

Strategi Meningkatkan Hasil dan Kualitas Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) di Bawah Pohon Jati (*Tectona grandis*)

Strategy to Improve Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) Yields and Quality under Teak Trees (*Tectona grandis*)

Ellis Nihayati¹, Dellia Rezha Bayu Rizqullah^{2*}, Eko Widaryanto¹

Diterima 25 Mei 2021/Disetujui 3 Agustus 2021

ABSTRACT

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) can grow on dry land that is planted with trees or perennials. Temulawak intensification can potentially use the lands planted with teak trees as there is wide space available to grow temulawak or other gingers between the trees. Planting distance of Temulawak under the teak trees will affect the growth, quality, and quantity of temulawak. The purpose of this research is to study and obtain the optimal planting distance of temulawak grown under the teak trees to obtain better growth and maximum yield. The study was carried out from December 2019 to June 2020 in the experimental field of Brawijaya University at Jatikerto Village, Malang Regency. The experiment was set up in a split-plot design consisted of 2 main plots, i.e, 3-year-old and 17-year-old teak trees, and planting distances as subplots, i.e, 50 cm × 50 cm (J1), 50 cm × 40 cm (J2), 50 cm × 30 cm (J3), 50 cm × 20 cm (J4). All treatments had 4 replications. From the results of the study, it was found that planting temulawak under the 3-year-old teak trees at a spacing of J1 resulted in the optimum weight of temulawak rhizomes per hectare. The optimum quality of temulawak in terms of the antioxidant activity level is found in temulawak planted under 17-year-old teak trees with the spacing of J4. The highest light intensity was found in temulawak planted underneath the 17-year-old teak trees.

Keywords: antioxidants, curcumin, light intensity, plant spacing

ABSTRAK

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) tumbuh di lahan tegalan yang memiliki banyak tanaman tahunan. Intensifikasi temulawak dapat menggunakan lahan jati sebagai alternatif dalam budidaya. Jarak tanam jati yang lebar dapat dimanfaatkan untuk menanam temulawak. Jarak tanam temulawak di bawah tegakan jati akan mempengaruhi pertumbuhan, kualitas dan kuantitas temulawak. Tujuan penelitian untuk mempelajari dan mendapatkan jarak tanam temulawak yang tepat pada perbedaan intensitas cahaya di bawah tegakan jati, agar mendapatkan pertumbuhan dan hasil yang maksimal. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2019 hingga Juni 2020 di kebun percobaan Universitas Brawijaya, Desa Jatikerto, Kabupaten Malang. Penelitian ini menggunakan rancangan split plot terdiri dari 2 taraf petak utama yaitu jati umur 17 dan 3 tahun, dengan anak petak jarak tanam temulawak 50 cm × 50 cm (J1), 50 cm × 40 cm (J2), 50 cm × 30 cm (J3), 50 cm × 20 cm (J4) diulang 4 kali. Dari hasil penelitian didapat bahwa berat rimpang temulawak per hektar yang optimum didapatkan pada temulawak yang ditanam di bawah tegakan jati umur 3 tahun dengan jarak tanam J1. Kualitas temulawak (tingkat aktivitas antioksidan) yang optimum didapatkan pada temulawak yang ditanam di bawah naungan jati umur 17 tahun dengan jarak tanam J4. Efisiensi penggunaan intensitas cahaya tertinggi terdapat pada temulawak yang ditanam pada tegakan jati 17 tahun.

Kata kunci: antioksidan, intensitas cahaya, jarak tanam, kurkumin

¹Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145 Jawa Timur, Indonesia

²Manajemen Produksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145 Jawa Timur, Indonesia
E-mail : rizqullahd@gmail.com (*penulis korespondensi)

PENDAHULUAN

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan jenis tanaman rimpang yang mengandung senyawa kurkumin. Senyawa tersebut termasuk senyawa bioaktif yang terdapat pada rimpang temulawak, memiliki fungsi sebagai penangkal radikal bebas atau antioksidan dan berperan dalam kesehatan tubuh manusia (Kasai *et al.*, 2019). Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Biofarmaka (2019) produksi rimpang temulawak nasional meningkat sebesar 24 561 ton, 25 571 ton, dan 29 637 ton dari tahun 2017 hingga 2019. Kenaikan tersebut belum cukup untuk memenuhi kebutuhan temulawak yang diperkirakan 41 000 ton per tahun (Rencana Strategis Kementerian Pertanian, 2015). Perlu dilakukan intensifikasi pertanian dengan meningkatkan kuantitas dan kualitas temulawak guna memenuhi kebutuhan tersebut.

Beberapa jenis tanaman obat membutuhkan tegakan untuk mengurangi jumlah radiasi matahari yang diterima, salah satunya adalah temulawak (Son *et al.*, 2019). Meski begitu, temulawak dapat tumbuh di daerah yang terkena sinar matahari langsung. Dengan suhu udara yang baik untuk budidaya tanaman temulawak 19-30 °C, tanaman ini memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap naungan hingga 50% (Murdiono *et al.*, 2016), Jarak tanam jati cukup lebar yakni 2.5 m × 2.5 m atau 3 m × 3 m (Sinha *et al.*, 2017), dengan demikian lahan di bawah tegakan jati dapat digunakan untuk penanaman temulawak.

Temulawak merupakan tumbuhan monokotil dengan akar serabut (Saensouk *et al.*, 2021), sedangkan jati merupakan tanaman dikotil berakar tunggang (Yahya *et al.*, 2020), sehingga tidak merusak akar satu sama lain saat ditumpangsarikan. Perlakuan jarak tanam temulawak sebagai tanaman sela sangat penting dilakukan untuk menghindari saling menaungi antar tajuk tanaman, yang akan berakibat pada penurunan kualitas intensitas cahaya secara keseluruhan. Perlu dilakukan pengaturan jarak tanam temulawak di bawah tegakan jati guna mengurangi dampak persaingan radiasi matahari. Diharapkan pertumbuhan dan hasil temulawak dapat lebih optimal dari segi kuantitas maupun kualitas. Tujuan penelitian untuk mempelajari dan mendapatkan jarak tanam temulawak yang

tepat pada perbedaan intensitas cahaya di bawah tegakan jati, agar mendapatkan pertumbuhan dan hasil yang maksimal.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada Desember 2019 hingga Juni 2020 di kebun percobaan Universitas Brawijaya, Desa Jatikerto, Kabupaten Malang (ketinggian 300 m dpl, suhu 13-31 °C, curah hujan 1500 – 5000 mm tahun⁻¹). Bahan yang digunakan adalah bibit temulawak, pupuk kandang, urea, SP36, KCL dan DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) untuk pengujian radikal bebas dengan metode Kiay *et al.* (2011). Alat yang digunakan terdiri dari penggaris (cm), timbangan analitik (0.01 g), timbangan kasar, oven, millimeter block, spektrofotometer, luxmeter, dan kamera. Penelitian ini menggunakan rancangan split plot yang terdiri dari dua petak utama yaitu tanaman jati 17 tahun dan tanaman jati 3 tahun. Dalam petak utama terdapat anak petak yaitu jarak tanam temulawak (J) yang terdiri dari 4 taraf yakni: 50 cm × 50 cm (J1), 50 cm × 40 cm (J2), 50 cm × 30 cm (J3), 50 cm × 20 cm (J4). Setiap perlakuan diulang 4 kali, dengan masing-masing perlakuan berada diantara 6 pohon jati. Jumlah temulawak pada J1, J2, J3, dan J4 berturut-turut adalah 60, 84, 120 dan 180 tanaman. Analisis data menggunakan *analysis of variance* (Anova) (Gomez dan Gomez, 1983). Apabila terjadi pengaruh nyata pada perlakuan maka dilakukan uji beda terkecil (BNT) pada taraf 5%.

Parameter pengamatan yang akan diamati antara lain intensitas cahaya, kelembaban dan suhu lingkungan, tinggi tanaman, Indeks Luas Daun (ILD), berat kering tajuk tanaman, berat basah panen rimpang per ha, tingkat aktivitas antioksidan, dan efisiensi penggunaan cahaya. Pengukuran aktivitas antioksidan dengan metode peredaman radikal bebas menggunakan 1.1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH). Larutan blanko radikal bebas dibuat dengan melarutkan 3.9 ml DPPH – dengan 0.1 ml Methanol lalu divortex. Hitung nilai absorbansi pada panjang gelombang 515 nm. Pengamatan sampel dengan cara DM dilarutkan dengan 0.1 ml Ekstrak Sampel temulawak (ES) hasil maserasi, kemudian divortex. Perubahan warna ungu menjadi

kekuningan mengindikasikan bahwa ekstrak tersebut mempunyai antioksidan. Larutan lalu dimasukkan ke dalam ruangan gelap selama 20 menit dan dihitung nilai absorbansinya pada panjang gelombang 515 nm dengan menggunakan spektrofotometer. Aktivitas penangkal radikal bebas dihitung sebagai persentase berkurangnya warna DPPH dengan persamaan di bawah ini:

$$TAA (\%) = \frac{Abs\ Blanko - Abs\ Sampel}{Abs\ Blanko} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Rata-rata tinggi tanaman temulawak berdasarkan umur 8-20 minggu setelah tanam mengalami peningkatan (Tabel 1). Tinggi tanaman pada umur 16 dan 20 MST lebih rendah diperoleh pada jarak tanam temulawak yang lebih lebar J1 dan J2. Sebaliknya temulawak yang ditanam pada jarak tanam rapat J3 dan J4 memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi. Temulawak yang ditanam di bawah tegakan jati 17 tahun memiliki tinggi tanaman lebih panjang jika dibandingkan dengan temulawak di bawah jati 3 tahun pada seluruh pengamatan.

Tabel 1. Tinggi tanaman temulawak pada jarak tanam berbeda di bawah tegakan jati

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) Umur Tanaman (MST)			
	8	12	16	20
Jati 17 Tahun	63.70 b	82.85 b	93.99 b	101.23 b
Jati 3 Tahun	51.38 a	75.92 a	84.00 a	89.33 a
BNT	4.15	4.22	4.45	4.65
50 cm × 50 cm (J1)	51.16 a	74.82 a	82.33 a	89.62 a
50 cm × 40 cm (J2)	55.97 ab	75.61 a	84.58 a	90.45 a
50 cm × 30 cm (J3)	60.42 bc	80.38 ab	92.10 b	98.91 b
50 cm × 20 cm (J4)	62.62 c	86.72 b	96.99 b	102.13 b
BNT	5.87	5.97	6.29	6.58

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%, MST : minggu setelah tanam.

ILD

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perbedaan umur tegakan dan peningkatan jarak tanam mempengaruhi ILD tanaman temulawak. Tanaman temulawak yang ditanam di bawah tegakan jati 3 tahun memiliki ILD yang lebih tinggi sebesar 5.34%, 16.77% dan 5.34% jika dibandingkan dengan temulawak yang ditanam di bawah tegakan jati 17 tahun pada umur pengamatan 12, 16, dan 20 MST, sedangkan pada perlakuan jarak tanam 50 cm × 20 cm (J4) memiliki Indeks Luas Daun lebih tinggi jika dibandingkan dengan ketiga perlakuan jarak tanam lainnya pada umur 12 MST.

Berat Kering Tajuk Tanaman

Hasil berat kering tajuk tanaman menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam rapat J3 dan J4 pada temulawak yang ditanam di bawah jati umur 17 tahun menghasilkan berat kering tajuk yang lebih rendah (Tabel 3), dibandingkan dengan tanaman temulawak yang ditanam di bawah tegakan jati umur 3 tahun dengan jarak tanam yang lebih lebar J1 yang memiliki berat kering tajuk tanaman lebih tinggi.

Tabel 2. Indeks Luas Daun (ILD) tanaman temulawak pada berbagai jarak tanam di bawah tegakan jati pada berbagai umur tanaman

Perlakuan	ILD pada Umur (MST)		
	12	16	20
Jati 17 Tahun	1.77 a	2.74 a	3.35 a
Jati 3 Tahun	1.87 b	3.33 b	4.10 b
BNT	0.09	0.34	0.43
50 cm × 50 cm (J1)	1.48 a	2.57 a	3.33 a
50 cm × 40 cm (J2)	1.79 b	3.03 b	3.74 a
50 cm × 30 cm (J3)	1.84 b	3.24 b	4.03 b
50 cm × 20 cm (J4)	2.08 c	3.29 b	4.17 b
BNT	0.12	0.44	0.60

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%, MST : minggu setelah tanam.

Tabel 3. Interaksi pengaruh jarak tanam dan umur tegakan jati terhadap berat kering tajuk per rumpun, berat segar rimpang per ha, dan tingkat aktivitas antioksidan pada umur tanaman,

Jarak tanam	Berat Kering Tajuk per Rumpun (g rumpun ⁻¹)		Berat Segar Rimpang per Ha (ton ha ⁻¹)		Tingkat Aktivitas Antioksidan (%)	
	16 MST		24 MST		24 MST	
	Jati 17 Tahun	Jati 3 Tahun	Jati 17 Tahun	Jati 3 Tahun	Jati 17 Tahun	Jati 3 Tahun
50 cm × 50 cm (J1)	94.49 b	150.20 e	20.44 ab	38.13 e	63.44 a	64.53 a
50 cm × 40 cm (J2)	91.30 b	134.99 d	16.12 a	31.55 d	78.28 bc	65.23 a
50 cm × 30 cm (J3)	77.00 a	120.72 c	17.15 a	28.54 cd	89.12 cd	69.43 ab
50 cm × 20 cm (J4)	75.31 a	101.36 b	16.44 a	23.30 bc	93.54 d	70.70 ab
BNT 5%	13.5		5.33		12.29	

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%, MST : minggu setelah tanam.

Berat Segar Rimpang per Hektar

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh perlakuan jarak tanam di bawah jati umur 17 tahun memiliki berat segar rimpang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan jarak tanam di bawah jati umur 3 tahun. Pada perlakuan jarak tanam J1 di bawah tegakan jati 3 tahun menghasilkan berat segar rimpang lebih tinggi dibandingkan perlakuan jarak tanam lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jarak tanam yang lebih lebar menghasilkan berat segar rimpang lebih tinggi dibandingkan temulawak yang ditanam dengan jarak tanam sempit.

Tingkat Aktivitas Antioksidan

Temulawak yang ditanam di bawah naungan jati umur 17 tahun memiliki kemampuan antioksidan yang lebih tinggi pada perlakuan jarak tanam J2, J3, dan J4 dibandingkan jati umur 3 tahun (Tabel 3). Jarak tanam temulawak yang sempit J4 di

bawah naungan jati umur 17 tahun dapat meningkatkan kemampuan antioksidan, sedangkan temulawak yang di bawah naungan jati umur 3 tahun tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kemampuan antioksidan yang dihasilkan.

Pembahasan

Jarak tanam mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman temulawak, semakin sempit jarak antar baris maupun dalam baris suatu komunitas tanaman, maka semakin tinggi pula tinggi tanaman yang dihasilkan, sedangkan pada jarak yang lebih lebar didapatkan tinggi tanaman lebih rendah. Jarak tanam yang sempit dapat meningkatkan persaingan cahaya, sehingga terjadi induksi biosintesis auksin akibat konversi dari cahaya merah pendek menjadi jauh, yang menyebabkan tanaman menjadi lebih tinggi, atau etiolasi (Masa *et al.*, 2017), Temulawak yang ditanam di bawah tegakan jati 17 tahun

memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan temulawak di bawah tegakan jati 3 tahun (Tabel 1). Temulawak yang ditanam di bawah jati berusia 17 tahun memiliki tajuk yang rapat sehingga membatasi jumlah cahaya yang masuk dan menghasilkan tinggi tanaman temulawak yang lebih tinggi. Keadaan lapang di bawah tegakan jati 17 tahun memiliki naungan sebesar 60%. Kondisi ini membuat tanaman mengembangkan lebih banyak auksin, yang kemudian dipindahkan ke tangkai daun, menyebabkan sel tangkai daun memanjang dan ukuran daun mengecil. Menurut Murdiono *et al.* (2016), intensitas cahaya di bawah naungan 75% yang rendah dapat merangsang perpanjangan sel (etiologi) serta meningkatkan panjang tangkai daun. Tinggi tanaman meningkat secara linier seiring dengan peningkatan kerapatan naungan di atasnya (Masa *et al.*, 2017).

Menurut Dąbrowski *et al.* (2013), pada saat banyak naungan, jumlah tanaman lebih sedikit maka nilai ILD yang dihasilkan juga lebih rendah. Begitu pula dengan perbedaan perlakuan jarak tanam, terbukti bahwa dengan semakin lebarnya jarak tanam, nilai ILD yang dihasilkan juga menurun. Jarak tanam yang sempit akan meningkatkan nilai ILD tanaman, karena tanaman menghasilkan lebih banyak daun per satuan luas, yang mengarah pada nilai ILD yang tinggi (Swarna *et al.*, 2017).

Hasil berbeda terdapat pada berat kering tajuk. Jarak tanam lebar J1 memiliki berat kering tajuk tertinggi (Tabel 3), sedangkan temulawak yang ditanam pada jarak tanam sempit menghasilkan berat kering tajuk yang lebih rendah. Menurut Khan *et al.* (2017), berat kering tajuk tanaman dapat meningkat bila ditanam pada jarak tanam lebar. Peningkatan berat kering tajuk tanaman dapat disebabkan oleh penambahan tinggi tanaman dan jumlah daun (Srikrishnah dan Sutharsan, 2015). Selanjutnya hal tersebut dapat meningkatkan fotosintesis yang mengakibatkan peningkatan berat kering tajuk tanaman. Peningkatan berat kering tajuk diiringi dengan peningkatan berat segar rimpang temulawak per hektar.

Temulawak yang ditanam pada tegakan jati 3 tahun jarak tanam J1 memberikan berat rimpang per hektar yang lebih tinggi, jika dibandingkan dengan jarak tanam J4 di bawah jati 17 tahun. Tanaman

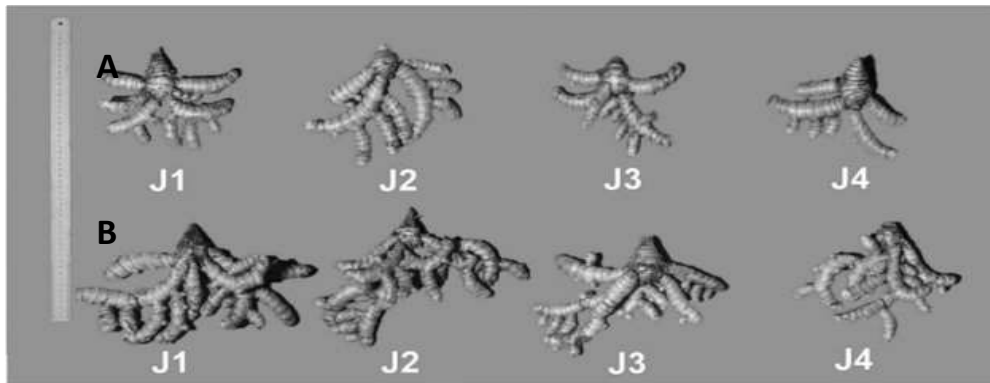
yang ditanam di tegakan dengan intensitas cahaya rendah menghasilkan berat rimpang yang lebih sedikit daripada yang ditanam di bawah tegakan dengan intensitas cahaya tinggi (Gopichand dan Singh, 2017). Tanaman yang ditanam pada jarak tanam sempit menghasilkan berat rimpang yang lebih kecil per tanaman, sedangkan tanaman yang ditanam dengan jarak tanam lebar menghasilkan rimpang yang lebih besar dan lebih berat. Ini terjadi karena laju fotosintesis melambat pada tanaman yang ditanam dengan jarak tanam sempit atau intensitas cahaya rendah, sehingga mengakibatkan pembentukan fotosintat yang lebih sedikit dan kemungkinan pertumbuhan tanaman lebih sedikit yang berarti hasil rimpang yang dihasilkan juga rendah (Çalışkan *et al.*, 2020).

Jarak tanam yang lebar menghasilkan panen yang lebih banyak, karena rimpang yang dihasilkan lebih besar dan lebih berat dibandingkan perlakuan jarak tanam rendah, sehingga memungkinkan hasil yang lebih tinggi. Menurut Gopichand dan Singh (2017) ketika jarak tanam melebar, hasil panen meningkat, dan sebaliknya, hasil juga berkurang karena rimpang yang dihasilkan lebih ringan, padahal jumlah tanaman pada jarak tanam sempit jauh lebih banyak. Peningkatan hasil temulawak harus dibarengi dengan peningkatan kualitas salah satunya tingkat aktivitas antioksidan.

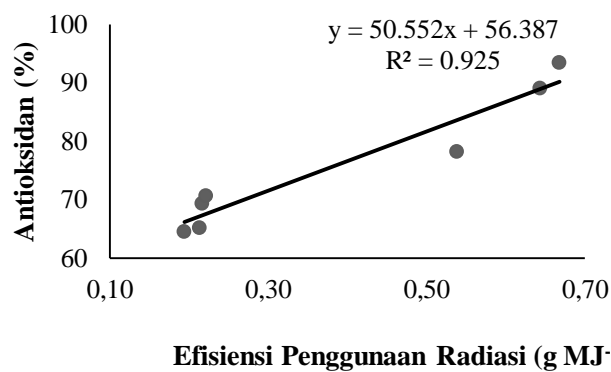
Temulawak mengandung antioksidan yang merupakan senyawa penghambat reaksi oksidasi (Kasai *et al.*, 2019). Aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada temulawak di bawah tegakan jati 17 tahun dengan jarak tanam sempit. Jarak tanam yang sempit dapat meningkatkan stres pada tanaman karena adanya persaingan antar tanaman. Menurut Murdiono *et al.* (2016), kepadatan populasi yang tinggi dapat menjadi kompetisi sumber daya terbatas seperti air, unsur hara dan cahaya matahari, sehingga tanaman menjadi stress. Hal tersebut dapat meningkatkan metabolisme sekunder untuk bertahan hidup. Kandungan antioksidan pada temulawak sebagian besar terdapat pada senyawa kurkumin (Pérez-López *et al.*, 2018). Banyaknya kadar kurkuminoid pada ekstrak kurkumin dapat mempengaruhi antioksidan yang ada di dalamnya. Jarak tanam yang sempit mengakibatkan rendahnya intensitas cahaya yang diterima temulawak sehingga dapat

meningkatkan kandungan polifenol (Pérez-López *et al.*, 2018). Intensitas cahaya yang tinggi hanya memberikan sedikit peningkatan pada kandungan polifenol total dibandingkan dengan intensitas cahaya yang rendah. Sedangkan PAL (Phenylalanine ammonia-lyase) diketahui berperan dalam beberapa biosintesis polifenol (Fan *et al.*, 2018). Meskipun PAL tidak hanya mensintesis fenol dari fenilalanin, peningkatan aktivitas enzimatisnya dapat berkorelasi dengan kandungan fenol yang lebih tinggi, sebagai perlindungan terhadap stress akibat UV (Çalışkan *et al.*, 2020), sehingga tanaman yang tumbuh pada jarak tanam rapat mampu aktif mengikat aktivitas radikal bebas.

Efisiensi penggunaan radiasi bernilai tinggi dapat meningkatkan persentase aktivitas antioksidan yang lebih tinggi pada tanaman. Hal ini dibuktikan dengan besarnya nilai R^2 yakni sebesar 0.925 pada Gambar 2. Hubungan antara efisiensi penggunaan radiasi dengan aktivitas antioksidan pada rimpang secara sistematis adalah $= 50.552 \text{ RUE} + 56.387$ artinya pada saat efisiensi penggunaan radiasi $= 0$, maka aktivitas antioksidan $= 56.387$. Secara sistematis, penjelasan yang dapat diterima seharusnya jika efisiensi penggunaan radiasi tidak menunjukkan adanya nilai yang dapat terukur ($\text{RUE} = 0$), maka demikian juga pada kadar kurkumin $= 0$ dan tingkat aktivitas antioksidan $= 0$ yang terhitung.



Gambar 1. Rimpang segar temulawak umur 24 MST. (A): temulawak di bawah jati umur 17 tahun; (B): temulawak di bawah jati umur 3 tahun, 50 cm x 50 cm (J1), 50 cm x 40 cm (J2), 50 cm x 30 cm (J3), 50 cm x 20 cm (J4)



Gambar 2. Hubungan antara aktivitas antioksidan temulawak dan efisiensi penggunaan radiasi pada umur 24 MST

KESIMPULAN

Hasil panen rimpang temulawak per hektar optimum sebesar 38.13 ton ha⁻¹ didapatkan pada temulawak yang ditanam di bawah tegakan jati umur 3 tahun dengan jarak tanam J1. Kualitas (tingkat aktivitas antioksidan) temulawak yang optimum didapatkan pada temulawak yang ditanam di bawah naungan jati umur 17 tahun dengan jarak tanam J4 dengan tingkat aktivitas antioksidan sebesar 93.54%. Efisiensi penggunaan intensitas cahaya lebih tinggi terdapat pada temulawak yang ditanam pada tegakan jati 17 tahun.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. Ellis Nihayati, M.S. dan Prof. Dr. Ir. Eko Widaryanto, M.S. atas bimbingan dalam penulisan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. Statistik Tanaman Biofarmaka (Obat-obatan) dan Hias. Badan Pusat Statistik. Indonesia.
- Çalışkan, M.E., C. Yavuz, A.K. Yağız, U. Demirel, S. Çalışkan. 2020. Comparison of aeroponics and conventional potato mini tuber production systems at different plant densities. *Potato. Res.* 64(1): 1–13. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09463-z>
- Dąbrowski, P., B. Pawluśkiewicz, H. Kalaji, A. Baczewska, A. 2013. The effect of light availability on leaf area index, biomass production and plant species composition of park grasslands in Warsaw. *Plant Soil Environ.* 59(12): 543–548. Doi: <https://doi.org/10.17221/140/2013-PSE>
- Gomez, A.A., K.A. Gomez. 1983. Multiple Cropping in The Humid Tropics of Asia. International Development Research Centre. Ottawa.
- Fan, Y., J. Chen, Y. Cheng, M.A. Raza, X. Wu, Z. Wang. 2018. Effect of shading and light recovery on the growth leaf structure and photosynthetic performance of soybean in a maize-soybean relay-strip intercropping system. *Plos One.* 13(5): 1-15. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198159>
- Gopichand, R., R. Singh, 2017. Effect of different tree shading on the growth and yield of *Curcuma aromatica* salisb. *J. of Med. Plants.* 5(5): 132–136.
- Kasai, H., Y. Yamane, M. Ikegami-Kawai, H. Sudo. 2019. Analysis of compounds of *Curcuma rhizome* using mass spectrometry and investigation of the antioxidant activity of rhizome extracts. *Med. Aromatic Plants.* (Los Angeles). 8(4): 2167–0412. Doi: <https://doi.org/10.35248/2167-0412.19.8.336>
- Khan, A., U. Najeeb, L. Wang, D.K.Y. Tan, G. Yang, F. Munsif. 2017. Planting plant spacing and sowing date strongly influence growth and lint yield of cotton crops. *Field Crops Res.* 209: 129–135. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.04.019>
- Kiay, N., E. Suryanto, L. Mamahit. 2011. Efek lama perendaman ekstrak kalamasi (*Citrus microcarpa*) terhadap aktivitas antioksidan tepung pisang goroho (*Musa spp.*). *Chemistry Progress.* 4 : 27-33.
- Masa, M., T. Tana, A. Ahmed. 2017. Effect of plant spacing on yield and yield related traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties at Areka, Southern Ethiopia. *J. Plant Biol. Soil Health.* 4(2): 1–13.

- Murdiono, W.E., E. Nihayati, Sitawati, N. Azizah. 2016. Peningkatan produksi Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) pada berbagai macam pola tanam dengan Jagung (*Zea mays*). J. Hort. Indonesia. 7(2): 129-137. Doi : <https://doi.org/10.29244/jhi.7.2.129-137>
- Pérez-López, U., C. Sgherri, J. Miranda-Apodaca, F. Micaelli, M. Lacuesta, A. Mena-Petite. 2018. Concentration of phenolic compounds is increased in lettuce grown under high light intensity and elevated CO₂. Plant Physiol. and Biochem. 123: 233–241. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.12.010>
- [RENSTRA] Rencana Strategis Badan Ketahanan Pangan Tahun Anggaran 2015 hingga 2019. 2015. Kementerian Pertanian. Jakarta. Indonesia.
- Saensouk, S., T. Boonma, P. dan Saensouik. 2021. Six new species and a new record of (*Curcuma* L) (*Zingiberaceae*) from Thailand. Biodiversitas J. Biol. Diversity. 22(4). Doi: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220410>
- Sinha, S.K., R. Vijendra, M. Deepak. 2017. Influence of climate on the total vessel lumen area in annual rings of teak (*Tectona grandis* Lf) from Western Ghats of Central Karnataka, India. Trop. Ecol. 58(1): 167–175.
- Son, C.D., T. Van Do, V.T. Duc, P.D. Dan Think. 2019. Survival and growth of codonopsis javanica (a medicinal plant) in different fertilizations. Plant Cell Biotechnol. and Mol. Biol. 20(23): 1115–1121.
- Srikrishnah, S., S. Sutharsan. 2015. Effect of different shade levels on growth and tuber yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) in the Batticaloa District of Sri Lanka. Am-Euras. J. Agric & Environ. Sci. 15(5): 813-816.
- Swarna, R., R. Leela, G. Sreenivas, R. RAJI, A. Madhavi. 2017. Growth performance and radiation use efficiency of transplanted rice under varied plant densities and nitrogen levels. Intl. J. Current Microbiol. and Appl. Sci. 6(5): 1429–1437.
- Yahya, M.F., N.H. Hassan, N. Abdullah, M.S.A. Wahid. 2020. Direct shoot regeneration of (*Tectona grandis*) teak for production of planting material. Intl. J. Agr. Forestry and Plantation. 10(9): 398–403.