar air yang tinggi, yaitu pada daun yang sudah mekar sempurna (Prihatin, 2010). Kadar air pada daun umumnya berkorelasi dengan kadar protein yang dikandungnya. Makin tinggi kadar air daun umumnya berkorelasi positif dengan protein daun. Daun muda memiliki kadar air dan protein yang tinggi, sedangkan daun tua memiliki kadar air dan protein yang lebih rendah, dan selulose yang lebih tinggi (Mattson dan Scriber, 1987). 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). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh simulasi hujan asam terhadap kandungan sukrosa, pH, dan kadar air daun muda dan daun tua murbei *Morus multicaulis* Perr.

Metode

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) dua faktorial. Variabel bebas pertama berupa perlakuan hujan asam buatan pada berbagai pH (5,6; 4,6; 3,6) dan kontrol air hujan buatan (pH 6,2) serta kontrol air sumur (pH 7,0), sedangkan variabel bebas kedua berupa lama perlakuan penyiraman hujan asam buatan (2 minggu, 4 minggu, 6 minggu dan 8 minggu). Variabel terikat yang diamati adalah kandungan sukrosa, pH, dan kadar air daun murbei.

Tanaman murbei berumur 4 MSP (minggu setelah pangkas) diperlakukan dengan penyiraman air hujan asam. Selama perlakuan, tanaman diletakkan dalam naungan plastik, supaya tidak terkena hujan dari alam. Penyiraman dilakukan dua hari sekali selama 2, 4, 6 dan 8 minggu dengan volume masing-masing penyiraman sebanyak kurang lebih 500 ml tiap polybag, tergantung kebutuhan tanaman. Dengan demikian, jumlah pemaparan hujan asam sebesar 7, 14, 21 dan 28 kali penyiraman.

Analisis kandungan kimia daun yang terpapar hujan asam buatan dilakukan pada daun muda dan daun tua. Daun muda yang dianalisis adalah daun ke-1 sampai 3 yang diberikan pada larva instar 1-3. Daun tua yang dianalisis adalah daun ke-4 sampai ke-8 yang diberikan pada larva instar 4-5.

a. Pengukuran Sukrosa (Metode Enzimatis-Spektrofotometer) sesuai *Megazyme International Ireland Limited (2005)*

Daun murbei (daun muda atau daun tua) yang akan diekstrak ditimbang sebanyak 10 g. Daun kemudian dihancurkan dengan mortal sampai halus. Akuades ditambahkan sedikit demi sedikit kemudian disaring sampai diperoleh filtrat sebanyak 100 ml. Sebanyak 1 ml filtrat diambil dan ditambahkan dengan 2 ml reagen enzim β fruktosidase, dikocok hingga homogen, serta diinkubasikan pada suhu 37°C selama 5 menit. Kemudian filtrat dikeluarkan dari inkubator dan ditambahkan akuades sebanyak 4 ml, *buffer imidazole* 1 ml, dan reagen NADP/ATP 1 ml. Selanjutnya larutan dicampur dan ditambahkan reagen HK/G6P-DH sebanyak 0,2 ml kemudian dicampur hingga homogen dan diukur absorbansi pada λ 340 nm. Sebagai standar digunakan sukrosa standar untuk membuat kurva standar. Dari kurva standar diperoleh persamaan $y = -0,0112 + 0,0145(x)$.

$$\text{Sukrosa (\%)} = \frac{(\text{absorbansi} + 0,0112)}{0,0145 \times \text{massa sampel} \times 1000} \times 10 \times 100\% \times 2$$

b. Pengukuran pH sesuai AOAC (1988)

Daun sampel ditimbang sebanyak 10 g kemudian dihancurkan menggunakan mortal sampai halus. Selanjutnya ditambahkan akuades dan didiamkan selama 10 menit. Larutan disaring dan filtrat ditampung pada labu takar 100 ml. Akuades selanjutnya ditambahkan sampai batas. Filtrat yang sudah diencerkan selanjutnya dimasukkan dalam gelas kimia dan diukur menggunakan pH meter dengan cara mencelupkan *probe* (bagian ujung) pH meter yang telah dikalibrasi sebelumnya dengan *buffer* 4 dan *buffer* 7. Dicatat nilai pH yang tertera pada layar.

c. Pengukuran Kadar Air – Metode Oven sesuai AOAC (1988)

Botol timbang yang akan digunakan sebagai tempat sampel dicuci terlebih dahulu dan dikeringkan dengan memanaskannya dalam oven, lalu didinginkan dalam desikator. Botol timbang sebelumnya ditimbang dan dicatat beratnya. Sampel daun sebanyak 1 - 2 g dimasukkan ke dalam botol timbang dan dioven pada suhu 100° C selama 5 jam, lalu dinginkan dalam desikator. Selanjutnya, sampel dioven lagi selama 1 jam pada suhu yang sama, didinginkan dalam desikator lalu ditimbang. Proses tersebut diulangi lagi sampai dicapai bobot yang konstan.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{massa botol} + \text{massa sampel} - \text{massa akhir}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$$

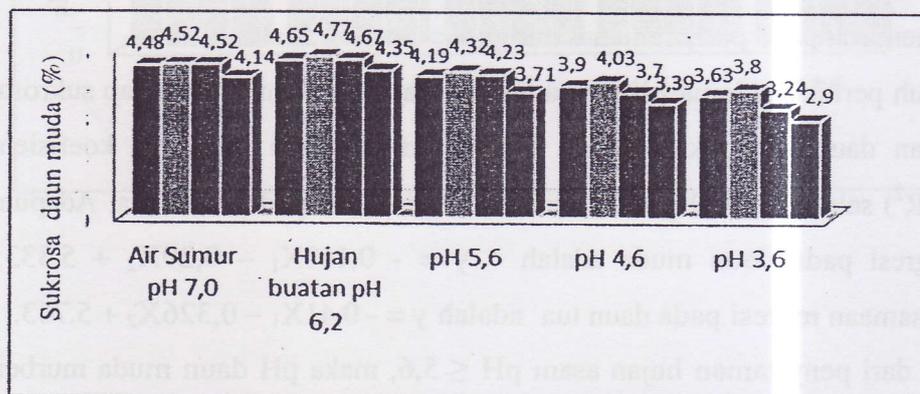
Data kandungan senyawa biokimia daun dan kuantitas daun dianalisis menggunakan *Multivariate Anova* dengan bantuan program *Microsoft Office Excell* 2007. *Multivariate Anova* dipilih untuk mengetahui ada/tidaknya perbedaan rerata hasil pada kombinasi perlakuan. Jika analisis data menunjukkan ada perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (*Least Significant Different/LSD*) 5% dan 1%. Selain itu, untuk mengetahui besarnya pengaruh perlakuan pH dan lama pemaparan hujan asam terhadap kandungan senyawa biokimia daun murbei dilakukan analisis regresi linier ganda menggunakan bantuan program SPSS versi 16.

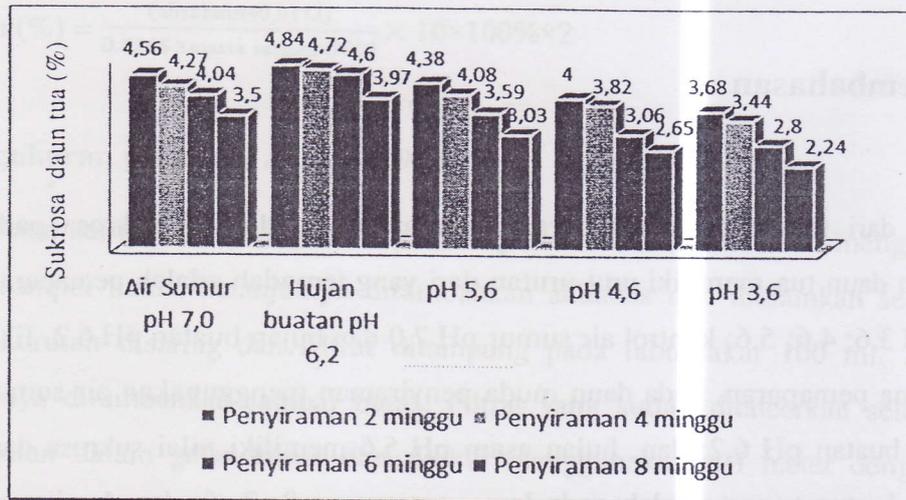
Hasil dan Pembahasan

Hasil

Dilihat dari faktor perlakuan derajat keasaman, kandungan sukrosa pada daun muda dan daun tua memiliki urutan dari yang terendah adalah pemaparan hujan asam pH 3,6; 4,6; 5,6; kontrol air sumur pH 7,0 dan hujan buatan pH 6,2. Jika dilihat dari lama pemaparan, pada daun muda penyiraman menggunakan air sumur pH 7,0; hujan buatan pH 6,2; dan hujan asam pH 5,6 memiliki nilai sukrosa dari yang terendah berturut-turut adalah pada lama pemaparan 8, 2, 6, dan 4 minggu. Akan tetapi, pada pemaparan hujan asam pH 4,6; dan 3,6 daun muda dan seluruh perlakuan pH pada daun tua memiliki nilai sukrosa dari yang terendah adalah pada lama penyiraman 8, 6, 2, dan 4 minggu. Dapat dilihat bahwa nilai kandungan sukrosa terendah selalu pada pemaparan pH 3,6 selama 8 minggu, dan nilai kandungan sukrosa tertinggi selalu pada lama pemaparan pH 6,2 selama 4 minggu (Gambar 1).

Besarnya penurunan kandungan sukrosa daun muda murbei dari pH 6,2 menjadi pH 3,6 pada lama pemaparan 2, 4, 6, dan 8 minggu berturut-turut sebesar 21,5%; 20,33%; 30,62% dan 33,33%; sedangkan besarnya penurunan kandungan sukrosa pada daun tua murbei berturut-turut sebesar 23,97%; 27,12%; 39,13% dan 43,57%.





Gambar 1. Diagram Batang Kandungan Sukrosa Daun Murbei yang Terpapar Hujan Asam

Hasil analisis sidik ragam (Anova) perlakuan derajat keasaman dan lama pemaparan hujan asam menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan ($P < 0,01$) terhadap penurunan sukrosa daun muda dan daun tua. Interaksi perlakuan derajat keasaman dan lama pemaparan hujan asam mempengaruhi penurunan sukrosa daun muda, tetapi tidak mempengaruhi penurunan sukrosa pada daun tua.

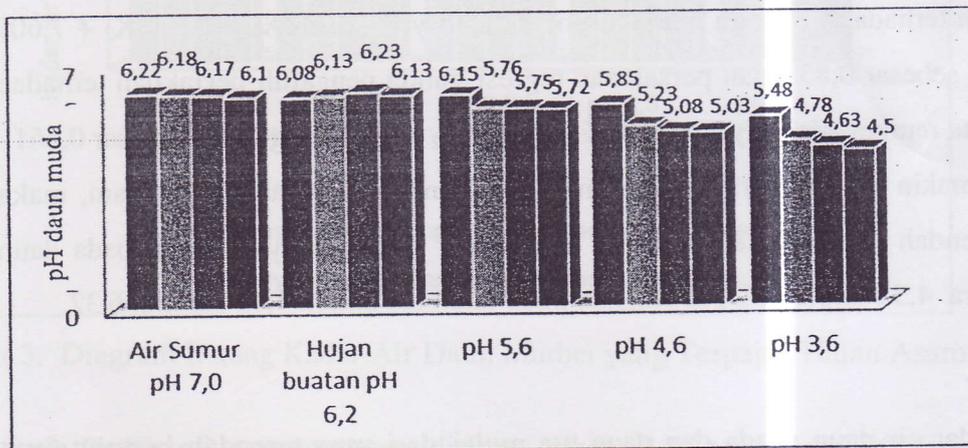
Pada daun tua, penyiraman hujan asam berpengaruh menurunkan kandungan sukrosa daun pada pH kurang dari 5,6. Pada penyiraman hujan asam 2 sampai 6 minggu kandungan sukrosa daun masih belum terjadi penurunan yang nyata, akan tetapi sangat menurun pada penyiraman 8 minggu.

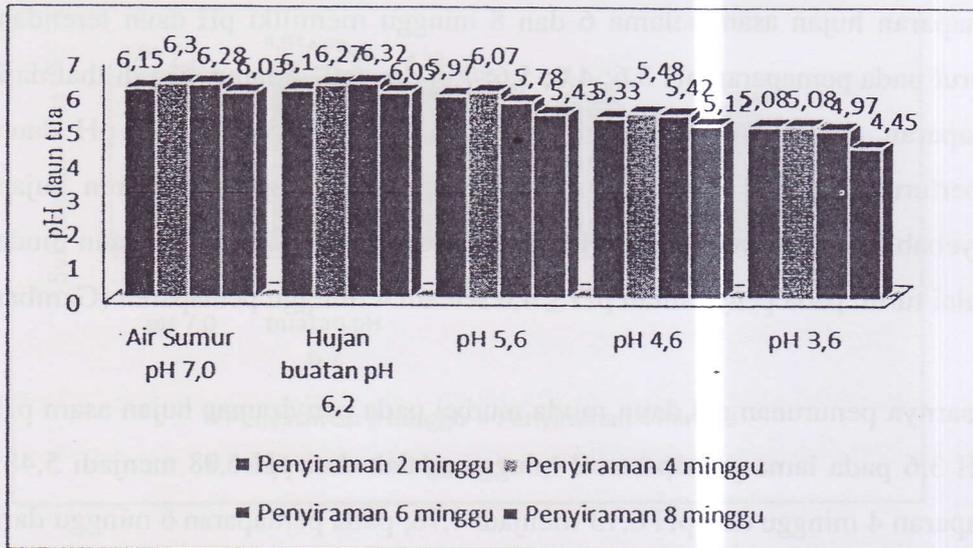
Pengaruh perlakuan lama pemaparan dan derajat keasaman terhadap sukrosa daun muda dan daun tua cukup tinggi. Hal ini dilihat dari besarnya koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,789 pada daun muda dan 0,832 pada daun tua. Adapun persamaan regresi pada daun muda adalah $y = -0,163X_1 - 0,29X_2 + 5,333$; sedangkan persamaan regresi pada daun tua adalah $y = -0,41X_1 - 0,326X_2 + 5,763$.

Dilihat dari penyiraman hujan asam $pH \leq 5,6$, maka pH daun muda murbei mulai dari yang terendah berturut-turut berada pada lama pemaparan 8, 6, 4, dan 2 minggu, sedangkan pada daun tua pH terendah berada pada lama pemaparan 8 dan 2 minggu. Dilihat dari faktor derajat keasaman, maka pH daun muda dan daun tua memiliki pola yang sama, yaitu lama pemaparan 2 dan 4 minggu memiliki pH daun terendah berturut-turut pada pemaparan pH 3,6; 4,6; 5,6; 6,2; dan 7,0, sedangkan

pada pemaparan hujan asam selama 6 dan 8 minggu memiliki pH daun terendah berturut-turut pada pemaparan pH 3,6; 4,6; 5,6; 7,0; dan 6,2. Adapun jika dilihat dari lama pemaparan, maka pada daun muda dan daun tua memiliki pola pH daun terendah berturut-turut pada pemaparan 8, 2, 6, dan 4 minggu. Pemaparan hujan asam menyebabkan penurunan pada pH daun murbei. Derajad keasaman daun muda terlihat mulai turun pada penyiraman $\text{pH} \leq 4,6$ setelah 4 minggu pemaparan (Gambar 2).

Besarnya penurunan pH daun muda murbei pada penyiraman hujan asam pH 6,2 dan pH 3,6 pada lama pemaparan 2 minggu adalah dari pH 6,08 menjadi 5,48; pada pemaparan 4 minggu dari pH 6,13 menjadi 4,78; pada pemaparan 6 minggu dari pH 6,23 menjadi 4,63; dan pada pemaparan 8 minggu dari pH 6,13 menjadi 4,5. Besarnya penurunan pH daun tua murbei pada penyiraman hujan asam pH 6,2 dan pH 3,6 pada lama pemaparan 2 minggu dari pH 6,1 menjadi 5,08; pada pemaparan 4 minggu dari pH 6,27 menjadi 5,08; pada pemaparan 6 minggu dari pH 6,32 menjadi 4,97; dan pada pemaparan 8 minggu dari pH 6,05 menjadi 4,45 (Gambar 2).





Gambar 2. Diagram Batang pH Daun Murbei yang Terpapar Hujan Asam

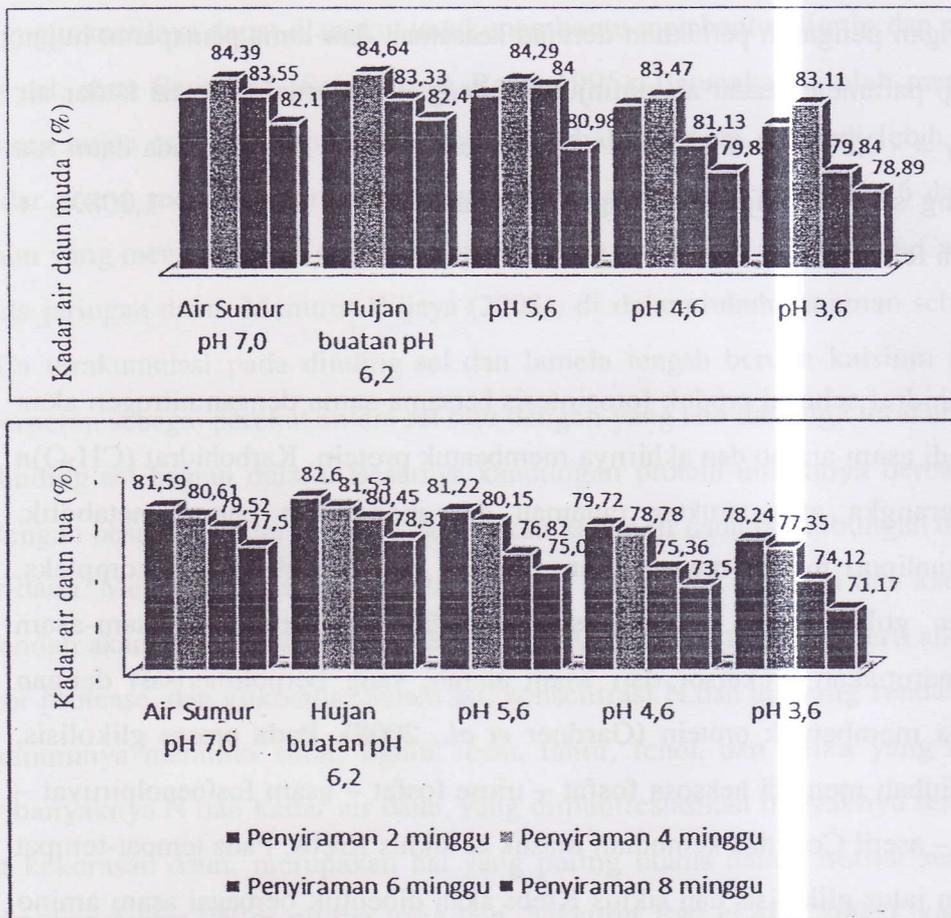
Faktor derajat keasaman dan lama pemaparan penyiraman hujan asam serta interaksinya memberi pengaruh yang sangat signifikan ($P < 0,01$) terhadap penurunan pH daun muda dan daun tua murbei. Persamaan regresi ganda pengaruh perlakuan hujan asam terhadap pH daun muda murbei adalah $y = - 0,144X_1 - 0,348X_2 + 7,609$ dengan R^2 sebesar 0,831 dan persamaan regresi ganda pengaruh perlakuan terhadap pH daun tua murbei adalah $y = - 0,102X_1 - 0,344X_2 + 6,97$ dengan R^2 sebesar 0,861.

Semakin rendah derajat keasaman dan lama pemaparan hujan asam, maka semakin rendah pH daun. Kisaran pH daun tidak terlalu banyak, yaitu pada daun muda antara 4,5 sampai 6,23, sedangkan pada daun tua antara 4,45 sampai 6,32.

Kadar Air

Kadar air daun muda dan daun tua mulai dari yang terendah berturut-turut terdapat pada penyiraman pH 3,6; 4,6; 5,6; 7,0; dan 6,2. Dilihat dari lama pemaparan, maka pada daun muda terdapat dua pola, yaitu pada penyiraman pH 3,6; 4,6; dan 6,2 memiliki kadar air mulai dari yang terendah berturut-turut terdapat pada lama pemaparan 8, 6, 2, dan 4 minggu, sedangkan pada penyiraman pH 5,6 dan kontrol air sumur pH 7,0 urut-urutannya dari yang terendah adalah pada pemaparan 8, 2, 6, dan 4 minggu. Pada daun tua, seluruhnya memiliki urut-urutan kadar air dari yang terendah pada pemaparan hujan asam selama 8, 6, 4, dan 2 minggu.

Pada Gambar 3, penyiraman hujan asam 4 minggu menunjukkan kadar air daun muda yang paling tinggi (83,11–84,64%). Besarnya penurunan kadar air daun muda murbei dari pH 6,2 menjadi pH 3,6 pada lama pemaparan 2, 4, 6, dan 8 minggu berturut-turut sebesar 2,14%; 1,81%; 4,19% dan 4,27%.



Gambar 3. Diagram Batang Kadar Air Daun Murbei yang Terpapar Hujan Asam

Pada Gambar 3, tanaman yang disiram selama 2 minggu memiliki daun tua dengan kadar air yang paling tinggi (antara 78,24% sampai 82,6%). Hal ini berarti bahwa tanaman dengan umur 6 minggu setelah pangkas memiliki daun yang lunak, meskipun warnanya sudah hijau tua. Pada penyiraman pH kurang dari 4,6 selama 6 sampai 8 minggu menunjukkan kadar air kurang dari 75%. Hal ini memberi arti daun sudah keras. Adapun besarnya penurunan kandungan kadar air daun tua murbei dari pH 6,2 menjadi pH 3,6 pada lama pemaparan 2, 4, 6, dan 8 muda memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan daun tua. Rerata kadar air daun muda pada penelitian ini sebesar 82,61%, sedangkan kadar air daun tua sebesar 78,18%. Semakin rendah

pH penyiraman, maka makin rendah kadar air daun. Pemaparan hujan asam $\text{pH} \leq 5,6$ selama 4 minggu masih dianggap baik dilihat dari kadar air daun karena diatas 75%. Daun pakan yang ideal untuk ulat sutera adalah daun yang memiliki kadar air lebih dari 75%.

Hubungan pengaruh perlakuan derajat keasaman dan lama pemaparan hujan asam terhadap parameter kadar air ditunjukkan dengan persamaan regresi kadar air daun muda $y = -0,877X_1 - 0,655X_2 + 86,77$, dengan $R^2 = 0,659$. Pada daun tua hubungan yang sama ditunjukkan dengan persamaan $y = -1,908X_1 - 1,308X_2 + 86,878$ dengan $R^2 = 0,881$.

Pembahasan

Karbohidrat sebagai produk fotosintesis bersama-sama dengan nitrogen akan diubah menjadi asam amino dan akhirnya membentuk protein. Karbohidrat $(\text{CH}_2\text{O})_n$ menyusun kerangka atau struktur tanaman dan merupakan energi metabolik. Karbohidrat meliputi macam-macam asam organik, gula sederhana dan kompleks, serta polimer gula, seperti tepung, selulosa, dan hemiselulosa. Asam-asam organiknya merupakan prekursor dari asam amino, yang berpolimerisasi dengan ikatan peptida membentuk protein (Gardner *et al.*, 2008). Pada proses glikolisis, karbohidrat diubah menjadi heksosa fosfat – triose fosfat – asam fosfoenolpiruvat – asam piruvat – asetil CoA dan kemudian masuk ke siklus Krebs. Pada tempat-tempat tertentu dalam jalur glikolisis dan siklus Krebs akan dibentuk berbagai asam amino yang nantinya akan menyusun protein. Asam amino yang mengandung unsur S (sulfur/belerang) adalah metionin dan sistein. Belerang (S) berasal dari bahan organik tanah dan juga garam-garam anorganik, seperti kalsium sulfat dan magnesium sulfat yang terdapat pada hujan asam (Gardner *et al.*, 2008). Hujan asam banyak mengandung unsur S. Hanya sedikit sulfat (SO_2) dari udara yang diserap lewat daun. Sulfat (SO_4^{2-}) umumnya diserap lewat akar. Reduksi sulfat menjadi sulfid memerlukan energi (ATP) dalam prosesnya. Reduksi sulfat berlangsung di akar maupun di batang tanaman, tapi sebagian besar belerang diangkut melalui xilem ke daun dalam bentuk SO_4^{2-} nonreduksi. Tahap pertama asimilasi SO_4^{2-} dengan ATP, menghasilkan *adenosin-5'-fosfosulfat* (APS) dan *pirofosfat* (PPi). Reaksi tersebut dikatalisis oleh *ATP sulfurilase*. *Sulfida* yang dihasilkan dari reduksi APS secara

cepat diubah menjadi senyawa belerang organik, khususnya sistein dan metionin. Sebagian besar (90%) belerang tumbuhan berada pada sistein dan metionin dari protein, namun sejumlah kecil sistein bergabung pada ko-enzim A, dan sedikit metionin digunakan membentuk *S-adenilmetionin*. Salah satu peran *S-adenilmetionin* adalah gugus metilnya dapat diangkut untuk membantu membentuk lignin dan pektin dinding sel, serta flavonoid (Salisbury & Ross, 1995). Barangkali, itulah mengapa pemaparan hujan asam pada penelitian ini menyebabkan daun menjadi lebih keras dan kadar airnya menurun, terutama tampak nyata pada perlakuan pH 4,6 dan pH 3,6. Daun yang mengeras juga dapat disebabkan oleh banyaknya kandungan Ca yang ada pada jaringan daun. Menurut Wijaya (2008), di dalam tubuh tanaman sebagian besar Ca terakumulasi pada dinding sel dan lamela tengah berupa kalsium pektat yang berperan sebagai perekat antara sel satu dengan yang lain dan juga terakumulasi pada dinding sel bagian dalam. Besarnya kandungan protein umumnya berbanding lurus dengan besarnya kadar air daun, sedangkan kadar air daun berhubungan dengan tekstur daun. Menurut Mattson & Scriber (1987), kandungan nitrogen dan kadar air yang rendah akan memiliki senyawa metabolit sekunder yang tinggi, seperti alkaloid, inhibitor protease, dan glikosida. Selain itu, konsentrasi N dan air yang rendah pada daun umumnya memiliki serat, lignin, resin, tanin, fenol, dan silika yang tinggi. Faktor banyaknya N dan kadar air daun, yang dimanifestasikan banyaknya serat dan tingkat kekerasan daun, merupakan hal yang paling utama dalam nutrisi serangga dibandingkan faktor-faktor nutrisi yang lain. Menurut Rao *et al.*, (2007), kadar air daun murbei merupakan faktor yang penting yang mempertahankan tingkat nutrisi daun, yang pada gilirannya akan meningkatkan palatibilitas ulat sutera. Daun yang memiliki kadar air tinggi dikatakan sebagai daun yang berkualitas baik.

Perlakuan hujan asam pH 3,6 merupakan perlakuan asam yang ekstrim. Kebanyakan tanaman toleran terhadap pH yang ekstrim rendah atau tinggi, asalkan dalam tanah tersedia hara yang cukup (Bailey, 1986). Akan tetapi, pada penelitian ini, tanaman murbei ditanam pada polybag yang mana jumlah medianya terbatas. Pada pemaparan pH 3,6 selama 8 minggu nyata sekali perbedaan performansi tanaman, yaitu tanaman tampak kerdil dan daun tanaman menguning serta memiliki tekstur daun yang keras. Pada kondisi perlakuan pH ekstrim ini diduga unsur hara yang ada pada tanah tercuci dan sudah ada pengaruh meracuni dari unsur-unsur

logam yang terlepas. Menurut Bailey (1986), unsur hara yang sangat dipengaruhi oleh pH antara lain adalah (1) kalsium dan magnesium dapat ditukar, (2) aluminium dan unsur mikro, (3) ketersediaan fosfor, dan (4) perharan yang berkaitan dengan kegiatan jasad mikro. Demikian pula menurut Bohn *et al.* (2001), pengaruh rendahnya pH pada pertumbuhan tanaman umumnya disebabkan oleh meningkatnya ion toksik, atau menurunnya ion-ion esensial pada larutan tanah. Hujan asam menyebabkan terlepasnya unsur logam dalam tanah sehingga meracuni tanaman. Menurut Firmansyah (2003), tingginya Al^{3+} pada tapak jerapan maupun larutan tanah menyebabkan kemasaman tanah meningkat dan konsentrasi yang dominan Al menyebabkan unsur tersebut menjadi toksik. Toksisitas Al terhadap tanaman terutama mempengaruhi perakaran, yaitu terjadi penghambatan perpanjangan akar. Pengaruh Al yang tinggi menyebabkan terbentuknya lapisan yang menutupi epidermis di ujung akar tanaman. Selain menyebabkan pertumbuhan akar terhambat, pengaruh Al juga mengakibatkan kerusakan sel terutama di sekeliling sel-sel ujung akar, yang kemudian diikuti matinya sel. Banyaknya Al yang terkumpul pada ujung akar diduga akibat terikat masa atau difusi saat akar tanaman menyerap kation terutama Ca^{2+} dan Mg^{2+} , sedangkan Al^{3+} yang tidak penting bagi tanaman tertinggal di permukaan akar.

Kesimpulan

- 1) Perlakuan derajat keasaman dan lama pemaparan hujan asam berpengaruh sangat signifikan ($P < 0,01$) terhadap penurunan sukrosa, pH, dan kadar air, baik pada daun muda maupun daun tua tanaman murbei, kecuali pada interaksi perlakuan terhadap kandungan sukrosa daun tua yang mengalami peningkatan.
- 2) Besarnya pengaruh perlakuan derajat keasaman dan lama pemaparan hujan asam pada daun muda dan daun tua terhadap sukrosa daun adalah sebesar 78,9% dan 83,2%, terhadap pH daun sebesar 83,1 % dan 86,1%, sedangkan terhadap kadar air daun sebesar 65,9% dan 88,1%.

Daftar Rujukan

- AOAC, 1988. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Bailey, H.H. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Lampung: Penerbit Universitas Lampung.
- Bohn, H.L., McNeal, B.L. & O'Connor, G.A. 2001. *Soil Chemistry*. 3rd Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- 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).
- 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.
- Firmansyah, M.A. 2003. *Respon Tanaman terhadap Aluminium*, (Online, <http://tumoutou.net/>, diakses 10 Juli 2009).
- Gardner, F.P., Pearce, R.B. & Mitchell, R.G. 2008. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Penerjemah: Herawati Susilo. Jakarta: UI-Press.
- Gaspersz, V. 1992. *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan Jilid 2*. Bandung: Penerbit "Tarsito".
- Kerkut, G.A. & Gilbert, L.I. 1985. *Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology*. Volume 4. Regulation: Digestion, Nutrition, Excretion. Oxford: Pergamon Press.
- Mattson, W.J. & Scriber, J.M. 1987. Nutritional Ecology of Insect Folivores of Woody Plants: Nitrogen, Water, Fiber, and Mineral Considerations. *Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spider, and Related Invertebrates: An Overview*. Editors: F. Slansky and J.G. Rodriguez. New York: John Wiley and Sons.
- Megazyme International Ireland Limited. 2005. *Sucrose, D-Fructose and D-Glucose Assay Procedure*, (Online), (<http://www.megazyme.com>, diakses 9 Oktober 2009).
- Prihatin, J. 2010. Pengaruh pH Hujan Asam terhadap Kandungan Protein, Gula, dan Vitamin C Daun Murbei *Morus Multicaulis* Perr. *Jurnal Saintifika*. Vol. 11. No.1:109-120.

Rao, D.M.R., Kodandaramaiah, J., Reddy, M.P., Katiyar, R.S., & Ramathulla, V.K., 2007. Effect of VAM Fungi and Bacterial Biofertilizer on Mulberry Leaf Quality and Silkworm Cocoon Characters under Semiarid Conditions. *Caspian . Env. Sci*, Vol.5, No.2: 111-117.

Re Velle, P. & Re Velle, C. 1992. *The Global Environment: Securing a Sustainable Future*. London: Jones and Bartlett Publishers.

Salisbury, F.B. & Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Jilid 2. Penerjemah: Diah R. Lukman & Sumaryono. Bandung: Penerbit ITB.

Wijaya, K.A. 2008. *Nutrisi Tanaman sebagai Penentu Kualitas Hasil dan Resistensi Alami Tanaman*. Jakarta: Prestasi Pustaka Publisher.

- Uji Efek Hepatoprotektor Ekstrak Tapak Liman (*Elephantopus Schaber L.*) pada Mencit Jantan Galur Swiss (L. Winarti, N. S. Hadi) 110 - 120
- Upaya Meningkatkan Hasil Belajar dengan Mencrapkan Pembelajaran Kooperatif Tipe Stad (*Student Team Achievement Devisions*) dengan Praktikum pada Siswa Kelas VIIIA SMPNegeri 1 Mayang Tahun Pelajaran 2010/2011 (E. Soelasmi) 121 - 127
- Implementasi *Lesson Study* pada Matakuliah SPT I dengan Menggunakan Pendekatan Kontekstual untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Aktivitas Mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember (S. A. Harini) 128 – 139
- Pengaruh Simulasi Hujan Asam terhadap Kandungan Sukrosa, pH, dan Kadar Air Daun Murbei *Morus Multicaulis* Perr (J. Prihatin) 140 – 153
- Pengembangan dan Validasi Metode KLT–Densitometri untuk Penentuan Kadar Kafein dalam Teh Celup Kemasan yang Beredar Di Seluruh Supermarket Di Kabupaten Jember (Y. Retnaningtyas) 154 - 164
- Pengaruh *Effective Microorganism-4* (Em-4) dan Waktu Pengomposan pada MediaTumbuh terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jamur Merang (*Volvariella Volvaceae* (Bull. Ex. Fr.)) (I. N. Asyiah, I. Mudakir, M. L. Bararah) 165 – 177
- Pengembangan Formula Antinyamuk Emulgel Minyak Kunyit sebagai Alternatif Pencegah Penyebaran Demam Berdarah Dengue (L. Ameliana, L. Winarti) 178 - 190
- Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Tebu, Kulit Kopi, dan Ampas Tahu sebagai Campuran Medium Tumbuh terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) (I.N. Asyiah, I. Mudakir, I.N. Rahayu) 191 - 200
- Inventarisasi Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Kawasan Wisata Air Terjun Tirto Kemanten, Kecamatan Kalibaru, Kabupaten Banyuwangi sebagai Sumber Belajar Biologi (Pujiastuti, Sulifah Aprilya H, Alfian Nur A.T) 201 - 211