

Keragaman Genetik dan Korelasi Antar Karakter Agronomis Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) di Bawah Naungan Tegakan Karet

*Genetic Diversity and Correlation Among Agronomic Traits of Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) under Rubber Plantation Shade*

Lukita Devy^{1*}, Armelia Tanjung²⁾ dan Siti Chotimah³⁾

¹⁾ Pusat Teknologi Produksi Pertanian, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi LAPTIA B Gedung 612, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, Banten 15314

^{2,3)} Pusat Teknologi Produksi Pertanian, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi LAPTIA B Gedung 612, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, Banten 15314

*Penulis untuk korespondensi: lukita.devy@bppt.go.id

Diterima 15 Juli 2021 / Disetujui 23 Juli 2021

ABSTRACT

Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) is a well-known medicinal plant and widely used as traditional medicine in Indonesia. Development of temulawak cultivation is suggested to be conducted under shading area such as under rubber plantation. Information on genetic variability and relationship among agronomic and metabolite traits under shading area will support the selection process of temulawak breeding by providing heritable traits which correlated to a main trait. This research aimed to provide information of genetic variability and correlation among traits which will be useful for the temulawak breeding program. Temulawak cultivation were conducted under six location of PT Perkebunan Nusantara VIII rubber plantation, West Java which consisted of two altitudes. Those were low altitude (Cikumpay, Cipeo, Pasir Salam) and medium altitude (Gunung Hejo, Gunung Nyungcung, Mengger). Randomized complete block design and 11 temulawak genotypes (A, D, F, T4, T5, T6, T11, T12, T14, T16, T17) was used in each location. Result showed different location affected almost all traits. High heritability and medium coefficient of genetic variation performed by primary rhizome fresh weight ($h^2_{bs}=74,8\%$), total rhizome fresh weight ($h^2_{bs}=66,8\%$), leaves width ($h^2_{bs}=62,2\%$), secondary rhizome fresh weight ($h^2_{bs}=57,9\%$), tiller number ($h^2_{bs}=56,5\%$) and stem girth ($h^2_{bs}=53,5\%$). Path analysis result revealed that plant height ($r=1,877$) and tiller number ($r=0,915$) directly correlated with total rhizome fresh weight. However only tiller number is recommended as selection trait of total rhizome fresh weight because of its high direct effect and high heritability.

Keywords: heritability, metabolite, path analysis, rhizome, selection trait.

ABSTRAK

Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) merupakan tanaman obat yang telah lama dimanfaatkan di Indonesia dan potensial dikembangkan di bawah naungan diantaranya di bawah tegakan karet. Informasi keragaman genetik dan hubungan antar karakter pada budidaya di bawah naungan akan membantu proses seleksi dalam pemuliaan temulawak karena akan memudahkan dalam memilih karakter seleksi yang sifatnya diturunkan pada generasi berikutnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman genetik temulawak serta hubungan antar karakter temulawak sebagai sumber informasi untuk pemuliaan temulawak di masa mendatang. Penelitian dilaksanakan di bawah naungan tegakan karet PT Perkebunan Nusantara VIII Jawa Barat. Lokasi yang digunakan ada enam yaitu 3 dataran rendah (Cikumpay, Cipeo, Pasir Salam) dan 3 dataran menengah (Gunung Hejo, Gunung Nyungcung dan Mengger). Rancangan percobaan yang digunakan di setiap lokasi adalah rancangan kelompok lengkap teracak. Jumlah genotipe yang digunakan terdiri dari 11 taraf (A, D, F, T4, T5, T6, T11, T12, T14, T16 dan T17). Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi mempengaruhi hampir semua karakter vegetatif, generatif dan bahan aktif. Heritabilitas tinggi dan koefisien keragaman genetik sedang ditunjukkan oleh bobot basah rimpang primer ($h^2_{bs}=74,8\%$), bobot basah rimpang total ($h^2_{bs}=66,8\%$), lebar daun ($h^2_{bs}=62,2\%$), bobot basah rimpang sekunder ($h^2_{bs}=57,9\%$), jumlah anakan ($h^2_{bs}=56,5\%$) dan lingkaran batang ($h^2_{bs}=53,5\%$). Hasil sidik lintas menunjukkan karakter yang memiliki pengaruh langsung tinggi terhadap bobot basah rimpang total adalah tinggi tanaman ($r=1,877$) dan jumlah anakan ($r=0,915$). Rekomendasi karakter vegetatif yang dapat digunakan untuk kriteria seleksi bobot basah rimpang total di bawah naungan adalah jumlah anakan karena memiliki pengaruh langsung yang tinggi terhadap bobot basah rimpang total dan heritabilitas tinggi.

Keywords: heritabilitas, karakter seleksi, metabolit, rimpang, sidik lintas.

PENDAHULUAN

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) adalah salah satu tanaman obat yang secara tradisional dimanfaatkan di Indonesia secara turun-temurun. Penyebaran tanaman ini pun cukup luas pada berbagai ketinggian di daerah Jawa. Faktor lingkungan yang mempengaruhi distribusi tanaman pada famili Zingiberaceae adalah ketinggian tempat, kelembaban, suhu udara, pH tanah, dan intensitas cahaya (Sari *et al.*, 2012).

Temulawak dapat digunakan sebagai sebagai bahan baku obat, pangan fungsional maupun kosmetika dengan memanfaatkan bagian rimpang (*rhizome*). Sebagai tanaman obat, temulawak diantaranya berfungsi sebagai anti bakteri *Klebsiella pneumoniae* (Sylvester *et al.*, 2015), antioksidan (Nurcholis *et al.*, 2012) dan anti virus hepatitis (Wahyuni *et al.*, 2018).

Peningkatan produksi temulawak dapat dilakukan melalui dua pendekatan yaitu peningkatan produktivitas dan perluasan areal penanaman. Produksi temulawak pada tahun 2020 adalah 26.742,72 ton (BPS, 2021a). Nilai produksi ini masih dapat ditingkatkan melalui penggunaan varietas unggul temulawak dan teknik budidaya berdasarkan kaidah *Good Agricultural Practices* (GAP).

Luas panen temulawak Indonesia pada tahun 2020 adalah 1.499,55 ha (BPS, 2021a). Pengembangan areal penanaman temulawak dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan-lahan marginal. Lahan tersebut banyak tersedia di Indonesia, diantaranya adalah lahan kering ternaungi. Salah satu lahan ternaungi yang potensial untuk pengembangan temulawak di Indonesia adalah lahan perkebunan sekitar 24.34 juta ha pada tahun 2019 dan 3.68 juta ha diantaranya adalah lahan perkebunan karet (BPS, 2021b). Pemanfaatan lahan-lahan tersebut akan sangat mendukung peningkatan produksi temulawak Indonesia.

Budidaya tanaman obat di bawah naungan tegakan pohon sudah umum dilakukan sebagai bagian dari agroforestri dengan nama Silvofarmaka (Arif *et al.*, 2019). Beberapa penelitian yang telah dilakukan adalah budidaya kunyit, temulawak dan pegagan di bawah naungan mindi (*Melia azedarach*) dan sentang (*Azadirachta excelsa*) (Arif *et al.*, 2019) dan budidaya temulawak di bawah naungan sengon (*Albizia chinensis*) (Purnomo *et al.*, 2018). Selain tanaman obat, terdapat juga budidaya tanaman pangan seperti jagung toleran naungan di bawah tegakan sengon (Syafi'i *et al.*, 2016).

Perakitan varietas unggul temulawak yang toleran terhadap lahan kering ternaungi menjadi hal yang penting dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan produksi temulawak Indonesia. Perakitan varietas unggul ini dilakukan melalui program pemuliaan tanaman. Kegiatan pemuliaan dapat terlaksana jika tersedia keragaman genetik dalam suatu populasi yang akan dimuliakan. Ketersediaan materi genetik yang beragam dan kemampuan mengidentifikasi-nya merupakan kunci keberhasilan dalam

pemuliaan tanaman (Acquaah, 2015).

Selain ketersediaan materi genetik yang beragam, tahapan selanjutnya yang cukup penting dalam pemuliaan tanaman adalah proses seleksi. Seleksi merupakan suatu proses individu atau kelompok tanaman dipisahkan dari populasi campuran (Syukur *et al.*, 2012). Dalam proses seleksi perlu dipilih kriteria seleksi yang stabil antar generasi sehingga pengamatan pada karakter tersebut bersifat valid.

Evaluasi untuk melihat keragaman tanaman terseleksi dapat dilakukan melalui uji adaptabilitas pada percobaan multilokasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah suatu tanaman adaptif pada berbagai agroekologi atau spesifik pada agroekologi tertentu. Pengujian multilokasi juga dapat digunakan sebagai dasar untuk mengetahui parameter genetik dari kriteria seleksi yang diuji (Acquaah, 2015). Ayer *et al.* (2017) menyatakan bahwa pemuliaan untuk perbaikan kualitas kunyit, tanaman yang berada dalam satu genus dengan temulawak, perlu melalui pengujian multilokasi yang spesifik karena karakter kualitas dipengaruhi oleh lingkungan.

Selain parameter genetik, hal lain yang mendukung program pemuliaan adalah dengan pengujian korelasi antar perubah dan sidik lintas dengan peubah target misalkan hasil panen. Korelasi antar karakter dapat digunakan untuk menentukan kriteria seleksi terhadap karakter utama sehingga proses seleksi akan berjalan lebih efisien. Korelasi sederhana tidak dapat menggambarkan hubungan antara karakter seleksi dengan karakter utama secara jelas sehingga perlu dilakukan sidik lintas yang dapat mengurai korelasi menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung (Singh dan Chaudhary, 1977).

Pendugaan keragaman, stabilitas genetik dan sidik lintas temulawak pada lahan ternaungi di berbagai ketinggian tempat (altitude) belum banyak dilaporkan hingga saat ini. Hal ini menyebabkan perlunya dilakukan studi terhadap ketiga komponen tersebut sebagai dasar dari perakitan varietas unggul temulawak toleran naungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman genetik temulawak serta hubungan antar karakter temulawak pada budidaya di bawah naungan dataran rendah (<400 m di atas permukaan laut) dan dataran menengah (400-700 m dpl). Hasil penelitian ini akan berguna sebagai sumber informasi untuk pemuliaan temulawak toleran naungan di masa mendatang.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di enam lokasi perkebunan karet PT Perkebunan Nusantara VIII (PTPN VIII) Jawa Barat. Lokasi yang digunakan adalah tiga lokasi di Jawa Barat Utara yaitu Kebun Cikumpay dan Gunung Hejo di Purwakarta serta Cipeo di Subang serta tiga lokasi lagi di Jawa Barat Selatan yaitu di Gunung Nyungcung, Mengger dan Pasir Salam

di Garut. Lokasi Cikumpay, Cipeo dan Pasir Salam merupakan dataran rendah (< 400 m dpl) sedangkan lokasi Gunung Hejo, Gunung Nyungung dan Mengger merupakan dataran menengah (400-700 m dpl). Tingkat naungan yang digunakan sekitar 40%.

Materi genetik yang digunakan adalah 11 genotipe temulawak yaitu A, D, F, T4, T5, T6, T11, T12, T14, T16 dan T17. Percobaan di masing-masing lokasi dirancang menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak (*randomized complete block design*) 1 faktor yaitu genotipe temulawak dengan 3 ulangan yang tersarang dalam lokasi sehingga terdapat 33 satuan percobaan per lokasi. Setiap 1 satuan percobaan terdiri dari 1 petak temulawak dengan jumlah tanaman 30/petak. Setiap 1 satuan percobaan diambil 15 tanaman sehingga total pada keseluruhan lokasi pengujian terdapat 2.970 tanaman sample.

Pelaksanaan percobaan dilakukan menggunakan rimpang yang telah bertunas, ditanam dengan jarak 70 cm x 60 cm. Penelitian diawali dengan pembibitan temulawak kemudian penanaman di lapangan. Pemberian pupuk kandang sebanyak 1 kg/lubang tanam dilakukan satu pekan sebelum penanaman. Pada saat tanam, diberikan 5 g SP-36/lubang tanam. Selanjutnya pada 1 Bulan Setelah Tanam (BST) diberikan 5 g Urea + 4 g KCl/lubang tanam. Kegiatan pemeliharaan meliputi penyiangan dan pembumunan. Panen dilaksanakan pada 9 bulan setelah tanam (BST). Kegiatan dalam teknik budidaya temulawak ini mengacu pada Standard Operation Procedures (SOP) menurut Rahardjo dan Rostiana (2005) dengan modifikasi. Peralatan yang digunakan adalah peralatan budidaya standar.

Pengamatan dilakukan terhadap:

1. Karakter vegetatif yaitu jumlah anakan, jumlah daun, tinggi tanaman (cm), panjang daun (cm), lebar daun (cm), panjang tangkai daun (cm) dan lingkaran batang (cm).
2. Karakter generatif yaitu bobot basah rimpang primer (g), bobot basah rimpang sekunder (g), bobot basah rimpang total (g), bobot kering rimpang primer (g), bobot kering rimpang sekunder (g) dan bobot kering rimpang total (g). Bobot total

merupakan gabungan bobot rimpang primer dan sekunder.

3. Karakter bahan aktif yaitu kadar minyak atsiri (%), kadar kurkumin (%), kadar xanthorrhizol (%), produksi minyak atsiri (g), produksi kurkumin (g) dan produksi xanthorrhizol (g). Produksi bahan aktif merupakan perkalian antara kadar bahan aktif dengan bobot kering rimpang total. Analisis kadar minyak atsiri dilakukan dengan destilasi, kadar kurkumin dengan menggunakan spektrofotometer dan kadar xanthorrhizol dengan menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) di Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor.

Analisis data dilakukan menggunakan analisis ragam gabungan untuk enam lokasi (Tabel 1) (Syukur *et al.*, 2012). Pendugaan keragaman genetik dilakukan terhadap heritabilitas yang diturunkan dari sidik ragam, koefisien keragaman genetik, koefisien keragaman fenotipe (Syukur *et al.*, 2012).

Pendugaan σ_g^2 , σ_p^2 dan h_{bs}^2 dilakukan berdasarkan partisi dari analisis ragam untuk percobaan beberapa musim pada satu lokasi (Syukur *et al.* 2012) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_g^2 &= [(M_3) - (M_2)]/rl \\ \sigma_p^2 &= \sigma_g^2 + (\sigma_g^2/l) + (\sigma_e^2/rl), \\ \text{dimana } \sigma_{gt}^2 &= [(M_2) - (M_1)]/r \\ h_{bs}^2 &= (\sigma_g^2/\sigma_p^2) \times 100\% \end{aligned}$$

Keterangan:

h_{bs}^2 =heritabilitas arti luas; σ_g^2 =ragam genotipe; σ_p^2 =ragam fenotipe; M_1 =kuadrat tengah galat (ragam lingkungan); M_3 =kuadrat tengah genotipe; M_2 =kuadrat tengah genotipe x lokasi; r =jumlah ulangan; l =jumlah lokasi.

Pendugaan KKG dan KKP dilakukan sebagai berikut:

$$KKG = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} \times 100 \quad KKP = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\bar{x}} \times 100$$

Keterangan:

\bar{x} =rata-rata, σ_g^2 =ragam genotipe; σ_p^2 =ragam fenotipe.

Tabel 1. Analisis ragam gabungan pengujian genotipe temulawak pada beberapa lokasi

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai harapan	F uji
Lokasi (L)	(l-1)	M5	-	M5/M4
Ulangan/Lokasi	l(r-1)	M4	-	-
Genotipe (G)	(g-1)	M3	$\sigma_e^2+r(\sigma_g^2+\sigma_{gl}^2)+rl(\sigma_g^2+\sigma_{gl}^2)$	M3/M2
GxL	(g-1)(l-1)	M2	$\sigma_e^2+r(\sigma_g^2+\sigma_{gl}^2)$	M2/M1
Galat	l(g-1)(r-1)	M1	σ_e^2	-

Keterangan : l = lingkungan, r = ulangan, g = genotipe

Pendugaan simpangan dari ragam genetik dilakukan dengan metode Anderson dan Bancroft (1952) sebagai berikut:

$$\sigma_{\sigma^2g} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left\{ \frac{M_G^2}{(db_G+2)} + \frac{M_E^2}{(db_E+2)} \right\}}$$

Keterangan:

σ_{σ^2g} = deviasi dari ragam genetik; M_G = Kuadrat tengah

genotipe, M_E = ragam lingkungan; r = jumlah ulangan; db_G = derajat bebas genotipe, db_E = derajat bebas ragam lingkungan.

Pada pengujian ini dilakukan juga analisis korelasi dan sidik lintas (Singh dan Chaudhary, 1977) untuk mengetahui hubungan antar karakter serta pengaruh langsung dan tidak langsung dari suatu karakter terhadap karakter target. Persamaan sidik

lintas yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{matrix}
 \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & r_{pp} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ \dots \\ C_p \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ \dots \\ \dots \\ r_{py} \end{bmatrix} \\
 R_x & \underline{C} & & R_y \\
 \text{dengan } \underline{C} = R_x^{-1}R_y
 \end{matrix}$$

Keterangan:

R_x =matriks korelasi antar peubah bebas; R_x^{-1} = invers matriks R_x ; \underline{C} =vektor koefisien lintasan yang menunjukkan pengaruh langsung setiap peubah bebas terhadap peubah tak bebas; R_y =vektor koefisien korelasi antara peubah bebas X_i ($i = 1, 2, \dots, p$) dengan peubah tak bebas Y . Seluruh analisis data dilakukan dengan software SAS ver 9.4, R Studio ver 1.4.1106 dan Microsoft Excel 2016.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian budidaya temulawak di bawah naungan tegakan karet, faktor cahaya perlu diperhatikan agar tanaman dapat memperoleh kebutuhan cahaya yang tepat. Cahaya memiliki pengaruh penting untuk pertumbuhan tanaman, karena berperan dalam proses fotosintesis, membuka dan menutupnya stomata, dan sintesis klorofil. Kebutuhan cahaya tanaman berbeda-beda tergantung spesies, varietas, dan tipe fotosintesis. Pada pengujian ini digunakan naungan sekitar 40% dari tanaman karet berumur 2-3 tahun setelah tanam.

Tingkat naungan ini telah disesuaikan dengan penelitian pendahuluan menggunakan naungan paranet di Serpong, Tangerang Selatan. Hal ini kurang lebih sejalan dengan hasil penelitian (Srikrishnah dan Sutharsan, 2015) yang menyatakan bahwa taraf naungan hingga 50% masih sesuai untuk budidaya kunyit. Tingkat radiasi matahari yang terlalu tinggi dapat merusak pigmen fotosintesis sehingga menghambat pertumbuhan sedangkan radiasi matahari yang terlalu rendah tidak mendukung proses fotosintesis yang optimum.

Keragaman Genotipe dan Lokasi

Hasil analisis ragam gabungan dari enam lokasi menunjukkan bahwa hanya lebar daun yang

Tabel 2. Rekapitulasi sidik ragam 11 genotipe temulawak pada 6 lokasi penanaman

No.	Peubah	Kuadrat Tengah		
		Genotipe (G)	Lokasi (E)	G x E
1	Jumlah anakan	0,62 *	0,67 *	0,27 tn
2	Jumlah daun	0,85 tn	0,85 tn	0,55 tn
3	Tinggi tanaman	434,71 tn	15034,90 **	309,51 tn
4	Panjang daun	89,87 tn	1774,14 **	47,60 tn
5	Lebar daun	10,11 *	59,88 **	3,82 *

menunjukkan interaksi antara genotipe dan lokasi (Tabel 2). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Syahid *et al.* (2012) pada uji adaptasi kunyit toleran naungan yang menyatakan bahwa hasil analisis ragam gabungan menunjukkan tidak ada interaksi antara genotipe yang diuji dengan lingkungan tumbuh terhadap produksi rimpang dan kandungan kurkumin.

Perbedaan lokasi budidaya temulawak terlihat berpengaruh terhadap hampir semua karakter yang diamati kecuali terhadap jumlah daun, bobot kering rimpang sekunder dan kadar minyak atsiri (Tabel 2). Sandeep *et al.* (2016) menyatakan bahwa pada kunyit, kadar kurkumin dipengaruhi oleh perbedaan ketinggian tempat, pH tanah, kadar nitrogen dan kalium tanah sedangkan kadar minyak atsiri dipengaruhi oleh kadar nitrogen, fosfor dan kalium tanah.

Perbedaan genotipe hanya menunjukkan pengaruh terhadap jumlah anakan, lebar daun, lingkaran batang, bobot basah rimpang primer, bobot basah rimpang sekunder dan bobot basah rimpang total. Hasil analisis ragam ini menunjukkan bahwa pada sebagian besar karakter, lingkungan cenderung mempengaruhi perbedaan karakter yang diamati daripada genotipe.

Pengukuran yang dilakukan pada percobaan ini tidak hanya terhadap karakter vegetatif dan daya hasil namun juga terhadap kadar bahan aktif yaitu kadar dan produksi minyak atsiri, kurkumin dan xanthorrhizol. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa genotipe tidak mempengaruhi perbedaan respon bahan aktif temulawak sedangkan lingkungan mempengaruhi hampir semua bahan aktif kecuali kadar minyak atsiri (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa bahan aktif diduga tidak diturunkan secara genetik namun lebih dipengaruhi oleh perbedaan lingkungan budidaya. Menurut Ayer *et al.* (2017) kadar kurkumin temulawak banyak dipengaruhi oleh faktor perbedaan kondisi tanah dan iklim pada zona agroklimat yang berbeda sehingga pemuliaan untuk perbaikan kualitas kunyit perlu dilakukan berdasarkan agroklimat target dan keragaman genetik yang luas. Hal ini sejalan dengan penelitian Sandeep *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa mekanisme jalur biosintesis metabolit sekunder di kunyit cukup kompleks dan dipengaruhi oleh tanah, lingkungan dan ketinggian tempat sehingga perlu budidaya spesifik lokasi. Kandungan kurkumin menurun signifikan dari dataran rendah ke tinggi jadi produksi kurkumin kemungkinan secara positif dipengaruhi oleh altitude rendah (Akbar *et al.* 2016).

6	Panjang tangkai daun	14,20	tn	917,40	**	9,36	tn
7	Lingkar batang	7,79	*	148,69	**	3,62	tn
8	Bobot basah rimpang primer	6628,95	**	20466,39	*	1668,03	tn
9	Bobot basah rimpang sekunder	25418,96	*	135941,73	*	10694,21	tn
10	Bobot basah rimpang total	43424,17	**	225834,69	*	14422,74	tn
11	Bobot kering rimpang primer	219,47	tn	2803,53	*	210,15	tn
12	Bobot kering rimpang sekunder	2568,86	tn	7743,23	tn	3569,85	tn
13	Bobot kering rimpang total	3174,17	tn	16805,42	*	3678,42	tn
14	Kadar minyak atsiri	1,37	tn	0,52	tn	0,76	tn
15	Kadar kurkumin	0,03	tn	1,11	*	0,02	tn
16	Kadar xanthorrhizol	0,14	tn	1,48	**	0,12	tn
17	Produksi minyak atsiri	27479,60	tn	323,56	*	36235,67	tn
18	Produksi kurkumin	3007,72	tn	520,24	**	5450,36	tn
19	Produksi xanthorrhizol	79528,66	tn	135,82	*	92000,64	tn

Keterangan: tn=tidak berbeda nyata, *=berbeda nyata pada α 5%, **=berbeda nyata pada α 1%

Parameter Genetik

Analisis ragam menjadi dasar untuk pendugaan parameter genetik (Syukur *et al.*, 2012). Parameter yang dihitung adalah heritabilitas, koefisien keragaman genetik, koefisien keragaman fenotipe, simpangan dari ragam genetik. Perhitungan heritabilitas dilakukan untuk mengetahui suatu karakter lebih banyak dipengaruhi oleh faktor genetik atau lingkungan. Heritabilitas tinggi menunjukkan pengaruh faktor genetik lebih tinggi daripada faktor lingkungan terhadap tampilan fenotipe (Syukur dan Rosyidah 2014). Menurut Stansfield (1991), nilai heritabilitas dikategorikan sebagai rendah (<20%), sedang (20-50%) dan tinggi (>50%). Pada penelitian ini heritabilitas tinggi ditunjukkan oleh bobot basah rimpang primer ($h^2_{bs}=74,8\%$), bobot basah rimpang total ($h^2_{bs}=66,8\%$), lebar daun ($h^2_{bs}=62,2\%$), bobot basah rimpang sekunder ($h^2_{bs}=57,9\%$), jumlah anakan ($h^2_{bs}=56,5\%$) dan lingkar batang ($h^2_{bs}=53,5\%$) (Tabel 3). Heritabilitas tinggi untuk bobot basah dan bobot kering rimpang kunyit juga dilaporkan oleh Gupta *et al.* (2016). Sementara itu Athira *et al.*, 2018 melaporkan bahwa kisaran heritabilitas temulawak pada pengujian di India berkisar antara 13.99 % sampai 53.87 % dimana heritabilitas tinggi ditunjukkan oleh bobot rimpang (53,87%), tinggi tanaman (53,09%) dan jumlah rimpang sekunder (51,78%).

Selain heritabilitas, parameter genetik lain yang cukup penting adalah koefisien keragaman genetik (KKG), koefisien keragaman fenotipe (KKP) dan simpangan dari ragam genetik. Menurut Deshmukh *et al.* (1986), nilai KKG dan KKP terbagi menjadi tinggi (>20%), sedang (10%-20%) dan rendah (10%). Pada percobaan ini, nilai KKG berkisar antara sedang dan rendah sedangkan nilai KKP rendah sampai tinggi. Nilai KKG sedang ditunjukkan oleh jumlah anakan, bobot basah rimpang primer, bobot basah rimpang sekunder dan bobot basah rimpang total sedangkan nilai KKP tinggi oleh bobot kering rimpang sekunder dan produksi kurkumin (Tabel 3). Nilai KKG dan kemajuan genetik yang tinggi ditunjukkan juga oleh bobot basah dan bobot kering rimpang kunyit sehingga

terindikasi bahwa seleksi yang dilakukan pada peubah tersebut akan menghasilkan kemajuan yang cukup baik karena dikendalikan oleh gen aditif (Gupta *et al.*, 2016). Pada penelitian ini nilai KKP relatif lebih tinggi daripada nilai KKG (Tabel 3). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yadav *et al.* (2019) pada kunyit sehingga disimpulkan bahwa terdapat pengaruh lingkungan yang besar daripada pengaruh genotipe pada karakter-karakter tersebut.

Anderson dan Bancroft (1952) menyatakan bahwa keragaman genetik dikategorikan luas apabila ragam genetik lebih besar daripada dua kali simpangan ragam genetik ($\sigma^2_g > 2\sigma^2_g$). Hasil analisis menunjukkan keragaman genetik yang luas ditunjukkan oleh tinggi tanaman, lebar daun, lingkar batang, bobot basah rimpang primer, bobot basah rimpang sekunder dan bobot basah rimpang total (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa seleksi pada karakter tersebut masih memungkinkan untuk dilakukan karena dalam pemuliaan diperlukan keragaman antar genotipe yang akan diseleksi sebagai sumber materi genetik (Acquaah, 2015).

Tabel 3. Parameter keragaman genetik karakter vegetatif, generatif dan bahan aktif 11 aksesori temulawak pada 6 lokasi

Peubah	Rataan	Ragam genotipe	Ragam fenotipe	Heritabilitas arti luas (h_{bs}^2 , %)		Dua kali simpangan ragam genetik ($2\sigma_g^2$)		Koefisien keragaman genetik (%)		Koefisien keragaman fenotipe (%)	
		(σ_g^2)	(σ_p^2)	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria
JANA	1,43	0,03	0,05	56,5	Tinggi	0,35	Sempit	11,94	Sedang	15,90	Sedang
JDAU	8,94	0,03	0,07	35,3	Sedang	0,42	Sempit	1,77	Rendah	2,98	Rendah
TING	152,29	10,43	36,23	28,8	Sedang	9,61	Luas	2,12	Rendah	3,95	Rendah
PDAU	71,27	3,52	7,49	47,0	Sedang	4,25	Sempit	2,63	Rendah	3,84	Rendah
LDAU	16,33	0,52	0,84	62,2	Tinggi	1,39	Sempit	4,43	Rendah	5,62	Rendah
PTDA	24,70	0,40	1,18	34,1	Sedang	1,72	Sempit	2,57	Rendah	4,40	Rendah
LBAT	11,31	0,35	0,65	53,5	Tinggi	1,24	Sempit	5,21	Rendah	7,12	Rendah
BBRP	162,09	413,41	552,41	74,8	Tinggi	34,82	Luas	12,54	Sedang	14,50	Sedang
BBRS	247,26	1227,06	2118,25	57,9	Tinggi	70,19	Luas	14,17	Sedang	18,61	Sedang
BBRT	409,35	2416,79	3618,68	66,8	Tinggi	90,38	Luas	12,01	Sedang	14,70	Sedang
BKRP	53,92	0,78	18,29	4,2	Rendah	7,08	Sempit	1,63	Rendah	7,93	Rendah
BKRS	49,85	-83,42	214,07	0,0	Rendah	25,66	Sempit	0,00	Rendah	29,35	Tinggi
BKRT	103,76	-42,02	264,51	0,0	Rendah	27,68	Sempit	0,00	Rendah	15,67	Sedang
KATS	5,02	0,05	0,11	44,7	Sedang	0,53	Sempit	4,49	Rendah	6,72	Rendah
KKUR	1,29	0,00	0,00	21,4	Sedang	0,08	Sempit	1,73	Rendah	3,74	Rendah
KXAN	3,10	0,00	0,01	14,3	Rendah	0,18	Sempit	1,32	Rendah	3,48	Rendah
PATS	520,24	-203,55	250,64	0,0	Rendah	29,20	Sempit	0,00	Rendah	3,04	Rendah
PKUR	135,82	-1039,33	6627,39	0,0	Rendah	138,53	Sempit	0,00	Rendah	59,94	Tinggi
PXAN	323,56	-729,67	2289,97	0,0	Rendah	83,17	Sempit	0,00	Rendah	14,79	Sedang

Keterangan: JANA=Jumlah anakan, JDAU=Jumlah daun, TING=Tinggi tanaman, PDAU=Panjang daun, LDAU=Lebar daun, PTDA=Panjang tangkai daun, LBAT=Lingkar batang, BBRP=Bobot basah rimpang primer, BBRS=Bobot basah rimpang sekunder, BBRT=Bobot basah rimpang total, BKRP=Bobot kering rimpang primer, BKRS=Bobot kering rimpang sekunder, BKRT=Bobot kering rimpang total, KATS=Kadar minyak atsiri, KKUR=Kadar kurkumin, KXAN=Kadar xanthorrhizol, PATS=Produksi minyak atsiri, PKUR=Produksi kurkumin, PXAN=Produksi xanthorrhizol

Tabel 4. Korelasi antara karakter vegetatif, generatif dan bahan aktif temulawak

	JANA	JDAU	TING	PDAU	LDAU	PTDA	LBAT	BBRP	BBRS	BBRT	BKRP	BKRS	BKRT	KATS	KKUR	KXAN	PATS	PKUR	
JDAU	-0,09																		
TING	0,74*	0,24																	
PDAU	0,75*	0,18	0,99**																
LDAU	0,71*	-0,55	0,47	0,49															
PTDA	0,28	0,34	0,82**	0,78**	0,16														
LBAT	0,88**	0,08	0,73*	0,69*	0,72*	0,40													
BBRP	0,77*	0,02	0,45	0,41	0,58	0,09	0,73*												
BBRS	0,43	-0,77*	0,15	0,15	0,57	0,02	0,24	0,41											
BBRT	0,63*	-0,59	0,29	0,28	0,67*	0,05	0,47	0,70*	0,94**										
BKRP	0,35	-0,10	-0,02	-0,04	0,31	-0,19	0,24	0,73*	0,35	0,56									
BKRS	0,21	-0,17	0,09	0,14	0,11	0,10	0,04	-0,07	0,19	0,13	0,26								
BKRT	0,29	-0,18	0,08	0,11	0,18	0,04	0,10	0,14	0,27	0,27	0,50	0,96**							
KATS	-0,24	-0,22	0,16	0,23	0,12	0,37	-0,15	-0,65*	-0,14	-0,36	-0,71*	0,15	-0,06						
KKUR	0,05	0,41	0,38	0,37	-0,11	0,30	0,03	0,17	-0,28	-0,16	-0,06	-0,65*	-0,59	-0,11					
KXAN	0,40	-0,05	0,08	0,02	0,29	-0,07	0,52	0,55	0,37	0,50	0,19	-0,07	-0,01	-0,38	-0,41				
PATS	0,17	-0,26	0,14	0,19	0,22	0,18	0,04	-0,14	0,18	0,09	0,18	0,97**	0,91	0,36	-0,60	-0,19			
PKUR	0,35	-0,11	0,20	0,23	0,19	0,13	0,13	0,22	0,26	0,29	0,58	0,91**	0,97	-0,11	-0,40	-0,12	0,87**		
PXAN	0,38	-0,20	0,10	0,12	0,25	0,02	0,22	0,27	0,36	0,39	0,55	0,92**	0,97	-0,15	-0,66*	0,21	0,84**	0,93**	

Keterangan: *=berbeda nyata pada α 5%, **=berbeda nyata pada α 1%, JANA=Jumlah anakan, JDAU=Jumlah daun, TING=Tinggi tanaman, PDAU=Panjang daun, LDAU=Lebar daun, PTDA=Panjang tangkai daun, LBAT=Lingkar batang, BBRP=Bobot basah rimpang primer, BBRS=Bobot basah rimpang sekunder, BBRT=Bobot basah rimpang total, BKRP=Bobot kering rimpang primer, BKRS=Bobot kering rimpang sekunder, BKRT=Bobot kering rimpang total, KATS=Kadar minyak atsiri, KKUR=Kadar kurkumin, KXAN=Kadar xanthorrhizol, PATS=Produksi minyak atsiri, PKUR=Produksi kurkumin, PXAN=Produksi xanthorrhizol

Korelasi dan Sidik Lintas

Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui hubungan antar karakter. Nilai korelasi ini belum dapat menggambarkan hubungan sesungguhnya antar karakter. Oleh karena itu partisi menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung melalui sidik lintas akan mengungkapkan korelasi sesungguhnya (Singh dan Chaudhary, 1977).

Bobot rimpang total merupakan karakter utama dalam budidaya temulawak karena karakter ini yang memiliki nilai ekonomis sebagai simplisia tanaman obat. Sebagai karakter kuantitatif, bobot rimpang dipengaruhi oleh banyak gen atau poligenik. Analisis korelasi antar karakter dengan karakter utama ini akan membantu mengetahui hubungan antar karakter dan dengan karakter utama. Berdasarkan parameter genetik, bobot basah rimpang total memiliki nilai heritabilitas tinggi dan keragaman genetik yang luas (Tabel 2) sehingga valid untuk dijadikan sebagai karakter utama. Hal ini sejalan dengan penelitian lain pada tanaman kunyit (Gupta *et al.*, 2016; Athira *et al.*, 2018; Yadav *et al.*, 2019; Rajyalakshmi *et al.*, 2013; Jagadeeshkanth *et al.*, 2017).

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa karakter yang berkorelasi nyata dengan bobot basah rimpang total adalah jumlah anakan per rumpun ($r=0,63$), lebar daun ($r=0,67$), bobot basah rimpang primer ($r=0,70$) dan bobot basah rimpang sekunder ($r=0,94$) (Tabel 4). Rajyalakshmi *et al.*, 2013 melaporkan bahwa bobot rimpang kunyit berkorelasi positif dengan tinggi tanaman, jumlah anakan dan jumlah daun. Jagadeeshkanth *et al.* (2017) melaporkan bahwa bobot rimpang berkorelasi positif nyata dengan bobot rimpang sekunder, jumlah rimpang sekunder, bobot rimpang primer, panjang rimpang primer, jumlah

anakan, panjang rimpang, bobot rimpang primer dan luas area daun. Berdasarkan nilai korelasi dapat disimpulkan bahwa jumlah anakan per rumpun, lebar daun, bobot basah rimpang primer dan bobot basah rimpang sekunder berbanding lurus dengan bobot basah rimpang total sehingga seleksi dapat dilakukan melalui karakter-karakter tersebut.

Nilai korelasi belum dapat menggambarkan hubungan sesungguhnya antar karakter. Oleh karena itu partisi menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung melalui sidik lintas akan mengungkapkan korelasi sesungguhnya (Singh dan Chaudhary, 1977). Hasil sidik lintas menunjukkan bahwa jumlah anakan per rumpun ($r=0,915$) dan tinggi tanaman ($r=1,877$) memiliki pengaruh positif yang tinggi terhadap bobot basah rimpang primer (Tabel 5). Pengaruh langsung yang tinggi dari tinggi tanaman terhadap bobot rimpang juga ditemui pada tanaman kunyit (Yadav *et al.*, 2019).

Nilai sisaan pada analisis ini adalah 0,014 atau 1,4% sehingga nilai koefisien determinasi (R^2) atau kesesuaian modelnya adalah 98,6%. Nilai koefisien determinasi yang tinggi menunjukkan bahwa hubungan antar karakter pada sidik lintas tersebut akan efektif dalam menjelaskan hubungan sebab akibat antar karakter (Cheng dan Garg, 2014). Oleh karena itu hasil sidik lintas yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dipergunakan sebagai dasar untuk pemilihan karakter seleksi terhadap bobot basah rimpang primer.

Berdasarkan hasil analisis ragam (Tabel 2), pendugaan parameter genetik (Tabel 3), analisis korelasi (Tabel 4) dan sidik lintas (Tabel 5) maka karakter jumlah anakan per rumpun dapat digunakan sebagai karakter seleksi untuk menduga bobot basah rimpang total temulawak yang terdiri dari gabungan rimpang primer dan sekunder pada lahan ternaungi.

Tabel 5. Pengaruh langsung dan tidak langsung karakter vegetatif dan generatif terhadap bobot basah rimpang total temulawak

	JANA	JDAU	TING	PDAU	LDAU	PTDA	LBAT	BBRP	BBRS	rXY
JANA	0,915	0,029	1,389	-1,681	0,087	0,092	-0,598	0,271	0,125	0,63*
JDAU	-0,082	-0,327	0,450	-0,403	-0,068	0,112	-0,054	0,007	-0,224	-0,59
TING	0,677	-0,079	1,877	-2,219	0,058	0,270	-0,496	0,159	0,044	0,29
PDAU	0,686	-0,059	1,858	-2,242	0,060	0,257	-0,469	0,144	0,044	0,28
LDAU	0,650	0,180	0,882	-1,098	0,123	0,053	-0,489	0,204	0,166	0,67*
PTDA	0,256	-0,111	1,539	-1,748	0,020	0,329	-0,272	0,032	0,006	0,05
LBAT	0,805	-0,026	1,370	-1,547	0,088	0,132	-0,680	0,257	0,070	0,47
BBRP	0,705	-0,007	0,845	-0,919	0,071	0,030	-0,496	0,352	0,119	0,70**
BBRS	0,394	0,252	0,282	-0,336	0,070	0,007	-0,163	0,144	0,291	0,94**

Sisaan (Cs) = 0,014, $R^2=0,986$

Keterangan: JANA=Jumlah anakan, JDAU=Jumlah daun, TING=Tinggi tanaman, PDAU=Panjang daun, LDAU=Lebar daun, PTDA=Panjang tangkai daun, LBAT=Lingkar batang, BBRP=Bobot basah rimpang primer, BBRS=Bobot basah rimpang sekunder, rXY=nilai korelasi antara karakter vegetatif dengan bobot basah rimpang total; angka yang dicetak tebal dan bergaris bawah pada diagonal menunjukkan pengaruh langsung terhadap bobot basah rimpang total.

Hal ini ditemukan juga pada pendugaan parameter genetik kunyit dimana terdapat heritabilitas tinggi untuk jumlah anakan, korelasi tinggi antara bobot rimpang dengan jumlah anakan serta pengaruh langsung yang tinggi dari jumlah anakan terhadap bobot rimpang (Rajyalakshmi *et al.*, 2013). Jumlah anakan berhubungan dengan pertumbuhan tunas. Diasumsikan bahwa semakin banyak anakan akan semakin banyak rimpang yang dihasilkan. Anakan yang terbentuk pada tanaman temu-temuan dapat mempengaruhi pembentukan rimpang dan jumlah daun. Oleh karena itu banyak sedikitnya jumlah anakan yang dihasilkan akan mempengaruhi banyak rimpang dan jumlah daun yang dihasilkan (Buntoro *et al.*, 2014).

KESIMPULAN

Karakter yang memiliki nilai heritabilitas tinggi dan koefisien keragaman genetik sedang adalah bobot basah rimpang primer, bobot basah rimpang total, lebar daun, bobot basah rimpang sekunder, jumlah anakan dan lingkaran batang. Karakter dengan keragaman genetik luas adalah tinggi tanaman, bobot basah rimpang primer, bobot basah rimpang sekunder dan bobot basah rimpang total. Jumlah anakan direkomendasikan sebagai karakter seleksi untuk pendugaan bobot basah rimpang total pada lahan ternaungi karena memiliki heritabilitas tinggi dan hubungan langsung yang tinggi dan konsisten dengan bobot basah rimpang total.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT Perkebunan Nusantara VIII, Jawa Barat atas lokasi pengujian yang telah disediakan serta Kementerian Riset dan Teknologi atas pendanaan penelitian melalui Insentif Riset Nasional (Insinas).

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. 2015. Conventional Plant Breeding Principles and Techniques. In J. Al Khayri, S. Jain and D. Johnson (*Eds.*). Advances in plant Breeding Strategies: Breeding, Biotechnology and Molecular Tools. Springer. Cham
- Akbar, A., A. Kuanar, R.K. Joshi, I.S. Sandeep, S. Mohanty, P.K. Naik, A. Mishra and S. Nayak. 2016. Development of prediction model and experimental validation in predicting the curcumin content of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Frontiers in Plant Science* 7:1507.
- Anderson, R.L., and T.A. Bancroft. 1952. *Statistical Theory in Research*. McGraw-Hill. New York.
- Arif, M.A., A.P.P. Hartoyo, N. Wijayanto and H. Naufal. 2019. The potential of *Curcuma longa*, *Curcuma xanthorrhiza* and *Centella asiatica* in Silvofarmaka System Based on *Melia azedarach* and *Azadirachta excelsa*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 394(1):012027. IOP Publishing.
- Athira, K.A., V.V. Radhakrishnan and K.V. Mohanan. 2018. A study on the genetic variability of false turmeric (*Curcuma zanthorrhiza* Roxb.) in Central Kerala of India. *International Journal of Research and Analytical Reviews* 5(3):482-488.
- Ayer, D.K., 2017. Breeding for quality improvement in turmeric (*Curcuma longa* L.): a review. *Advance Plants Agricultural Research* 6(6):1-4.
- Badan Pusat Statistik. 2021a. *Statistik Hortikultura*. Katalog 5204003. BPS. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2021b. *Luas tanaman Perkebunan Menurut Provinsi*. <https://www.bps.go.id/indicator/54/131/1/luas-tanaman-perkebunan-menurut-provinsi.html>. [12 Juli 2021]
- Buntoro, B.H., R. Rogomulyo dan S. Trisnowati. 2014. Pengaruh Takaran Pupuk Kandang dan Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Temu Putih (*Curcuma zedoaria* L.). *Vegetalika* 3(4):29-39.
- Cheng, C.L., and G. Garg. 2014. Coefficient of determination for multiple measurement error models. *Journal of Multivariate Analysis* 126:137-152.
- Deshmukh, S.N., M.S. Basu, and P.S. Reddy. 1986. Genetic variability, character association and path coefficient analysis of quantitative traits in Virginia bunch varieties of groundnut. *Indian Journal of Agricultural Science* 56: 816-821.
- Gupta, A.K., R. Mishra dan R.K. Lal. 2016. Genetic variability and character interrelationship among indigenous germplasm of turmeric (*Curcuma longa*). *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 22(2):190-201.
- Jagadeeshkanth, R.P., P. Paramaguru and D. Rameshkumar. 2017. Character association and path coefficient analysis in turmeric (*Curcuma longa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6(6):979-983.
- Mohanty. 2016. Agroclimatic zone based metabolic profiling of turmeric (*Curcuma longa* L.) for phytochemical yield optimization. *Industrial Crops and Products* 85:229-240.
- Nurcholis, W., B.P. Priosoeryanto, E.D. Purwakusumah, T. Katayama and T. Suzuki. 2012. Antioxidant, cytotoxic activities and total phenolic content of four Indonesian medicinal plants. *Valensi* 2(4):501-510.
- Purnomo, D., M.S. Budiastuti, A.T. Sakya and M.I. Cholid. 2018. The potential of turmeric (*Curcuma xanthorrhiza*) in agroforestry system based on silk tree (*Albizia chinensis*). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 142(1):012034. IOP Publishing.
- Rahardjo, M., dan O. Rostiana. 2005. Budidaya tanaman temulawak. *Sirkular Littro* 11:24-30.
- Rajyalakshmi, R., L.N. Naidu, M. Rajasekhar dan V. Sudhavani. 2013. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis in

- turmeric (*Curcuma longa* L.). *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 22(1):104-107.
- Sandeep, I.S., A. Kuanar, A. Akbar, B. Kar, S. Das, A. Mishra, P. Sial, P.K. Naik, S. Nayak dan S.
- Sandeep, I.S., N. Sanghamitra dan M. Sujata. 2015. Differential effect of soil and environment on metabolic expression of turmeric (*Curcuma longa* cv. Roma). *Indian Journal of Experimental Biology* 53:406-411.
- Sari, H.M., Utami, S., Wiryani, E., Murningsih, M. and Perwati, L.K., 2012. Distribusi famili Zingiberaceae pada ketinggian yang berbeda di Kabupaten Semarang. *BIOMA* 14(1):1-6.
- Singh, R.K., and B.D. Chaudhary. 1977. *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani. New Delhi.
- Srikrishnah, S. dan 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. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 15(5):813-816.
- Stansfield, W.D. 1991. *Theory and Problems of Genetics*. Macmillan. New York.
- Syafi'i, M., B. Waluyo, C.U. Zanetta dan D.R. Uswardi. 2016. Seleksi Pendahuluan Beberapa Genotip Jagung Unpad Potensial Toleran Naungan pada Sistem Agroforestri dengan Albizia. *Jurnal Agrotek Indonesia (Indonesian Journal of Agrotech)*, 1(1):47- 56.
- Syahid, S.F., C. Syukur, N.N. Kristina dan J. Pitono. 2015. Adaptasi delapan nomor harapan kunyit (*Curcuma domestica* Vahl.) toleran naungan. *Buletin Littro* 23(2):115-124.
- Sylvester, W.S., R. Son, K.F. Lew and Y. Rukayadi. 2015. Antibacterial activity of Java turmeric (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) extract against *Klebsiella pneumoniae* isolated from several vegetables. *International Food Research Journal* 22(5): 1770-1776.
- Syukur, M., and S. Rosidah. 2014. Estimation of genetic parameter for quantitative characters of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Tropical Crop Science* 1(1).
- Syukur, M., S. Sujiprihati, dan R. Yuniarti. 2012. *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Wahyuni, T.S., A.A. Permatasari, T. Widiandani, A. Fuad, A. Widyawaruyanti, C. Aoki-Utsubo and H. Hotta. 2018. Antiviral activities of *Curcuma* genus against hepatitis C virus. *Natural Product Communications* 13(12): 1579 - 1582.
- Yadav, R., R.K. Lal, C.S. Chanotiya, K. Shanker, P. Gupta dan S. Shukla. 2019. Prediction of genetic variability and character contribution using path analysis in *Curcuma longa* L. germplasm. *Trends in Phytochemical Research*, 3(2):91-100.