

Penaksiran Riap Biomassa dan Riap Karbon pada Famili Sapindaceae di Kebun Raya Purwodadi

Biomass and Carbon Increments of Sapindaceae Family in Purwodadi Botanic Garden

Oleh:

Setyawan Agung Danarto^{1*}

¹Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi, Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jalan Raya Surabaya-Malang km.65, Purwodadi, Pasuruan 67163, Jawa Timur, Indonesia

*Email: setyawan.10535@gmail.com

ABSTRAK

Pemanasan global berdampak negatif terhadap kehidupan manusia sehingga perlu pencegahan dan penanggulangan, salah satunya dengan menanam banyak jenis pohon. Famili Sapindaceae mempunyai beragam kegunaan terutama sebagai penghasil buah-buahan. Namun, penelitian tentang potensi famili Sapindaceae dalam sequestrasi karbon belum banyak dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan sequestrasi karbon jenis-jenis Sapindaceae di Kebun Raya Purwodadi. Pengamatan dilakukan pada 22 jenis dari famili Sapindaceae di Kebun Raya Purwodadi pada Bulan Juli-September 2019 dengan menggunakan metode non destruktif. Alat penelitian yang digunakan meliputi alat tulis, *roll meter*, dan tabel pengamatan. Biomassa setiap jenis dihitung dengan menggunakan persamaan allometrik Kettering. Hasil penelitian menunjukkan variasi nilai riap biomassa dan riap karbon masing-masing jenis dari famili Sapindaceae. Terdapat 3 jenis pohon dari Famili Sapindaceae yang mempunyai riap biomassa dan riap karbon tinggi yaitu *Litchi chinensis*, *Filicium decipiens*, dan *Schleichera oleosa*.

Kata kunci: pemanasan global, riap biomassa, riap karbon, famili sapindaceae

ABSTRACT

*Global warming has adverse effects on human life, which can be prevented by planting many trees. Sapindaceae family has various purposes, particularly as fruit producers. However, research on the potential of the Sapindaceae family as a carbon sequester is still lacking. This study aimed to determine the annual increment of biomass and carbon absorption of 22 species from the Sapindaceae family in Purwodadi Botanic Garden. Data were collected using a non-destructive method in the Purwodadi Botanic Garden in July-September 2019. The research tool used in this research included stationery, roll meter, and tally sheet. Biomass was measured with the Kettering equation. The results revealed variations in the value of biomass and the carbon increment of each species. Three species of the Sapindaceae family that have biomass and high carbon increment were *Litchi chinensis*, *Filicium decipiens*, and *Schleichera oleosa*.*

Keywords: biomass increment, carbon increment, global warming, sapindaceae family

PENDAHULUAN

Perubahan iklim berpengaruh negatif terhadap makhluk hidup antara lain peningkatan suhu, peningkatan kenaikan permukaan air laut, perubahan curah hujan (Ward et al. 2016), perubahan hidrologi sistem aliran sungai di Indonesia (Tarigan dan Faqih 2019), kelangkaan air dan kekeringan (Gosling dan Arnell 2016), dan berdampak negatif pada kesehatan manusia (Wu et al. 2016). *Conference of Parties* (COP) ke-21 dari Konferensi *United Nation Climate Change Conference* (UNCCC) Tahun 2015 di Paris telah menyepakati *Paris Agreement* dalam menekan peningkatan emisi CO₂ tidak lebih dari 2°C untuk mengurangi resiko dari perubahan iklim (Anderson et al. 2016). Salah satu upaya Indonesia dalam meratifikasi kesepakatan tersebut adalah melalui pengurangan emisi karbon. Pengurangan emisi dari sektor kehutanan dilakukan melalui pencegahan dan pengurangan kebakaran hutan dan lahan (karhutla), Gerakan Rehabilitasi Nasional, gerakan penanaman pohon, penerapan *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD+), pencegahan penebangan liar, dan pelaksanaan *Sustainable Forest Management* (SFM) (Bisjoe dan Muin 2015). Pengurangan karhutla bertujuan untuk mengurangi kabut asap dan emisi karbon sehingga meningkatkan kualitas udara (Mulyana 2019). Program penanaman pohon maupun reforestasi hutan di kawasan tropis merupakan salah satu upaya untuk mitigasi dampak perubahan iklim menggunakan kemampuan penyerapan dan penyimpanan karbon oleh pohon (Locatelli et al. 2015).

Pengurangan emisi karbon dalam program penanaman maupun pemulihan ekosistem hutan perlu dinilai dan diverifikasi keberhasilannya. Penilaian keberhasilan ini dapat didekati melalui penaksiran/estimasi riap biomassa dan riap karbon hutan tersebut. Tumbuhan menyerap CO₂ dari udara melalui proses fotosintesis yang selanjutnya diubah menjadi karbohidrat dan disebar dalam seluruh tubuh tanaman dan disimpan dalam bentuk biomassa. Proses tersebut disebut sebagai sekuestrasi karbon yang menjadi *counter-act* dari aktivitas deforestasi (Hairiah et al. 2011). Deforestasi dan alih fungsi lahan hutan telah menyebabkan penurunan nilai cadangan karbon dan pelepasan emisi CO₂, seperti kasus alih guna hutan di *Tambling Wildlife Nature Conservation* tahun 2000 – 2009 yang menyebabkan pelepasan CO₂ setara dengan 102.454,7 Mg (Mega gram) CO₂ per tahun (Prasetyo et al. 2016). Oleh karena itu, keutuhan ekosistem hutan perlu dilestarikan untuk menjaga stabilitas iklim. Diketahui bahwa pertambahan jenis serta peningkatan kerapatan pohon per hektar suatu kawasan meningkatkan nilai cadangan karbon (Erly et al. 2019). Hal ini didukung oleh penelitian Aprianto et al. (2016), bahwa tegakan tanaman hutan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Batutegei Tanggamus mampu menyumbang biomassa dan cadangan karbon 61,05%, lebih besar daripada biomassa dan cadangan karbon dari pohon multiguna (*multi purpose trees species*), nekromassa, dan serasah.

Potensi jenis pohon dari famili Sapindaceae sebagai penyerap dan penyimpan karbon belum banyak dikaji. Beberapa penelitian sekuestrasi karbon menggunakan persamaan allometrik yang pernah dilakukan antara lain penelitian sekuestrasi karbon 13 jenis pohon untuk program penghijauan di China (Wang et al. 2017), penelitian sekuestrasi karbon jenis pisang Indonesia (Danarto dan Hapsari 2015), dan penelitian sekuestrasi karbon pohon pada marga *Dillenia spp.* di Kebun Raya Purwodadi (Rindyastuti 2017). Persamaan allometrik juga digunakan untuk penelitian penelitian sekuestrasi karbon Rutaceae di Kebun Raya Purwodadi (Setiawan et al. 2013), dan penelitian sekuestrasi karbon pohon dataran rendah kering (Danarto dan Yulistyarini 2019). Selain itu terdapat penelitian serapan CO₂ dengan metode pengukuran massa karbohidrat daun yang pernah dilakukan pada 15 jenis tanaman koleksi Kebun Raya Bogor (Lailati 2013). Beberapa penelitian penyerapan karbon yang menggunakan alat yang canggih seperti *photosynthetic analyzer* menggambarkan tingkat penyerapan CO₂ oleh pohon secara eksisting/saat pengukuran. Beberapa penelitian yang menggunakan alat tersebut antara

lain penelitian serapan CO₂ di Taman Buah Mekarsari (Hidayati et al. 2011), penelitian serapan CO₂ pohon di Kawasan *Ecopark* Cibinong (Hidayati et al. 2013), dan penelitian serapan CO₂ kantong semar di Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak (Mansur 2016a). Selain itu alat tersebut juga digunakan untuk mengukur serapan CO₂ pada pohon pelindung jalan (Mansur dan Pratama 2014), dan serapan CO₂ di kawasan hutan rawa Gambut Kalimantan (Mansur 2016b). Alat *photosynthesis analyzer* sensitif terhadap kondisi abiotik di sekitarnya, sehingga perlu kehati-hatian khusus untuk memperoleh data yang valid (Hidayati et al. 2011, 2013).

Penaksiran riap biomassa dan riap karbon tiap jenis pohon sangat penting dilakukan untuk menentukan prioritas jenis pohon untuk reboisasi, penghijauan, maupun rehabilitasi lahan. Famili Sapindaceae merupakan famili asli Asia, tersebar luas di kawasan tropis, dan dikenal oleh masyarakat sebagai penghasil buah-buahan seperti leci (*Litchi chinensis*) (Kilari dan Putta 2016), rambutan (*Nephelium lappaceum*) (Sukmandari et al. 2017), dan kelengkeng (*Dimocarpus longan*) (Nitteranon 2018). Penelitian tentang potensi famili Sapindaceae sebagai bahan obat juga telah dilakukan, antara lain penelitian kandungan asam fenolik *Alectryon tomentosus* dan potensinya untuk aktivitas terapeutik (Elsawi et al. 2017), potensi pada kesambi (*Schleichera oleosa*) untuk antihelmintik (anti cacing) (Dubey et al. 2019), dan potensi biji rambutan untuk antidiabetes (Soeng et al. 2015).

Beberapa jenis dari famili Sapindaceae memiliki berbagai manfaat bagi masyarakat. Jenis *Sapindus rarak* atau yang dikenal dalam nama lokal *klerek*, bagi masyarakat pedesaan di Indonesia buahnya dimanfaatkan untuk bahan pencuci kain batik. Selain itu, masyarakat desa juga memanfaatkan buahnya sebagai sampo. Jenis *Filicium decipiens* banyak dimanfaatkan sebagai pohon penghijauan kota atau ditanam di taman-taman kota. Jenis ini mempunyai kayu yang keras dan perakaran kuat sehingga tahan roboh. Potensi ekonomi rambutan cukup baik, sebagai contoh petani rambutan di Desa Jungkal, Kecamatan Lampihong, Kabupaten Balangan Kalimantan Selatan memperoleh Net B/C (*Net Benefit Cost Ratio*) sebesar 4,5 dengan nilai NPV (*Net Present Value*) sebesar Rp.134.646.379 (Sitanggang dan Norhalimah 2014). Di Kecamatan Pamona Timur, Poso, Sulawesi Tengah budidaya rambutan dan kelengkeng menguntungkan dengan *Benefit Cost Ratio* (B/C rasio) masing-masing untuk rambutan sebesar 9,34 sedangkan kelengkeng sebesar 6,90. Nilai NPV masing-masing sebesar Rp. 255.516.580 untuk komoditas rambutan sedangkan untuk kelengkeng sebesar Rp. 262.621.895 (Pangli 2013).

Pemilihan jenis secara spesifik sangat penting dalam menentukan prioritas pohon untuk penghijauan. Penelitian penaksiran cadangan karbon Sapindaceae bertujuan untuk mengetahui riap karbon/rosot karbon tiap-tiap jenis dari famili Sapindaceae di Kebun Raya Purwodadi. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan daftar jenis pohon dari famili Sapindaceae yang memiliki riap karbon tinggi yang berpotensi untuk penghijauan suatu kawasan.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kebun Raya Purwodadi Pasuruan Jawa Timur (Gambar 1) pada Bulan Juli – September 2019 yang berlokasi di Koleksi Sapindaceae, Lingkungan V, Vak (nomor petak) XVI.A.I, XVI.B, dan vak. XVI.C. Lokasi penelitian mempunyai ketinggian 300 m dpl dengan topografi landai dan bergelombang. Jenis tanah di lokasi penelitian adalah vertisol/grumosol dengan tekstur lempung atau lempung berliat. Jenis tanah ini lengket pada musim penghujan dan keras hingga retak-retak pada musim kemarau (Solikin 2015). Parameter kondisi lingkungan di lokasi penelitian yang diukur antara lain suhu, intensitas cahaya, dan

kelembaban lingkungan dengan nilai kisaran suhu 27-34°C, intensitas cahaya berkisar dari 20000-100000 lux, dan kelembaban udara berkisar dari 65-75%.



Gambar 1. Peta Provinsi Jawa Timur dengan letak lokasi penelitian (Kebun Raya Purwodadi) di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur (*pointer* merah). *Insert:* letak nomor petak (vak) XVI.A,B,C koleksi Sapindaceae (arsiran merah). Sumber gambar: Modifikasi dari Gestama (2019).

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah 22 jenis dari famili Sapindaceae koleksi Kebun Raya Purwodadi yang ditunjukkan pada Tabel 1. Alat penelitian yang digunakan antara lain alat tulis, *roll meter*, dan tabel pengamatan (*tally sheet*).

Tahapan Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan di nomor petak (vak.) XVI.A, XVI.B, dan petak XVI.C koleksi Famili Sapindaceae di Kebun Raya Purwodadi dengan menggunakan metode sensus pohon. Persyaratan untuk sensus pohon yang akan diukur nilai riap biomassa maupun riap karbonnya yaitu dipilih pohon yang sehat, tidak terserang hama dan penyakit, serta mempunyai pertumbuhan yang normal. Data jenis, tahun tanam, vak., dan nomor koleksi pohon diperoleh dari Unit Registrasi Kebun Raya Purwodadi. Selain itu pohon yang dipilih sebagai sampel mempunyai ulangan ≥ 5 pohon. Diameter batang setinggi dada pada setiap sampel pohon terpilih diukur dengan menggunakan *roll meter*. Seluruh data dicatat dalam *tally sheet* untuk kepentingan pengolahan data lebih lanjut.

Analisis Data

Biomassa merupakan total berat kering dari bahan organik yang dinyatakan dalam satuan kilogram atau ton (Irawan et al. 2020). Perhitungan nilai biomassa dan cadangan karbon

menggunakan metode non destruktif (tanpa perusakan), yaitu menggunakan persamaan allometrik pohon bercabang yang dikembangkan oleh Kettering (Anitha et al. 2015; Banjarnahor et al. 2018; Setiawan et al. 2013):

$$B = 0,11 \times BJ \times D^{2,62}$$

dimana B adalah biomassa pohon (kg), BJ adalah berat jenis kayu (g/cm^3), dan D adalah diameter batang pohon setinggi dada (cm).

Cadangan karbon pohon dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Ma et al. 2018):

$$C = 0,46 \times B$$

dimana C adalah cadangan karbon pohon (kg).

Riap biomassa dan riap karbon per tahun diperoleh dengan cara membagi nilai biomassa dan cadangan karbon eksisting dengan data umur pohon koleksi yang diperoleh dari Unit Registrasi Kebun Raya Purwodadi. Nilai konversi ke dalam ton/ha/tahun didapatkan melalui persamaan berikut (Danarto dan Hapsari 2015; Rindyastuti dan Sancayaningsih 2018; Untajana et al. 2019):

$$R = \frac{10.000 \text{ m}^2}{JT} \times C \text{ per tahun}$$

dimana R adalah riap karbon (ton/ha/tahun), JT adalah jarak tanam pohon (m^2), dan $C \text{ per tahun}$ adalah riap karbon per tahun (kg/tahun).

Tabel 1. Dua puluh dua jenis tumbuhan terpilih dari Famili Sapindaceae yang digunakan dalam penelitian pengukuran riap biomassa dan riap karbon di Kebun Raya Purwodadi.

No.	Jenis	Distribusi/asal
1	<i>Alectryon serratus</i> Radlk,	Jawa
2	<i>Aphania senegalensis</i> (Juss, ex Poir.) Radlk,	P.Halmahera, Maluku
3	<i>Blighia sapida</i> K,D, Koenig	Afrika
4	<i>Dyctyoneura acuminata</i> Blume	Sulawesi Selatan
5	<i>Dimocarpus longan</i> Lour	Asia Tenggara
6	<i>Filicium decipiens</i> (Wight and Arn.) Thwaites	Sri Lanka
7	<i>Ganophyllum falcatum</i> Blume,	Maluku, Kepulauan Kai
8	<i>Guioa acutifolia</i> Radlk	Maluku, Kepulauan Kai
9	<i>Harpullia arborea</i> (Blanco) Radlk,	Asia
10	<i>Jagera javanica</i> Blume ex,Kalkman	Papua Indonesia
11	<i>Jagera roxburghii</i> Blume	Indonesia Timur
12	<i>Lepisanthes fruticosa</i> (Roxb,) Leenh	Kalimantan Timur
13	<i>Lepisanthes rubiginosa</i> (Roxb,) Leenh	Asia
14	<i>Lepisanthes senegalensis</i> (Poir,) Leenh	Sulawesi
15	<i>Litchi chinensis</i> Sonn,	China
16	<i>Mischocarpus pentapetalus</i> (Roxb,) Radlk,	Jawa
17	<i>Mischocarpus triqueter</i> Radlk,	Pulau Tanimbar
18	<i>Nephelium lappaceum</i> L,	Jawa
19	<i>Pometia pinnata</i> J,R,Forst, and G,Forst,	Jawa Timur
20	<i>Sapindus rarak</i> DC,	Jawa
21	<i>Schleichera oleosa</i> (Lour,) Merr,	Malesia
22	<i>Tristiropsis acutangula</i> Radlk	Tanimbar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Riap Biomassa dan Riap Karbon

Hasil perhitungan riap biomassa dan riap karbon pada 22 jenis pohon Famili Sapindaceae di Kebun Raya Purwodadi menghasilkan nilai bervariasi, dengan kisaran nilai untuk riap biomassa yaitu 0,04 – 125,48 kg/tahun sedangkan kisaran nilai riap karbon berkisar dari 0,02 – 57,72 kg C/tahun (Tabel 2).

Tabel 2. Variasi nilai biomassa dan cadangan karbon 22 jenis terpilih Famili Sapindaceae di Kebun Raya Purwodadi.

No.	Jenis	Umur (tahun)	Diameter (cm)	Berat jenis kayu (g/cm ³)	Riap biomassa (kg/tahun)	Riap karbon	
						(kg/tahun)	(ton/ha/tahun)
1	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	57	62,82	0,86	125,48	57,72	23,08
2	<i>Schleichera oleosa</i> (Lour.) Merr.	60	62,79	0,76	75,09	34,54	13,82
3	<i>Filicium decipiens</i> (Wight and Arn.) Thwaites	24	40,21	0,96	72,53	33,37	13,35
4	<i>Mischocarpus pentapetalus</i> (Roxb.) Radlk.	25	28,38	0,78	25,41	11,69	4,67
5	<i>Alectryon serratus</i> Radlk.	2	16,84	0,90	23,37	10,75	4,30
6	<i>Dimocarpus longan</i> Lour	21	12,71	0,70	22,21	10,22	4,08
7	<i>Harpullia arborea</i> (Blanco) Radlk.	17	21,92	0,59	15,57	7,16	2,86
8	<i>Guioa acutifolia</i> Radlk.	22	24,04	0,61	14,97	6,89	2,76
9	<i>Tristiropsis acutangula</i> Radlk.	33	20,60	0,64	14,51	6,67	2,67
10	<i>Jagera javanica</i> Blume ex.Kalkman	23	16,40	0,70	13,67	6,29	2,52
11	<i>Dictyoneura acuminata</i> Blume	16	23,44	0,50	13,55	6,23	2,49
12	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	30	22,08	0,98	11,97	5,51	2,20
13	<i>Ganophyllum falcatum</i> Blume.	33	22,74	0,74	10,37	4,77	1,91
14	<i>Pometia pinnata</i> J.R.Forst. and G.Forst.	21	10,43	0,65	7,63	3,51	1,40
15	<i>Blighia sapida</i> K.D. Koenig	27	20,19	0,75	7,08	3,26	1,30
16	<i>Jagera roxburghii</i> Blume	33	16,91	0,70	5,03	2,31	0,92
17	<i>Sapindus rarak</i> DC.	64	21,42	0,51	3,25	1,49	0,59
18	<i>Lepisanthes rubiginosa</i> (Roxb.) Leenh	33	12,66	0,63	2,45	1,13	0,45
19	<i>Mischocarpus triqueter</i> Radlk.	22	8,16	0,70	0,96	0,44	0,17
20	<i>Lepisanthes senegalensis</i> (Poir.) Leenh	10	1,98	0,63	0,94	0,43	0,17
21	<i>Aphania senegalensis</i> (Juss. ex Poir.) Radlk	23	3,45	0,75	0,09	0,04	0,016
22	<i>Lepisanthes fruticosa</i> (Roxb.) Leenh	12	1,96	0,50	0,05	0,02	0,008

Kisaran nilai riap biomassa tersebut dapat dibagi menjadi 3 rentang nilai yaitu 0-10 kg/tahun, 11-20 kg/tahun, 20-30 kg/tahun, dan > 70 kg/tahun. Rentang nilai biomassa 0-10 kg/tahun (riap karbon 0-5 kg C/tahun) terdapat pada 11 jenis antara lain jenis pada marga *Lepisanthes* (*L. rubiginosa* dan *L. fruticosa*), *A. senegalensis*, *M. triqueter*, *S. rarak*, *J.*

roxburghii, *B. sapida*, *P. pinnata*, dan jenis *G. falcatum* (Tabel 2). Rentang nilai riap biomassa 11-20 kg/tahun (riap karbon 6-8 kg C/tahun) terdapat pada 6 jenis pohon antara lain *Nephelium lappaceum*, marga *D. acuminata*, *J. javanica*, *T. acutangula*, *G. acutifolia*, dan *H. arborea*. Rentang nilai riap biomassa 20-30 kg/tahun (riap karbon 10-12 kg C/tahun) terdapat pada jenis *D. longan*, *A. serratus*, dan *M. pentapetalus*. Jenis *S. oleosa* dan *F. decipiens* masing-masing memiliki nilai riap biomassa 72,09 kg/tahun dan 75,09 kg/tahun dengan riap karbon masing-masing 33,37 kg C/tahun dan 34,54 kg C/tahun (Tabel 2.). Nilai riap biomassa dan riap karbon terendah terdapat pada jenis *Lepisanthes fruticosa*, sedangkan nilai riap biomassa dan riap karbon tertinggi terdapat pada jenis *Litchi chinensis* (Tabel 2).

Hasil penelitian menunjukkan rentang nilai cadangan karbon eksisting (saat pengukuran) yang cukup jauh (0,24-3290 kg C/pohon) yang menggambarkan kemampuan pengikatan CO₂ yang berbeda pada setiap jenis (Tabel 3). *L. chinensis*, *S. oleosa*, dan *F. decipiens* merupakan 3 jenis pohon Famili Sapindaceae yang mempunyai taksiran nilai cadangan karbon eksisting cukup tinggi jika dibandingkan dengan jenis lainnya (Tabel 3). Hal ini berkaitan dengan perbedaan kemampuan fotosintesis setiap jenis pohon dalam menghasilkan biomassa dan mengikat karbon yang dipengaruhi oleh faktor internal maupun faktor abiotiknya. Kemampuan fotosintesis masing-masing jenis dapat dilihat pada variasi nilai riap karbon yang menggambarkan tingkat serapan CO₂ masing-masing jenis dalam satuan waktu (Tabel 2). Menurut Mansur (2016a), laju fotosintesis setiap tumbuhan berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya. Hal ini dapat dilihat pada pengukuran laju fotosintesis 36 tumbuhan pada tingkat sapling di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak mempunyai nilai yang bervariasi. Selain itu nilai biomassa dari vegetasi di kawasan tersebut juga bervariasi. Tumbuhan yang tumbuh cepat mempunyai laju fotosintesis yang tinggi sehingga mampu menyerap CO₂ dalam jumlah lebih banyak.

Tabel 3. Cadangan karbon eksisting dari 22 jenis pohon terpilih famili Sapindaceae.

No.	Jenis	Cadangan karbon eksisting (kg C/pohon)
1	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	3.290,04
2	<i>Schleichera oleosa</i> (Lour.) Merr.	2.072,40
3	<i>Filicium decipiens</i> (Wight and Arn.) Thwaites	800,88
4	<i>Mischocarpus pentapetalus</i> (Roxb.) Radlk.	292,25
5	<i>Alectryon serratus</i> Radlk.	21,50
6	<i>Dimocarpus longan</i> Lour	214,62
7	<i>Harpullia arborea</i> (Blanco) Radlk.	121,72
8	<i>Guioa acutifolia</i> Radlk.	151,58
9	<i>Tristiropsis acutangula</i> Radlk.	220,11
10	<i>Jagera javanica</i> Blume ex.Kalkman	144,67
11	<i>Dictyoneura acuminata</i> Blume	99,68
12	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	165,3
13	<i>Ganophyllum falcatum</i> Blume.	157,41
14	<i>Pometia pinnata</i> J.R.Forst. and G.Forst.	73,71
15	<i>Blighia sapida</i> K.D. Koenig	88,02
16	<i>Jagera roxburghii</i> Blume	76,23
17	<i>Sapindus rarak</i> DC.	95,36
18	<i>Lepisanthes rubiginosa</i> (Roxb.) Leenh	37,29
19	<i>Mischocarpus triqueter</i> Radlk.	9,68
20	<i>Lepisanthes senegalensis</i> (Poir.) Leenh	4,30
21	<i>Aphania senegalensis</i> (Juss. ex Poir.) Radlk	0,92
22	<i>Lepisanthes fruticosa</i> (Roxb.) Leenh	0,24

Riap karbon tertinggi terdapat pada jenis *L. chinensis* sebesar 57,72 kg C/pohon/tahun. *L. chinensis* atau yang dikenal dengan leci merupakan jenis pohon penghasil buah yang

beradaptasi di kawasan tropis dan sub tropis dengan musim dingin yang pendek dan musim panas yang panjang dengan curah hujan tinggi. Jenis ini terdistribusi luas termasuk di kawasan Asia Tenggara khususnya China, Vietnam, Thailand, dan Indonesia (Ibrahim dan Mohamed 2015). Pada lokasi studi ini, jenis ini beradaptasi dengan baik sehingga mempunyai tingkat kesintasan hidup yang tinggi ditunjukkan dengan pertumbuhan dan perkembangan vegetatif maupun generatifnya. Pada pohon yang mampu tumbuh dan berkembang secara optimal, organ vegetatif daun *L. chinensis* berwarna hijau gelap sehingga meningkatkan kemampuan dalam penyerapan cahaya dan konversinya dalam proses fotosintesis, fiksasi CO₂, dan kemampuan menggunakan intensitas cahaya yang kuat dan lemah (Fu et al. 2013). Jenis ini juga toleran terhadap polusi udara seperti SO₂ (Kumar 2016).



Gambar 2. A. Pohon *L. chinensis* (leci) merupakan jenis pohon penghasil buah berpotensi riap karbon tinggi; B. Pohon *S. oleosa* berpotensi sebagai pohon penghasil bahan pencuci batik dan pewarna alami. Foto oleh penulis (2020).

Berbeda dengan *L. chinensis*, pada jenis *S. oleosa* dan *F. decipiens* mempunyai riap karbon yang hampir sama (Tabel 2). Nilai riap biomassa *S. oleosa* sebesar 75,09 kg/tahun sedangkan riap karbon jenis ini sebesar 34,54 kg C/tahun (Tabel 2). Nilai riap biomassa *F. decipiens* sebesar 72,53 kg/tahun sedangkan nilai riap karbon jenis ini sebesar 33,37 kg C/tahun (Tabel 2). Jenis *S. oleosa* mempunyai daya adaptasi yang baik pada ekosistem dataran rendah kering sehingga mempunyai riap biomassa dan riap karbon yang cukup tinggi (Tabel 2). Hal ini didukung oleh penelitian (Rindyastuti dan Sancayaningsih 2018) pada 10 jenis tumbuhan berkayu di ekosistem dataran rendah kering yang membuktikan bahwa laju pertumbuhan nisbi/laju pertumbuhan relatif pada *S. oleosa* cukup tinggi dan berkorelasi positif dengan laju asimilasi bersihnya. Laju asimilasi bersih (*net assimilation rate*) merupakan rerata produksi berat kering hasil fotosintesis per unit luas area daun atau berat kering bersih per satuan luas daun (Rajput et al. 2017; Zulkarnaini et al. 2019). Hal ini menggambarkan bahwa kemampuan fotosintesis per satuan luas daun pada *S. oleosa* cukup tinggi. Di lokasi studi jenis ini mempunyai kesintasan yang baik ditandai dengan pertumbuhan yang baik, berbunga serta berbuah secara normal. Jenis ini dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik di Pulau Timor

yang merupakan daerah dengan kondisi iklim sangat kering dan dimanfaatkan kayunya untuk pembuatan arang (Widiyono 2016).

F. decipiens dalam nama lokal kiara payung dikenal sebagai pohon peneduh di tepi jalan maupun pohon penghijauan di ruangan terbuka hijau (RTH) (Indriyani et al. 2016), karena jenis ini mempunyai kemampuan daya serap CO₂ cukup tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa riap biomassa dan riap karbon jenis ini cukup tinggi, yaitu masing-masing sebesar 72,53 kg/pohon/tahun dan 33,37 kg C/pohon/tahun. Pertumbuhan daun yang rimbun serta tajuk yang lebat efektif dalam penyerapan cahaya dan mempengaruhi fotosintesis jenis ini. Jenis *F. Decipiens* yang mampu menyerap CO₂ yang tinggi mencapai 241.084 g/pohon/jam (Daud et al. 2019). Pengukuran di hutan Kolli Hill India, 10 tegakan jenis ini mempunyai diameter yang cukup besar dan selama pertumbuhannya mampu mengikat karbon 0,27 ton C/pohon yang menunjukkan nilai serapan CO₂ pada jenis ini cukup tinggi (Pragasan 2016). Jenis ini efektif untuk program rehabilitasi lanskap tropis karena selama 12-15 tahun ditanam, jenis ini mampu menyerap karbon 609 ± 101 kg/pohon atau setara serapan CO₂ sebesar 15 kg/pohon/tahun (Madurapperuma dan Kuruppuarachchi 2016). Jenis ini mempunyai riap karbon lebih tinggi dari angkana yang mempunyai kemampuan penyerapan CO₂ 11,12 kg/pohon/tahun, namun lebih rendah daripada jenis pohon penghijauan lainnya seperti mahoni dengan daya serap 295,73 kg/pohon/tahun dan trembesi yang mempunyai serapan karbon sangat tinggi sebesar 28.448,39 kg/pohon/tahun (Franklin et al. 2017).



Gambar 3. Pohon *F. Decipiens* (kiara payung) banyak digunakan sebagai pohon penghijauan kota maupun taman. Foto oleh penulis (2020).

Tingginya riap/serapan karbon pada *L. Chinensis*, *S. Oleosa*, dan *F. Decipiens* berhubungan dengan besarnya nilai diameter pohon dan nilai berat jenis kayu pada masing-masing jenis tersebut (Tabel 2). Penyerapan CO₂ yang tinggi menyebabkan karbon yang terikat akan semakin tinggi dan terlihat pada tingginya nilai biomassa. Biomassa yang tinggi dapat dilihat pada besarnya nilai diameter atau basal area. Hal ini diperkuat oleh penelitian Banjarnahor et al. (2018) di arboretum Universitas Lampung yang menyebutkan bahwa luas bidang dasar berkorelasi kuat dengan volume pohon dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,97. Penelitian vegetasi pohon di Suaka Margasatwa Pulau Bawean menunjukkan bahwa ukuran diameter dan berat jenis kayu pohon berkorelasi terhadap biomassa dan serapan karbon pohon (Trimanto 2014). Hal ini juga terlihat pada penelitian yang dilakukan oleh Borah et al.

(2015) di kawasan tropis menyatakan bahwa nilai basal area berkorelasi positif terhadap nilai serapan karbon dan biomassa. Semakin tinggi nilai basal area maka semakin tinggi nilai serapan karbon suatu pohon.

Potensi riap karbon jenis pohon famili Sapindaceae jika ditanam pada suatu lahan dengan asumsi jarak tanam 5 m x 5 m (400 pohon/ha) menghasilkan akumulasi nilai serapan karbon per hektar per tahun dari yang terendah hingga ke tinggi berkisar dari 0,008 – 23,08 ton/ha/tahun (Tabel 2). Variasi nilai serapan karbon terbagi menjadi 6 rentang antara lain riap karbon 0,008-0,92 ton/ha/tahun (7 jenis), riap karbon 1,3-1,9 ton/ha/tahun (3 jenis), rentang riap karbon 2,2-2,86 ton/ha/tahun (6 jenis), riap karbon 4,08-4,67 ton/ha/tahun (3 jenis), riap karbon 13,35-13,82 ton/ha/tahun (2 jenis) dan riap karbon tertinggi sebesar 23 ton/ha/tahun (1 jenis) (Tabel 2). Riap karbon 0,008-0,92 terdapat pada 7 jenis antara lain *L. fruticosa*, *A. senegalensis*, *L. senegalensis*, *M. triqueter*, *L. rubiginosa*, *S. rarak*, dan *J. roxburghii*. Riap karbon 1,3-1,9 ton/ha/tahun terdapat pada *B. sapida*, *P. pinnata*, dan *G. falcatum*. Riap karbon 2,2-2,86 ton/ha/tahun terdapat pada *N. lappaceum*, *D. acuminata*, *J. javanica*, *T. acutangula*, *G. acutifolia*, dan *H. arborea*. Riap karbon 4,08-4,67 ton/ha/tahun terdapat pada *D. longan*, *A. serratus*, dan *M. pentapetalus*. Riap karbon 13,35-13,82 ton/ha/tahun terdapat pada *F. decipiens* dan *S. oleosa*. Riap karbon tertinggi sebesar 23 ton/ha/tahun terdapat pada *L. chinensis* (Tabel 2).

Jenis *L. chinensis*, *S. oleosa*, dan *F. decipiens* mempunyai nilai riap karbon yang tinggi. Jika dibandingkan dengan jenis komersial lainnya, nilai serapan karbon dari ketiga jenis ini masih lebih rendah jika dibandingkan dengan riap karbon pohon kenaf yang mencapai 89 ton/ha/tahun (Santoso et al. 2016), namun lebih tinggi dari riap karbon meranti sebesar 16,82 ton/ha/tahun (Yunita 2016), dan riap karbon pada pohon gmelina (*Gmelina arborea*) sebesar 18 ton/ha/tahun (Siarudin dan Indrajaya 2017). Nilai riap biomassa dan riap karbon jenis pohon dari Famili Sapindaceae yang bervariasi ditentukan dari laju fotosintesis dari masing-masing jenis yang dipengaruhi oleh faktor abiotik. Menurut Hidayati et al. (2013), variasi biomassa dan cadangan karbon ditentukan oleh laju fotosintesis yang dipengaruhi cahaya matahari, suhu, konsentrasi CO₂, dan status hara. Penelitian serapan dan simpanan CO₂ pohon sangat penting untuk program seleksi pohon berpotensi sekuestrasi karbon tinggi terutama dalam program reforestasi atau penghijauan sehingga dapat menekan laju pertambahan gas CO₂ dan meningkatkan kualitas lingkungan.

SIMPULAN

Nilai estimasi riap biomassa dan riap karbon dari famili Sapindaceae bervariasi dengan nilai tertinggi terdapat pada jenis *Litchi sinensis*, *Schleichera oleosa* dan *Filicium decipiens*. Variasi nilai riap karbon pada Sapindaceae terbagi menjadi tiga nilai kisaran yaitu kisaran nilai 0-12 kg C/pohon/tahun, 30-35 kg C/pohon/tahun, dan diatas 50 kg C/pohon/tahun. Selain memiliki beragam potensi ekonomi, penanaman jenis pohon dari famili Sapindaceae di lahan kritis maupun pekarangan mampu mencegah dan mengurangi dampak dari pemanasan global.

SANWACANA

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Unit registrasi BKT Kebun Raya Purwodadi LIPI dan Saudari Mila Khoirunisa, mahasiswi Universitas Islam Negeri Malik Ibrahim Malang atas bantuannya dalam pengambilan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, T. R., Hawkins, E., and Jones, P. D. 2016. CO₂, the Greenhouse Effect and Global Warming: From the Pioneering Work of Arrhenius and Callendar to Today's Earth System Models. *Endeavour* 40(3): 178–187. DOI: 10.1016/j.endeavour.2016.07.002
- Anitha, K., Verchot, L. V., Joseph, S., Herold, M., Manuri, S., and Avitabile, V. 2015. A Review of Forest and Tree Plantation Biomass Equations in Indonesia. *Annals of Forest Science* 72(8): 981–997. DOI: 10.1007/s13595-015-0507-4
- Aprianto, D., Wulandari, C., and Masruri, N. W. 2016. Karbon Tersimpan pada Kawasan Sistem Agroforestry di Register 39 Datar Setuju KPHL Batutegi Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari* 4(1): 21–30. DOI: 10.23960/jsl1421-30
- Banjarnahor, K. G., Setiawan, A., and Darmawan, A. 2018. Estimasi Perubahan Karbon Tersimpan di Atas Tanah di Arboretum Universitas Lampung. *Jurnal Sylva Lestari* 6(2): 51–59. DOI: 10.23960/jsl2651-59
- Bisjoe, A. R., and Muin, N. 2015. Persepsi dan Harapan Masyarakat terhadap REDD di Hutan Desa Kabupaten Bantaeng Sulawesi Selatan. *Info Teknis Eboni* 12(1): 13–21.
- Borah, M., Das, D., Kalita, J., Deka Boruah, H. P., Phukan, B., and Neog, B. 2015. Tree Species Composition, Biomass and Carbon Stocks in Two Tropical Forest of Assam. *Biomass and Bioenergy* 78: 25–35. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.04.007
- Danarto, S. A., and Hapsari, L. 2015. Biomass and Carbon Stock Estimation Inventory of Indonesian Bananas (*Musa Spp.*) and Its Potential Role for Land Rehabilitation. *Biotropia* 22(2): 102–108. DOI: 10.11598/btb.2015.22.2.376
- Danarto, S. A., and Yulistyarini, T. 2019. Seleksi Tumbuhan Dataran Rendah Kering yang Berpotensi Sekuestrasi Karbon Tinggi untuk Rehabilitasi Kawasan Terdegradasi. in: *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 33–37. DOI: 10.13057/psnmbi/m050107
- Daud, M., Bustam, B. M., and Arifin, B. 2019. A Comparative Study of Carbon Dioxide Absorption Capacity of Seven Urban Forest Plant Species of Banda Aceh, Indonesia. *Biodiversitas* 20(11): 3372–3378. DOI: 10.13057/biodiv/d201134
- Dubey, R. S., Shukla, R., Pandey, V., and Shukla, A. K. 2019. Investigations on *Drosera regia* and *Schleichera oleosa* Leaves for Anthelmintic Activity. *Advance Pharmaceutical Journal* 4(4): 97–99. DOI: 10.31024/apj.2019.4.4.1
- Elsawi, S. A., Aboutabl, E. A., Rashed, K. N., Ragab, N. A., Marzouk, M. M., and Sleem, A. A. 2017. Phenolic Investigation and Potential Therapeutic Activities of *Alectryon tomentosus* (F. Muell.) Radlk Leaves Family Sapindaceae. *Journal of Materials and Environmental Science* 8(5): 1518–1525.
- Erly, H., Wulandari, C., Safe'i, R., Kaskoyo, H., and Winarno, G. D. 2019. Keanekaragaman Jenis dan Simpanan Karbon Pohon di Resort Pemerihan, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Sylva Lestari* 7(2): 139–149. DOI: 10.23960/jsl27139-149
- Franklin, P. J. C., Kumurur, V. A., and Poluan, R. J. 2017. Daya Serap Gas Rumah Kaca (GRK) Vegetasi Jalur Hijau Jalan Sam Ratulangi Manado. in: *Prosiding Konferensi ASPI* : 1-5. DOI: 10.32315/ti.6.b029
- Fu, X., Zhou, L., Huang, J., Mo, W., Zhang, J., Li, J., Wang, H., and Huang, X. 2013. Relating Photosynthetic Performance to Leaf Greenness in Litchi: A Comparison among Genotypes. *Scientia Horticulturae* 152: 16–25. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.01.001
- Gestama. 2019. Peta Jawa Timur. <<https://www.abundancethebook.com/peta-jawa-timur>> (Jan. 21, 2020).
- Gosling, S. N., and Arnell, N. W. 2016. A Global Assessment of the Impact of Climate Change on Water Scarcity. *Climatic Change* 134(3): 371–385. DOI: 10.1007/s10584-013-0853-x
- Hairiah, K., Ekanata, A., Sari, R. R., and Rahayu, S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon:*

- Dari Tingkat Lahan ke Tingkat Bentang Alam*. World Agroforestry Centre, Bogor.
- Hidayati, N., Mansur, M., and Juhaeti, T. 2013. Variasi Serapan Karbondioksida (CO₂) Jenis-Jenis Pohon di “Ecopark”, Cibinong dan Kaitannya dengan Potensi Mitigasi Gas Rumah Kaca. *Buletin Kebun Raya* 16(1): 37–50.
- Hidayati, N., Reza, M., Juhaeti, T., and Mansur, M. 2011. Serapan Karbondioksida (CO₂) Jenis-Jenis Pohon di Taman Buah "Mekar Sari" Bogor, Kaitannya dengan Potensi Mitigasi Gas Rumah Kaca. *Jurnal Biologi Indonesia* 7(1): 133–(1): 133–145.
- Ibrahim, S. R. M., and Mohamed, G. A. 2015. Litchi chinensis: Medicinal Uses, Phytochemistry, and Pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology* 174: 492–513. DOI: 10.1016/j.jep.2015.08.054
- Indriyani, L. I., Sabaruddin, L., Rianse, R., and Baco, L. 2016. Management of Green Open Space (RTH) in Kendari to Reduce Air Pollution. *European Journal of Sustainable Development* 5(4): 403–408. DOI: 10.14207/ejsd.2016.v5n4p403
- Irawan, E., Mansur, I., and Hilwan, I. 2020. Pendugaan Biomassa Atas Permukaan Acacia mangium Willd. pada Areal Revegetasi Pertambangan Batu Bara. *Jurnal Sylva Lestari* 8(1): 20–31. DOI: 10.23960/jsl1820-31
- Kilari, E. K., and Putta, S. 2016. Biological and Phytopharmacological Descriptions of Litchi chinensis. *Pharmacognosy Reviews* 10(19): 60–65. DOI: 10.4103/0973-7847.176548
- Kumar, R. 2016. Effect of Ambient Air Pollution on Photosynthetic Pigments of Litchi chinensis near Muzaffarpur Thermal Power Station, Muzaffarpur, Bihar. *Nature Environment and Pollution Technology* 15(3): 939–942.
- Lailati, M. L. 2013. Carbondioxide Sink Ability of 15 Plant Species Collection in Bogor Botanical Garden. *Widyariset* 16(2): 277–286. DOI: 10.14203/widyariset.16.2.2013.277-286
- Locatelli, B., Catterall, C. P., Imbach, P., Kumar, C., Lasco, R., Marín-Spiotta, E., Mercer, B., Powers, J. S., Schwartz, N., and Uriarte, M. 2015. Tropical Reforestation and Climate Change: Beyond Carbon. *Restoration Ecology* 23(4): 337–343. DOI: 10.1111/rec.12209
- Ma, S., He, F., Tian, D., Zou, D., Yan, Z., Yang, Y., Zhou, T., Huang, K., Shen, H., and Fang, J. 2018. Variations and Determinants of Carbon Content in Plants: A Global Synthesis. *Biogeosciences* 15(3): 693–702. DOI: 10.5194/bg-15-693-2018
- Madurapperuma, B. D., and Kurupparachchi, K. A. J. M. 2016. Rehabilitating a Landfill Site of Lowland Tropical Landscape into an Urban Green Space: A Case Study from the Open University of Sri Lanka. *International Journal of Sustainable Built Environment* 5(2): 400–410. DOI: 10.1016/j.ijbsbe.2016.09.001
- Mansur, M. 2016a. Laju Penyerapan CO₂ pada Kantong Semar (*Nepenthes gymnamphora* Nees) di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak, Jawa Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 13(1): 59–65. DOI: 10.29122/jtl.v13i1.1405
- Mansur, M. 2016b. Potensi Serapan CO₂ pada Beberapa Jenis Pohon Tumbuh Cepat di Hutan Rawa Gambut Hampangan, Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 15(1): 21–25. DOI: 10.29122/jtl.v15i1.1453
- Mansur, M., and Pratama, A. 2014. Potensi Serapan Gas Karbondioksida (CO₂) pada Jenis-Jenis Pohon Pelindung Jalan. *Jurnal Biologi Indonesia* 10(2): 149–158.
- Mulyana, E. 2019. Bencana Kabut Asap Akibat Kebakaran Hutan dan Lahan serta Pengaruhnya terhadap Kualitas Udara di Provinsi Riau Februari – Maret 2014. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 16(3): 1–7. DOI: 10.29122/jsti.v16i3.3417
- Nitteranon, V. 2018. Anti-Inflammatory, Antioxidant and Quinone Reductase Inducing Effects of Lumyai Thao (*Dimocarpus longan* var. *obtusum*) Seed Extract. *Journal of Food Science and Agricultural Technology* 4: 29–35.
- Pangli, M. 2013. Analisis Ekonomi Komoditi Cengkeh, Rambutan dan Lengkeng pada Lahan Marginal di Desa Didiri Kecamatan Pamona Timur. *Agropet* 10(1): 1–11.

- Pragasana, L. A. 2016. Assessment of Carbon Stock of Tree Vegetation in the Kolli Hill Forest Located in India. *Applied Ecology and Environmental Research* 14(2): 169–183. DOI: 10.15666/aeer/1402_169183
- Prasetyo, A., Hikmat, A., and Prasetyo, L. B. 2016. Pendugaan Perubahan Cadangan Karbon di Tambling Wildlife Nature Conservation Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Media Konservasi* 16(2): 87–91. DOI: 10.29244/medkon.16.2.
- Rajput, A., Rajput, S. S., and Jha, G. 2017. Physiological Parameters Leaf Area Index, Crop Growth Rate, Relative Growth Rate and Net Assimilation Rate of Different Varieties of Rice Grown Under Different Planting Geometries and Depths in SRI. *International Journal of Pure & Applied Bioscience* 5(1): 362–366. DOI: 10.18782/2320-7051.2472
- Rindyastuti, R. 2017. Carbon Storage of Medium-Sized Tree: A Case Study on Dillenia Collection in Purwodadi Botanic Garden. *Journal of Biological Researches* 22(2): 74–80. DOI: 10.23869/bphjbr.22.2.20177
- Rindyastuti, R., and Sancayaningsih, R. P. 2018. The Growth Strategies Analysis of Ten Woody Plant Species for Effective Revegetation. *Biotropia* 25(1): 43–55. DOI: 10.11598/btb.2018.25.1.705
- Santoso, B., Jamil, A. H., and Machfud, M. 2016. Manfaat Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) dalam Penyerapan Karbondioksida (CO₂). *Perspektif* 14(2): 125–133. DOI: 10.21082/p.v14n2.2015.125-133
- Setiawan, B., Yulistyarini, T., and Harianie, L. 2013. The Potential of Lauraceae Family As CO₂ Absorber and Carbon Storage in Purwodadi Botanic Garden. in: *International Conference The 4th Green Technology* Faculty of Science and Technology Islamic State Maulana Malik Ibrahim, Malang, Indonesia.
- Siarudin, M., and Indrajaya, Y. 2017. Dinamika Cadangan Karbon Sistem Agroforestry Gmelina (*Gmelina arborea* roxb.) pada Hutan Rakyat di Tasikmalaya dan Banjar, Jawa Barat. *Jurnal Wasian* 4(1): 37–46. DOI: 10.20886/jwas.v4i1.2743
- Sitanggang, M. R. B., and Norhalimah, N. 2014. Analisis Kelayakan Investasi Perkebunan Rambutan di Desa Jungkal Kecamatan Lampihong Kabupaten Balangan. *Rawa Sains: Jurnal Sains Stiper Amuntai* 4(2): 264–274. DOI: 10.36589/rs.v4i2.39
- Soeng, S., Evacuasiy, E., Widowati, W., Fauziah, N., Manik, V. T., and Maesaroh, M. 2015. Inhibitory Potential of Rambutan Seeds Extract and Fractions on Adipogenesis in 3T3-L1 Cell Line. *Journal of Experimental and Integrative Medicine* 5(1): 55–60. DOI: 10.5455/jeim.200115.or.120
- Solikin, M. 2015. Autekologi *Elephantopus scaber* L. di Kebun Raya Purwodadi. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi* 1(1): 24–32. DOI: 10.23917/bioeksperimen.v1i1.313
- Sukmandari, N. S., Dash, G. K., Jusof, W. H. W., and Hanafi, M. 2017. A Review on *Nephelium lappaceum* L. *Research Journal of Pharmacy and Technology* 10(8): 2819–2822. DOI: 10.5958/0974-360X.2017.00498.X
- Tarigan, S., and Faqih, A. 2019. Impact of Changes in Climate and Land Use on the Future Streamflow Fluctuation. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 9(1): 181–189. DOI: 10.29244/jpsl.9.1.181-189
- Trimanto, T. 2014. Analisis Vegetasi Dan Estimasi Biomassa Stok Karbon Pohon pada Tujuh Hutan Gunung, Suaka Alam Pulau Bawean Jawa Timur. *Berita Biologi* 13(3): 321–332. DOI: 10.14203/beritabiologi.v13i3.676
- Untajana, S., Oszaer, R., and Latupapua, Y. T. 2019. Analisis Kebutuhan Kawasan Hutan Kota Berdasarkan Emisi Karbon Dioksida di Kota Pirus, Seram Bagian Barat. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil* 3(2): 114–126. DOI: 10.30598/Jhppk.2019.3.2.114
- Wang, W., Lu, J., Du, H., Wei, C., Wang, H., Fu, Y., and He, X. 2017. Ranking Thirteen Tree Species Based on Their Impact on Soil Physiochemical Properties, Soil Fertility, and

- Carbon Sequestration in Northeastern China. *Forest Ecology and Management* 404: 214–229. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.08.047
- Ward, R. D., Friess, D. A., Day, R. H., and Mackenzie, R. A. 2016. Impacts of Climate Change on Mangrove Ecosystems: A Region by Region Overview. *Ecosystem Health and Sustainability* 2(4): 1–25. DOI: 10.1002/ehs2.1211
- Widiyono, W. 2016. Inventarisasi Jenis-Jenis Tumbuhan dan Kesesuaian Lahan untuk Konservasi Daerah Tangkapan Sumber Mata Air “Wetihu” Desa Baudaok Kecamatan Tasifeto Timur-Belu. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 11(3): 353–361. DOI: 10.29122/jtl.v11i3.1180
- Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L., and Xu, B. 2016. Impact of Climate Change on Human Infectious Diseases: Empirical Evidence and Human Adaptation. *Environment International* 86: 14–23. DOI: 10.1016/j.envint.2015.09.007
- Yunita, L. 2016. Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Meranti (*Shorea leprosula*) di Hutan Alam pada Area Silin PT. Inhutani II Pulau Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis* 4(2): 87–197. DOI: 10.20527/jht.v4i2.3606
- Zulkarnaini, Z. M., Sakimin, S. Z., Mohamed, M. T. M., and Jaafar, H. Z. 2019. Changes in Leaf Area Index, Leaf Mass Ratio, Net Assimilation Rate, Relative Growth Rate and Specific Leaf Area Two Cultivars of Fig (*Ficus carica* L.) Treated under Different Concentrations of Brassinolide. *Agrivita* 41(1): 158–165. DOI: 10.17503/agrivita.v41i1.2001