

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

7e80c631bb6752593123a88fd37e05d80cf8c8779e1afb6b076079258fd0435b

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

**STUDI INTENSITAS CAHAYA DI SEMPADAN SUNGAI HUTAN PRODUKSI JATI
KHDTK CEMORO MODANG**

***STUDY OF LIGHT INTENSITY IN RIPARIAN ZONE OF TEAK PRODUCTION FOREST
IN KHDTK CEMORO MODANG***

Agung Wahyu Nugroho dan Heru Dwi Riyanto

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS

Jl. Jend. A. Yani - Pabelan, Kartasura Po Box 295, 57102 Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

Telp. (0271) 716709; Fax. (0271) 716959; Email: agung_nugroho96@yahoo.co.id

Diterima: 25 Agustus 2019; Direvisi: 16 September 2019; Disetujui: 7 Juni 2020

ABSTRAK

Vegetasi merupakan salah satu faktor yang memengaruhi fungsi perlindungan sempadan sungai. Vegetasi sempadan sungai di hutan produksi jati di Jawa didominasi oleh tanaman jati dengan keanekaragaman jenis yang rendah. Rehabilitasi diperlukan untuk meningkatkan peranan vegetasi dalam melindungi sempadan sungai. Intensitas cahaya merupakan faktor yang signifikan untuk fotosintesis yang berdampak pada kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan adaptasi suatu vegetasi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi intensitas cahaya matahari di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro dalam kawasan hutan produksi jati. Mengenali karakteristik cahaya akan membantu dalam pemilihan jenis tanaman yang tepat dalam merehabilitasi kawasan ini. Data primer dan sekunder digunakan dalam penelitian ini. Pengukuran langsung intensitas cahaya dilakukan di sepanjang sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro dengan systematic sampling. Plot sampel berukuran 20 x 20 meter digunakan sebagai lokasi titik sampling dengan jumlah sebanyak 36 plot. Data iklim diperoleh dari pengamatan lapangan melalui stasiun klimatologi terdekat. Hasil penelitian menunjukkan tutupan tajuk vegetasi yang berbeda menyebabkan intensitas cahaya di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro bervariasi. Tutupan tajuk di kawasan ini dapat dibagi menjadi tutupan tajuk jati berbagai umur (tanaman produksi), johar (tanaman rehabilitasi sebelumnya) dan areal terbuka bekas tebangan. Pemilihan jenis pohon toleran dan intoleran penting digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk rehabilitasi, selain pertimbangan silvikultural lain dan sosial ekonomi masyarakat setempat.

Kata kunci: cahaya, sempadan sungai, hutan produksi jati

ABSTRACT

Vegetation is one of the factors that influence the protection function of the riparian zone. Riparian vegetation in teak production forests is dominated by teak plantation with low species diversity. Rehabilitation is needed to increase the role of vegetation in protecting riparian zone. Data and information of light intensity is required to support the success of rehabilitation. Light intensity is a significant factor for photosynthesis which impacts on the survival, growth and adaptation of a vegetation. The varying light intensity in the riparian zone due to diverse land cover becomes a challenge in rehabilitating this area. This study aims to identify light intensity in riparian zone of Modang River and Cemoro River in the teak production forest. Recognizing light characteristics will help in species selection to rehabilitate this area. Primary and secondary data were used in this study. Direct measurement of light intensity was carried out along riparian zone of the Modang and Cemoro Rivers by systematic sampling. A sampling plot measuring 20 x 20 meter was used as the location of the sampling point with a total of 36 plots. Climate data are obtained from field observations through the nearest climatology station. The results showed that different canopy cover causing light intensity of Modang and Cemoro rivers varies. Canopy cover in this area can be divided into canopy cover of teak forest of various ages (production plants), johar (previous rehabilitation plants), and logged-over areas. The selection of tolerant and intolerant trees is important to use as consideration for rehabilitation, in addition to other silvicultural and socio-economic considerations of the local community.

Keywords: light, riparian, teak production forest

PENDAHULUAN

Hutan produksi merupakan kawasan hutan yang ditetapkan pemerintah untuk memproduksi hasil hutan tanpa menimbulkan dampak sosial, ekonomi, dan ekologi. Penetapan sempadan sungai sebagai kawasan perlindungan setempat (KPS) ditujukan untuk meningkatkan fungsi lindung dalam hutan produksi tersebut. Sempadan sungai berfungsi sebagai ruang penyangga antara ekosistem sungai dan daratan, agar fungsi sungai dan kegiatan manusia tidak saling terganggu (Republik Indonesia, 2011). Berkembangnya vegetasi di sempadan sungai merupakan indikator kondisi sungai yang sehat (Macfarlane *et al.*, 2017).

Vegetasi merupakan salah satu faktor yang memengaruhi fungsi perlindungan sempadan sungai, selain air dan tanah/bentuk lahan (Swanson *et al.*, 2017). Vegetasi mempunyai peran penting dalam mengurangi transfer sedimen dan polutan ke badan air sungai (Moon *et al.*, 2013; Tiecher *et al.*, 2017), memperkuat stabilitas tepian sungai (Krzeminska *et al.*, 2019), meningkatkan kualitas air sungai (Chua *et al.*, 2019), menurunkan suhu aliran (Wondzell *et al.*, 2019), meningkatkan jumlah dan keanekaragaman spesies burung (Kontsiotis *et al.*, 2019). Vegetasi tebing sungai dapat meredam kecepatan aliran air sungai dan memindahkan distribusi kecepatan ke tengah sungai (Maryono, 2015). Vegetasi asli di sempadan sungai dapat menjadi indikator kualitas air sungai dan mendeteksi dampak kegiatan antropogenik di sepanjang aliran sungai (Alemu *et al.*, 2017). Efektivitas vegetasi dalam menangkap kontaminan (nitrogen dan fosfor) dipengaruhi oleh lebar sempadan dan jenis vegetasi (Junior *et al.*, 2015). Struktur dan keanekaragaman vegetasi dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan penggunaan lahan di wilayah yang berdekatan atau perubahan vegetasi dari vegetasi asli ke vegetasi invasif (Fernandes *et al.*, 2011; Macfarlane, *et al.*, 2017).

Vegetasi sempadan sungai dapat mencakup pohon, semak, rumput, dan tumbuhan merambat dalam struktur kompleks penutup tanah, tumbuhan bawah, dan kanopi. Di kawasan hutan produksi terutama di Jawa, vegetasi sempadan sungai didominasi oleh jati (*Tectona grandis*) dengan keanekaragaman jenis untuk vegetasi tingkat pohon termasuk rendah (Nugroho & Riyanto, 2018). Vegetasi sempadan sungai dapat rusak oleh aktivitas manusia, misalnya penebangan pohon, kebakaran, dan alih fungsi lahan. Kegiatan antropogenik, seperti penggunaan lahan dan modifikasi tutupan lahan di daerah sempadan sungai, dapat mengubah tingkat

fragmentasi vegetasi, menyebabkan degradasi habitat aliran, dan memengaruhi komunitas biologis di sungai (Yirigui *et al.*, 2019). Fernandes *et al.* (2011) juga menemukan, penurunan struktur dan keanekaragaman vegetasi di sempadan sungai terjadi akibat penggunaan lahan untuk pertanian. Hilangnya vegetasi di sempadan sungai berakibat pada penurunan retensi sungai, peningkatan kecepatan air, peningkatan aggradasi (jumlah sedimentasi terendapkan), dan gangguan stabilitas dasar sungai (Maryono, 2015). Degradasi vegetasi riparian juga menyebabkan homogenisasi biotik yang dapat mengurangi keanekaragaman spesies dan layanan ekosistem (Casatti *et al.*, 2012).

Rehabilitasi secara vegetasi diperlukan untuk meningkatkan peranan vegetasi dalam melindungi sempadan sungai. Sebagai bagian dari pendekatan konsep ekohidrolik, hasil akhir rehabilitasi adalah terbangunnya konfigurasi vegetasi alamiah sempadan sungai. Keuntungan pemanfaatan vegetasi (metode *bio-engineering*) ini adalah lebih murah dengan keberlanjutan tinggi (Maryono, 2015). Pengayaan vegetasi (*enrichment planting*) dengan jenis yang tepat merupakan salah satu pilihan rehabilitasi yang dapat dilakukan (Nugroho & Riyanto, 2018). Data dan informasi intensitas cahaya pada calon lokasi KPS diperlukan guna menjamin keberhasilan tindakan pengayaan vegetasi. Intensitas cahaya merupakan faktor yang signifikan untuk fotosintesis yang berdampak pada kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan adaptasi suatu tanaman. Mayoritas vegetasi memiliki kemampuan untuk mengembangkan perubahan anatomi, morfologi, fisiologi, dan biokimia dalam merespon berbagai intensitas cahaya (Zervoudakis *et al.*, 2012). Sebagian besar pohon memiliki persyaratan yang sangat spesifik untuk merespon terhadap banyaknya sinar matahari atau naungan yang dapat ditahan. Beberapa pohon lebih mudah beradaptasi di bawah sinar matahari penuh sementara pohon yang lain tidak tumbuh dengan baik.

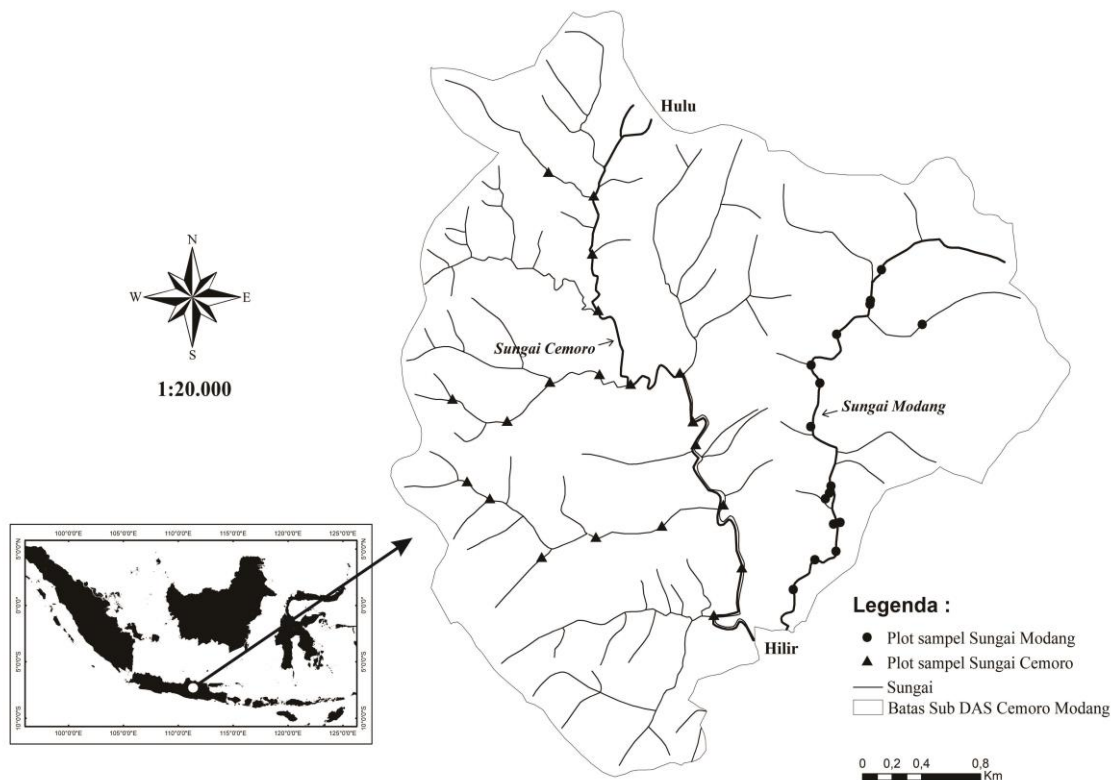
Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi intensitas cahaya matahari di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro dalam kawasan hutan produksi jati. Mengenali karakteristik cahaya akan membantu dalam pemilihan jenis tanaman yang tepat dalam merehabilitasi kawasan ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro pada bulan Mei – September (Gambar 1). Sempadan sungai ini

dicadangkan sebagai kawasan perlindungan setempat (KPS) di hutan produksi jati. Wilayah ini masuk dalam Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH)

Pasarsore dan BKPH Cabak, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Cepu, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah.



Gambar 1. Lokasi studi di sempadan Sungai Modang dan Cemoro serta titik pengambilan sampel

Area penelitian termasuk dalam kawasan hutan dengan tujuan khusus (KHDTK) Cemoro-Modang dengan dominasi tegakan jati yang pengelolaannya dilakukan oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS Surakarta (Gambar 2). Sungai Modang dan Sungai Cemoro merupakan sungai bagian hulu dalam sistem DAS Bengawan Solo. Sungai Modang mempunyai panjang sungai utama sekitar 3,9 km, sedangkan Sungai Cemoro sekitar 5,6 km. Sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro selebar 20 meter kanan-kiri sungai mempunyai luas sebesar 15,6 hektar dan 22,4 hektar. Outlet Sungai Modang masuk dalam sistem Sungai Cemoro pada bagian hilir.

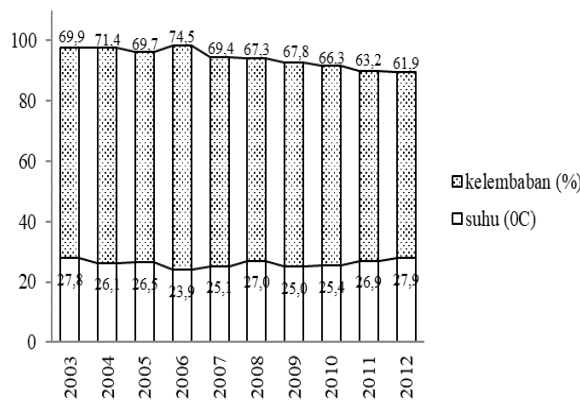
Sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro mempunyai ketinggian tempat antara 86 dan 150 meter di atas permukaan laut dengan suhu udara dan kelembaban selama 10 tahun (2003 – 2012) sebesar 25 – 27,9 °C dan 61,9 – 74,5 %. Kemiringan lereng bervariasi, ada yang datar (0 – 4 %), agak miring

(4 – 8 %), dan sangat miring (15 – 25 %). Jenis tanah terdiri dari alluvial, andosol, regosol; pH tanah >7; dengan jenis batuan vulkanik dan kapur. Sebagian besar kemampuan penggunaan lahan (KPL) termasuk kelas VIII yaitu daerah perlindungan dan tidak boleh dilakukan penebangan. Hasil pengolahan data klimatologi menunjukkan rerata suhu dalam 10 tahun terakhir (2003 - 2012) mengalami kenaikan, sementara kelembaban semakin menurun (Gambar 3).

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta petak kawasan hutan, alat tulis, GPS, lux meter, tambang dan meteran. Lux meter digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari. Lux meter dipegang di atas kepala untuk menghindari adanya halangan cahaya dan bagian alat yang peka terhadap cahaya diarahkan pada pantulan datangnya cahaya. Nilai intensitas cahaya (lux) dapat dilihat pada papan petunjuknya.



Gambar 2. Kondisi sempadan Sungai Modang dengan dominasi jati



Sumber data: data diolah penulis (2019)

Gambar 3. Rerata suhu dan kelembaban dari tahun 2003-2012

Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan terhadap intensitas cahaya matahari di sepanjang sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro. Dalam sempadan sungai tersebut ditentukan titik-titik *sampling* dengan pembuatan plot berukuran 20 x 20 meter secara *systematic sampling*. Jumlah plot *sampling* yang diamati sebanyak 36 plot. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan di dalam masing-masing plot ukur tersebut dan diulang tiga kali. Data sekunder yang dibutuhkan adalah data profil dari lokasi penelitian meliputi data letak, topografi, dan kondisi iklim. Data iklim (suhu dan kelembaban) diperoleh dari pengamatan lapangan melalui stasiun klimatologi yang terletak di Dusun Ngawenan.

Data pengukuran intensitas cahaya disusun ke dalam bentuk tabel agar mudah diolah dan dianalisis. Data dikelompokkan ke dalam waktu pengukuran, vegetasi penutup lahan dan ditampilkan ke dalam bentuk tabulasi. Data diolah menggunakan *microsoft*

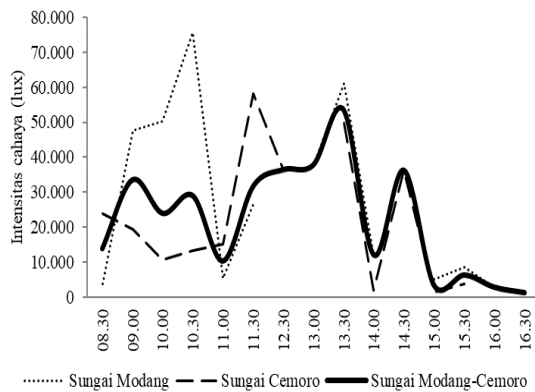
excel dan ditunjang dengan data literatur kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif. Penghitungan luas KPS menggunakan software pemetaan Arcgis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Cahaya Secara Umum

Cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang memberikan pengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan vegetasi. Vegetasi memanfaatkan cahaya untuk membantu proses fitokimia, misalnya: fotosintesis, transpirasi, konduktansi stomata, sintesis klorofil daun, aktivitas enzim dan prolin (She-ni *et al.*, 2011). Semakin baik proses fisiologis yang terjadi maka semakin baik pula pertumbuhannya. Berat segar, berat kering, panjang batang, panjang daun, dan lebar daun adalah variabel pertumbuhan yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya (Li & Kubota, 2009).

Toleransi menggambarkan kemampuan vegetasi untuk menjadi mapan, tumbuh, dan berkembang dalam persaingan memperoleh cahaya matahari. Toleransi tidak konstan untuk suatu jenis dalam semua keadaan karena toleransi merupakan ekspresi respon genetik dan fisiologis. Setiap vegetasi mempunyai toleransi yang berbeda terhadap cahaya matahari yang diterimanya. Spesies toleran dapat tumbuh baik ketika sedikit cahaya yang tersedia. Spesies intoleran tidak dapat tumbuh dengan baik di tingkat cahaya rendah, tetapi tumbuh sangat baik pada tingkat cahaya yang mendekati sinar matahari penuh. Spesies lain lebih fleksibel di antara kondisi sinar matahari penuh dan naungan penuh (Clatterbuck, 2005). Misalnya, beberapa anakan *Shorea* (*S. leprosula*, *S. mecistopteryx*, *S. ovalis* dan *S. selanica*) menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dilihat dari parameter tinggi, diameter, jumlah daun, bobot kering total dan nisbah pucuk akar pada intensitas cahaya 40 % (± 11.934 lux) (Sukendro & Sugiarto, 2012). Cempaka Wasian menunjukkan pertumbuhan dan mutu bibit terbaik pada tingkat naungan 50 % (intensitas cahaya ± 19.100 lux) (Irawan & Hidayah, 2017). Hasil pengukuran rerata intensitas cahaya di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro pada berbagai waktu pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rerata intensitas cahaya di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro pada berbagai waktu pengukuran

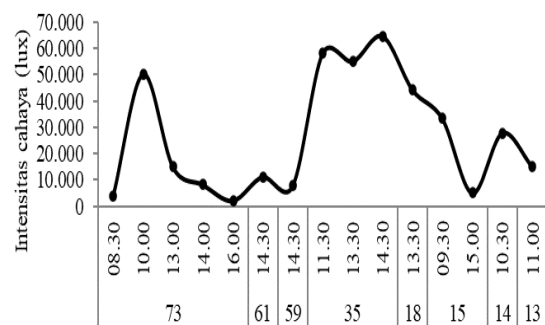
Gambar 4 memperlihatkan intensitas cahaya di sepanjang sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro mengalami fluktuasi. Intensitas cahaya tertinggi di sempadan Sungai Modang terjadi pada pukul 10.30 dan terendah pada pukul 16.00 dengan rerata intensitas cahaya sebesar 75.635 lux dan 2.773 lux. Intensitas cahaya maksimal di sempadan Sungai Cemoro terjadi pada pukul 11.30 sebesar 58.100 lux dan terkecil pada pukul 16.30 sebesar 1.236 lux. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya sangat bervariasi baik dalam waktu/temporal maupun ruang/spasial. Tetapi secara umum, pola intensitas cahaya pada kedua sempadan sungai menunjukkan pada pagi hari mengalami peningkatan sampai siang hari, kemudian secara bertahap menurun pada sore hari. Apabila kedua tempat digabungkan yaitu Sungai Modang-Cemoro, rerata intensitas cahaya yang terjadi >10.000 lux dan tertinggi tercapai pada siang hari pukul 13.30 sebesar 53.450 lux.

Selain disebabkan oleh waktu pengukuran yang berbeda dan adanya halangan awan, fluktuatifnya intensitas cahaya juga dipengaruhi oleh bervariasinya tipe penutupan lahan yang ada di sempadan sungai. Tipe penutupan lahan ini berkaitan dengan tutupan tajuk pohon yang tumbuh di sepanjang sempadan sungai. Tajuk pohon dalam strata atas dapat menjadi naungan dan memengaruhi intensitas cahaya pada lingkungan di bawahnya. Tingkat naungan berbanding terbalik dengan intensitas cahaya (Sukendro & Sugiarto, 2012). Semakin rapat tingkat naungan maka intensitas cahaya yang diterima vegetasi semakin menurun. Selain itu, kerapatan naungan juga memengaruhi iklim mikro di sekitarnya misalnya kelembaban dan suhu udara (Fajri & Ngatiman, 2017). Tingkat naungan berbanding terbalik dengan suhu tetapi berbanding lurus dengan

kelembaban. Semakin rapat naungan, maka suhu udara menjadi lebih rendah tetapi kelembaban udara semakin tinggi (Sukendro & Sugiarto, 2012).

Sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro merupakan bagian dari hutan produksi dengan kelas perusahaan (KP) jati sehingga penutupan lahannya didominasi oleh tegakan jati (*Tectona grandis*). Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro, jati mendominasi hampir di semua tingkatan hidup vegetasi mulai dari tingkat pancang, tiang, dan pohon (Nugroho & Riyanto, 2018). Di area kajian, tutupan tajuk hutan jati mempunyai beberapa kelas umur (KU). Sehingga area sempadan sungai yang ditetapkan sebagai KPS akan memiliki beberapa tipe penutupan tajuk yaitu: hutan jati tua (KU VI, VII, VIII), hutan jati sedang (KU III, IV, V), dan hutan jati muda (KU I, II). Selain itu, ada juga tutupan tajuk hutan johar (*Casia siamea*) sebagai tanaman rehabilitasi, dan areal terbuka bekas tebang. Perbedaan tutupan tajuk (jenis dan umur) tersebut dapat memengaruhi intensitas cahaya pada lingkungan di bawahnya. Sehingga intensitas cahaya yang diterima oleh vegetasi di bawahnya berbeda untuk setiap tipe penutupan tajuk dan memengaruhi ketersediaan energi cahaya yang digunakan untuk proses fisiologi vegetasi. Semakin lebat tutupan tajuk (naungan) maka intensitas cahaya yang diterima akan semakin kecil.

Intensitas Cahaya di Bawah Tegakan Jati



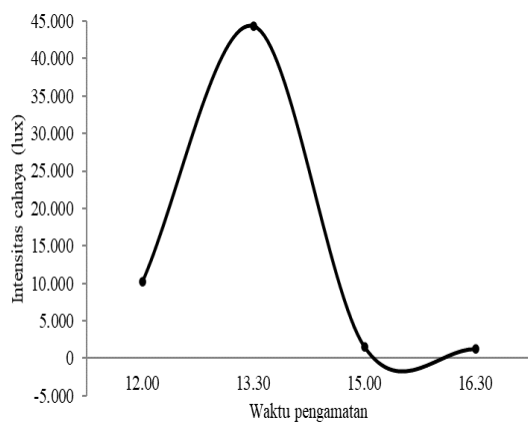
Umur jati (tahun) dan waktu pengamatan

Gambar 5. Rerata intensitas cahaya di bawah tegakan jati berbagai umur berdasarkan waktu pengamatan

Gambar 5 menunjukkan bahwa rerata intensitas cahaya di bawah tegakan jati pada berbagai umur dan waktu pengamatan antara jam 08.30 dan 16.00 berkisar 2.273 lux sampai 64.600 lux. Besarnya intensitas cahaya yang diteruskan ke permukaan lahan cenderung menurun seiring bertambahnya

umur tegakan jati. Apabila dihitung secara persentase, rerata intensitas cahaya di bawah tegakan jati umur 35 tahun mempunyai nilai sebesar 60 %. Masih besarnya cahaya di bawah tegakan jati walaupun sudah berumur agak tua disebabkan oleh adanya kegiatan penjarangan dan sifat pohon jati yang menggugurkan daun. Tanaka *et al.* (2017) menyebut bahwa jati termasuk pohon yang menggugurkan daun (*deciduous tree*) pada musim kemarau dengan cabang kecil yang banyak sehingga peluang adanya cahaya matahari masuk ke lantai hutan masih ada.

Intensitas Cahaya di bawah Tegakan Johar



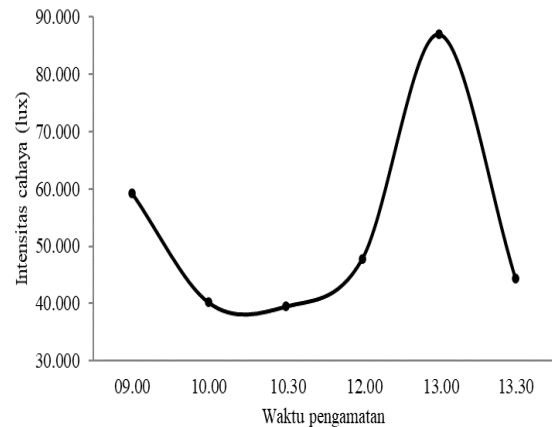
Gambar 6. Rerata intensitas cahaya di bawah tegakan Johar berdasarkan waktu pengamatan

Intensitas cahaya di bawah tegakan johan pada siang hari cenderung mengalami kenaikan dengan nilai tertinggi dicapai pada jam 13.30 sebesar 44.300 lux. Semakin sore, intensitas cahaya semakin menurun sampai kisaran 1.236 lux (Gambar 6). Penanaman johan sebagai tanaman rehabilitasi pada areal kosong (bekas tebang) menunjukkan hasil yang signifikan dalam penutupan lahan. Hal ini ditunjukkan pada tegakan johan berumur ± 4 tahun dapat menurunkan tingkat intensitas cahaya menjadi 10.250 lux atau 21,4 % dari intensitas cahaya pada areal terbuka (47.800 lux). Johan merupakan pohon yang termasuk jenis cepat tumbuh (*fast growing species*) dengan percabangan melebar membentuk tajuk yang rapat (Bachtiar & Ahmad, 2019).

Intensitas Cahaya di Tempat Terbuka

Gambar 7 memperlihatkan bahwa intensitas cahaya di areal terbuka juga menunjukkan fluktuasi, dimana waktu yang diperkirakan akan memberikan intensitas cahaya besar, ternyata intensitas yang terjadi lebih kecil. Besarnya intensitas cahaya yang terjadi sulit untuk dipastikan. Intensitas cahaya

kadangkadangkadang dapat dibatasi oleh tutupan awan. Awan adalah faktor yang memengaruhi besaran intensitas cahaya yang dapat mencapai bumi. Tingkat keawanan berbanding terbalik dengan tingkat intensitas cahaya. Jika pada hari pengukuran tingkat keawanan tinggi maka intensitas cahaya yang mencapai bumi akan rendah (Sukendro & Sugiarto, 2012). Kisaran besaran intensitas cahaya di areal terbuka adalah: 39.500 – 87.000 lux dengan rerata sebesar 53.000 lux.



Gambar 7. Rerata intensitas cahaya pada tempat terbuka berdasarkan waktu pengamatan

Di hutan alam, ketika ada gangguan alami maupun buatan yang menyebabkan satu atau beberapa pohon mati, menyebabkan terbukanya tutupan hutan yang dikenal dengan celah kanopi (*canopy gaps*). Celah kanopi ini menyebabkan perubahan penting faktor intensitas cahaya, kelembaban tanah, sifat biologi tanah, yang menentukan perkembangan regenerasi suatu vegetasi (Muscolo *et al.*, 2014). Ukuran celah berkorelasi positif dengan luas bidang dasar pohon yang mati, tetapi tidak berkorelasi dengan jumlah pohon yang tumbang (Sapkota & Oden, 2009). Variasi intensitas cahaya yang berbeda di setiap celah kanopi bergantung pada topografi, sudut kelerengan, dan posisi pohon pada masing-masing sudut. Intensitas cahaya akan meningkat dengan meningkatnya ukuran celah (Buajan *et al.*, 2017). Pohon intoleran berhasil tumbuh dan berkembang hanya di tempat terbuka atau dimana ada celah kanopi besar. Sedangkan pohon-pohon toleran dapat tumbuh di bawah kanopi pohon-pohon intoleran atau bahkan di bawah naungannya sendiri (Clatterbuck, 2005; Muscolo, *et al.*, 2014). Ketika ada celah kanopi, maka cahaya matahari bisa mencapai lantai hutan dan proses regenerasi vegetasi berlangsung. Anakan vegetasi

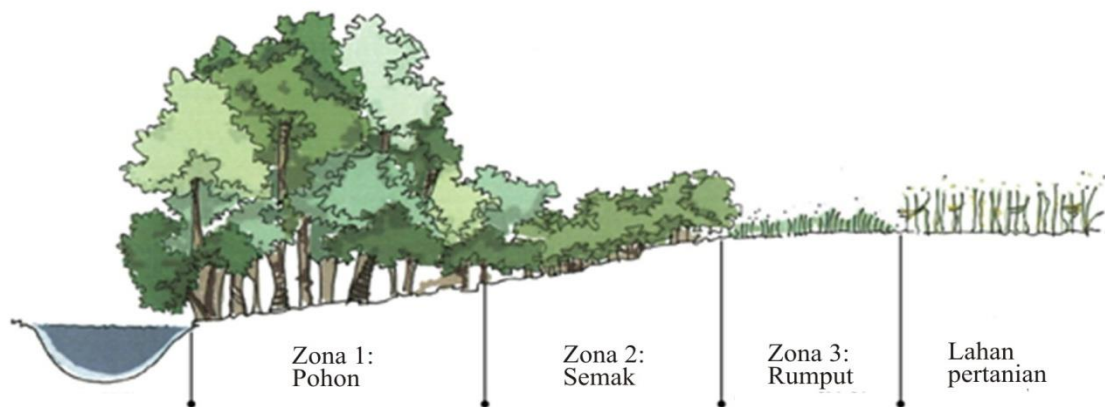
yang tumbuh akan merespon ditandai dengan peningkatan rasio luas daun, kandungan klorofil, bobot daun terhadap batang, dan panjang batang (Irawan & Hidayah, 2017). Proses regenerasi vegetasi bergantung pada ukuran celah, posisi di dalam celah, dan kondisi tipe hutan (Lu *et al.*, 2018).

Zonasi Sempadan Sungai dengan Konsep Ekohidrolik

KPS di sempadan sungai dalam kawasan hutan produksi merupakan areal selebar 20 meter di kanan-kiri sungai. Setelah ditetapkan sebagai KPS, petak hutan yang berfungsi produksi akan dikeluarkan menjadi fungsi lindung. Kawasan ini akan menjadi lahan tidak untuk diolah (*uncultivated land*) setelah ditetapkan. Tindakan rehabilitasi dan pengayaan (*enrichment planting*) ditujukan membentuk ekosistem sungai alami dengan ciri adanya vegetasi multi strata tajuk (*multi layer canopy*) dan multi jenis (hutan rimba campuran). Maryono (2015) mengungkapkan pada kondisi sungai yang masih alami, vegetasi asli yang tumbuh mempunyai keteraturan formasi yang spesifik sebagai hasil adaptasi terhadap aliran sungai. Selain itu, terdapat hubungan jenis vegetasi dengan letak vegetasi di dalam bentang melintang sungai. Rehabilitasi yang

dilakukan tanpa memahami habitat vegetasi alami dapat mendorong kehancuran ekosistem sungai yang bersangkutan.

Tindakan rehabilitasi dilakukan pada lokasi KPS tanpa tegakan, sedangkan terhadap lokasi KPS dengan kerapatan pohon rendah atau monokultur dilakukan tindakan pengayaan. Dengan terbangunnya vegetasi multi strata, dapat dijadikan sebagai zona penyangga (*buffer zone*) untuk meningkatkan fungsi perlindungan sempadan sungai. Idealnya, zona penyangga dapat terdiri dari satu komunitas vegetasi tetapi biasanya terdiri dari beberapa zona (Gambar 8). Zona satu berdekatan dengan badan air dan umumnya diisi oleh tipe vegetasi pohon. USDA-NRCS menyatakan bahwa zona penyangga di sempadan sungai sebaiknya mempunyai lebar minimal 7,6 meter, namun lebar 61 meter lebih direkomendasikan (Agouridis *et al.*, 2010). Maryono (2015) menambahkan, lebar sempadan sungai dengan pendekatan konsep ekohidrolik sebaiknya mempunyai: lebar bantaran banjir (*flood plain*), lebar bantaran longsor (*sliding zone*), lebar bantaran ekologi penyangga (*ecological buffer zone*), dan lebar keamanan (*safety zone*).



Gambar 8. Penampang melintang zona penyangga sempadan sungai dengan tiga zona (Agouridis *et al.*, 2010)

Pemilihan Jenis

Dengan kondisi intensitas cahaya yang berbeda, pemilihan jenis toleran terhadap naungan maupun intoleran terhadap naungan menjadi pertimbangan penting untuk merehabilitasi dan mengayakan kawasan ini. Jenis toleran sebaiknya ditempatkan di bawah tegakan sehingga dapat tumbuh secara

optimal, sementara jenis intoleran sebaiknya ditempatkan di tempat-tempat yang terkena sinar matahari secara penuh/terbuka/bekas tebang. Pohon toleran dan intoleran mempunyai ciri morfologi dan fisiologi yang berbeda. Tabel 1 menunjukkan beberapa perbedaan atribut pohon toleran dan intoleran (Clatterbuck, 2005).

Tabel 1. Perbedaan atribut pohon toleran dan intoleran

Atribut	Intoleran	Toleran
Morfologi daun:		
Luas daun individu	Rendah	Tinggi
Arah daun	Tegak	Horizontal
Ketebalan daun	Tinggi	Rendah
Ketebalan kutikula	Tinggi	Rendah
Ukuran stomata	Kecil	Besar
Kepadatan stomata	Tinggi	Rendah
Fisiologi daun:		
Tingkat penyerapan cahaya	Tinggi	Rendah
Daya konduksi stomata	Tinggi	Rendah
Efisiensi penggunaan air	Tinggi	Rendah
Efisiensi penggunaan nitrogen	Tinggi	Rendah
Morfologi tajuk:		
Sudut percabangan	Tegak	Horizontal
Pola percabangan	Melingkar	Bercabang
Morfologi keseluruhan tanaman		
Alokasi untuk daun	Rendah	Tinggi
Alokasi untuk akar	Tinggi	Rendah
Batang meruncing	Rendah	Tinggi
Rasio tajuk hidup	Rendah	Tinggi
Upaya reproduksi	Tinggi	Rendah
Ukuran benih	Kecil	Besar

Agouridis *et al.* (2010) menyarankan penggunaan spesies asli (*native plants*) lebih menjamin keberhasilan karena telah beradaptasi dengan iklim setempat. Selain itu, spesies yang dipilih perlu mempertimbangkan adaptasinya terhadap air karena umumnya daerah ini sering mengalami pembasahan akibat banjir. Dalam

memilih tipe vegetasi yang ditanam, perlu dipertimbangkan juga tujuan dan manfaat yang akan dicapai. Misalnya untuk tujuan stabilisasi tepi sungai, perbaikan habitat, perlindungan banjir, dan keanekaragaman, tipe vegetasi yang dipilih adalah pohon Tabel (2).

Tabel 2. Efektivitas tipe vegetasi dan manfaat (Agouridis *et al.*, 2010)

Manfaat	Tipe vegetasi		
	Pohon	Semak	Rumput
Stabilisasi tepi sungai	Tinggi	Tinggi	Rendah
Penyaring sedimen	Rendah	Rendah	Tinggi
Penyaring unsur hara, pestisida dan patogen	Sedang	Rendah	Sedang
Perbaikan habitat perairan	Tinggi	Sedang	Rendah
Perbaikan habitat hutan	Tinggi	Sedang	Rendah
Perbaikan habitat padang rumput	Rendah	Sedang	Tinggi
Perlindungan banjir	Tinggi	Sedang	Rendah
Keanekaragaman visual	Tinggi	Sedang	Rendah

Yuliantoro *et al.* (2016) mengemukakan ciri pohon yang sering dijumpai di sekitar sumber air diantaranya: akar tunggang dalam, akar serabut banyak, tajuk lebar dan rimbun, umur panjang, daun selalu hijau (tidak menggugurkan daun), dan stomata lebih sedikit. Pohon potensial untuk dikembangkan di sempadan sungai dan bersahabat dengan air misalnya: bambu, gayam, sukun, trembesi, aren, kedawung, beringin, elo, preh, bulu, bendo, kepuh,

randu, jambu air, jambu alas, picung (Maryono, 2015; Yuliantoro *et al.*, 2016).

Pemilihan vegetasi di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro diarahkan pada vegetasi yang mempunyai fungsi perlindungan yang optimal terhadap fungsi tata air. Pemilihan tipe vegetasi pohon lebih diprioritaskan dengan mempertimbangkan faktor silvikultural, misalnya: toleransi, spesies asli, dan kecocokan terhadap tempat tumbuh (jenis tanah, ketinggian tempat, curah

hujan). Pemilihan pohon multi guna/*multi purpose trees species* (MPTS) diperbolehkan atas dasar pertimbangan sosial ekonomi masyarakat setempat serta sesuai dengan kondisi biofisik lahan. Tetapi, jenis MPTS tidak boleh mendominasi di dalam KPS (<20 %) karena pemanfaatannya apabila tidak terkendali dikhawatirkan dapat menurunkan fungsi perlindungan. Di samping itu, hasil akhir dari KPS ini diharapkan dapat terbentuk hutan alam sekunder (The Forest Trust, 2018). Jenis MPTS diantaranya: *nangka, kluwih, kedondong, jambu klampok, belimbing, sawo kecil*. Tabel 3 menunjukkan beberapa contoh jenis pohon yang cocok ditanam di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro yang disesuaikan dengan tutupan tajuknya.

Tabel 3. Pemilihan pohon di sempadan Sungai Modang dan Cemoro berdasarkan toleransi naungan

Tutupan tajuk	Jenis pohon:
Jati tua	Toleran, MPTS (jambu-jambuan)
Jati muda	Toleran, semi tolelan, MPTS (jambu-jambuan)
Johar	Toleran, semi toleran, MPTS (jambu-jambuan)
Tempat terbuka, semak belukar	Intoleran, MPTS (beringin, preh, elo, aren, bambu, picung, trembesi, gayam, kedawung, nangka, kluwih, kedondong, sawo)

KESIMPULAN

Tutupan tajuk vegetasi yang berbeda menyebabkan intensitas cahaya di sempadan Sungai Modang dan Sungai Cemoro bervariasi. Tutupan tajuk di sepanjang kawasan ini dapat dibagi menjadi tutupan tajuk jati berbagai umur (tanaman produksi), johar (tanaman rehabilitasi sebelumnya), dan areal terbuka bekas tebangan. Intensitas cahaya di bawah tegakan jati, johar, dan tempat terbuka berturut-turut sebesar 2.273 – 64.600 lux, 1.236 – 44.300 lux, dan 39.500 – 87.000 lux. Pemilihan jenis pohon toleran dan intoleran terhadap naungan penting digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk rehabilitasi dan pengayaan, selain pertimbangan silvikultural lain dan sosial ekonomi masyarakat setempat.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pohon-pohon asli di sempadan sungai dengan memperhatikan aspek toleransi, habitat, dan kondisi sosial ekonomi masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Solo (Balitek DAS) atas dukungan dana riset. Beny Hariyadi, Nunung Puji Nugroho, Pamungkas B. Putra, Uchu Waluya Heri, Bambang Subandrio, Ragil Bambang W. M. P., Bambang Dwi Atmoko, dan Sudarso yang telah banyak memberikan bantuan dan masukan hingga selesainya penulisan tulisan ini. Aris Boediono dan Mahardhika atas bantuan pembuatan peta.

KONTRIBUSI

Agung Wahyu Nugroho berperan sebagai kontributor utama dan Heru Dwi Riyanto berperan sebagai kontributor anggota dalam artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agouridis, C. T., Wightman, S. J., Barton, C. D., & Gumbert, A. A. (2010). *Planting a riparian buffer*. Lexington: University of Kentucky College of Agriculture.
- Alemu, T., Weyuma, T., Alemayehu, E., & Ambelu, A. (2017). Identifying riparian vegetation as indicator of stream water quality in the Gilgel Cibe catchment, southwestern Ethiopia. *Ecohydrology*, 11(1), 1-9. doi: <https://doi.org/10.1002/eco.1915>
- Bachtiar, B., & Ahmad, A. H. (2019). Analisis kandungan hara kompos johar (*Cassia siamea*) dengan penambahan aktivator promi. *Jurnal Biologi Makassar*, 4(1), 68-76.
- Buajan, S., Jinfu, L., Zhongsheng, H., Xueping, F., & Muhammad, A. (2017). The effect of light on micro-environment and specific leaf area within the gap, subtropical forest, China. *Pak. J. Bot.*, 49(1), 273-282.
- Casatti, L., Teresa, F. B., Goncalves-Souza, T., Bessa, E., Manzotti, A. R., Goncalves, C. d. S., & Zeni, J. d. O. (2012). From forests to cattail: how does the riparian zone influence stream fish? *Neotropical Ichthyology*, 10(1), 205-214.
- Chua, E. M., Wilson, S. P., Vink, S., & Flint, N. (2019). The influence of riparian vegetation on water quality in a mixed land use river basin. *River Research & Applications*, 35(3), 259-267. doi: 10.1002/rra.3410
- Clatterback, W. K. (2005) *Shade and flood tolerance of trees. SPP 656: Department of Agriculture, Division of Forestry, University of Tennessee.*
- Fajri, M., & Ngatiman. (2017). Studi iklim mikro dan topografi pada habitat *Parashorea malaanonan* Merr. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 3(1), 1-12.
- Fernandes, M. R., Aguiar, F. C., & Ferreira, M. T. (2011). Assessing riparian vegetation structure and the influence of land use using landscape metrics and geostatistical tools. *Landscape and Urban Planning*, 99, 166-177.

- Irawan, A., & Hidayah, H. N. (2017). Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan mutu bibit cempaka Wasian (*Magnolia tsiampaca* (Miq.) Dandy) di persemaian. *Jurnal Wasian*, 4(1), 11-16.
- Junior, T. R. A., Raseira, K., Parron, L. M., Brito, A. G., & Ferreira, M. T. (2015). Nutrient removal effectiveness by riparian buffer zones in ruraltemperate watersheds: The impact of no-till crops practices. *Agricultural Water Management*, 149, 74-80.
- Kontsiotis, V., Bakaloudis, D., Zaimes, G. N., Kiourtzidis, P., & Tsiftsis, S. (2019). Assessing the influence of riparian vegetation structure on bird communities in agricultural Mediterranean landscapes. *Agroforestry Systems*, 93(2), 675-687.
- Krzeminska, D., Kerkhof, T., Skaalsveen, K., & Stolte, J. (2019). Effect of riparian vegetation on stream bank stability in small agricultural catchments. *Catena*, 172, 87-96.
- Li, Q., & Kubota, C. (2009). Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany*, 67(1), 59-64.
- Lu, D., Wang, G. G., Yu, L., Zhang, T., & Zhu, J. (2018). Seedling survival within forest gaps: the effects of gap size, within-gap position and forest type on species of contrasting shade tolerance in Northeast China. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 91(4), 470-479.
doi: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy007>
- Macfarlane, W. W., Gilbert, J. T., Jensen, M. L., Gilbert, J. D., Hough-Snee, N., McHugh, P. A., Wheaton, J. M., & Bennet, S. N. (2017). Riparian vegetation as an indicator of riparian condition: Detecting departures from historic condition across the North American West. *Journal of Environmental Management*, 202(2), 447-460.
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.054>
- Maryono, A. (2015). *Restorasi sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Moon, J., Jung, Y., Lee, T., Kim, T.-C., Rho, P., Shin, Y. C., Ryu, J., & Lim, K. J. (2013). Determining the effective width of riparian buffers in Korean watersheds using the SWAT model. *Environmental Engineering and Management Journal*, 12(11), 2249-2260.
- Muscolo, A., Sidari, M., Bagnato, S., & Mercurio, R. (2014). A review of the roles of forest canopy gaps. *Journal of Forestry Research*, 25(4), 725-736. doi: 10.1007/s11676-014-0521-7
- Nugroho, A. W., & Riyanto, H. D. (2018). Riparian vegetation in production forest at Cemoro-Modang river, Cepu, Central Java. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 7(2), 119-129.
- Republik Indonesia. (2011). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai. Jakarta: Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.
- Sapkota, I. P., & Oden, P. C. (2009). Gap characteristics and their effects on regeneration, dominance and early growth of woody species. *Journal of Plant Ecology*, 2(1), 21-29.
- She-ni, D., Gang-shuan, B., & Yin-li, L. (2011). Effects of soil moisture content and light intensity on the plant growth and leaf physiological characteristics of squash. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 22(4), 1101-1106.
- Sukendro, A., & Sugiarto, E. (2012). Respon pertumbuhan anakan *Shorea leprosula* Miq, *Shorea mecistopteryx* Ridley, *Shorea ovalis* (Korth) Blume dan *Shorea selanica* (DC) Blume terhadap tingkat intensitas cahaya matahari. *Jurnal Silviculture Tropika*, 3(1), 22-27.
- Swanson, S., Kozlowski, D., Hall, R., Heggem, D., & Lin, J. (2017). Riparian proper functioning condition assessment to improve watershed management for water quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 72(2), 168-182.
doi: 10.2489/jswc.72.2.168
- Tanaka, K., Tanaka, N., Matsuo, N., Tantasirin, C., & Suzuki, M. (2017). Impacts of irrigation on the deciduous period of teak (*Tectona grandis*) in a monsoonal climate. *Canadian Journal of Forest Research*, 47(9), 1193-1201.
- The Forest Trust. (2018). Pengelolaan kawasan perlindungan setempat. Semarang.
- Tiecher, T., Caner, L., Minella, J. P. G., Pellegrini, A., Capoane, V., Rasche, J. W. A., Schaefer, G. L., & Rheinheimer, D. d. S. (2017). Tracing sediment sources in two paired agricultural catchments with different riparian forest and wetland proportion in southern Brazil. *Geoderma*, 285, 225-239.
- Wondzell, S. M., Diabat, M., & Haggerty, R. (2019). What matters most: Are future stream temperatures more sensitive to changing air temperatures, discharge, or riparian vegetation? *Journal of the American Water Resources Association*, 55(1), 116-132.
- Yirigui, Y., Lee, S.-W., Nejadhashemi, A. P., Herman, M. R., & Lee, J.-W. (2019). Relationships between riparian forest fragmentation and biological indicators of streams. *Sustainability*, 11, 1-24.
- Yuliantoro, D., Atmoko, B. D., & Siswo. (2016). Pohon sahabat air. Surakarta: Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.
- Zervoudakis, G., Salahas, G., Kaspiris, G., & Konstantopoulou, E. (2012). Influence of light intensity on growth and physiological characteristics of common sage (*Salvia officinalis* L.) *Braz. arch. biol. technol.*, 55(1).
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132012000100011>