

Hubungan antara Jeluk Penetapan Lengas Tanah dan Turgiditas Tanaman Kopi di Beberapa Agroklimat yang Berbeda

Rudy Erwiyono dan Aris Wibawa¹

Makalah diterima 30 Maret 2007 /Disetujui 22 Februari 2008

ABSTRACT

Relationship between depth of soil moisture assessment and turgidity of coffee plant in selected agroclimates (R. Erwiyono and A. Wibawa): Observation on the relationship between the depth of soil moisture assessment and turgidity of coffee plant has been carried out at 3 different agroclimates by survey method, i.e. Andungsari experimental station (Andosol soil type, >1.000 m asl. high, and rainfall type of C), Sumberasin experimental station (yellowish-red Mediterranean soil type, 450-500 m asl. high, and rainfall type of C, and Kaliwining experimental station (low humic glei soil type, 45 m asl. high, and rainfall type of D) in order to assess the depth of soil moisture through soil profile influencing turgidity of coffee plants at three different agroclimates. The method of assessment is by fitting the relationship between the depth of soil moisture assessment and turgidity of coffee plant and their determination coefficients through the period of dry season up to early rainy season. Plant turgidity is evaluated from its relative water contents of the leaves sampled periodically at the same time as observation of soil moisture content. Plant turgidity is affected by soil moisture condition up to a certain depth which looks to be typical of the agroclimates. At Andungsari experimental station (high land) it is necessary to assess soil moisture through the soil profile up to 100 cm deep in order to evaluate water stress of the plants; inversely, at Kaliwining experimental station in order to evaluate water stress of the plants it is just justified from the soil moisture condition of the soil surface layers (0-25 cm). Whereas at Sumberasin experimental station water stress of the plants could be predicted from soil moisture assessment of the surface layer depth or through the deeper layers of the soil profile either. Andungsari-1 and Lini S-795 clones are more resistant to drought than Kartika-2 clone at Andisol soil type with C rainfall type and elevation > 1000 m asl. BP-308 clone showed its response as relatively resistant to drought at yellowish red Mediterranean soil type with C rainfall type at elevation around 500 m asl. Robusta coffee clone with no name at Kaliwining experimental station showed wilting sign, reduction of its turgidity, and falling leaves during the dry season, and positively responding to soil moisture increase. An effort to maintain plant turgidity with increasing soil water stress could be done by managing atmospheric demand to be lower. Practical implications of the findings might be discussed a bit more deeply in this paper.

Keywords: Agroclimates, coffee clones, humidity, soil depth, turgidity, water stress.

PENDAHULUAN

Dalam usaha tani kopi pada perusahaan perkebunan besar maupun perkebunan kopi rakyat, faktor pupuk merupakan input penting yang diperlukan untuk mencapai target produksi. Naik-turunnya faktor ini dalam usaha tani kopi dapat langsung berdampak pada naik-turunnya produksi yang tercapai, apabila intensitas pengelolaan kebun berjalan normal dan kondisi lingkungan tumbuh (iklim dan tanah) tidak bergeser ke luar kisaran normal kebutuhan tanaman oleh perubahan iklim maupun degradasi lahan.

Namun, pada kondisi lingkungan yang ekstrim yang umumnya terjadi beberapa kali sepanjang masa pengusahaan tanaman, faktor pupuk dapat tidak lagi menjadi penentu tingkat produksi, melainkan faktor lain yang tersedia terbatas bagi pertumbuhan tanaman. Faktor lain selain pupuk yang sering membatasi pertumbuhan tanaman dan menyebabkan gagalnya produksi tanaman adalah kekeringan. Kelangkaan air sering menjadi bencana bagi sektor pertanian yang dapat terjadi karena pergeseran musim, perubahan sebaran hujan bulanan, atau kemarau panjang.

Menurut Shaw dan Laing (1966) cekaman air merupakan fungsi dari suplai air tanah, kebutuhan

¹Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman 90, Jember Jawa Timur
J.Tanah Trop., Vol. 13, No, 2, 2006: 111-122
ISSN 0852-257X

evaporasi atmosfer (*atmospheric evaporative demand*), dan kapasitas tanah dalam mensuplai air atau konduktivitas kapiler (*capillary conductivity*). Cekaman air yang parah menyebabkan tanaman kopi layu, bunga dan pentil kering, dan buah yang selamat perkembangannya terhambat dan ukuran buah mengecil, rendemen kurang, dan kualitas rendah. Bahkan pada kasus yang ekstrim seperti kemarau panjang cekaman air dapat menyebabkan kematian tanaman (PT Perkebunan XXIII, 1984; Soerotani dan Soenardjan, 1984; Baon *et al.*, 2003).

Oleh karena itu, faktor air ini dapat menjadi kendala utama dalam usahatani kopi apabila pergeseran musim atau musim kering yang panjang sering terjadi di samping intensitas pengelolaan kebun yang tidak baik (konduktivitas) dan penggunaan klon-klon kopi kurang tahan kering di daerah-daerah yang sering dilanda kemarau panjang. Dengan demikian pengelolaan air dan penggunaan klon unggul tahan kering dinilai merupakan faktor penting dalam budidaya kopi di samping pupuk dan kesuburan tanah. Apalagi akhir-akhir ini pergeseran musim sering tidak terduga.

Cekaman air dan kekeringan pada tanaman kopi dimulai dari bagian atas tanaman menuju bagian bawah tanaman secara berangsur tergantung taraf cekaman air. Pada tanaman kopi dapat terjadi kekeringan seluruh bagian atas tanaman pada musim kemarau yang panjang, tetapi bagian tersebut kembali dipenuhi ranting baru dan daun di musim hujan tanpa pernah menghasilkan buah atau mati sama sekali tergantung taraf cekaman. Kopi Robusta biasanya mulai menunjukkan gejala cekaman air saat musim kemarau meliputi lebih daripada lima bulan kering berturut-turut. Nur dan Zaenudin (1999) mengungkapkan bahwa saat terjadi cekaman kekeringan perkembangan buah sangat dipengaruhi oleh tingkat kerusakan dan tipe cabang (paling dekat dengan pokok). Demikian pula kandungan air nisbi daun lebih tinggi pada tanaman yang mengalami kerusakan lebih ringan.

Sifat morfologi tanaman kopi seperti tinggi tanaman, diameter tajuk, jumlah cabang primer produktif per tanaman, jumlah ruas produktif per cabang, dan jumlah buah per buku nyata dipengaruhi oleh tinggi tempat dan tipe hujan (Hulupi, 1998). Pengamatan oleh Squire (1979) pada tanaman teh di daerah Malawi-Afrika pada tanah Latosol dengan tinggi tempat 630 m (dpl) mengungkapkan bahwa potensial air tanaman teh berhubungan lebih erat dengan defisit kejenuhan atmosfer daripada kuantitas air dalam tanah. Di dataran rendah (± 45 m dpl) beriklim musiman pada

tanah Aluvial juga diungkapkan oleh Erwiyono (2005) tentang kebenaran hal ini bahwa defisit kejenuhan atmosfer atau kelembaban relatif udara lebih menentukan turgiditas tanaman daripada kondisi lengas tanah, dengan nilai kritis kelembaban relatif udara untuk tanaman kopi di lokasi ini adalah $\pm 85\%$. Saat kelembaban relatif tinggi, turgiditas tanaman relatif stabil meskipun lengas tanah permukaan sangat rendah; dan sebaliknya, saat lengas tanah tinggi turgiditas tanaman dikendalikan oleh kebutuhan atmosfer (kelembaban relatif udara).

Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan hubungan antara jeluk penetapan lengas pada profil tanah dan turgiditas tanaman kopi sebagai kasus pada tiga agroklimat yang berbeda, untuk mengetahui kedalaman penetapan lengas dalam profil tanah yang menentukan turgiditas tanaman. Dengan demikian dapat diketahui kedalaman lengas tanah yang menentukan turgiditas tanaman kopi dan makna praktis dalam pengambilan sampel tanah dan pengelolaan air tanah pada agroklimat yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di 3 lokasi yang agroklimatnya berbeda, sebagai kasus-kasus yang mewakili daerah agak basah dan kering serta jenis tanah, yakni: di KP Kaliwining, KP Andungsari, dan KP Sumberasin yang secara berturut-turut mewakili jenis tanah Gleis humik rendah (Inceptisol), Andisol dan Mediteran merah kuning (Alfisol) dengan tipe hujan secara berturut-turut D, C, dan C menurut klasifikasi Schmidt & Ferguson (1951). KP Andungsari, KP Sumberasin, dan KP Kaliwining memiliki tinggi tempat secara berturut-turut 1100-1400 m, 450-500 m, dan 45 m dpl..

Penelitian ini dilaksanakan pada saat musim kemarau sampai awal musim hujan (Agustus s/d Nopember) 2003 dengan metode survai. Di setiap lokasi diamati status lengas tanah pada jeluk 0-25 cm, 25 – 50 cm, 50 – 75 cm, dan 75 – 100 cm serta turgiditas tanaman kopi secara periodik untuk mengamati fluktuasi turgiditas tanaman sejalan dengan terjadinya fluktuasi lengas tanah sepanjang musim kemarau hingga awal musim hujan. Pengamatan fluktuasi lengas tanah tersebut dilakukan 2-3 minggu sekali selama periode musim kemarau sampai awal musim hujan 2003 di masing-masing agroklimat.

Penelitian ini dilaksanakan di KP. Kaliwining pada satu lokasi di pertanaman kopi robusta klonal tanpa nama dan lahan datar (kemiringan 0%), di KP

Andungsari sebanyak 3 lokasi di pertanaman kopi arabika Lini S-795 dengan kemiringan lahan 20%, Andungsari-1 dengan kemiringan lahan 20%, dan Kartika-2 yang ditanam dari biji (zeiling) dengan kemiringan lahan 20%, dan di KP Sumberasin sebanyak satu lokasi di pertanaman kopi robusta BP-308 yang ditanam dari bibit setek berakar dengan kemiringan lahan 18%. Pada masing-masing lokasi penelitian terpilih dibagi ke dalam 6 blok pengamatan sebagai ulangan.

Lengas tanah sepanjang profil sampai kedalaman 100 cm ditetapkan secara gravimetrik dan disajikan dalam satuan mm/m seperti yang digunakan dalam penelitian sebelumnya (Alifah, 2001). Turgiditas tanaman ditetapkan secara gravimetri dari kadar lengas relatif daunnya terhadap lengas kondisi turgid setelah perendaman potongan-potongan daun berbentuk lingkaran selama 2 jam di dalam H₂O (Machlis & Torrey, 1956; Shaw & Laing, 1966; Erwiyono & Wibawa, 1996; Erwiyono, 2005). Ciri-ciri meteorologi yang diamati sebagai data pendukung meliputi curah hujan, suhu udara, dan kelembaban relatif yang masing-masing diukur dengan ombrometer, termometer, dan termometer bola kering dan bola basah. Ciri-ciri tanah pendukung yang diamati meliputi berat volume tanah, tekstur, dan kadar C-organik yang masing-masing diukur secara berturut-turut dengan metode ring, pipet, dan Walkley & Black.

Data respon tanaman (turgiditas tanaman) dianalisis dengan analisis regresi hubungan antara turgiditas tanaman kopi dan kondisi lengas tanahnya pada jeluk kumulatif 0-25 cm, 0-50 cm, 0-75 cm, dan 0-100 cm. Dari bentuk kurva respon dan kondisi tanaman di lapangan dievaluasi (1) ketajaman koefisien arah kurva sebagai penanda kepekaan tanaman terhadap menyusutnya lengas tanah atau kekeringan, (2) keeratan hubungan perubahan lengas tanah dengan turgiditas tanaman, (3) kerontokan daun sebagai penanda kemampuan adaptasi tanaman terhadap menyusutnya lengas tanah, (4) kelayuan tanaman atau penurunan turgiditas tanaman di bawah titik kritis sebagai penanda ketidak-tahanan tanaman terhadap kekeringan.

Hasil pengamatan respon tanaman disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara fluktuasi lengas tanah dan turgiditas tanaman kopi. Sedangkan hasil pengamatan kondisi meteorologi dan analisis tanah disajikan dalam bentuk gambar dan tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

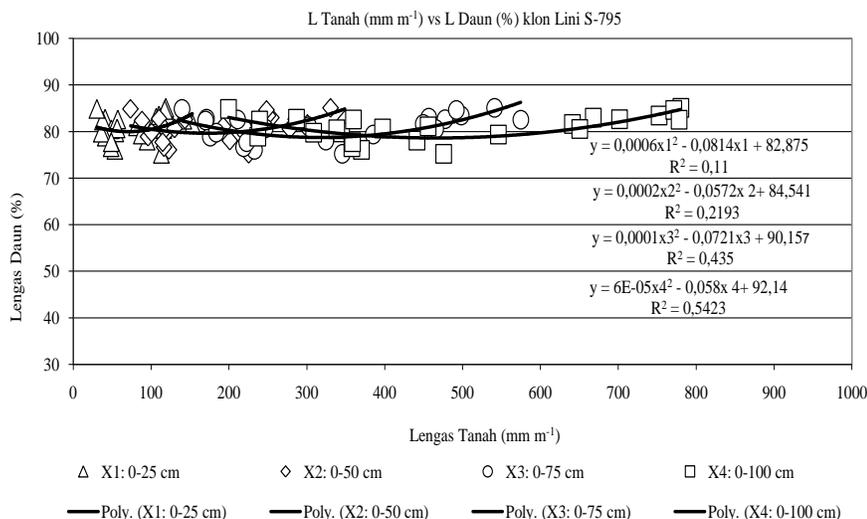
Respon Tanaman

Bentuk Kurva Respon Turgiditas Tanaman Kopi terhadap Fluktuasi Lengas Tanah di beberapa Agroklimat

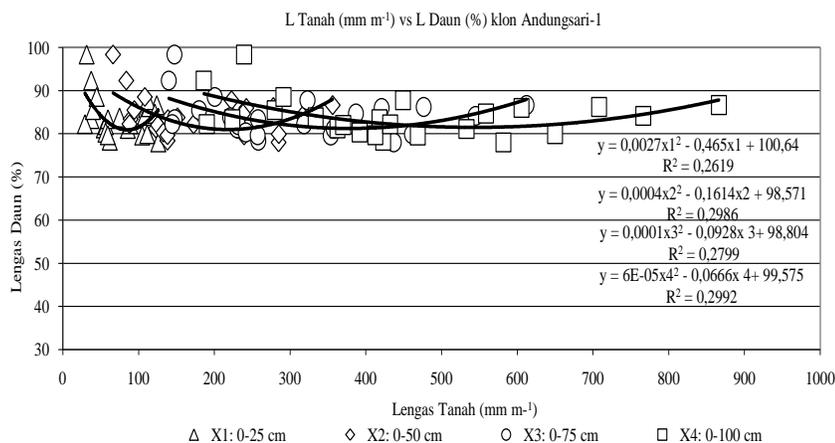
Hasil pengamatan bentuk kurva respon tanaman kopi arabika dari beberapa bahan tanam unggul terhadap kekurangan air dan kekeringan disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 1 hingga Gambar 6). Tiga agroklimat yang berbeda dipilih untuk melihat secara umum bentuk respon tanaman terhadap kekeringan, antara lain: (1) agroklimat dengan jenis tanah Andosol, tipe hujan C, dan tinggi tempat 1100-1400 m dpl. di kebun percobaan Andungsari di lereng gunung Argopuro-Bondowoso, (2) agroklimat dengan jenis tanah Mediteran merah kuning tipe hujan C, dan tinggi tempat 450-500 m dpl di kebun percobaan Sumberasin di Malang, dan (3) agroklimat dengan tanah Gleis humik rendah, tipe hujan D, dan tinggi tempat 45 m dpl di kebun percobaan Kaliwining di Jember. Respon tanaman kopi terhadap kekeringan di KP Andungsari diwakili oleh tanaman kopi arabika klon Lini S-795 pada lahan dengan kemiringan 20 %, Andungsari-1 pada lahan dengan kemiringan 20 %, dan Kartika-2 pada lahan dengan kemiringan 20 %. Bentuk kurva responnya disajikan pada Gambar 1, 2, dan 3. Untuk melihat respon tanaman terhadap kekeringan atau cekaman air diperlukan rentang perbedaan kondisi lengas tanah yang selebar-lebarnya. Untuk memenuhi batasan ini, maka evaluasi respon tanaman kopi terhadap cekaman air dilakukan pada kurva respon dengan penetapan lengas tanah hingga jeluk paling dalam (100 cm) (Gambar 1-6).

Tinggi tempat >1.000 m dpl tanah Andisol bertipe hujan C di kebun percobaan Andungsari

Dari bentuk kurva respon beberapa klon unggul kopi arabika terhadap kekeringan di KP Andungsari menunjukkan bahwa fluktuasi turgiditas tanaman terjadi sejalan dengan perubahan kondisi lengas tanah selama periode musim kemarau sampai dengan awal musim hujan tahun 2003, dengan urutan ketajaman kurva sebagai berikut: klon Kartika-2 > Lini S-795 > Andungsari-1. Hal ini menunjukkan bahwa urutan



Gambar 1. Respon tanaman kopi klon Lini S-795 terhadap kekurangan air di KP Andungsari.

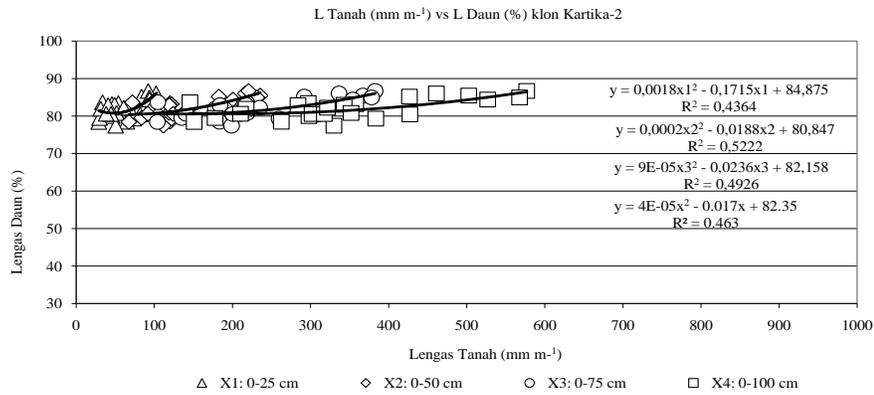


Gambar 2. Respon tanaman kopi klon Andungsari-1 terhadap kekurangan air di KP Andungsari.

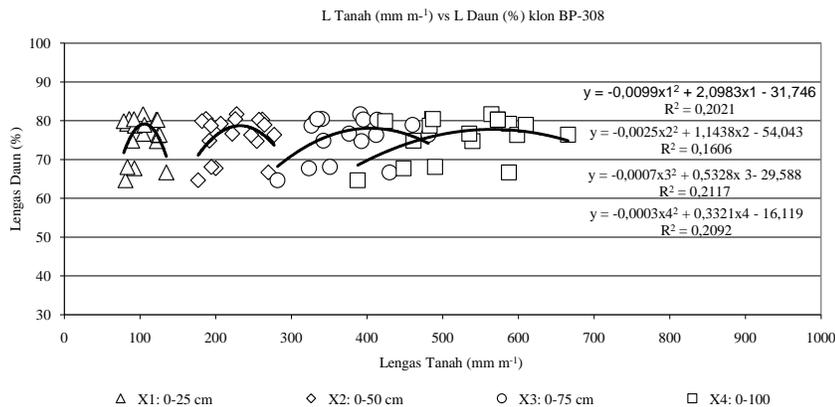
kepekaan tanaman terhadap stress air adalah sebagaimana urutan tersebut. Hasil pengamatan visual di lapangan menunjukkan bahwa pada musim kemarau tahun 2003 daun kopi klon Kartika-2 relatif gundul tanpa daun karena rontok namun daun yang tinggal relatif tidak layu. Hal ini bersesuaian dengan hasil pengamatan turgiditas tanaman klon ini pada waktu kemarau 2003 masih relatif tinggi, sekitar 80 %. Sebaliknya, klon Andungsari-1 dan

Lini S-795 pada waktu yang sama masih mampu mempertahankan relatif banyak daunnya dan relatif tidak layu. Hal ini sejalan dengan kondisi turgiditas tanaman yang relatif stabil dari saat kemarau hingga awal musim hujan.

Hal-hal di atas menunjukkan bahwa kepekaan tanaman terhadap kekeringan ditunjukkan oleh kemampuan tanaman mempertahankan turgiditasnya (ketajaman bentuk kurva) di atas titik



Gambar 3. Respon tanaman kopi klon Kartika-2 terhadap kekurangan air di KP Andungsari.



Gambar 4. Respon tanaman kopi klon BP-308 terhadap kekurangan air di KP Sumberasin.

kritis (tidak layu). Hasil penelitian Werner (1954 dalam Shaw dan Laing, 1966) pada tanaman kentang mengungkapkan bahwa tanda-tanda pertama kelayuan terjadi saat turgiditas relatif 82-83%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa klon Andungsari-1 relatif tidak terpengaruh oleh perubahan kondisi lengas tanah sampai jeluk 100 cm, yang berkisar dari 186.27-866.16 mm m⁻¹ disusul klon Lini S-795, pada kisaran lengas tanah 199.25-780.33 mm m⁻¹, dan klon Kartika-2 yang merupakan klon paling peka terhadap kekeringan di antara ke tiga klon (Gambar 1 s.d. 3), pada kisaran lengas tanah 145.57-576.81 mm m⁻¹. Pada kisaran lengas tanah pada masing-masing areal pertanaman, klon Andungsari-1 menunjukkan turgiditas tidak

banyak perubahan (relatif stabil) selama periode pengamatan. Hal ini didukung oleh hasil pengamatan visual di lapangan sesuai dengan bentuk respon ini, di mana pada musim kemarau tahun 2003 klon Lini S-795 dan Andungsari-1 masih berdaun cukup banyak meskipun berkurang, dan tidak menunjukkan tanda kelayuan. Sedangkan klon Kartika-2 relatif gundul (daun tinggal sedikit sekali), meskipun juga tidak menunjukkan gejala kelayuan, karena turgiditas tanaman masih di atas titik kritis (Gambar 3). Hal-hal ini memberikan gambaran bahwa ke tiga klon mempunyai ketahanan terhadap kekeringan berbeda. Klon Andungsari-1 dan klon Lini S-795 relatif tahan terhadap kekurangan air dibandingkan

klon Kartika-2, yang ditunjukkan oleh jumlah daun yang tidak rontok, dan daun-daun tersebut relatif tidak layu atau turgiditas tanaman relatif stabil di atas titik kritis yang dapat dilihat dari indeks kadar lengas relatif daunnya. Sebagai catatan, semua tanaman dari ke tiga klon ini berasal dari bibit asal biji (zeiling) dan tipe hujan di KP Andungsari adalah C, dan tinggi tempat > 1.000 m dpl.

Tinggi Tempat 500 m dpl Tanah Mediteran Merah Kuning Bertipe Hujan C di Kebun Percobaan Sumberasin

Hasil pengamatan respon bahan tanam unggul kopi robusta terhadap kekeringan diamati di kebun percobaan Sumberasin pada klon BP-308, yang kurva responnya disajikan pada Gambar 4. Dari Gambar 4 ditunjukkan bahwa respon tanaman kopi klon BP-308 relatif stabil terhadap perubahan kondisi lengas tanah, dari sekitar 387.75 mm m⁻¹ - 665.59 mm m⁻¹ selama periode musim kemarau sampai awal musim hujan tahun 2003 di kebun percobaan Sumberasin. Bentuk kurva ini menunjukkan bahwa klon BP-308 relatif tahan terhadap kekurangan air dengan mempertahankan turgiditas tanaman sejalan dengan menyusutnya lengas tanah. Pengamatan visual di lapangan mendukung bentuk kurva ini, di mana tanaman masih mampu mempertahankan daun cukup banyak saat kemarau untuk tidak rontok dan tetap tidak layu dengan mempertahankan turgiditas tanaman tetap di atas titik kritis (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa klon BP 308 relatif tahan terhadap kekeringan dan dapat beradaptasi dari gejala lengas tanah musiman. Namun, masih diperlukan pengujian terhadap konsistensinya tiap tahun dan pada rentang kondisi lengas tanah yang lebih lebar (lebih kering). Pengamatan visual di lapangan menunjukkan bahwa tanaman ini masih mempunyai relatif banyak daun selama musim kemarau 2003. Sebagai catatan, tanaman kopi klon BP-308 ini ditanam dari bibit asal setek berakar dan kebun percobaan Sumberasin memiliki tipe hujan C dan tinggi tempat ± 500 m dpl.

Di samping hal-hal di atas, dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa turgiditas klon BP-308 relatif stabil pada kisaran 70-80% selama periode penelitian. Ada dugaan titik kritis turgiditas tanaman kopi ada di sekitar 70%, yang berarti lebih rendah daripada titik kritis turgiditas tanaman kentang (82-83%), yang tergolong bukan tanaman tahunan. Namun, untuk mendapatkan nilai yang tepat untuk titik kritis turgiditas tanaman kopi diperlukan studi lebih lanjut.

Tinggi Tempat 45 m dpl tanah Glei Humik Rendah Bertipe Hujan D di Kebun Percobaan Kaliwining

Hasil pengamatan respon kopi robusta terhadap kekeringan juga dilaksanakan di agroklimat lain dengan ciri lingkungan berbeda daripada lingkungan di KP Sumberasin, yaitu di KP Kaliwining yang diamati pada pertanaman klonal yang tidak diketahui namanya, pada lahan dataran aluvial dengan jenis tanah Glei humik rendah. Hasilnya menunjukkan bahwa klon-klon yang diamati tersebut relatif peka terhadap gejala lengas tanah sampai jeluk 100 cm yang terjadi selama periode musim kemarau sampai awal musim hujan tahun 2003, yang berkisar dari 283.84-539.81 mm m⁻¹, yang ditunjukkan oleh tajamnya bentuk kurva respon klon tersebut terhadap menyusutnya lengas tanah (Gambar 5 dan 6), dan penurunan turgiditas tanaman sejalan menyusutnya lengas tanah terjadi sampai jauh di bawah turgiditas kritis, padahal kondisi lengas tanah "tidak terpaut banyak" daripada kondisi lengas tanah di ke dua agroklimat lainnya. Hal ini sejalan dengan pengamatan di lapangan, di mana daun tanaman kopi layu saat kemarau 2003, meskipun relatif banyak daun masih tinggal di tanaman atau tidak rontok. Hal ini menunjukkan bahwa klon tersebut tidak tahan terhadap menyusutnya lengas tanah dan tidak mampu beradaptasi terhadap kondisi kurang air (dengan cara merontokkan daun seperti klon-klon yang relatif tahan kering). Sebagai catatan, kebun percobaan Kaliwining memiliki tipe hujan D dan tinggi tempat 45 m dpl.

Tipe Respon, Taraf Pengaruh Lengas Tanah, Jeluk Penetapan Lengas Tanah, dan Implikasi Praktisnya

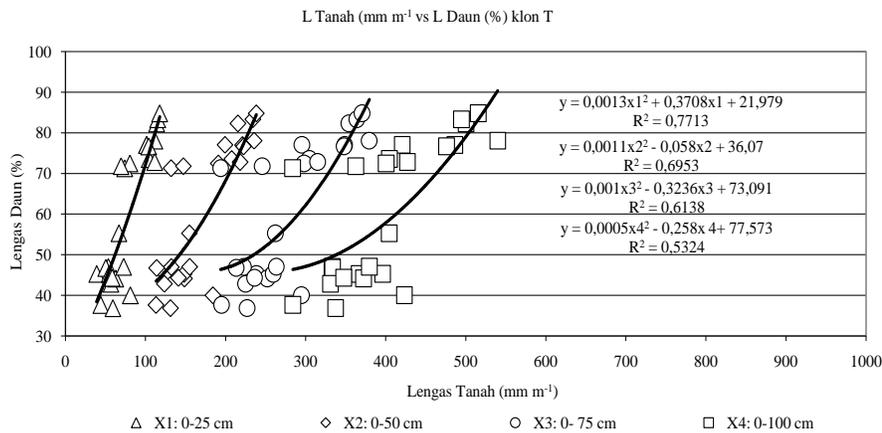
Melihat bentuk kurva respon turgiditas tanaman kopi terhadap fluktuasi lengas tanah sejak kemarau hingga awal musim hujan tahun 2003 di tiga agroklimat yang berbeda ditunjukkan bahwa makin dalam jeluk penetapan lengas tanah yang diperhitungkan dalam membuat persamaan regresi dengan turgiditas tanaman makin landai bentuk kurva responnya (Gambar 1-6); namun, keeratan (R²) hubungan antara peubah lengas tanah dan peubah lengas relatif daunnya (turgiditas) adalah tidak sama untuk masing-masing agroklimat.

Makin dalam jeluk penetapan lengas tanah yang diperhitungkan untuk membuat persamaan regresi dengan turgiditas daun kopi makin landai bentuk kurva responnya. Dari segi praktis makin

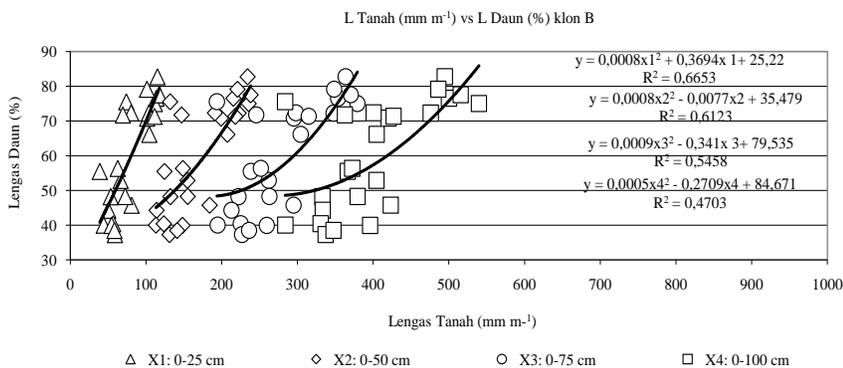
landai bentuk kurva respon hubungan antara turgiditas dan fluktuasi lengas tanah memberi manfaat lebih besar karena perubahan yang besar pada kadar lengas tanah hanya berdampak kecil pada turgiditas tanaman, sehingga pengendalian turgiditas (pengukuran perubahan turgiditas dalam rangka pengendaliannya) makin teliti ?. Dengan perkataan lain makin dalam jeluk penetapan lengas tanah dalam kaitannya dengan turgiditas tanaman memberikan arti praktis lebih besar dari segi keperluan pengendalian turgiditas tanaman di sekitar titik kritisnya dibandingkan bentuk kurva yang lebih tajam yang memberi kesan perubahan turgiditas relatif sulit dikontrol dengan mengatur lengas tanah permukaan. Dengan demikian

pengendalian turgiditas tanaman tidak melewati titik kritisnya lebih mudah (risiko lebih kecil) dengan memanipulasi atau memodifikasi lengas tanah sampai kedalaman tertentu daripada hanya mengatur dan menjaga lengas tanah permukaan saja.

Di KP Andungsari dengan tanah Andosol, tinggi tempat >1.000 m dpl, dan tipe hujan C ditunjukkan bahwa makin dalam jeluk penetapan lengas tanah cenderung berpengaruh makin besar terhadap fluktuasi turgiditas tanaman (Gambar 1-3). Dengan demikian untuk menilai cekaman air pada tanaman perlu penetapan lengas tanah yang relatif dalam (± 100 cm). Sedangkan di KP Sumberasin dengan jenis tanah Mediteran merah kuning,



Gambar 5. Respon tanaman kopi (klon tak dikenal T) terhadap kekurangan air di KP Kaliwining.



Gambar 6. Respon tanaman kopi (klon tak dikenal B) terhadap kekurangan air di KP Kaliwining.

tinggi tempat ± 500 m dpl, dan tipe hujan C, jeluk penetapan lengas tanah relatif tidak berpengaruh terhadap fluktuasi turgiditas tanaman. Dengan demikian penetapan lengas tanah terkait turgiditas tanaman dapat dinilai dari penetapan lengas tanah di permukaan saja atau sampai kedalaman tertentu. Sebaliknya, di KP Kaliwining jeluk penetapan lengas tanah berpengaruh terhadap keeratan hubungan antara peubah lengas tanah dan peubah turgiditas tanaman kopi dengan tendensi kebalikan tendensi di KP Andungsari. Makin dalam jeluk penetapan lengas tanah pengaruh fluktuasi lengas tanah terhadap fluktuasi turgiditas tanaman makin berkurang (Gambar 5-6). Dengan demikian, penetapan kondisi lengas tanah untuk menilai cekaman air pada tanaman di agroklimat ini cukup dilakukan pada lapisan 0-25 cm tanah permukaan. KP Kaliwining memiliki tinggi tempat 45 m dpl, tipe hujan D, dan jenis tanah Glei humik rendah, yang berarti mempunyai kedalaman permukaan air tanah relatif dangkal (<2 m) dibandingkan kedalaman air tanah di KP Andungsari dan KP Sumberasin.

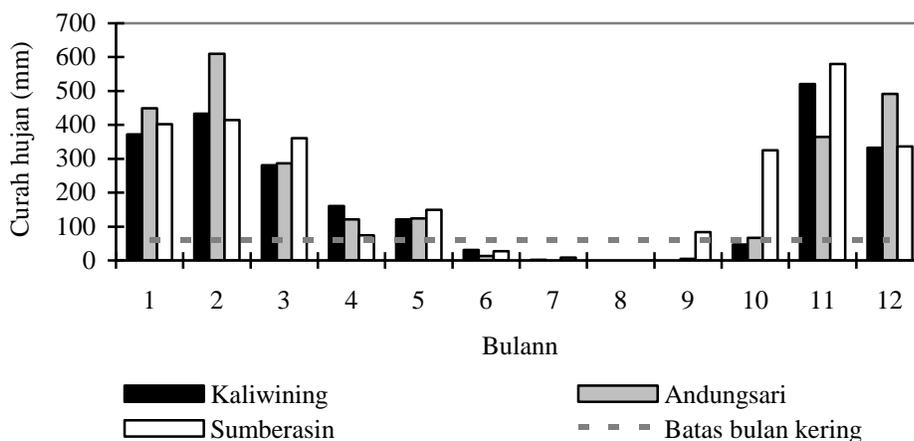
Kondisi Lingkungan

Kondisi meteorologi

Curah hujan. Data curah hujan bulanan selama tahun 2003 disajikan pada Gambar 7. Dari Gambar 7 tampak bahwa di ke tiga agroklimat tempat pengamatan menunjukkan bahwa awal kemarau dimulai bulan Juni dengan curah hujan bulan Mei mirip satu dengan yang lain (> 100 mm

dan <150 mm). Namun, bulan kering di kebun Kaliwining berlangsung hingga bulan Oktober, sedangkan di kebun Andungsari sampai bulan September dan di kebun Sumberasin hanya sampai bulan Agustus. Dengan demikian urutan lama musim kemarau di tahun 2003 dari yang paling lama adalah sebagai berikut: Kebun Kaliwining $>$ Kebun Andungsari $>$ Kebun Sumberasin dengan lama bulan kering berturut turut 5, 4, dan 3 bulan.

Suhu dan kelembaban relatif udara. Suhu dan kelembaban relatif udara rata-rata bulanan menjelang kemarau, selama kemarau ingá awal musim hujan tahun 2003 di tiga agroklimat yang berbeda disajikan pada Tabel 1. Namun, berhubung di stasiun cuaca di kebun Andungsari dan kebun Sumberasin belum dilengkapi dengan pengukur suhu dan kelembaban relatif udara, maka hanya data suhu dan kelembaban relatif udara di kebun percobaan Kaliwining yang disajikan. Pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa suhu rata-rata bulanan di kebun Kaliwining menjelang kemarau, selama kemarau dan awal musim hujan tidak pernah melebihi 29°C dan ada tendensi bahwa selama kemarau ada sedikit penurunan suhu dibandingkan sebelum dan sesudahnya. Sebaliknya, kelembaban relatif udara cenderung terus turun hingga akhir kemarau, kemudian mendadak naik di awal musim hujan. Tendensi semacam ini merupakan tendensi umum kelembaban relatif udara musiman setiap tahun, seiring peningkatan radiasi matahari yang mencapai puncaknya pada akhir kemarau (Erwiyono, 2005).



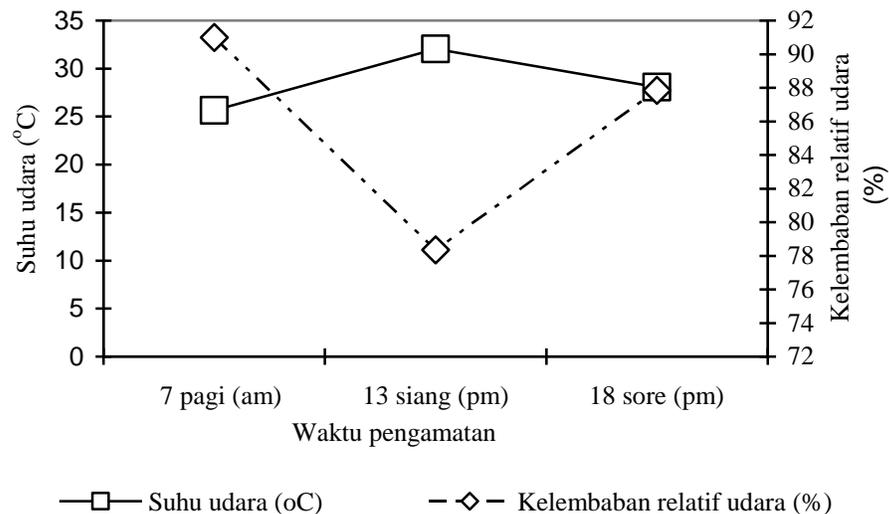
Gambar 7. Data sebaran hujan pada tahun 2003 di kebun percobaan Kaliwining, Sumberasin, dan Andungsari.

Turunnya kelembaban relatif udara rata-rata bulanan di bawah 85 % sejak bulan Juli 2003 diduga menjadi penyebab utama turunnya turgiditas relatif daun hingga sangat rendah ($\pm 40\%$) (Gambar 5 dan 6). Di lapangan daun-daun tampak sangat layu, demikian pula ranting-ranting. Dari sebaran titik-titik hasil pengamatan turgiditas di kebun percobaan Kaliwining tampak bahwa sebenarnya penurunan turgiditas kopi sejalan dengan penurunan kadar lengas tanah terjadi dalam dua tahap keseimbangan (*steady state*), yakni penurunan turgiditas daun hingga mencapai kondisi keseimbangan pertama (*steady state 1*) sekitar sedikit di atas 70 %, saat mana daun kopi Robusta mencapai turgiditas kritisnya. Kemudian penurunan turgiditas lebih lanjut setelah titik ini seiring terus menyusutnya lengas tanah sepanjang profil tanah terjadi secara tiba-tiba dan tajam seiring penyusutan per unit lengas tanah. Kemudian turunnya turgiditas daun lebih lanjut terjadi secara berangsur kembali hingga mencapai kondisi keseimbangan ke dua (*steady state 2*) pada turgiditas relatif daun sekitar 40 %, yang dapat dikatakan sebagai kondisi turgiditas kritis ke 2. Turunnya turgiditas daun dari titik kritis pertama menuju titik kritis yang ke dua diduga sejalan dengan turunnya potensial air ranting tempat daun-daun tersebut menempel hingga mencapai titik kritisnya. Menurut Philip (1957 dalam Shaw dan Laing, 1966), penyusutan potensial air tanaman akan terus berlanjut seiring makin tingginya cekaman air hingga potensial air tanaman di titik terdekatnya dengan tanah (perakaran tanaman) hampir sama dengan

potensial air tanah, sehingga tidak ada lagi aliran air dari tanah menuju ke atmosfer melalui tanaman.

Mengapa tendensi demikian tidak terjadi di ke dua agroklimat lainnya? Sayangnya tidak tersedia data pengamatan suhu dan kelembaban relatif udara di kebun percobaan Sumberasin dan Andungsari, sehingga pertanyaan ini tidak dapat dijawab berdasarkan data faktual melainkan dengan analogi. Seperti telah menjadi pegangan umum bahwa setiap kenaikan 100 m tinggi tempat akan diikuti turunnya suhu udara sebesar 2°C. Sedangkan menurut Wrigley (1988) setiap kenaikan tinggi tempat 1.000 m di daerah tropika diikuti penurunan suhu udara sebesar 6° C. Dengan berpegang pada yang terakhir maka suhu udara rata-rata untuk kebun percobaan Sumberasin dan Andungsari secara berturut-turut diperkirakan sekitar 23-24°C dan 18-19°C.

Demikian pula telah diketahui dan dimengerti bahwa penurunan suhu menyebabkan penurunan titik didih air atau kejenuhan uap air di atmosfer. Dengan demikian dapat dimengerti bahwa di kebun Andungsari tanaman kopi mengalami kerontokan daun tetapi belum mengalami kelayuan atau dapat dikatakan bahwa turgiditas daun masih berada di sekitar titik kritis. Demikian pula di kebun Sumberasin gejala kelayuan baru mulai muncul (agak layu). Hal ini didasarkan pada bentuk kurva respon turgiditas tanaman yang melengkung ke bawah yang diduga menunjukkan bahwa turgiditas tanaman sebagian sudah mencapai sedikit di bawah titik kritis (agak layu).



Gambar 8. Pola harian suhu dan kelembaban relatif udara rata-rata selama tahun 2003 di kebun percobaan Kaliwining.

Tabel 1. Data tinggi tempat, suhu dan kelembaban relatif udara.

No	Lokasi	Tinggi tempat (m dpl)	Suhu udara rata-rata (°C)							
			Mei	Juni	Juli	Agus	Sept	Okt	Nop	
1	Lini S-795	1.100-1.400	- *)	-	-	-	-	-	-	-
2	Andungsari-1	1.100-1.400	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Kartika-2	1.100-1.400	-	-	-	-	-	-	-	-
4	BP-308	450 - 500	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Robusta tanpa nama	45	27,7 (89,0)	26,7 (85,3)	26,5 (97,4)	26,4 (82,8)	27,8 (80,3)	28,5 (80,1)	28,8 (84,2)	

Keterangan: *) Angka dalam kurung merupakan data rata-rata kelembaban relatif udara.

Tabel 2. Berat volume tanah di masing-masing lokasi (g cm⁻³)

No	Kebun	Blok	Tanah	BV (g cm ⁻³)
1	KP Andungsari	Arabika Lini S-795	Andosol	0,624
2	KP Andungsari	Arabika Andungsari-1	Andosol	0,638
3	KP Andungsari	Arabika Kartika-2	Andosol	0,684
4	KP Sumberasin	Robusta BP-308	Mediteran MK	1,031
5	KP Kaliwining	Robusta tanpa nama	Glei Humik Rendah	1,143

Tabel 3. Tekstur dan C-organik tanah di masing-masing lokasi.

No.	Blok	Tanah	Tekstur				C-organik (%)
			Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	Klas	
1	Lini S-795	Andosol	26	73	1	Lp. Berdebu	7,06
2	Andungsari-1	Andosol	27	72	1	Lp. Berdebu	6,53
3	Kartika-2	Andosol	18	72	10	Lp. Berdebu	6,68
4	BP-308	Mediteran	9	40	51	Liat	1,88
5	Robusta tanpa nama	Aluvial	13	61	26	Lempung	0,87

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa penentu kehilangan turgiditas tanaman adalah kelembaban relatif udara, yang nilainya dapat diharapkan meningkat dengan turunnya suhu udara. Hal ini mirip dengan pola harian suhu dan kelembaban relatif atmosfer. Pada saat siang hari (radiasi tinggi) suhu udara naik dan kelembaban relatif udara turun; dan sebaliknya, di malam hari suhu udara turun dan kelembaban relatif udara naik, seperti disajikan pada Gambar 8.

Dengan demikian bukti (kesimpulan) ini menguatkan pemikiran sebelumnya oleh Philip (1957 dalam Shaw dan Laing, 1966), bahwa upaya mempertahankan turgor tanaman sejalan menyusutnya potensial air tanah (meningkatnya cekaman air tanah) dapat dilakukan dengan mengatur kebutuhan air atmosfer menjadi lebih rendah atau kelembaban relatif udara lebih tinggi.

Di samping itu hal-hal lain yang perlu dicatat dari penelitian ini adalah bahwa dengan membandingkan bentuk kurva dan kisaran nilai kritis turgiditas tanaman kopi di tiga agroklimat berbeda tersebut, ada tendensi bahwa tinggi tempat mempengaruhi nilai turgiditas kritis tanaman kopi (dalam penelitian ini nilainya cenderung lebih rendah dengan makin rendahnya tinggi tempat dari permukaan laut).

Data pendukung kondisi tanah

Kondisi tanah di lokasi penelitian relatif berbeda menurut jenis tanahnya (dan agroklimatnya) dan menunjukkan bahwa berat volume tanah Andosol jauh lebih rendah dari kedua jenis tanah yang lain, yakni: Mediteran merah kuning dan Aluvial (Glei humik rendah). Tanah Andosol memiliki berat volume tanah sekitar 0,6-

0,7 g cm⁻³, sedang tanah Mediteran dan Aluvial memiliki berat volume tanah > 1,0 g cm⁻³ (Tabel 2). Ternyata hal ini berkaitan dengan kandungan bahan organik tanah dan kadar debu tanahnya yang relatif tinggi pada tanah Andosol dibandingkan tanah Mediteran dan Aluvial (Tabel 3). Hal ini juga berkaitan dengan ciri fisik tanahnya yang berstruktur remah dan konsistensinya gembur; sebaliknya tanah Mediteran merah kuning dan Aluvial cenderung berstruktur menggumpal dan konsistensi teguh oleh gaya kohesi yang lebih besar.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan berikut:

Di KP Andungsari (dataran tinggi) untuk menilai cekaman air pada tanaman diperlukan penetapan air tanah pada profil tanah sampai jeluk 100 cm; sebaliknya, di KP Kaliwining cekaman air tanaman cukup dinilai dari kondisi lengas tanah lapisan permukaan (0-25 cm). Sedangkan di KP Sumberasin cekaman air tanaman dapat diduga dari penetapan lengas tanah jeluk tanah permukaan atau sampai jeluk tanah yang lebih dalam.

Klon Andungsari-1 dan Lini S-79 lebih tahan kering daripada klon Kartika-2 di tanah Andisol bertipe hujan C dengan tinggi tempat >1.000 m dpl.; namun, perlu dikaji konsistensi responnya terhadap kekeringan beberapa tahun dan pada rentang kondisi lengas tanah lebih lebar.

Klon BP-308 menunjukkan respon relatif tahan kering pada tanah Mediteran merah kuning bertipe hujan C pada tinggi tempat sekitar 500 m dpl.; namun, konsistensinya perlu dikaji beberapa tahun dan pada rentang kondisi lengas tanah lebih lebar.

Kopi robusta klonal tanpa nama di kebun percobaan Kaliwining menunjukkan gejala layu, penurunan turgiditas tanaman, dan kerontokan daun selama musim kemarau, serta berespon positif terhadap peningkatan kadar lengas tanah.

Sifat tahan kering tanaman ditunjukkan oleh kemampuannya untuk mempertahankan turgiditas tanaman sejalan dengan turunnya ketersediaan lengas tanah dengan tetap mempertahankan kerontokan daun serendah-rendahnya. Kepekaan tanaman terhadap kekeringan ditandai oleh kelayuan tanaman, turunnya turgiditas tanaman di bawah 80 %, dan kekurangan-mampuan mencegah kerontokan daun.

Klon robusta BP-308 dan arabika Andungsari-1 tergolong tanaman tahan kering untuk masing-

masing agroklimat, klon Lini S 795 tergolong relatif tahan kering, klon Kartika-2 tergolong kurang tahan kering, dan klon robusta tanpa nama di KP Kaliwining tergolong tidak tahan kering.

Tinggi tempat tampaknya mempengaruhi nilai turgiditas kritis tanaman kopi.

Penetapan lengas tanah sampai kedalaman tertentu memiliki makna lebih praktis dalam upaya menjaga turgiditas tanaman daripada hanya lengas tanah permukaan saja.

Upaya mempertahankan turgor tanaman sejalan meningkatnya cekaman air tanah dapat dilakukan dengan mengatur kebutuhan air atmosfer menjadi lebih rendah, kemungkinan dengan menurunkan suhu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. John Bako Baon, Ketua Kelompok Peneliti Tanah atas koreksi dan saran dalam penulisan naskah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Saudara Sugiyanto A.Md.A.K. Koordinator Laboratorium Analisis Tanah dan Daun atas bantuan analisis tanah; Saudara Sudjiran BSc., Kusdiwanto, dan Cuncun Eka Nurhayat atas bantuan teknis di lapangan; dan Saudara Satuki dan Wagiyanto atas pengamatan rutin ciri-ciri meteorologi di Kebun Percobaan Kaliwining.

PUSTAKA

- Alifah. 2003. Hubungan perubahan kadar air tanah dengan keragaan beberapa klon kopi robusta pada tanah Inceptisol. Skripsi S-1 Jurusan tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
- Baon, J.B., Pujiyanto dan R. Erwiyono. 2003. Evaluasi dampak kekeringan 2002 terhadap produksi kopi dan kakao tahun 2003 di PT Perkebunan Nusantara XII. Laporan peninjauan lapangan, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 22 hal.
- Erwiyono, R. dan A. Wibawa. 1996. Pengaruh pemupukan nitrogen terhadap status lengas tanah dan daun kopi pada periode bulan kering. *Pelita Perkebunan*. 12(2): 83-91.
- Erwiyono, R. 2005. Lengas tanah dan turgiditas beberapa klon kopi Robusta di dataran Aluvial berpola hujan musiman. *Pelita Perkebunan*. 21(2): 113-130.
- Hulupi, R. 1998. Variasi fenotipik beberapa sifat morfologi kopi arabika berperawakan katai pada berbagai kondisi lingkungan. *Pelita Perkebunan*. 14(1): 1-9.

R. Erwiyono dan A. Wibawa: Hubungan Jeluk Lengan Tanah dengan Turgiditas Kopi

- Machlis, L. and J.G. Torrey. 1956. *Plants in action. A laboratory manual of plant physiology.* W.H. Freeman and Co., Inc. San Fransisco.
- Nur, A.M. dan Zaenudin. 1999. Perkembangan buah dan pemulihan pertumbuhan kopi Robusta akibat cekaman kekeringan. *Pelita Perkebunan.* 15(3): 162-174.
- PT. Perkebunan XXIII. 1984. Pengalaman-pengalaman dengan musim kemarau panjang tahun 1982. *Perkebunan Indonesia.* 1: 3-18.
- Shaw, R.H. and D.R. Laing. 1966. Moisture stress and plant response, p. 73-94. In. Pierre, W.H., D. Kirkham, J. Pesek, & R. Shaw. (Eds.). *Plant environment and efficient water use.* ASA & SSSA. Madison, Wisconsin. 295 pp.
- Schmidt, F.H. and J.H.A. Ferguson 1951. Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinee, *Verhandelingen No. 42.* Kementerian Perhubungan Djawatan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Soerotani, S. dan Soenardjan. 1984. Pengalaman dalam musim kemarau panjang 1982 di PT Perkebunan XVIII. *Perkebunan Indonesia.* 3/4 : 19-28.
- Squire, G.R. 1979. Weather, physiology and seasonality of tea (*Camellia sinensis*) yields in Malawi. *Experimental Agriculture,* 15: 321-330.
- Wrigley, G. 1988. *Coffee.* Longman Scientific & Technical, Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd. Singapore. 639 pp.