



Ekofisiologi dan Peluang Pengembangan Durian (*Durio zibethinus*) Dengan Sistem Agroforestri di Lereng Selatan Gunung Merapi, Indonesia

Ecophysiology and Development Opportunities of Durian (Durio zibethinus) Through Agroforestry Systems in the Southern Slopes of Mount Merapi, Indonesia

Febri Arif Cahyo Wibowo^{1*}, Priyono Suryanto², & Eny Faridah²

¹Fakultas Pertanian Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246, Malang, 65144

*Email: febriarif14@gmail.com

²Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Agro No.1, Bulaksumur, Yogyakarta, 55281

HASIL PENELITIAN

Riwayat Naskah :

Naskah masuk (received): 20 Juni 2018

Diterima (accepted): 8 Juli 2019

KEY WORDS

agroforestry
 ecophysiology
 durian
 Merapi Mountain

KATA KUNCI

agroforestri
 ekofisiologi
 durian
 Gunung Merapi

ABSTRACT

Durian (Durio zibethinus) is widely cultivated through agroforestry system in the Cangkringan and Kemalang sub district, in the southern slope of Merapi Mountain, Yogyakarta, Indonesia. Although the area to crop Durian has increased since 1990's, the productions were not optimal, which probably is due to lack of silviculture treatments. This research aimed to assess the influence of physiological and environmental factors on Durian planted through agroforestry system of homegarden and dryland, and to analyze the condition of durian root systems under those two locations. Ecophysiological studies of Durian were carried out by leaf sampling for physiological properties (i.e. nitrate reductase activity, relative water content, stomata, proline and chlorophyll content) and field observations on environmental factors (i.e. mean air temperature, wind speed, light and moisture). Variance analysis was conducted with advanced DMRT and stepwise statistical analysis. Observation on durian rooting system was conducted by geoelectric resistivity method. The results showed that the soil conditions of the two locations were relatively similar and the root rhizosphere of durian mostly consisted of small stones, sand, and water. It was found that the Durian fruit yield between agroforestry system of homegarden and dryland were different, and based on the stepwise statistical analysis, the Durian production was mostly influenced by wind speed. It was observed that the presence of wind has caused the abscission of young fruits, where faster wind resulted in more abscission of young fruits. Another factor affecting the Durian production was rainfall. It was observed that rainfall has interfered the metabolism processes of the fruits causing fruits being rotten before harvest time.

INTISARI

Durian (*Durio zibethinus*) merupakan salah satu tanaman yang banyak dikembangkan sebagai tanaman dalam sistem agroforestri di Kecamatan Cangkringan dan Kemalang di lereng selatan Gunung Merapi. Namun demikian, walaupun areal pertanamannya terus meningkat, produktivitas Durian tidak cukup optimal. Hal ini disinyalir karena kurangnya tindakan silvikultur yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sifat fisiologi dan faktor lingkungan terhadap durian pada sistem agroforestri yang ada di pekarangan dan tegalan milik petani, serta mengamati kondisi

perakarannya di kedua lokasi tersebut. Identifikasi ekofisiologi durian dilakukan dengan pengambilan sampel daun untuk mengukur sifat fisiologis (aktivitas nitrat reduktase, kandungan air nisbi daun, stomata, prolin dan klorofil), serta pengamatan langsung di lapangan untuk mengukur faktor lingkungan (suhu, kecepatan angin, sekapan cahaya dan kelembaban). Analisis yang digunakan adalah analisis varian dengan uji lanjut DMRT dan analisis statistik bertatar. Pengamatan kondisi perakaran durian dilakukan dengan metode resistivitas geolistrik. Hasil penelitian dari gatra ekofisiologi menunjukkan bahwa ada perbedaan nyata pada hasil produksi buah durian dengan umur relatif sama di kedua lokasi, dimana hasil analisis statistik bertatar menunjukkan bahwa produksi durian dipengaruhi oleh kecepatan angin. Angin dengan kecepatan tinggi akan berpengaruh terhadap gugurnya buah muda. Perbedaan hasil durian juga diduga dipengaruhi oleh curah hujan yang menyebabkan proses metabolisme pada buah menjadi tidak sempurna. Hujan juga menyebabkan banyaknya buah Durian busuk sebelum dipanen. Selanjutnya diketahui bahwa kondisi tanah di kedua wilayah relatif sama, dengan kondisi rizhosfer perakaran Durian yang didominasi oleh kerikil, pasir dan air.

© Jurnal Ilmu Kehutanan -All rights reserved

Pendahuluan

Hutan menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dikarenakan ketergantungan manusia terhadap sumber daya alam. Keragaman hayati hutan tropis di Indonesia menempati urutan ketiga setelah Brasil dan Republik Demokrasi Kongo (Achmaliadi 2001). Pemanfaatan hutan yang bijak akan meminimalkan dampak kerusakan ekologi hutan. Dibutuhkan pemanfaatan yang memperhatikan aspek kelestarian (ekologi, ekonomi dan sosial) agar hutan tetap terjaga hingga masa yang akan datang (Perhutani 2002). Pengelolaan hutan lestari sulit tercapai akibat populasi manusia meningkat dan menjadi dorongan kuat terjadinya kerusakan hutan terutama dalam bentuk degradasi lahan. Manusia banyak memilih untuk memanfaatkan lahan hutan sebagai tempat tinggal dan memanfaatkan sumber daya hutan sebagai mata pencahariannya (Adiputranto 1995).

Sistem agroforestri dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan pemanfaatan lahan dan degradasi lahan. Agroforestri adalah sistem penggunaan lahan dengan kombinasi antara tanaman berkayu dengan tanaman tidak berkayu dan bisa juga dikombinasikan dengan rerumputan. Pada sistem agroforestri terkadang ada komponen ternak atau hewan lain yang pada akhirnya akan membentuk interaksi ekologis dan ekonomis

antara tanaman berkayu dengan komponen lain (Huxley 1999). Terdapat berbagai macam praktek agroforestri, diantaranya adalah agroforestri pekarangan dan tegalan. Agroforestri pekarangan cenderung mempertahankan tingkat keberagaman tanaman yang lebih tinggi, karena pengelolaannya menggunakan tanaman buah-buahan yang dapat dipanen setiap tahunnya untuk memenuhi kebutuhannya. Sistem ini menghubungkan rumah tangga dan masyarakat dengan pertanian, sehingga mampu menyediakan sumber makanan, obat-obatan serta peningkatan pendapatan masyarakat (Gbedomon 2016). Kondisi ini memberikan manfaat praktis dari perspektif petani, karena beragamnya agroekosistem dapat memberikan banyak manfaat sosial dan lingkungan seperti penyediaan layanan ekosistem yang menjaga tanaman dari hama dan penyakit serta menjaga kesuburan tanah, retensi air, dan penyerbukan (Norfolk 2013). Menurut Simon (2010), jika pekarangan merupakan satu kesatuan dengan rumah tempat tinggal penduduk, maka tegalan terletak agak jauh dari rumah.

Agroforestri yang diterapkan pada pekarangan dan tegalan biasanya memanfaatkan tanaman pokok yang komersil dan pohon buah-buahan. Salah satu kombinasi pohon pokok dan pohon buah-buahan adalah kombinasi dengan tanaman Durian (*Durio zibethinus*). Budidaya durian

dianggap menguntungkan karena buah ini digemari masyarakat, harga cukup terjangkau, dan petani juga mendapatkan keuntungan yang cukup tinggi dari budidaya durian. Tercatat dari tahun 1990 hingga 2013 telah terjadi perkembangan luasan lahan produksi durian di Indonesia, dengan rata-rata pertambahan luas lahan budidaya durian sebesar 3,37% per tahun (Kementerian Pertanian 2014). Perkembangan produksi durian mengalami peningkatan, dengan produksi tahun 2013 mencapai 759,05 ribu ton, dibandingkan pada tahun 1990 yang hanya 242,56 ribu ton, dimana pada masa tersebut Durian baru ditanam di pekarangan atau kebun dalam skala kecil.

Desa Glagaharjo, Kecamatan Cangkringan dan Desa Panggang, Kecamatan Kemalang merupakan desa di lereng selatan Gunung Merapi yang menerapkan agroforestri pekarangan dan tegalan dengan tanaman buah-buahan salah satunya durian. Pengelolaan tata ruang tanaman dan tindakan silvikultur yang kurang tepat untuk tanaman durian menjadikan produktivitas durian di kedua desa tersebut kurang optimal. Penataan ruang untuk tanaman durian yang kurang baik akan memberikan hasil yang tidak maksimal, misalnya tinggi pohon yang sangat berbeda antara pohon satu dengan lainnya, sehingga memberikan dampak negatif pada durian yang ternaungi. Jarak antar pohon yang terlalu rapat atau sebaliknya terlalu dekat akan mempengaruhi iklim mikro, antara lain suhu dan kelembaban di sekitar tanaman durian.

Praktik silvikultur merupakan salah satu kunci kesuksesan untuk peningkatan kualitas pertumbuhan tanaman dan optimalisasi produksi buah durian, sehingga perlu lebih diperhatikan dalam pengembangan pengelolaan agroforestri durian. Pemeliharaan tanaman perlu dilakukan untuk peningkatan produksi buah durian antara lain dengan stimulasi pembungaan, pemberian pupuk, pemangkasan dan penjarangan. Selain itu, pendekatan ekofisiologi juga dibutuhkan untuk mengoptimalkan hasil buah durian. Optimalisasi dapat dilakukan dengan mengetahui sifat fisiologis tanaman yang ada di lapangan, sehingga dapat dirancang strategi manipulasi lingkungan untuk peningkatan kapasitas fisiologinya. Sifat fisiologis yang dapat diamati di antaranya kandungan

klorofil, prolin, aktivitas nitrat reduktase, stomata dan kandungan air nisbi daun. Kondisi rizhosfer perakaran durian juga perlu diamati untuk mengetahui aktivitas perakaran. Penelitian terkait pengaruh lingkungan terhadap ekofisiologi tanaman pertanian pernah dilakukan oleh Alam (2015) pada tanaman cengkeh, kapulaga dan kakao (Alam 2015). Hasilnya menunjukkan bahwa ketinggian tempat mempengaruhi produktivitas cengkeh dan kakao, dimana zona atas menunjukkan bobot kering cengkeh tertinggi (3,48 ton/ha), kemudian zona tengah (3,08 ton/ha) dan zona bawah (0,95 ton/ha), sedangkan pada tanaman kakao, zona bawah memberikan hasil bobot kering kakao tertinggi (104,47 kg/ha) kemudian zona tengah (19,61 kg/ha) dan zona atas (5,03 kg/ha). Lebih lanjut dijelaskan bahwa pada musim kemarau bobot kering kakao lebih tinggi (43,65 kg/ha) dibandingkan pada saat musim hujan (42,42 kg/ha).

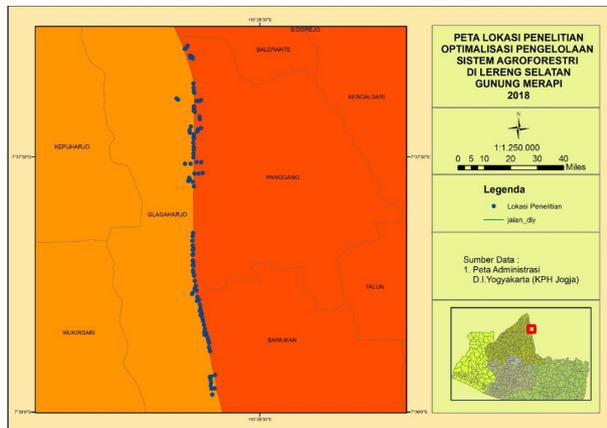
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sifat fisiologi dan faktor lingkungan terhadap durian pada sistem agroforestri yang ada di pekarangan dan tegalan milik petani di Desa Glagaharjo, Kecamatan Cangkringan dan Desa Panggang, Kecamatan Kemalang, serta mengamati kondisi perakarannya di kedua lokasi tersebut. Penelitian ini dianggap perlu karena praktik penanaman durian di lokasi tersebut kurang memperhatikan teknik silvikultur yang baik sehingga pertumbuhan dan produktivitas durian kurang optimal. Desa Panggang, Kemalang berdekatan dengan Desa Glagaharjo, Cangkringan, namun kedua desa tersebut secara administrasi masuk di provinsi yang berbeda. Kecamatan Kemalang termasuk dalam wilayah Jawa Tengah, sedangkan Kecamatan Glagaharjo termasuk dalam wilayah D.I. Yogyakarta. Kedua lokasi tersebut dibatasi oleh jalan yang digunakan masyarakat untuk aksesibilitas. Kedua lokasi ini memiliki kesamaan dalam pengembangan tanaman pada lahan agroforestri dengan menanam durian untuk penambahan pendapatan petani.

Bahan dan Metode

Waktu dan lokasi penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Lereng Selatan Gunung Merapi Yogyakarta (Desa Glagaharjo Kec.

Cangkringan dan Desa Panggang, Kecamatan Kemalang; Gambar 1). Penelitian dilakukan mulai bulan Februari 2018 hingga April 2018. Pengambilan data lapangan dilakukan pada bulan Februari hingga Maret 2018, yang dilanjutkan pada bulan Maret hingga April 2018 untuk penelitian di Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.



Gambar 1. Peta lokasi
Figure 1. Site map

Bahan dan alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah GPS, kamera digital, lux meter, spectronic 21-D, mikroskop, optilab, hygrometer, gunting, kantong plastik, kantong kertas, box, timbangan analitik, oven dan alat geolistrik resistivitas. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta lokasi penelitian, sampel daun durian dan kutex.

Pengambilan data

Survei dilakukan pada lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi wilayah. Selanjutnya dilakukan persiapan alat pengukuran kondisi lingkungan, fisiologi dan hasil tanaman. Pengambilan sampel daun durian dilakukan secara acak pada empat lokasi (pekarangan dan tegalan) dengan 1 kali ulangan. Pengamatan kondisi perakaran dilakukan dengan cara mengamati kondisi rizhosfer durian menggunakan alat geolistrik di lokasi pekarangan dan tegalan (kondisi tegalan dan pekarangan di kedua wilayah tergolong sama) di Gligaharjo dan Kemalang di mana kedua lokasi yang berdekatan dan berdampingan. Pengambilan sampel dilakukan dengan 2 kali ulangan pada setiap lokasi sehingga terdapat 2 sampel yang diambil pada setiap lokasi di pekarangan dan tegalan.

Pengambilan data lingkungan (kecepatan angin, kelembaban, suhu dan sekapan cahaya), dan pengamatan sifat fisiologis yang antara lain: klorofil, prolin, aktivitas reduktase dan kandungan air nisbi daun, serta pengukuran sampel hasil tanaman durian dilakukan dengan cara pengamatan langsung. Pengambilan sampel daun dilakukan dengan mengambil daun yang berumur sedang (*fully expanded leaf*). Sampel daun untuk sifat fisiologi seperti klorofil, prolin dan aktivitas nitrat reduktase diamati dan dianalisis di laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Pengamatan rizhosfer akar dilakukan menggunakan alat geolistrik resistivitas. Pengambilan data dengan metode geolistrik resistivitas dilakukan dengan menggunakan Konfigurasi Wenner. Metode ini diperkenalkan oleh Wenner pada tahun 1915, yang merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak spasi sama panjang (Wijaya 2015). Panjang lintasan 6 meter untuk pengukuran ini dilakukan secara bertahap dengan jarak antar elektroda dimulai dari 0,25m, 0,50m, 0,75m hingga 2m.

Faktor lingkungan

Faktor lingkungan yang diukur pada penelitian ini adalah kecepatan angin (km/hari), kelembaban (%) dan suhu rata-rata (°C).

Sekapan cahaya

Sekapan cahaya diukur dengan light meter. Pengamatan dilakukan di tempat terbuka (tanpa intersepsi), dan di bawah tegakan pada kisaran jam 13.00-14.00 (saat intensitas cahaya maksimum, pengukuran intersepsi dilakukan di bawah tegakan agar lebih mudah untuk diamati). Persentase cahaya yang diterima oleh tanaman dihitung dengan persamaan:

$$SC = \frac{(a-b)}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

dimana SC adalah Sekapan Cahaya (%), a adalah cahaya tanpa intersepsi (lux), dan b adalah cahaya di bawah tajuk tanaman strata atas (lux). Sekapan cahaya diukur pada setiap lokasi pekarangan dan tegalan di Gligaharjo dan Kemalang sebanyak 2x ulangan (Alam 2015).

Morfologi stomata

Kerapatan dan lebar bukaan stomata diukur pada daun yang masih aktif tumbuh dan terletak pada bagian tengah tajuk. Bukaan stomata dan jumlah stomata diukur dengan metode cetakan stomata. Bagian bawah daun diberi pengecat kuku (kutex) bening, kemudian slotif ditempel pada kutex dan ditarik kembali, sehingga cetakan stomata ikut terbawa. Selanjutnya, cetakan stomata ditempelkan pada gelas objek dan diamati di bawah mikroskop dengan bantuan optilab. Bukaan stomata diamati dengan lensa okuler mikrometer berbentuk pagar pada pembesaran 10x. Kerapatan/jumlah stomata dengan lensa objektif pada pembesaran 40x (Anu 2017).

Kandungan prolin

Kandungan prolin diamati dengan cara menentukan daun yang pertumbuhannya telah sempurna dan termuda dengan metode Bates et al. (1973). Sampel daun yang digunakan sebanyak 4 daun durian dan ulangan sebanyak 1 kali (Alam 2015). Daun ditumbuk dengan mortar hingga menjadi bubuk dan ditambahkan larutan sulfosalisilat 3% sebanyak 10 ml. Larutan disaring dengan kertas *whatman*. Larutan ninhidrin dibuat dengan melarutkan 1,25 g ninhidrin dalam 30 ml asam asetat glasial dan 2 ml asam fosfat 6 M sampai larut, selanjutnya 2 ml filtrat direaksikan dengan 2 ml asam asetat glasial dalam tabung reaksi dan dipanaskan sampai mendidih selama 1 jam. Tabung reaksi dimasukkan ke dalam air dingin. Larutan dicampur dengan 4 ml toluen dan digojog dengan stirrer selama 15-20 detik. Larutan toluen yang mengandung prolin yang berwarna merah disedot dan dimasukkan dalam *curvet*. *Curvet* dipasang spektroskopik 21-D, selanjutnya absorbansi dibaca pada $\lambda 250$ nm dan dikonversi dengan kurva standar larutan prolin dengan absorbansi. Kadar prolin ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Kandungan prolin} = \text{kadar prolin}(\text{mg.cm}^{-3}) \times 0,347 \text{ mol.g}^{-1} \dots\dots(2)$$

Kandungan prolin sampel ini dikonversi menjadi kandungan prolin per tanaman dengan mengkalikan kadar prolin dengan bobot kering tanaman. Sampel daun yang digunakan sebanyak 4 daun durian dan ulangan sebanyak 1 kali.

Kadar klorofil

Kadar klorofil a, b dan klorofil total pada daun sampel diukur, dimana kandungan klorofil ditentukan menurut Harbourne (1987) dan Gross (1991). Sampel daun yang digunakan sebanyak 4 daun durian dan ulangan sebanyak 1 kali (Alam 2015). Daun segar dari masing-masing tanaman ditumbuk terpisah menggunakan mortar sampai lembut dan menjadi bubuk, selanjutnya dimasukkan ke dalam mortar lain sebanyak 0,5 g bubuk daun kemudian ditambahkan 20 ml aseton 80% dengan pipet serta diaduk sampai bubuk daun larut. Kertas saring berbentuk kerucut diletakkan di atas beaker glass. Larutan daun dalam aseton disaring dan filtrat ditampung dalam beaker glass. Filtrat dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan digojog dengan stirrer. Larutan filtrat dimasukkan ke dalam *curvet* spektrofotometer menggunakan pipet sampai batas warna putih. *Curvet* dimasukkan ke dalam spektroskopik-21D pada $\lambda 645$ nm dan $\lambda 663$ nm serta dicatat absorbannya (A). Kadar klorofil dihitung berdasarkan rumus:

- Klorofil a : $-0,00269 \times A 645 + 0,00127 \times A 663 \dots(3)$
- Klorofil b : $0,0229 \times A 645 - 0,00468 \times A 663 \dots(4)$
- Klorofil total : $0,0202 \times A 645 + 0,00802 \times A 663 \dots(5)$

Kandungan air nisbi daun

Kandungan air nisbi (KAN) daun ditentukan terhadap lima sampel dari masing-masing tanaman. Daun sampel ditentukan bobot segarnya (BS), selanjutnya kandungan air nisbi ditentukan dengan merendam sampel pada tempat yang gelap selama 24 jam. Bobot turgor (BT) ditentukan setelah daun dikeringkan dan dikibaskan hingga air yang menempel sudah tidak menetes. Bobot kering (BK) ditentukan dengan cara mengeringkan sampel daun selama 24 jam pada suhu 80°C. KAN dihitung menurut Jensen *et al.*, (1996) dengan persamaan:

$$\text{KAN} = (\text{BS} - \text{BK}) / (\text{BT} - \text{BK}) \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

Aktivitas Nitrat Reduktase (ANR)

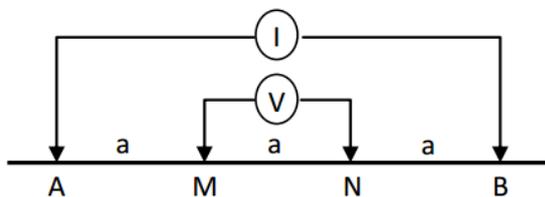
Pengamatan aktivasi nitrat reduktase dilakukan dengan metode modifikasi Hageman dan Hucklesby (Hartiko 1983). Sampel daun yang digunakan sebanyak 4 daun durian dan ulangan sebanyak 1 kali. Penentuan aktivitas nitrat reduktase dilakukan dengan cara mengambil 0,2 gram daun tanaman

sampel dan membersihkan tulang daunnya. Daun dipotong-potong sekitar 1 mm² kemudian dimasukkan ke dalam tabung gelap dan ditambahkan 5 ml buffer fosfat pH 7,2, buffer diganti dengan yang baru sebanyak 5 ml dan ditambahkan 0,1 ml NaNO₃ 0,1 M, kemudian diinkubasi selama 2 jam. Setelah 2 jam, fitrat diambil 0,1 ml dan dimasukkan ke dalam reagen yang terdiri dari 0,2 ml 1% SA, 3 NHCl dan 0,2 ml 0,02% NED. Setelah 15 menit timbul warna merah muda, kemudian ditambakan 2,5 ml aquades. Setelah homogen, larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm dengan absorbansi standar 0,0142. Aktivitas nitrat reduktase dapat diketahui dengan rumus:

$$ANR = \frac{\text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi standar}} \times \frac{100}{\text{bobot segara daun} \times \frac{1}{\text{waktu inkubasi}} \times \frac{50}{10} \dots (7)}$$

Kondisi rizhosfer perakaran durian

Pengukuran kondisi akar cengkeh dan durian dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas menggunakan Konfigurasi Wenner (Amato 2009). Pengukuran dilakukan dengan cara menancapkan elektoda pada lintasan yang lurus dan sejajar, selanjutnya memberi jarak 10-20 cm dari batang tanaman untuk penancapan elektrodanya. Penancapan ditanam hingga sedalam 5-10cm di dalam tanah. Jarak antara elektoda adalah 0,25-2 m, dengan panjang lintasan penancapan elektroda hingga 6 m. Data yang diambil adalah elektroda arus (I), beda potensial (V) yang dihasilkan dari multimeter dan jarak antar elektroda dari 0,25-2 meter dengan simbol a (Gambar 2).



$$\rho_a = 2\pi a \frac{V}{I}$$

Gambar 2. Konfigurasi Wenner (Muallifah 2009)
Figure 2. Wenner Configuration (Muallifah 2009)

Analisis data

Analisis varian

Sebelum dilakukan analisis varian, data masing-masing sifat harus memenuhi syarat terdistribusi normal dan homogen. Varian homogen dapat diketahui dengan uji homogenitas Bartlette 5% (Alam 2015). Apabila data terdistribusi normal dan homogen, maka dilanjutkan dengan analisis varian. Namun, jika data heterogen, maka dilakukan transformasi data terlebih dahulu sebelum dianalisis varian. Analisis varian menggunakan sidik ragam gabungan berdasarkan lokasi tegalan dan pekarangan dengan uji lanjut DMRT 5% (Alam 2015).

Analisis Stepwise

Analisis regresi bertatar digunakan untuk menentukan peubah-peubah penjelas yang bisa membedakan respon yang diamati. Analisis regresi bertatar membangun model langkah demi langkah, memilih atau menghilangkan peubah satu persatu dari model, sampai ditemukan peubah yang berpengaruh nyata terhadap model. Analisis ini digunakan untuk mengetahui variabel lingkungan dan sifat fisiologi (variabel bebas) yang berpengaruh hasil tanaman (variabel terkait). Berikut adalah model linier regresi bertatar (*Stepwise regression*) menurut Pollet dan Nasrullah (1994):

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p \dots \dots \dots (8)$$

dimana Y adalah variabel terkait, x_i adalah variabel bebas (i= 1, 2, 3, . . . , k), b₀ adalah intersep, dan b_i adalah koefisien regresi. Jika terjadi *collinearity* antar variabel bebas maka harus dilakukan *ridge regression* terlebih dahulu untuk menghilangkan efek *collinearity*. Pendugaan model *ridge regression* adalah sebagai berikut:

$$\beta = (x'x + \lambda I)^{-1} x'y \dots \dots \dots (9)$$

Kondisi rizhosfer perakaran durian

hasil data yang didapat dari penggunaan geolistrik di lapangan yakni I (beda arus listrik), V (beda potensial listrik) dan a (jarak elektroda) dimasukkan ke dalam perhitungan ρ (tahanan/hambatan jenis) sebagai berikut:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} ; K = 2\pi a \dots \dots \dots (10)$$

Perhitungan dilakukan dalam MS excel yang selanjutnya diconvert dari excel ke file .dat untuk dimasukkan ke dalam software RES2DINV.

RES2DINV adalah program komputer yang secara otomatis akan menentukan model gambar resistivitas dua dimensi (2-D) untuk mengetahui permukaan bawah dari data yang diperoleh saat menggunakan alat geolistrik (Loke et al. 2013).

Hasil dan Pembahasan

Gatra ekofisiologi

Kandungan air nisbi daun

Analisis data ANOVA yang diuji dengan Uji Duncan menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan pada tipe lahan agroforestri di pekarangan dan tegalan untuk kategori kandungan air nisbi daun. Interaksi antara tipe lahan dan lokasi juga menunjukkan nilai yang tidak berbeda signifikan (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan air nisbi daun pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi

Table 1. Leaf water content in the agroforestry system of homegarden and dryland on the southern slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata
	Kec. Cangkringan (T2)	Kec. Kemalang (T1)	
	%		
Pekarangan (P1)	54,77	58,28	56,52a
Tegalan (P2)	63,66	67,50	65,58a
Rerata	59,21a	62,89a	(-)
CV	10,02		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi dan (+) terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut.

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Peran air sangat penting untuk tumbuhan. Kandungan air daun dipengaruhi oleh cekaman air atau kekurangan air di tempat tanaman tersebut tumbuh. Kandungan air daun merupakan indikator penting dari proses fisiologis tanaman seperti konduktansi stomata, transpirasi, fotosintesis dan respirasi. Potensi air daun dan suhu kanopi juga dapat digunakan untuk mengevaluasi status air tanaman atau stres (Yamasaki & Dillenburg, 1999).

Air yang disediakan dari hujan mempengaruhi ketersediaan air yang dibutuhkan untuk diserap oleh tanaman. Lahan petani yang berada di dataran tinggi

sering memperoleh hujan yang terjadi merata pada lahan pekarangan dan tegalan sehingga hal tersebut akan mendukung ketersediaan air yang dibutuhkan oleh tanaman. Kondisi di lapangan yang menunjukkan nilai tidak berbeda signifikan diduga disebabkan oleh kondisi suhu dan kelembaban yang hampir sama antara pekarangan dan tegalan, dikarenakan kedua lokasi tersebut memiliki kondisi lingkungan dan ketinggian tempat yang relatif sama. Tabel 1 menunjukkan bahwa tegalan memiliki hasil kandungan air nisbi daun yang lebih tinggi dibanding pekarangan. Hal ini diduga karena adanya simpanan air yang lebih baik di tegalan dibanding pekarangan, walaupun hujan yang merata di pekarangan dan tegalan harusnya memberikan kandungan air nisbi daun yang tidak berbeda.

Aktivitas Nitrat Reduktase

Kondisi aktivitas nitrat reduktase pada kondisi tipe lahan maupun lokasi memberikan hasil tidak beda signifikan, sementara interaksi antara lokasi dan tipe lahan juga menunjukkan kondisi yang tidak berbeda signifikan (Tabel 2).

Tabel 2. Aktivitas nitrat reduktase pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi

Table 2. The activity of nitrate reductase in the agroforestry system of homegarden and dryland on the southern slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata
	Kec. Cangkringan (T2)	Kec. Kemalang (T1)	
	μmol NO ₃ ⁻ .g ⁻¹ .jam ⁻¹		
Pekarangan (P1)	1,26	1,65	1,45a
Tegalan (P2)	1,40	1,81	1,61a
Rerata	1,33a	1,73a	(-)
CV	14,99		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Nitrat reduktase (NR) adalah enzim pertama dalam jalur asimilasi nitrat yang menjadi langkah pembatas laju dan akumulasi pada jaringan tanaman terutama di daun jika tanaman tersebut mengalami stress kekeringan dengan mensintesis prolin (Campbell 1988). Tanaman yang meningkatkan prolin pada stress

kekeringan memiliki kondisi morfologi yang lebih baik dan ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tidak meningkatkan kandungan prolin (Hamim et al. 2008). Faktor eksternal dan internal mempengaruhi kinerja enzim untuk melakukan aktivitasnya. Ketersediaan nitrogen yang terdapat di tanah akan mempengaruhi aktivitas enzim dalam asimilasi nitrat. Faktor yang mendukung adalah ketersediaan unsur N dalam tanah dan udara sebagai bahan yang akan digunakan dalam asimilasi nitrat. Ketersediaan kandungan N di dalam tanah dan udara diduga sama antara pekarangan dan tegalan di kedua lokasi sehingga nilai aktivitas nitrat reduktase tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Stomata

Nilai bukaan dan kerapatan stomata tidak berbeda signifikan pada tipe lahan pekarangan dan tegalan, dan juga pada lokasi di Kecamatan Cangkringan dan Kemalang. Interaksi keduanya antara lokasi dan tipe lahan juga menunjukkan hasil yang sama, yakni tidak ada perbedaan signifikan (Tabel 3 dan 4).

Tabel 3. Lebar bukaan stomata pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi

Table 3. Aperture of stomata on agroforestry system of homegarden and dryland on the southern slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata
	Kec. Cangkringan (T2)	Kec. Kemalang (T1)	
	Mm		
Pekarangan (P1)	74,48	81,33	75,71a
Tegalan (P2)	70,48	80,95	77,90a
Rerata	72,48a	81,14a	(-)
CV	7,30		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Stomata adalah pori-pori kecil yang terdapat di daun berfungsi sebagai tempat pertukaran gas seperti CO₂ yang ada di udara (Ebadi et al. 2005). CO₂,

cahaya, kelembaban, suhu, angin, laju fotosintesis dan potensial air akan mempengaruhi bukaan stomata. Kontrol kehilangan air dapat dilakukan oleh tanaman dengan mengontrol laju metabolisme dan menekan laju kehilangan air, termasuk mengatur konduktivitas stomata (Goldworthy & Fisher 1992).

Tabel 4. Kerapatan stomata pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi

Table 4. Stomatal density of agroforestry system of homegarden and dryland on the southern slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata
	Kec. Cangkringan (T2)	Kec. Kemalang (T1)	
	mm ²		
Pekarangan (P1)	4,75	5,25	5,00a
Tegalan (P2)	5,00	4,75	4,88a
Rerata	4,88a	5,00a	(-)
CV	17,90		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Kenaikan CO₂ umumnya meningkatkan fotosintesis dan mengurangi konduktansi stomata (Morison 1987). Keadaan yang sama diduga dialami oleh tanaman durian di tegalan maupun pekarangan sehingga bukaan dan stomata yang diamati memiliki nilai yang tidak berbeda signifikan. Kondisi lingkungan dengan ketinggian tempat, musim, suhu dan kelembaban yang hampir sama diduga menjadikan kerapatan dan konduktansi stomata tidak berbeda secara signifikan.

Kandungan prolin

Pengukuran kandungan prolin menunjukkan hasil yang tidak berbeda signifikan untuk tipe lahan maupun lokasi. Interaksi lokasi dan tipe lahan juga menunjukkan hasil yang juga tidak berbeda signifikan (Tabel 5).

Tabel 5. Kandungan Prolin pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi**Table 5.** Proline on agroforestry system of homegarden and dryland on the Southern slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata
	Kec. Cangkring (T2)	Kec. Kemalang (T1)	
	Ppm		
Pekarangan (P1)	5,11	8,47	6,79a
Tegalan (P2)	14,08	21,88	17,98a
Rerata	9,59a	15,18a	(-)
CV	67,47		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Kandungan prolin meningkatkan osmolaritas seluler (tekanan turgor) yang menyediakan turgor yang diperlukan untuk ekspansi sel di bawah kondisi stress. Kandungan prolin dianggap sebagai satu-satunya osmolit yang menangkal radikal bebas termasuk ion hidroksil, yang karenanya menstabilkan protein, DNA, dan membran (Matysik et al. 2002). Kandungan prolin memiliki nilai yang tidak berbeda nyata antara lokasi dan tipe lahan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi tipe lahan maupun lokasi sama dalam merespon stres tanaman. Prolin dipengaruhi oleh cekaman kekeringan. Lahan pekarangan dan tegalan milik petani di kedua lokasi memperoleh hujan secara merata, dan lokasinya juga berdekatan sehingga kondisi lingkungan relatif sama.

Kadar klorofil

Kandungan klorofil tidak berbeda signifikan pada lokasi maupun tipe lahan, juga untuk interaksi antara tipe lahan dan lokasi (Tabel 6).

Tabel 6. Kadar klorofil a, b dan total pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi**Table 6.** Chlorophyll a, b and total on the agroforestry system of homegarden and dryland on the Southern Slope of Merapi

Tipe Lahan	Lokasi						Rata-rata
	Kec. Cangkring (T2)			Kec. Kemalang (T1)			
	Klorofil a	Klorofil b	Klorofil tot	Klorofil a	Klorofil b	Klorofil tot	
Pekarangan (P1)	0,52	0,64	1,16	0,43	0,44	0,87	0,68a
Tegalan (P2)	0,51	0,62	1,13	0,48	0,62	1,10	0,74a
Rerata	0,52a	0,53a	1,14a	0,45a	0,63a	0,98a	(-)
CV	21,14	21,14	16,79				

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Naungan yang didapat oleh durian tidak jauh berbeda walaupun kondisi tegalan lebih rapat dibandingkan dengan pekarangan. Metabolisme klorofil masih terbatas di mana hal tersebut berhubungan dengan sifat klorofil alami yang mudah terdegradasi oleh asam, panas, cahaya, dan oksigen (Goss 1991). Disamping itu, kerapatan yang hampir sama mengakibatkan persaingan antar pohon untuk memperoleh hara juga tidak jauh berbeda. Klorofil adalah pigmen penting untuk fotosintesis. Konsentrasi klorofil daun dapat secara langsung mempengaruhi kapasitas fotosintesis tanaman sampai batas tertentu. Klorofil b memiliki kapasitas penyerapan yang lebih kuat untuk cahaya biru, dan karena itu tanaman *understory* harus meningkatkan Chl b untuk meningkatkan kapasitas fotosintesis, terutama di lingkungan tempat yang ternaungi (Chu et al. 1980).

Peningkatan klorofil b lebih tinggi dibandingkan klorofil a (Tabel 6). Rasio a/b yang ditunjukkan

pada hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa tanaman durian mengoptimalkan klorofil b untuk meningkatkan fotosintesis pada tekanan naungan dari pohon lainnya. Tidak berbedanya kondisi naungan antara tipe lahan maupun lokasi menyebabkan tidak ada perbedaan yang nyata rasio klorofil a/b pada lokasi maupun tipe lahan.

Kadar klorofil daun durian tidak begitu jauh berbeda dalam hal penggunaan cahaya untuk proses fotosintesis, sehingga klorofil total tidak berbeda nyata antara lokasi dan tipe lahan. Pembentukan klorofil b yang lebih banyak dibandingkan klorofil a dapat mengoptimalkan cahaya untuk proses fotosintesis. Walaupun ternaungi, tanaman durian masih memperoleh cahaya matahari karena tajuk naungan yang tidak terlalu rapat.

Kelembaban

Kelembaban udara tidak beda signifikan pada tipe lahan pekarangan maupun lokasi. Interaksi kelembaban di tipe lahan dan lokasi juga tidak berbeda secara signifikan (Tabel 7)

Tabel 7. Kelembaban udara pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi

Table 7. Humidity in the agroforestry system of homegarden and dryland on the southern slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata
	Kec. Cangkringan (T2)	Kec. Kemalang (T1)	
	%		
Pekarangan (P1)	76,60	76,00	76,30a
Tegalan (P2)	73,25	76,00	74,63a
Rerata	74,93a	76,00a	(-)
CV	2,62		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Ketinggian tempat yang sama menyebabkan nilai kelembaban yang sama antara lokasi dan tipe lahan. Kelembaban dipengaruhi oleh fluktuasi matahari yang sampai di permukaan bumi dan curah hujan. Karenanya, kelembaban akan dipengaruhi ketinggian tempat. Radiasi matahari mempengaruhi suhu rata-rata di masing-masing wilayah, semakin

besar jumlah energi radiasi yang diterima suatu wilayah menyebabkan semakin tinggi suhu permukaan pada wilayah tersebut (Lakitan 2002). Dataran tinggi akan memiliki kelembaban yang tinggi, dan sebaliknya dataran rendah akan memiliki kelembaban yang rendah. Suhu juga berhubungan dengan kelembaban; suhu tinggi akan menyebabkan kelembaban yang rendah, dikarenakan air yang ada di udara mengalami penguapan.

Sekapan cahaya

Tidak ada perbedaan yang signifikan untuk sekapan cahaya antara tipe lahan maupun lokasi, juga tidak terjadi interaksi antara tipe lahan dan lokasi. Namun, hasil ANOVA menunjukkan bahwa nilai sekapan cahaya di pekarangan lebih tinggi dibandingkan dengan tegalan. Hasil ini diduga karena keberadaan pohon pesaing yang menaungi pohon durian, namun naungan tersebut tidak terdapat perbedaan yang signifikan, sehingga hasil analisis varian tidak berbeda nyata.

Tabel 8. Sekapan cahaya pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi

Table 8. Seam of light on agroforestry system of homegarden and dryland on the Southern Slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata
	Kec. Cangkringan (T2)	Kec. Kemalang (T1)	
	%		
Pekarangan (P1)	66,23	66,01	66,11a
Tegalan (P2)	63,44	64,83	64,13a
Rerata	64,83a	65,41a	(-)
CV	2,62		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Cahaya dibutuhkan tanaman untuk proses fotosintesis, dan karenanya menjadi salah satu faktor penting yang harus tersedia. Perbedaan tingkat naungan akan menyebabkan intensitas cahaya, suhu udara dan kelembaban yang diterima oleh tanaman berbeda, dan hal ini mempengaruhi energi cahaya yang diubah menjadi energi kimia melalui proses

fotosintesis yang akan menghasilkan karbohidrat tanaman (Pantilu et al. 2012). Ketersediaan cahaya dipengaruhi oleh cahaya yang mampu diteruskan oleh tajuk pada strata atas kepada tanaman yang berada dibawahnya. Naungan yang berada di lahan petani tidak terlalu menaungi tanaman durian, sehingga proses fotosintesis yang terjadi tidak begitu terganggu. Naungan di tegalan sedikit lebih rapat dibandingkan di pekarangan. Hal ini disebabkan oleh tinggi dan rapatnya pohon-pohon di tegalan, seperti sengon, namun tajuk sengon yang tergolong ringan masih bisa meneruskan cahaya ke strata di bawahnya.

Suhu

Suhu udara tidak berbeda signifikan pada tipe lahan maupun lokasi. Tidak dijumpai pula interaksi antara keduanya (Tabel 9).

Tabel 9. Suhu pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi

Table 9. Temperatures in agroforestry system of homegarden and dryland on the Southern Slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata
	Kec. Cangkringan (T2)	Kec. Kemalang (T1)	
	°C		
Pekarangan (P1)	26,00	26,20	26,10a
Tegalan (P2)	25,50	26,50	26,00a
Rerata	25,75a	26,35a	(-)
CV	3,94		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Lahan pekarangan dan tegalan milik petani di dua kecamatan tersebut terletak pada lokasi yang berdekatan sehingga fluktuasi suhu tidak jauh berbeda antara satu dengan lainnya. Suhu dipengaruhi ketinggian tempat, dan kerennanya tidak berbeda nyata karena ketinggian antar lokasi dan tipe lahan tidak jauh berbeda.

Kecepatan angin

Kecepatan angin antara tipe lahan maupun lokasi tidak berbeda signifikan, demikian pula interaksinya (Tabel 10).

Tabel 10. Kecepatan angin pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi

Table 10. Wind speed in the agroforestry system of homegarden and dryland on the Southern Slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata
	Kec. Cangkringan (T2)	Kec. Kemalang (T1)	
	km/jam		
Pekarangan (P1)	17,00	17,65	17,33a
Tegalan (P2)	20,40	22,05	21,23a
Rerata	18,70a	19,85a	(-)
CV	10,28		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga adanya perbedaan tekanan. Angin bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah. Angin dapat terjadi dikarenakan beberapa hal yaitu adanya gradien barometris, letak tempat, tinggi tempat serta waktu (Azwar & Khalid 2013). Letak dan tinggi tempat yang sama memberikan tekanan yang sama pada angin sehingga hasil pada lahan pekarangan dan tegalan serta kedua lokasi tidak berbeda nyata.

Hasil buah durian

Hasil durian menunjukkan nilai yang berbeda signifikan pada tipe lahan pekarangan (10,00) dan tegalan (7,00), namun tidak dijumpai perbedaan signifikan antara produksi durian di Kecamatan Cangkringan dan Kemalang. Tidak dijumpai interaksi antara tipe lahan dan lokasi (Tabel 11).

Tabel 11. Hasil buah durian pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan di Lereng Selatan Gunung Merapi

Table 11. Durian fruit yields on agroforestry system of homegarden and dryland on the southern slope of Merapi

Tipe lahan	Lokasi		Rata-rata buah/pohon
	Kec. Cangk-ringan (T2)	Kec. Kema-lang (T1)	
Pekarangan (P1)	12,00	9,50	10,75b
Tegalan (P2)	7,50	6,50	7,00a
Rerata	9,50a	8,00a	(-)
CV	14,41		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi, sedangkan (+) menunjukkan terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut

Remarks: Number followed by same letter show at the column and row indicate non-significance at 5% level DMRT. (-) indicates no interaction and (+) indicates interaction between two factors.

Perbedaan produksi buah durian antara pekarangan dan tegalan diduga dikarenakan pengaruh hujan yang terjadi pada saat musim pembuahan durian, yang menyebabkan rontoknya bunga ataupun buah yang masih kecil. Kerontokan bunga juga dapat disebabkan oleh tingginya curah hujan yang mengakibatkan peningkatan kandungan air tanah, sehingga tidak terjadi metabolisme pembentukan buah yang optimal (Soutwich & Daveport 1987). Lokasi pekarangan dan tegalan yang berada pada dataran tinggi keduanya memperoleh curah hujan yang tinggi dan dapat merontokkan buah maupun bunga durian. Persaingan untuk mendapatkan fotosintat menjadi faktor banyaknya jumlah buah yang dihasilkan oleh tanaman (Iglesias et al. 2003). Tanaman di pekarangan yang tidak begitu rapat dapat meminimalkan persaingan untuk hara dan cahaya dalam menghasilkan fotosintat, sehingga produksi buah di lahan pekarangan lebih banyak dibandingkan dengan tegalan.

Analisis Stepwise durian

Analisis stepwise menunjukkan bahwa variabel kecepatan angin berpengaruh negatif terhadap produksi buah durian (Tabel 12). Produksi durian dipengaruhi oleh kecepatan angin sebesar -0,690. Makin tingginya kecepatan angin dapat meningkatkan perontokan bunga maupun buah durian yang masih muda.

Tabel 12. Analisis Stepwise Durian pengaruh lingkungan dan sifat fisiologi terhadap hasil buah durian

Table 12. Stepwise Durian analysis of environmental influences and physiological properties on durian fruit yield

Sifat Fisiologi dan Lingkungan (dependent Variable)	Hasil Buah Durian (Independent Variable)	R ²
Kecepatan Angin	$Y = 22,176 - 0,690X^*$	0,556

Green (1986) menyatakan bahwa kecepatan angin yang dapat membahayakan buah adalah kecepatan hingga 24 km/jam. Kecepatan angin yang ada di lahan pekarangan dan tegalan dapat mencapai 22 km/jam pada saat normal tanpa hujan, dan dimungkinkan adanya hujan akan meningkatkan kecepatan angin pada lahan. Kecepatan angin yang berlebihan berdampak negatif pada hasil buah karena terbukti mengakibatkan kerontokan. Buah durian yang berada di posisi tepi atau pinggir dapat mengalami perontokan lebih parah dibandingkan dengan buah durian yang berada di tengah-tengah pertanaman. Diperlukan *windbreak* untuk menghalangi angin agar perontokan bunga dan buah dapat berkurang, dan hasil buah dapat dioptimalkan. Untuk itu, perlu dilakukan penanaman pohon tepi yang dapat menahan angin, pengelolaan buah durian yang berada di tepi pertanaman untuk dilindungi dari kecepatan angin yang berlebihan, serta pengelolaan buah durian yang berada di tengah pertanaman untuk menjaga dari naungan yang terlalu rapat, dengan tetap memperhatikan pola tanam untuk mengoptimalkan ruang dan pencahayaan. Selain itu, dapat diaplikasikan pula penggunaan jaring untuk mengurangi tekanan dari kecepatan angin. Gravina et al. (2011) menyatakan bahwa penggunaan net lebih efisien dibandingkan penahan angin alami atau jaring klasik lainnya dalam mengurangi kerusakan yang diakibatkan oleh kecepatan angin yang berlebihan.

Kondisi rhizosfer perakaran durian pada sistem agroforestri pekarangan dan tegalan

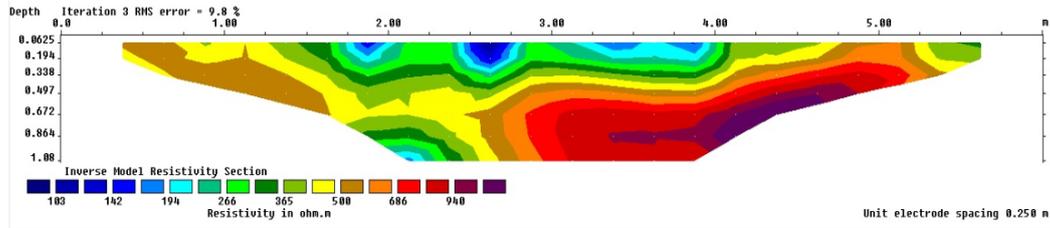
Pengamatan kondisi rhizosfer durian di pekarangan menunjukkan bahwa nilai resistivitas terendah adalah sekitar 102-266 Ωm, nilai sedang berkisar antara 266-365 Ωm, dan nilai resistivitas tertinggi antara 365-940 Ωm (Gambar 3).

Nilai resistivitas rendah (103-266 Ωm) diduga dikarenakan adanya kandungan air tanah, dengan nilai resistivitas untuk air tanah adalah 0,3-300 Ωm. Kandungan air yang berada pada bagian permukaan

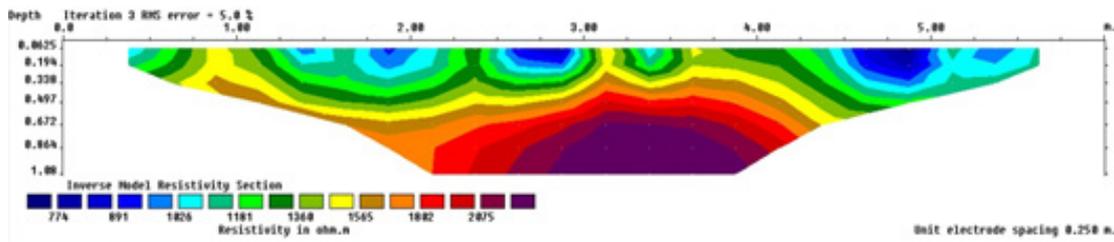
tanah menunjukkan bahwa air tanah dapat dimanfaatkan oleh perakaran durian. Rendahnya nilai resistivitas dengan kedalaman 0-0,30 meter juga merupakan indikasi keberadaan hara. Dimungkinkan, keberadaan hara ini berhubungan dengan aplikasi pupuk organik oleh petani di lokasi penelitian. Pasir (500-5000 Ω m) dan kerikil (100-600 Ω m) diperkirakan berada pada lokasi pengambilan

sampel untuk kondisi perakaran (nilai resistivitas 103-940 Ω m). Porositas media tumbuh akan menyebabkan air dapat dilewatkan dengan cepat namun sulit untuk menahan air, sehingga air tidak dapat tersimpan lama di dalam tanah.

Pengamatan kondisi rhizosfer durian di pekarangan menunjukkan bahwa nilai resistivitas terendah adalah sekitar 423-1385 Ω m, nilai sedang



Gambar 3. Kondisi rhizosfer durian di pekarangan Kec. Cangkringan
Figure 3. Root Durian rhizosphere in the homegarden of Kec. Cangkringan



Gambar 4. Kondisi rhizosfer durian di tegalan Kec. Cangkringan
Figure 4. Root Durian rhizosphere in the dryland of Kec. Cangkringan

berkisar antara 1385-2058 Ω m dan nilai tertinggi antara 2058-6748 Ω m (Gambar 4). Menurut Telford dkk. (1976), warna biru muda dan biru dengan resistivitas yang rendah (1-1000 Ω m) menandakan bahwa tanah pada lokasi adalah tanah pasir. Nilai 50-500 Ω m menunjukkan pasir dan kerikil yang mengandung air tawar (Halide 1984). Pasir dan kerikil masih terdapat di permukaan tanah pada kedalaman 0-0,50 m dengan nilai resistivitas yang rendah. Pendugaan keberadaan pasir dan kerikil serta kandungan air yang ada pada rhizosfer perakaran durian hampir sama antar lokasi satu dengan lainnya. Hal ini dikarenakan kondisi tempat tumbuh yang tidak jauh berbeda antar lokasi yang sama-sama terkena dampak letusan Gunung Merapi yang menyebabkan keberadaan pasir dan kerikil merata pada lahan milik petani. Pasir dan kerikil terutama dijumpai pada posisi dekat dengan permukaan tanah. Air akan mudah masuk ke dalam tanah karena tidak ada hambatan saat melalui pasir dan kerikil.

Pengelolaan agroforestri durian

Pengelolaan yang dapat dilakukan untuk perbaikan dan optimalisasi produksi durian adalah dengan cara perbaikan pada jarak tanam antara pohon pokok dengan pohon durian yang bertujuan untuk mengurangi persaingan hara dan cahaya. Pola yang diterapkan pada agroforestri pekarangan dan tegalan di Kecamatan Cangkringan dan Kecamatan Kemalang belum teratur, sehingga perlu dilakukan penataan jarak tanam. Musim penghujan, yang diperkuat dengan adanya angin kencang, yang terjadi bersamaan dengan saat musim bunga atau buah dapat menghambat atau mengurangi hasil buah durian dikarenakan buah busuk, tidak manis atau mengalami perontokan bunga atau buah saat muda. Pemeliharaan perlu dilakukan untuk mengurangi pengaruh negatif dari angin dengan cara pembuatan *windbreak*, dengan menggunakan jaring atau penanaman tanaman tepi.

Kesimpulan

Respon fisiologi durian dipengaruhi oleh kondisi naungan dengan perbandingan kadar klorofil b lebih tinggi dibanding klorofil a, di mana rasio klorofil a/b menunjukkan bahwa tanaman durian mengoptimalkan klorofil b untuk meningkatkan proses fotosintesis pada tekanan naungan dari pohon lain. Hasil analisis data menunjukkan bahwa produksi buah durian di lahan agroforestry pekarangan dan tegalan berbeda secara signifikan, dan faktor yang mempengaruhi produktivitas buah durian adalah kecepatan angin yang menyebabkan kerontokan atau busuknya bunga dan buah. Upaya yang perlu dilakukan untuk meningkatkan produktivitas buah durian adalah dengan membangun *windbreak* yang dipadukan dalam pertanaman agroforestri melalui pengkayaan jenis (*enrichment planting*) baik di tanaman tepi maupun di ruang bidang olah sehingga terbangun multi strata yang lebih kuat. Kondisi rhizosfer perakaran durian terdapat kerikil, pasir dan air.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT 2018) Universitas Gadjah Mada dengan judul "Rejim Silvikultur Agroforestri untuk Pembenah Ekosistem Lereng Selatan Gunung Merapi". Terima kasih kepada Taufan Alam, SP. M.Sc. yang telah membantu analisis data dan Mursyid Effendi, S.Hut., M.Sc. yang membantu dalam pengambilan data. Selain itu untuk Kelompok Tani Desa Glagaharjo (Kab. Sleman) dan Desa Kemalang (Kab. Klaten) terima kasih atas dukungan informasi sehingga memperlancar penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adiputranto H. 1995. Peranan kegiatan insus tumpang-sari perhutanan sosial terhadap tingkat pendapatan petani di resort pemangku hutan wilangan, BKPH Wilangan Utara, KPH Saradan. Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.
- Alam T. 2015. Optimasi pengelolaan sistem agroforestri cengkeh, kakao dan kapulaga di pegunungan menoreh. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Amato M, Bitella G, Rossi R, Gomez JA, Lovelli S, Gomes JF. 2009. Multi-electrode 3D resistivity imaging of alfalfa root zone. *Europ. J. Agronomy* 31(4): 213-222.
- Anu O, Rampe HL, Palealu JJ. 2017. Struktur sel epidermis dan stomata daun beberapa tumbuhan suku euphorbiaceae. *Jurnal MIPA UNSRAT Online* 6(1):69-73.
- Ashari H, Hanif Z, Supriyanto A. 2014. Kajian dampak iklim ekstrim curah hujan tinggi (la-nina) pada jeruk siam di Kabupaten Banyuwangi, Jember dan Lumajang. *Planta Tropika Journal of Agro Science* 2(1):50-55.
- Azwar T, Kholid Abd. 2013. Anemometer digital berbasis mikrokontroler Atmega-16. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia* 2(3):41-45.
- Bates L, Waldren RP, Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39:205-207
- Chu ZX, Xu CH, Mao DZ, Zhao FH, Dai YL. 1980. Studies on plant chlorophyllprotein complexes. 1. The chlorophyll-protein complexes of the sun-loving plant sunflower and the shade-loving plant *Malaxis monophyllol(L.) Sw.* *Acta Phytophysiol. Sin* 6:163-172.
- Campbell WH. 1988. Nitrate reductase and its role in nitrate assimilation in plants. *Physiol. Plant* 74: 214±219.
- Ebadi AGS, Zare, M.Mahdavi, M Babae. 2005. Study and measurement of Pb, Cd, Cr and Zn in green leaf of tea cultivated in Gillan Province of Iran. *Pakistan Journal of Nutrition* 4(4) : 270-272.
- Gbedomon RC. 2016. Exploring the spatial configurations of home gardens in Benin. *Scientia Horticulturae* 213: 13-23
- Gross, J. 1991. Pigment in vegetable, chlorophyll and carotenoids. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Golsworthy PR, Fisher NM. 1992. Fisiologi tanaman budidaya tropik. Gadjah Mada Univ Press, Yogyakarta.
- Goss J. 1991. Pigments in Vegetables: Chlorophylls and Carotenoids. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Green GC. 1968. Windbreaks for citrus orchards. *Farming in South Africa. Citrus Subtrop Fruit Res Inst Nelspruit* 44(6): 9-15.
- Hamim K, Ashri, Miftahudin, Triadiati. 2008. Analisis status air, prolin dan aktivitas enzim antioksidan beberapa kedelai toleran dan peka kekeringan serta kedelai liar. *Agrivita* 30(30): 201-210.
- Harborne JB. 1987. Phytochemical methods. Terj. Padmawinata, K dan I Sodiro. Penerbit ITB, Bandung.
- Hartiko H. 1983. Leaf and root in vivo nitrate reductase activities of coconut (*Cocos nucifera L*) cultivars and hybrids. Dissertation. Submitted to the Faculty of the Graduate School University of the Philippines at Las Banos, Philippines.
- Helide H. 1984. Tugas akhir. Jurusan Fisika ITB, Bandung
- Huxley PH. 1999. Tropical agroforestry. Blackwell Science Ltd- UK, ISBN 0-632-04047-5-371p.
- Iglesias DJ, FR Tadeo, E Primo-Millo, M Talon. 2003. Fruit set dependence on carbohydrate availability in citrus trees. *Tree Physiology* 23:199 -204.
- Jensen CR, VO Mongensen, G Mortesen, MN Andersen, JK Schjoerring, JH Thange, J Koribidis. 1996. Leaf photosynthesis and drought adaption in field-grown oilseed rape (*Brassica napus L.*) *Aust. J. Plant Physiol* 23: 631-644.

- Kementrian Kehutanan. 2014. Budidaya Kaliandra. IPB Press, Jakarta.
- Lakitan B. 2002. Dasar-dasar klimatologi. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Loke MH. 2014. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Geotomo Software, Malaysia.
- Matysik J, Alia A, Bhalu B, Mohanty P. 2002. Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants *Curr. Sci* **82**: 525-532.
- Morison JIL. 1987. Intercellular CO₂ concentration and stomatal response to CO₂. pp. 229-251. In "Stomatal Function" E. Zeiger, G. D. Farquhar, and I. R. Cowan, eds, Stanford University Press, Stanford, CA.
- Naflok O, Eichhorn, MP, Gilbert F. 2013. Traditional agricultural gardens conserve wild plants and functional richness in arid South Sinai. *Basic and Applied Ecology* **14**: 659-669.
- Pollet A, Nasrullah. 1994. Penggunaan statistik untuk ilmu hayati. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pantilu LI, Mantiri, Feky R, Ai, Nio Song, Pamdiangan D. 2012. Respons morfologi dan anatomi kecambah kacang kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap Intensitas Cahaya yang Berbeda. *Jurnal Bioslogos* **2**(2): 79-87.
- Perhutani. 2002. Petunjuk Pelaksanaan pengelolaan sumberdaya hutan bersama masyarakat di unit I Jawa Tengah. Biro Pembinaan Sumberdaya Hutan, Semarang.
- Simon H. 2010. Dinamika hutan rakyat di Indonesia. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Southwich SM, TL Davenport. 1987. Modification of water stress-induced floral response in Tahiti Lime. *Tropical Research and Education Center IFAS, University of Florida. J Amer, Soc. Hort. Sci.* **112**(2): 231-236.
- Telford WM, Geldart LP, Sherif RE, Keys DD. 1976. Applied geophysics first edition. Cambridge University Press. Cambridge, New York.
- Wijaya AS. 2015. Aplikasi metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner untuk menentukan struktur tanah di halaman belakang SCC ITS Surabaya. *Jurnal Fisika Indonesia* **55**: 1-5.
- Yamasaki S, Dillenburg LR. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Rev. Bras. Fisiol. Veg* **11**: 69-75.