

I.R.D. Anjarsari · M. Ariyanti · S. Rosniawaty

Studi ekofisiologis tanaman teh guna meningkatkan pertumbuhan, hasil, dan kualitas teh

Sari. Teh merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memegang peranan cukup penting dalam perekonomian Indonesia, yaitu sebagai sumber pendapatan dan devisa serta penyedia lapangan kerja bagi masyarakat. Teh di Indonesia sebagian besar berasal dari Jawa Barat dengan kontribusi produksi (rata-rata lima tahun terakhir) sebesar 66,93%, sedangkan provinsi lainnya hanya berkontribusi kurang dari 10%. Produksi teh di Indonesia pada tahun 2017 sebesar 146,17 ton, selalu berfluktuasi dari tahun ke tahun, hingga diperkirakan tahun 2021 menurun dengan produksi sebesar 141,63 ton. Seperti halnya komoditas perkebunan yang lain, tanaman teh dalam perkembangannya mengalami fluktuasi produksi pucuk sebagai bahan baku olahan teh. Produktivitas teh sangat dipengaruhi oleh faktor internal (tanaman), maupun eksternal (lingkungan). Pengembangan tanaman teh saat ini dan masa mendatang akan dihadapkan pada berbagai kendala, diantaranya kondisi tanaman yang semakin tua sehingga perlu dimaksimalkan proses metabolismenya melalui pemeliharaan tanaman teh. Ancaman perubahan iklim berdampak besar pada pertumbuhan dan hasil tanaman teh. Peningkatan suhu dan penurunan curah hujan akibat pemanasan global dapat mempengaruhi produktivitas dan keberlanjutan perkebunan teh di masa depan. Ekofisiologi pada tanaman teh bisa dioptimalkan dengan memaksimalkan beberapa faktor internal dan eksternal yang berpengaruh terhadap pertumbuhan, kuantitas, dan kualitas teh.

Kata kunci : Ekofisiologi · Pertumbuhan · Produktivitas · Perubahan iklim

Study of ecophysiological of tea plants to improve growth, yield, and quality of tea

Abstract. Tea is one of the plantation commodities that plays an important role in the Indonesian economy, that is a source of income and foreign exchange and a provider of employment for the community. Tea in Indonesia is mostly from West Java with a production contribution (an average of the last five years) of 66.93% while other provinces only contribute less than 10%. Tea production in Indonesia in 2017 amounted to 146.17 tons, fluctuated year to year, until it was estimated that in 2021 tea production will decrease to 141.63 tons. Like other plantation commodities, in its development, the tea plant fluctuates in shoot production as a raw material for processing tea. Tea productivity is strongly influenced by internal (plant) and external (environmental) factors. The development of tea plants at present and in the future will be faced with various problems. The condition of the older plants needs to be maximized through the maintenance of tea plants. The threat of climate change has a significant impact on the growth and yield of the tea plant. Temperature increase and rainfall decrease due to global warming can affect the productivity and sustainability of tea plantations in the future. The ecophysiology of the tea plant can be optimized by maximizing several internal and external factors that affect the growth, quantity and quality of tea.

Keywords : Ecophysiology · Growth · Productivity · Climate change

Diterima : 12 Maret 2020, Disetujui : 12 Desember 2020, Dipublikasikan : 31 Desember 2020
doi: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i3.26623>

I.R.D. Anjarsari · M. Ariyanti · S. Rosniawaty
Departemen Budidaya Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran
Korespondensi: intan.ratna@unpad.ac.id

Pendahuluan

Komoditas teh memiliki peranan penting dalam perekonomian nasional, yaitu sebagai sumber pendapatan petani, penyerapan tenaga kerja, sumber devisa negara, serta mendorong agro-industri pengembangan wilayah dan pelestarian lingkungan. Pada umumnya tanaman teh nasional dikembangkan di Indonesia sejak jaman Belanda. Tanaman teh yang diusahakan oleh rakyat mulai dikembangkan sekitar tahun 1980-an, namun belum dilakukan peremajaan, sehingga kondisi tanaman pada umumnya merupakan tanaman tua/rusak dengan produktivitas yang sudah menurun dan sudah saatnya dilakukan perbaikan budidaya melalui rehabilitasi dan intensifikasi tanaman (Kementerian Pertanian, 2013).

Ditinjau dari besarnya kontribusi luasan teh oleh masing-masing kelompok pengusahaan, sebagian besar luas areal teh di Indonesia pada tahun 2013-2017 berasal dari perkebunan rakyat (PR), yaitu sebesar 45,52%, sedangkan perusahaan besar negara (PBN) berkontribusi sebesar 30,47% dan perusahaan besar swasta (PBS) sebesar 24,01%. Selama periode 2017-2021 diperkirakan rata-rata penurunan produksi teh sebesar 0,78% per tahun (Zikria, 2017).

Produksi teh sangat bergantung pada musim dan dampak perubahan iklim pun mulai dirasakan di perkebunan teh. Peningkatan curah hujan, musim kemarau yang cukup kering dan panjang akibat pergeseran musim, meningkatnya siklus anomali musim kemarau, musim hujan, dan berkurangnya kelembaban tanah akan mengganggu sektor pertanian, salah satunya pada sub sektor perkebunan tanaman teh (Setyolaksono, 2014).

Menurut Lambers *et al.* (2008), ekofisiologi tanaman adalah ilmu tentang respon fisiologis tanaman terhadap lingkungan. mekanisme fisikanya, kimia, dan lingkungan biotik yang dapat mempengaruhi pertumbuhan, reproduksi, kelangsungan hidup, adaptasi, dan evolusi tanaman. Pengelolaan kebun yang tepat berdasarkan ekofisiologi meliputi pengelolaan faktor internal dan eksternal di perkebunan teh, meliputi tanaman, iklim, dan hara yang cukup. Selain dapat meningkatkan pertumbuhan dan kuantitas pucuk teh, juga diharapkan dapat meningkatkan kualitas teh, diantaranya kandungan antioksidan katekin pada daun teh.

Pokok Bahasan

Dasar ekofisiologis dalam pertumbuhan dan pembentukan hasil teh: Ekofisiologi teh membahas proses fisiologis utama yang bertanggung jawab untuk pertumbuhannya (misalnya produksi biomassa) dan hasil (misalnya produksi pucuk). Kecepatan proses fisiologis ditentukan oleh faktor genotip dan lingkungan yang pada akhirnya menentukan produktivitas dan bergantung pada genotipe teh, baik benih maupun bahan tanaman yang diperbanyak secara vegetatif. Gambar 1 menggambarkan kerangka dasar untuk menggambarkan dasar ekofisiologis hasil teh. Alur yang menunjukkan dasar ekofisiologis dari penentuan hasil teh dikutip dari De Costa *et al.* (2007).

Beberapa aspek fisiologis yang menentukan hasil dan kualitas teh diantaranya:

Faktor Internal

Fotosintesis. Fotosintesis, mobilisasi asimilasi dan hubungan *source-sink* adalah parameter yang saling terkait dalam menentukan produktivitas. Varietas tanaman teh yang dibudidayakan sangat heterogen, oleh karena itu tingkat variasi yang ditunjukkan secara fenotipik dan fisiologis juga sangat luas (Kumar, 2002). Fotosintat yang dihasilkan oleh daun dewasa memiliki banyak kegunaan dalam daun dan juga ditranslokasi sebagai sukrosa ke organ non-fotosintesis (*sink*). Proses yang menentukan berapa banyak karbon yang dialokasikan untuk setiap penggunaan disebut partisi fotosintat atau partisi karbon. Setelah tiba di *sink*, fotosintat dipartisi lagi untuk digunakan sebagai sumber energi, atau untuk memung-kinkan pertumbuhan terjadi, atau untuk penyimpanan dalam bentuk karbohidrat, protein, dan minyak. Ini memiliki dampak yang cukup besar pada hasil panen, nilai gizi dan sifat pengolahannya (Halford, 2010). Kedalaman kanopi 15-20 cm dianggap cukup proporsional berkontribusi untuk fotosintesis (De Costa *et al.*, 2007). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Muningsih *et al.* (2016) menunjukkan bahwa kerimbunan daun dalam satu perdu berpengaruh terhadap intensitas cahaya dan sebaran cahaya yang diterima oleh masing-masing helai daun yang berpengaruh terhadap naiknya suhu daun. Perbedaan penerimaan cahaya dalam tajuk berkaitan dengan banyaknya cahaya yang diterima pada masing-masing lapisan dan indeks luas daun (ILD) pada tiap tanaman.

Daun Pemeliharaan (*maintenance foliage*).

Daun pemeliharaan merupakan bagian penting dalam mengoptimalkan proses metabolisme pada tanaman teh khususnya pada proses fotosintesis. Daun pemeliharaan merupakan bagian dari perdu teh yang terdiri dari 4-5 lapis daun di bawah bidang petik. Pada tanaman teh, bagian ini dikenal sebagai mesin fotosintesis karena proses fotosintesis pada tanaman teh berlangsung pada daun pemeliharaan. Ketebalan ideal lapisan daun pemeliharaan berkisar 15 – 20 cm (PPTK Gambung, 2009) yang menunjukkan penerimaan cahaya maksimal terjadi pada daun-daun lapisan kanopi atas (De Costa *et al.*, 2007). Hasil penelitian yang dilakukan Johan (2005) menunjukkan bahwa pemangkasannya pada musim kemarau dapat mengakibatkan kerusakan pada tanaman seperti gugurnya daun-daun pemeliharaan serta terbentuknya lapisan gabus pada akar yang lebih tua. Pada musim kemarau, tanaman terlalu lama tidak berdaun cukup sehingga menyebabkan habisnya cadangan pati dalam akar.

Klorofil. Faktor kandungan klorofil menjadi tolok ukur demi menjamin keberlangsungan fotosintesis pada daun pemeliharaan. Klorofil adalah pigmen vital untuk fotosintesis karena berhubungan langsung dengan penyerapan radiasi aktif fotosintesis (*photosynthetically active radiation*, PAR). Terdapat korelasi yang erat antara daun kandungan klorofil dan N (Clevers and Kooistra, 2012; Schlemmer *et al.*, 2013). Baret *et al.* (2007) menemukan bahwa kandungan klorofil pada kanopi berkaitan erat dengan level N kanopi dan status N dapat dinilai melalui kandungan klorofil. Pigmen penting dalam teh hijau adalah klorofil yang terkandung dalam daun teh dan semua bagian tanaman hijau. Klorofil adalah sekelompok pigmen hijau yang dapat ditemukan dalam jaringan fotosintesis, merupakan elemen kunci fotosintesis, yang diperlukan untuk penyerapan cahaya (Hörtensteiner and Kräutler, 2011).

Jenis klon. Tanaman teh memiliki masa hidup ekonomi 50 – 60 tahun. Namun, beberapa perkebunan teh yang ada berusia lebih dari 80 – 100 tahun. Sejak pengembangan perbanyak vegetatif (*vegetative propagation* (VP)), hampir semua penanaman teh baru telah diperbanyak secara vegetatif dengan stek batang atau dengan stek daun. Keuntungan utama teh VP dibandingkan ‘teh semai’ (teh diperbanyak dengan biji) adalah keseragaman yang lebih besar dalam morfologi dan fisiologi.

Keseragaman ini ditambah dengan fleksibilitas yang lebih besar dalam pemilihan dan pengembangan klon, melalui perbanyak vegetatif juga memungkinkan pengembangan klon yang menghasilkan jauh lebih tinggi daripada teh semai. Namun, pentingnya teh semai tidak boleh diabaikan karena keberadaannya di berbagai perkebunan dan kebun benih berguna untuk menyediakan keragaman genetik yang sangat berharga serta diperlukan untuk perbaikan tanaman (De Costa *et al.*, 2007). Berbagai teknologi adaptasi dalam mengatasi perubahan iklim terhadap tanaman teh antara lain melalui pemilihan klon-klon baru yang tahan terhadap cuaca ekstrim agar produksi teh tetap stabil (Yuliana *et al.*, 2013). Hasil penelitian Rachmiati (2010) menyimpulkan beberapa hal tentang penelitian *grafting* untuk mengurangi risiko kemarau, yaitu dengan mencoba penyambungan klon di pembibitan berupa Klon TRI 2025/Klon GMB 9, Klon TRI 2025/Klon GMB 2, Klon PS 1/Klon GMB 2, Klon GMB2/Klon PS 1, Klon GMBm1/Klon GMB 2, Klon GMB 1/Klon GMB 9, Klon GMB 10/Klon GMB 1, Klon GMB 10/Klon GMB 9, Klon GMB 11/Klon GMB 7, Klon GMB 1/Klon GMB 9, Klon GMB 1/Klon GMB 3, Klon GMB 7/Klon GMB 9, dan Klon GMB 2/Klon GMB 9. Persentase hidup yang tinggi di antaranya terdapat pada *grafting* Klon TRI 2025/Klon GMB 9, Klon TRI 2025/Klon GMB 2, Klon GMB 1/Klon GMB 2, Klon GMB 7/Klon GMB 9, dan Klon GMB 2/Klon GMB 9. Kombinasi dari klon-klon tersebut memperlihatkan pertumbuhan akar, tinggi benih, dan jumlah daun yang relatif lebih baik. Sementara itu, kombinasi PS 1/GMB 9, Gedeh 1/GMB 7, dan Gedeh 1/GMB 9 memperlihatkan pertumbuhan yang relatif sangat lambat, sehingga mengindikasikan adanya ketidakcocokan (inkompatibilitas) antara batang atas dengan batang bawah. Namun pada dasarnya penggunaan benih unggul merupakan salah satu teknologi yang sangat berperan penting dalam menjaga produktivitas tanaman teh. Idealnya, benih yang digunakan harus memiliki beberapa keunggulan, antara lain berpotensi hasil tinggi, toleran terhadap kekeringan, tahan terhadap serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT), dan memiliki *inner quality* yang baik (Sriyadi, 2012).

Nutrisi mineral. Fotosintesis teh sangat terkait dengan kandungan N dalam daun (Anandacoomaraswamy *et al.*, 2002). Klorofil

diketahui berkontribusi terhadap kehitaman teh jadi, hal ini berkaitan dengan proses pengolahan teh hitam dimana klorofil mengalami reaksi kimia selama proses pengolahan dan dipecah selama proses fermentasi. Klorofil dirubah menjadi feofitin dalam suasana asam feofitin diubah menjadi feofirbid yang berwarna hijau kecoklatan (Baruah *et al.* 2012). Peningkatan aplikasi N dan K meningkatkan kandungan klorofil di kedua jenis daun, yaitu daun muda (*immature leaves*) dan daun dewasa (*mature leaves*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyemprotan 2% K_2SO_4 meningkatkan toleransi kekeringan kultivar TRI 2026 dan TRI 4049 melalui penyesuaian osmotik (Mohotti and Lawlor, 2002). Pemupukan teh saat ini masih bergantung pada pemupukan anorganik untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil. Menurut Rachmiati *et al.* (2014), permasalahan utama penggunaan pupuk anorganik pada perkebunan adalah sangat tergantung dari keadaan iklim, terutama curah hujan. Alternatif lain pemenuhan beberapa unsur hara adalah melalui pemupukan hayati (*biofertilizer*), baik yang bersifat simbiotik maupun non simbiotik, hal ini dikarenakan mikroba-mikroba tersebut dapat terus bermanfaat selama tanaman teh tumbuh. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Pranoto dan Mieke (2014) menunjukkan bahwa beberapa mikroba yang diketahui efektif sebagai sumber unsur hara nitrogen di antaranya *Azotobacter* sp dan bakteri endofitik spesial tanaman teh.

Faktor Eksternal :

Perubahan Iklim. Perubahan iklim diperkirakan tidak hanya mengurangi kualitas teh, tetapi juga kuantitas produksi teh sebagai konsekuensi dari peningkatan erosi tanah, hama, dan penyakit yang menjadi lebih resisten (Wijeratne, 2007). Menurut Ethical Tea Partnership (2011), perubahan iklim menyebabkan ancaman bagi tanaman teh karena teh merupakan tanaman yang tergantung pada curah hujan yang terdistribusi dengan baik, sehingga perubahan iklim pada tanaman teh sangat terasa terutama pada penurunan produksi pucuk. Selain itu, faktor lingkungan berhubungan erat dengan laju fotosintesis dan kandungan klorofil. Klorofil berkorelasi positif dengan suhu rata-rata harian, suhu harian tertinggi, suhu harian terendah, dan kelembaban relatif (Wei *et al.*, 2011).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian Dalimoenthe *et al.* (2016), perubahan iklim yang

ditandai dengan peningkatan bulan kering menyebabkan terjadinya penurunan produktivitas teh di tiap ketinggian tempat akibat El-Nino tahun 2009-2010. Rerata produktivitas tahun 2011-2014 di dataran tinggi (2.155 kg/ha), sedang (1.323 kg/ha), dan rendah (1.096 kg/ha) lebih rendah dibandingkan tahun 2006-2008 yaitu masing-masing 2.328 kg/ha (dataran tinggi), 1.760 kg/ha (dataran sedang), dan 1.652 kg/ha (dataran rendah).

Teknologi dalam mengantisipasi dampak perubahan iklim menghadapi La Nina di antaranya adalah dengan pembuatan rorak, saluran erosi, pemberian mulsa, pengelolaan pohon pelindung, pengendalian hama dan penyakit tanaman, serta aplikasi pupuk hayati (*bio-fertilizer*). Teknologi dalam mengantisipasi El Nino dapat dilakukan di antaranya melalui pemupukan K, aplikasi ZPT, pemangkas dan pemupukan sebelum pangkas, pemupukan setelah kemarau, pengelolaan dan penanaman pohon pelindung, pemberian mulsa dan bahan organik, irigasi dan pemanfaatan embung, serta penanaman bibit teh tahan kekeringan melalui teknik *grafting* (Dalimoenthe *et al.*, 2016).

Suhu. Meningkatnya suhu dan cuaca ekstrem merupakan ancaman signifikan terhadap ketahanan sistem produksi teh karena teh adalah salah satu spesies pohon yang paling terpengaruh oleh perubahan cuaca (Ranjitkar *et al.*, 2016). Suhu udara ideal untuk pertumbuhan tanaman teh adalah 13 °C – 25 °C. Umumnya, peningkatan suhu yang moderat meningkatkan hasil teh, namun di atas suhu yang optimal peningkatan suhu lebih lanjut dapat menurunkan produktivitas perkebunan teh (Gunathilaka *et al.*, 2017). Menurut Bhagat *et al.* (2010) suhu di atas 30 °C dan di bawah 13 °C adalah berbahaya bagi pertumbuhan semak teh.

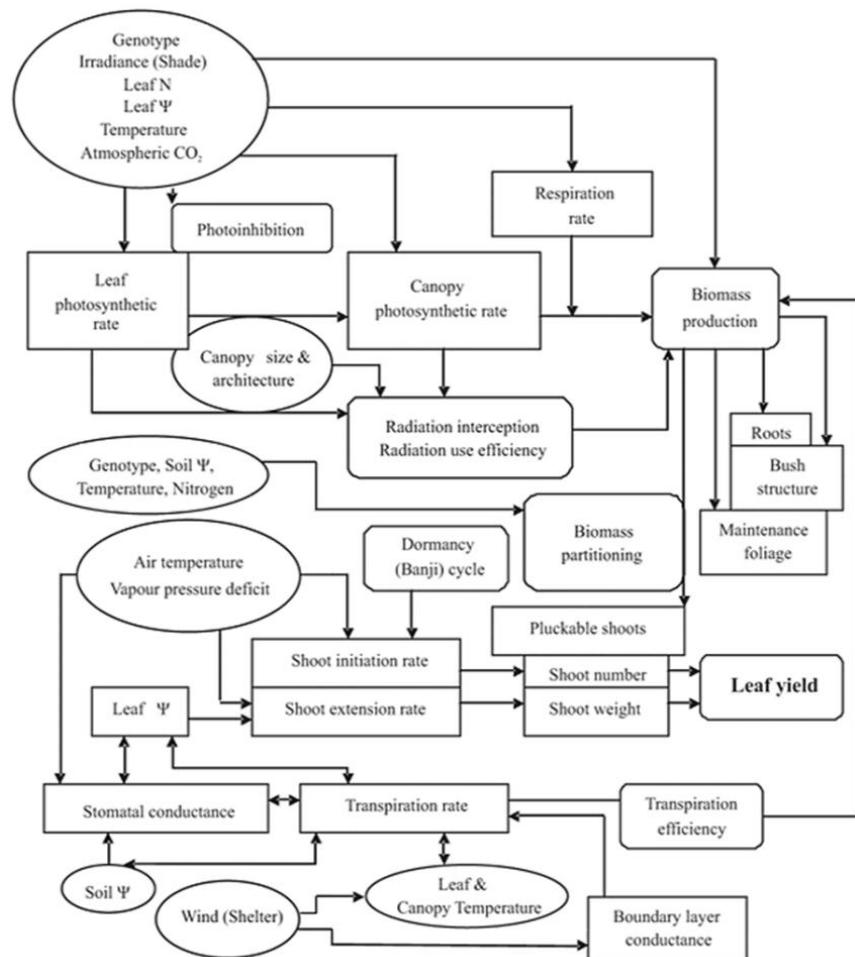
Cahaya matahari yang cerah dan kelembaban relatif pada siang hari tidak kurang 70%. Radiasi matahari berperan besar terhadap pertumbuhan pucuk. Produksi bahan kering dari suatu vegetasi merupakan fungsi dari intersepsi radiasi fotosintesis aktif (PAR) (Mariscal, 2000; Monteith, 1994) dan biomassa akhir dari tanaman berbanding lurus dengan akumulasi intersepsi selama periode tanam (400 MJ m^{-2}), (Purcell *et al.*, 2002). Paparan radiasi yang cukup kuat pada tanaman teh akan mengurangi aktivitas komponen fotosintesis (Baker and Bowyer, 1994).

Variasi produksi bahan kering dapat meningkat karena perbedaan dalam jumlah

intersepsi radiasi kumulatif (Hamzei and Soltani, 2012). Secara umum, produktivitas setiap tanaman tergantung pada total karbon yang terakumulasi pada tingkat fotosintesis per unit luas daun. (Mohotti and Lawlor, 2002). Meskipun Photosynthetic Active Radiation (PAR) mewakili sebagian kecil dari total energi radiasi matahari namun PAR memainkan peran utama pada sistem biologis melalui pengaturan laju fotosintesis kanopi (Shulski *et al.*, 2004). Intensitas radiasi adalah faktor penting karena mempengaruhi status fotoinhibisi (Smith *et al.*, 1993). Pada komoditas kopi, yang fisiologisnya mirip seperti teh, juga merespons hal yang sama terhadap radiasi dan naungan (Ramalho *et al.*, 1997; Nunes *et al.*, 1993). Makin banyak sinar matahari makin cepat pertumbuhan, sepanjang curah hujan mencukupi.

Curah Hujan. Kekeringan menyebabkan defit air dalam tanah dan mengakibatkan menurunnya pertumbuhan tanaman. Menurut

Dalimoenthe dan Rachmiati (2009), pada kondisi kadar air tanah <30%, pertumbuhan tanaman teh mulai terhambat, sementara pada kadar air <15% akan menyebabkan kematian pada tanaman teh karena defisit ketersediaan air. Faktor iklim yang berperan penting adalah curah hujan. Curah hujan optimum untuk pertumbuhan teh berkisar 223-417 mm/bulan. Penurunan curah hujan sebesar 100 mm per bulan menyebabkan hasil teh menurun sebesar 30-80 kg/ha/bulan (Supriadi dan Rokhmah, 2014). Hujan yang terus menerus menurunkan kualitas teafavin dan catechin (Muthumani *et al.*, 2013). Selanjutnya menurut Chou *et al.* (1999) bahwa kandungan katekin dalam daun teh bervariasi bergantung pada musim. Produk teh yang terbuat dari daun teh yang dipanen di musim panas menunjukkan kandungan katekin yang lebih tinggi dibandingkan musim hujan.



Gambar 1. Alur yang menunjukkan dasar ekofisiologis dari penentuan hasil teh.
 (Sumber : De Costa *et al.*, 2007)

Kesimpulan

Proses ekofisiologis pada tanaman teh bisa dioptimalkan dengan memaksimalkan beberapa faktor internal dan eksternal yang berpengaruh terhadap pertumbuhan, kuantitas dan kualitas teh. Pengelolaan kebun yang tepat meliputi pengelolaan perkebunan teh meliputi tanaman, iklim dan hara yang cukup akan meningkatkan pertumbuhan dan kuantitas pucuk teh, juga diharapkan dapat meningkatkan kualitas teh, diantaranya antioksidan berupa katekin teh.

Daftar Pustaka

- Anandacoomaraswamy A, W.A.J.M. De Costa, P.L.K Tennakoon,A. Van der Werf .2002 The physiological basis of increased biomass partitioning to roots upon nitrogen deprivation in young clonal tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz). *Plant Soil* 238:1-9.
- Baker N.R., Bowyer J.R., 1994. Photo inhibition of photosynthesis from molecular mechanism to the field. Oxford, UK.
- Baret, F., V.Houles and M. Guerif. 2007. Quantification of plant stress using remote sensing observations and crop models: The case of nitrogen management. *Journal of Experimental Botany*, 58(4), 869-880. DOI : <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erl231>.
- Baruah, D., L.P Bhuyan, M. Hazarika. 2012. Impact of moisture loss and temperature on biochemical changes during withering stage of black tea processing on four tocklai released clones. *Journal of Research*. 59(2): 132-142.
- Bhagat, R.M., R.D Baruah and S. Safique. 2010. Climate And Tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] Production With Special Reference To North Eastern India : A Review. *Journal of Environmental Research and Development*. 4(4) : 1017-1028.
- Chou, C., L. Lin, K. Chung. 1999. Antimicrobial activity of tea as affected by the degree of fermentation and manufacturing season. *Int. J.Food Microb.* 48: 125-130.
- Clevers, J. G. P. W. and L. Kooistra, . 2012. Using hyperspectral remote sensing data for retrieving canopy chlorophyll and nitrogen content. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5, 574-583.
- Dalimoenthe, S.L. dan Y. Rachmiati .2009. Dampak perubahan iklim terhadap kadar air tanah di perkebunan teh. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*, 12(3) 2009: 59-66.
- Dalimoenthe, S. L. 2016. Teknologi Sustainable Pucuk Teh (*Camellia sinensis*). Dalam Prosiding Pertemuan Teknis Industri Teh Berkelanjutan Sustainable Tea. Penerbit Lembaga Riset Perkebunan Indonesia Pusat Penelitian Teh dan Kina. Gambung.
- De Costa, W.A.J.M, A.J. Mohotti, A.J.and A. Madawala . Wijeratne. 2007. Ecophysiology of tea (Review). *Braz. J. Plant Physiol.*, 19(4):299-332, 2007
- Ethical Tea Partnership (ETP). 2011. Climate change adaptation in the Kenyan tea sector. Available online at <https://www.ethicalteapartnership.org/wp-content/uploads/Climate-change-140611LRFi.pdf> (Diakses 20 September 2020).
- Gunathilaka, R.P.D., J.C.R.Smart, C.M. Fleming. 2017. The impact of changing climate on perennial crops: The case of tea production in Sri Lanka. *Clim. Chang.*140: 577-592.
- Halford N. G. 2010. Photosynthate partitioning, in Plant Developmental Biology - Biotechnological Perspectives, eds Pua E. C., Davey M. R., editors. (Berlin; Heidelberg: Springer;), 67-82
- Hamzei J. & Soltani J .2012. Deficit irrigation of rapeseed for water-saving: effects on biomass accumulation, light interception and radiation use efficiency under different N rates. *Agric Ecosyst Environ.* 155(28):153-160.
- Hörtensteiner S and B. Kräutler. 2011. Chlorophyll breakdown in higher plants. *Biochim Biophys Acta* 1807: 977-988
- Johan, M.E. 2005. Pengaruh Tinggi Pangkasan dan Tinggi Jendangan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Pucuk Basah Pada Tanaman Teh Asal Biji. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*, 8 (1-2) : 43-48
- Kementerian Pertanian. 2013. Outlook Komoditas Teh 2013. Available online at <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/ar-sip-outlook/250-outlook-komoditas-teh-2013> (diakses 20 September 2020)
- Kumar, R. 2002. Photosynthesis and partitioning of assimilates in relation to productivity in tea. UPASI Tea Research Foundation, Nirar

- Dam BPO, Valparai, Coimbatore District 642 127, TN, India.
- Lambers, Hans, Chapin III, F. Stuart, Pons, L. Thijs . 2008. Plant Physiological Ecology. Springer.
- Mariscal, M., F. Orgaz, F.J. Fillaloboz. 2000. Radiation-use efficiency and dry matter partitioning of a young olive (*Olea europaea*) orchard. Radiation-use efficiency and dry matter partitioning of a young olive (*Olea europaea*) orchard. *Tree Physiology*. 20(1):65-72
- Mohotti A.J. and D.W. Lawlor. 2002. Diurnal variation of photosynthesis and photoinhibition in tea: effects of irradiance and nitrogen supply during
- Monteith J.L., 1994. Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass. *Agric For Met.* 68:213-220.
- Muningsih ,R. D. Indradewa , E. Sulistyaningsih. 2014. Karakter Fisiologis dan Hasil Pucuk Teh pada Beberapa Umur Pangkas Produksi dan Tinggi Tempat Physiological Characters and Yield of Tea Shoots at Some Age of Production Pruning and Altitude . Ilmu Pertanian Vol. 17 No.1, 2014 : 25 – 36
- Muthumani, T, D. P. Verma, S. Venkatesan and R. S. Senthil Kumar. 2013. Influence of climatic seasons on quality of south Indian black teas *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 2013, 3(1):30-39
- Nunes M.A., Ramalho J.D.C.& Dias M.A., 1993. Effect of nitrogen supply on the photosynthetic performance of leaves from coffee plants exposed to bright light. *J of Expt Botany*. 44: 893-899.
- Pranoto, E. dan M. Setiawati. 2014. Perbandingan beberapa bakteri pelarut fosfat eksogen pada tanah andisol sebagai areal pertanaman teh dominan di indonesia *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*. 18(2):159-164.
- Purcell L.C., R.A. Ball, J.D. Reaper, & E.D. Vories. 2002. Radiation use efficiency and biomass production in soyabean at different plant population densities. *Crop Science*. 42(1): 172- 177.
- Rachmiati, Y., 2010. Pengelolaan Tanaman Teh dan Lingkungan secara Terpadu untuk Mengurangi Risiko Kemarau. Laporan APBN tahun 2010. PPTK Gambung.
- Rachmiati,Y., Karyudi, B. Sriyadi,S.L. Dalimoenthe, P. Rahardjo, dan E. Pranoto. 2014. Teknologi Pemupukan dan Kultur Teknis yang Adaptif terhadap Anomali Iklim pada Tanaman Teh. Conference Paper "Upaya peningkatan produktivitas di perkebunan dengan teknologi pemupukan dan antisipasi anomali iklim. Available online at <https://www.researchgate.net/publication> (diakses 20 September 2020)
- Ramalho J.C., T.L Pons, H.W. Groenveld and Nunes M.A., 1997. Photosynthetic responses of *Coffea arabica* leaves to a short-term high light exposure in relation to N availability. *Physiologia Plantarum*. 101: 229-239.
- Ranjitkar, S., N.M Sujakhu, Y. Lu, Q. Wang, M.Wang, J. He and P.E.Mortimer. 2016. Climate modelling for agroforestry species selection in Yunnan Province, China. *Environmental Modelling & Software*. 75: 263-72
- Schlemmer, M., A.A. Gitelson, J. Schepers, R. Ferguson, Y. Peng, J. Shanahan. 2013. Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leafand canopy levels. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 25, 47-54.
- Setyolaksono, M.P. 2014. Perubahan Iklim, Dampak dan Pengaruhnya. Available online at <http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptpa> mbon (diakses 20 September 2020)
- Shulski M.D., Elizabeth A., Shea W., Hubbard K.G., Yuen G.Y. & Horst G., 2004. Penetration of photosynthetically active and ultraviolet radiation into alfalfa and tall fescue canopies. *Agron J*. 96: 1562-1571.
- Smith B.G., W. Stephens, P.J. Burgess and M.K.V Carr. 1993. Effects of light, temperature, irrigation and fertilizer on photosynthetic rate in tea (*Camellia sinensis* L.). *Expt Agric.* 29: 291- 306.
- Supriadi, H. dan D.N. Rokhmah. 2014. Teknologi adaptasi untuk mengatasi perubahan iklim pada tanaman teh. *Sirinov*, 2(3): 147-156.
- Sriyadi, B. 2012. Seleksi klon teh Assamica unggul berpotensi hasil dan kadar katekin tinggi. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*. 15 : 1-10
- Wei K, L. Wang J. Zhou , W. He, J. Zeng ,Y. Jiang ,H. Cheng. 2011. Catechin contents in tea (*Camellia sinensis*) as affected by cultivar and environment and their relation to chlorophyll contents. *Food Chem* 125: 44-48

Wijeratne, M.A., A. Anandacoomaraswamy, M.K.S.L.D. Amarathunga, J. Ratnasiri, B.R.S.B. Basnayake, N. Kalra. 2007. Assessment of impact of climate change on productivity of tea (*Camellia sinensis* L.) plantations in Sri Lanka. *J. Natl. Sci. Found.*, 35, 119–126.
Yuliana, R. A., D. Indradewa, dan E. Ambarwati.

2013. Potensi hasil dan tanggapan sembilan klon teh terhadap variasi curah hujan di Kebun Bagian Pagilaran. *Vegetalika* 2(3): 54-67

Zikria, R. 2017. Outlook teh 2017 : Komoditas Pertanian Subsektor Perkebunan. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.