

Respon Karakter Morfo-Fisiologi Genotipe Tomat Senang Naungan Pada Intensitas Cahaya Rendah (*The Responses of Morpho-Physiological Characters of Loving-Shade Genotypes at Low Light Intensity*)

Dwiwanti Sulistyowati¹⁾, Muhammad Ahmad Chozin²⁾, Muhammad Syukur²⁾, Maya Melati²⁾ dan Dwi Guntoro²⁾

¹⁾STPP Bogor, Jln. Aria Surialaga No.1, PO Box 188, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16119

²⁾Departemen Agronomi dan Hortikultura, Faperta, IPB Bogor, Jln. Meranti, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

E-mail: dwiwantisulistyo@yahoo.com

Diterima: 4 Mei 2018; direvisi: 6 Juni 2018; disetujui: 19 Juni 2019

ABSTRAK. Tomat merupakan salah satu jenis tanaman sayuran yang potensial dikembangkan dengan sistem pertanaman berganda sebagai tanaman sela di bawah tegakan, di area hutan, perkebunan, maupun pekarangan. Sistem pertanaman ganda menyebabkan tanaman tomat mengalami cekaman cahaya rendah. Cekaman cahaya rendah mengakibatkan berbagai perubahan morfologi, anatomi, dan fisiologi. Tujuan penelitian adalah mempelajari respon karakter morfologi, anatomi, dan fisiologi genotipe tomat pada level intensitas cahaya rendah. Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STPP) Bogor dari bulan Oktober 2014 sampai dengan Januari 2015. Percobaan menggunakan rancangan petak tersarang (*nested design*) yang diulang tiga kali. Faktor pertama terdiri atas dua taraf naungan, yaitu tanpa naungan (0%) dan naungan 50%. Faktor kedua berupa 50 genotipe tomat (ditapis menjadi empat kelompok genotipe, yaitu senang, toleran, moderat, dan peka naungan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotipe tomat senang naungan mampu berproduksi lebih tinggi saat ternaungi, karena genotipe ini mampu beradaptasi lebih baik, yaitu dengan cara meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah bunga, dan jumlah buah dibandingkan genotipe peka. Terjadi peningkatan klorofil b lebih tinggi dari pada klorofil a sehingga terjadi penurunan yang lebih tinggi pada rasio klorofil a/b. Karakter yang berkorelasi dan berpengaruh langsung terhadap produksi tomat pada naungan 50% adalah luas daun, jumlah bunga, umur panen, rasio klorofil a/b, jumlah buah, dan bobot per buah.

Kata kunci: Intensitas cahaya rendah; Karakter genotipe tomat senang naungan

ABSTRACT. Tomatoes is one of vegetable plants that has potential to be developed with multiple cropping systems as intercropping plants under stands, in the forest, plantations, and yard, thus experiencing low light stress. Low light stress causes a variety of morphological, anatomical, and physiological changes. The aims of this study were to investigate the responses of morphological, anatomical, and physiological characteristic of tomato genotypes at low light intensity. The experiments were conducted in the experimental field of Bogor Agricultural Extension Institute, in Bogor, West Java from October 2014 to January 2015. The experiments were arranged in nested randomized design with two factors and three replications. The first factor consisted of two levels of shading intensity, i.e. without shade (0%) and 50% shading and the second factor was 50 tomato genotypes (four groups of tomato genotypes, i.e. shade-loving, shade-tolerant, shade-moderate, and shade-sensitive genotypes). The results showed that the shade-loving genotypes was capable to produce higher productivities when shaded, as the genotype was able to adapt better by the increasing of plant height, leaf number, leaf area, flower number and fruit number compared to sensitive genotypes. The increase of chlorophyll b was higher than chlorophyll a, resulting in a higher decrease in the ratio of chlorophyll a/b. The characters that were correlated and directly affected tomato production in 50% shade were leaf area, leaf number, harvesting time, a/b chlorophyll ratio, fruit number, and fruit weight.

Keywords: Low light intensity; Shade-loving tomato genotypes characters

Tanaman tomat merupakan salah satu komoditas sayuran penting di Indonesia. Kebutuhan sayuran tomat terus meningkat sejalan dengan peningkatan kesadaran gizi masyarakat. Berdasarkan data *Food and Agriculture Organization* (FAO) tahun 2007–2011, prospek pengembangan tomat Indonesia di kawasan Asean cukup baik mengingat Indonesia merupakan negara dengan luas panen dan produksi terbanyak. Namun di tingkat dunia, luas panen dan produksi tomat Indonesia masih kalah bersaing dibandingkan negara-negara lain. Upaya peningkatan produksi tomat dapat dilakukan melalui intensifikasi dan ekstensifikasi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan pengembangan tanaman tomat sebagai *vegetables*

agroforestry melalui sistem pertanaman tumpang-sari dengan tanaman pangan atau sayuran lainnya ataupun dengan tanaman tahunan.

Salah satu jenis sayuran yang sering digunakan sebagai komponen penyusun *agroforestri* tersebut adalah tomat (*Solanum lycopersicum* L.). Hal ini didukung oleh pernyataan Pranoto (2012), bahwa tanaman semusim yang dominan digunakan pada sistem penanaman *agroforestri* di hulu DAS Cianjur adalah wortel, kubis, tomat, bawang daun, sawi, dan cabai; di bagian tengah adalah jagung, cabai, tomat, wortel, dan sawi; sedangkan di hilir, yaitu jagung, cabai keriting, tomat, dan singkong. Bahrin (2012), menambahkan tomat termasuk salah satu dari empat

tanaman yang tahan terhadap perbedaan tingkat naungan dengan produktivitas relatif tinggi pada semua zona agroklimat hulu DAS Ciliwung.

Laju pertumbuhan dan produktivitas tomat menurun apabila berada pada intensitas cahaya rendah. Tomat yang ditanam di bawah tegakan pohon ataupun sebagai tanaman sela menyebabkan cahaya yang diterima berkurang sehingga proses metabolisme tanaman terganggu dan berimplikasi pada penurunan laju fotosintesis dan rendahnya sintesis karbohidrat yang dihasilkan. Menurut Manurung *et al.* (2008) sistem agroforestri dengan cekaman cahaya rendah menurunkan produksi tomat per tanaman sebesar 26,6% dibandingkan dengan cahaya penuh. Produksi tomat di bawah cahaya menengah dan sinar matahari penuh tidak berbeda nyata (masing-masing 468 dan 436 g/tanaman), tetapi ada perbedaan yang signifikan dengan produksi pada level cahaya rendah, yaitu 319 g/tanaman.

Pernyataan tersebut berbeda dengan beberapa hasil penelitian El-Abd *et al.* (1994) dan Tuzel, Oztekin & Meric (2009) yang melaporkan bahwa terjadi peningkatan total hasil buah tomat pertanaman pada kondisi ternaungi. Shehata *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa tomat yang ditanam pada kondisi naungan 35% dan 65% menunjukkan peningkatan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah cabang, jumlah bunga, dan total hasil pertanaman. Lorenzo *et al.* (2003) menambahkan bahwa naungan menyebabkan hasil panen tomat meningkat sebesar 10%, bahkan Khattak, Salam & Nawas (2007) melaporkan bahwa kondisi naungan 55% dan 75% meningkatkan produktivitas tomat masing-masing sebesar 34% dan 65%.

Salah satu cara untuk menentukan tingkat toleransi genotipe tanaman berdasarkan produktivitas relatif buah (persen terhadap kontrol), yaitu pada tingkat naungan yang menghasilkan keragaman tertinggi (Djukri & Purwoko 2003). Kriteria pengelompokan sebagai berikut: (1) genotipe peka (produktivitas relatif <60%), (2) genotipe moderat (produktivitas relatif 60–80%), (3) genotipe toleran (produktivitas relatif >80–100%), (4) genotipe senang naungan (produktivitas relatif >100%).

Baharuddin, Chozin & Syukur (2014) serta Sulistyowati *et al.* (2016a) melaporkan bahwa pertumbuhan, produksi, dan kualitas 20 genotipe tomat yang ditanam dalam polibag pada tingkat naungan 50% menunjukkan keragaman tinggi. Berdasarkan produktivitas relatif, genotipe tomat yang diuji dikelompokkan menjadi senang naungan, toleran, moderat, dan peka. Hasil yang sama diperoleh oleh Sulistyowati *et al.* (2016b) pada penanaman langsung

di bedengan menggunakan 50 genotipe tomat kondisi naungan 50% menghasilkan pengelompokan sebagai berikut, yaitu lima genotipe senang naungan, 16 toleran, 15 moderat, dan 14 peka.

Genotipe tomat senang naungan memberikan respon yang beragam, diduga genotipe tersebut mempunyai perbedaan kemampuan adaptasi terhadap naungan. Genotipe senang naungan yang mampu beradaptasi pada cahaya rendah kemungkinan mempunyai mekanisme adaptasi yang lebih baik sehingga mampu berproduksi tinggi di lingkungan naungan. Oleh karena itu penelitian tentang respon genotipe tomat senang naungan diperlukan untuk memahami mengenai mekanisme adaptasi dengan mengetahui perubahan yang terjadi pada karakter morfo-fisiologi tanaman.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari respon karakter morfo-fisiologi genotipe tomat senang naungan pada intensitas cahaya rendah. Hipotesis dari penelitian ini adalah (1) ada keragaman kemampuan adaptasi varietas tomat terhadap intensitas cahaya rendah, (2) genotipe tomat toleran cahaya rendah memiliki karakter morfologi, anatomi, dan fenologi yang berbeda dibandingkan dengan peka, dan (3) genotipe tomat toleran memiliki respon fisiologi yang berbeda dengan peka pada intensitas cahaya rendah.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Percobaan dilaksanakan dari bulan Oktober 2014 sampai dengan Januari 2015 bertempat di Kebun Percobaan Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STPP) Bogor, Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor. Percobaan disusun secara faktorial dalam rancangan petak tersarang (*nested design*) dengan tiga ulangan, ulangan tersarang di dalam naungan. Faktor pertama dua taraf naungan, yaitu N0=tanpa naungan (0%) dan N1=naungan 50%. Faktor kedua berupa 50 genotipe (hasil penapisan pada percobaan sebelumnya menjadi empat kelompok genotipe, yaitu senang naungan, toleran, moderat, dan peka). Total perlakuan 300 unit percobaan, masing-masing lima tanaman contoh untuk setiap sampel pengamatan *non destructive* pada masing-masing genotipe tomat setiap ulangan.

Pemeliharaan

Benih 50 genotipe tomat disemaikan pada *tray* semai. Setiap lubang tanam diberi kapur pertanian sebanyak 2 ton/ha dan pupuk organik berupa 0,5 kg pupuk kandang setiap lubang tanam. Selanjutnya semaian tomat yang berumur 25 hari setelah semai (berdaun 4–5 helai) ditanam di atas bedengan dengan

jarak tanam 50 cm x 60 cm, yang berada di bawah paranet dengan intensitas naungan 50% dan di tempat terbuka sebagai kontrol. Pemeliharaan tanaman yang dilakukan berupa penyulaman, pemupukan, pengajiran, penyiangan, dan pengendalian hama dan penyakit. Penyulaman dan pengajiran dilakukan 1 minggu setelah tanam (MST). Pemupukan berupa pupuk anorganik (NPK 16-16-16) diberikan melalui pengocoran dengan konsentrasi 10 g/l diberikan pada fase vegetatif dimulai 2 MST, sedangkan fase generatif menggunakan NPK (10-55-10) konsentrasi 2 g/l dimulai ketika muncul bunga pertama, masing-masing diaplikasikan setiap minggu sebanyak 200 ml/tanaman. Penyiangan dilakukan sewaktu-waktu sesuai kondisi gulma di areal pertanaman.

Parameter Pengamatan

Pengamatan morfologi meliputi tinggi tanaman dan luas daun dilakukan setiap minggu sejak 2–8 MST dengan mengukur tinggi tanaman hingga titik tumbuh. Pengukuran luas daun dilakukan 7 MST dengan rumus $LD=0,347 \times (PxL)-10,7$ (Blanco & Felogatti 2003). Pengamatan anatomi dilakukan dengan mengukur kerapatan stomata pada daun ketiga (dari ujung tanaman) pada 7 MST menggunakan metode Sumargono (1994). Parameter fisiologi meliputi kandungan total klorofil, klorofil a, klorofil b dan rasio klorofil a/b, dilakukan pada daun ketiga (dari ujung tanaman) saat 7 MST (fase vegetatif) dan 10 MST (fase generatif) menggunakan metode Sims & Gumon (2002).

Parameter fenologi terdiri atas umur berbunga, umur panen, jumlah bunga jumlah buah, bobot per buah, dan produksi per tanaman. Umur berbunga (saat muncul bunga), dan umur panen diamati pada bunga ketiga dari tandan kedua (PPI 2007) dan atau 50% dari tanaman memiliki setidaknya satu bunga terbuka secara seragam (IPGRI 1996). Pengamatan komponen hasil dan hasil berupa jumlah buah, bobot per buah, produksi per tanaman dilakukan dari panen pertama hingga terakhir setiap tanaman contoh.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F dilanjutkan uji kontras orthogonal pada $\alpha=5\%$ atau $\alpha=1\%$, serta uji korelasi *Pearson* dengan analisis lintasan, diolah menggunakan *software* SAS versi 9.1.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi dan Anatomi

Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa pemberian naungan dan kelompok genotipe memberi pengaruh interaksi nyata terhadap tinggi tanaman (Tabel 1). Terdapat fenomena yang menarik di dalam penelitian ini bahwa tinggi tanaman kelompok genotipe senang dan toleran naungan yang semula nyata lebih rendah saat pencahayaan penuh menjadi sebaliknya di mana pada kondisi defisit cahaya (naungan 50%) tinggi

Tabel 1. Rekapitulasi hasil sidik ragam pengaruh naungan dan kelompok genotipe tomat terhadap peubah yang diamati (*Recapitulation of the variance effect of shade and tomato genotype groups to the observed variables*)

Karakter (Characters)	Perlakuan (Treatments)			
	Naungan (Shading)	Kelompok genotipe (Genotype groups)	Interaksi (Interaction)	KK (CV), %
Tinggi (cm)	**	**	*	11,38
Jumlah daun	**	**	tn	20,18
Luas daun (cm ²)	**	**	tn	30,80
Kerapatan stomata (mm)	**	**	**	3,78
Total klorofil (mg/g)	**	**	**	16,37
Klorofil a (mg/g)	**	**	**	17,31
Klorofil b (mg/g)	**	**	*	19,62
Klorofil a/b	*	tn	tn	15,05
Umur berbunga (HST)	**	**	**	5,32
Jumlah bunga	**	**	**	17,39
Umur panen (HST)	**	tn	tn	5,08
Jumlah buah	**	**	tn	25,54
Bobot perbuah (g)	tn	**	tn	13,58
Produksi pertanaman (g)	**	**	**	30,13

tn (ns)=tidak nyata (*non significant*), *) nyata berdasarkan uji F $\alpha=5\%$ (*significant at F test $\alpha=5\%$*), **) sangat nyata berdasarkan uji F $\alpha=10\%$ (*highly significant at F test $\alpha=10\%$*)

Tabel 2. Hasil uji kontras empat kelompok genotipe tomat terhadap karakter morfologi anatomi dan fisiologi pada naungan 0% dan 50% (Contrast test results of four genotype groups to characters morphology anatomy and physiology in the shade 0% and 50%)

Karakter (Characters)	Naungan (Shading)		(%)	Uji kontras (Contrast test)
	0%	50%		
Tinggi (cm)				
Senang	81,0 c	124,5 b	(154)	**
Toleran	86,2 b	127,3 a	(148)	**
Moderat	89,2 a	127,5 a	(143)	**
Peka	92,2 a	125,0 ab	(137)	**
Jumlah daun				
Senang	27,0 a	39,5 a	(146)	**
Toleran	25,0 b	34,8 ab	(139)	**
Moderat	26,5 a	34,2 ab	(129)	**
Peka	27,7 a	33,6 b	(121)	**
Luas daun (cm ²)				
Senang	27,3 c	51,1 b	(187)	**
Toleran	31,9 b	60,3 a	(189)	**
Moderat	39,0 a	51,2 b	(131)	**
Peka	38,8 a	42,4 c	(109)	tn
Kerapatan stomata (mm)				
Senang	7,00 c	7,00 c	(100)	tn
Toleran	8,12 b	7,38 b	(91)	**
Moderat	8,50 a	7,55 a	(89)	**
Peka	8,10 b	7,57 a	(94)	**
Total klorofil (mg/g)				
Senang	1,49	1,96 b	(132)	**
Toleran	1,52	2,00 a	(132)	**
Moderat	1,53	2,00 a	(131)	**
Peka	1,51	2,00 a	(133)	**
Klorofil a (mg/g)				
Senang	1,03	1,26 c	(122)	**
Toleran	1,06	1,34 b	(126)	**
Moderat	1,08	1,37 ab	(127)	**
Peka	1,06	1,38 a	(130)	**
Klorofil b (mg/g)				
Senang	0,46	0,71 a	(154)	**
Toleran	0,46	0,66 a	(144)	**
Moderat	0,45	0,63 b	(140)	**
Peka	0,45	0,62 b	(138)	**
Klorofil a/b				
Senang	2,23	1,81	(81)	**
Toleran	2,31	2,05	(89)	**
Moderat	2,41	2,20	(91)	**
Peka	2,37	2,24	(95)	*

Angka dalam kurung adalah nilai relatif terhadap nilai kontrol (naungan 0%) [The numbers in parentheses are values relative to the control value (0% shading)], tn (ns)=tidak nyata (non significant), * nyata berdasarkan uji kontras $\alpha=5\%$ (significant at contrast test $\alpha=5\%$), ** sangat nyata berdasarkan uji kontras $\alpha=10\%$ (highly significant at contrast test $\alpha=10\%$)

tanaman kelompok ini meningkat nyata dibandingkan genotipe peka (Tabel 2).

Tinggi tanaman genotipe senang naungan ketika ternaungi adalah yang paling rendah dibandingkan genotipe lainnya. Namun, keragaan batang tanaman pada genotipe ini memperlihatkan pertumbuhan yang kekar (tanpa gejala etiolasi) dibandingkan

genotipe lain yang terlihat mengalami gejala etiolasi. Tinggi tanaman ketika ternaungi sangat nyata lebih tinggi dibandingkan pada cahaya penuh, indikasi ini terjadi pada semua kelompok genotipe terutama genotipe yang toleran naungan (Tabel 2). Respon adaptasi tersebut dilakukan agar genotipe senang dan toleran dapat menyerap cahaya yang lebih banyak

ketika ditumbuhkan di bawah naungan sehingga kelompok genotipe ini mampu mempertahankan proses fotosintesisnya tetap tinggi. Peningkatan tinggi tanaman tersebut karena adanya aktivitas auksin sehingga terjadi etiolasi. Aktivitas peningkatan produksi auksin yang secara sinergis dengan giberelin akan menyebabkan pemanjangan batang (Hamdanil *et al.* 2016). Intensitas cahaya yang rendah merangsang peningkatan kandungan auksin pada titik tumbuh. Auksin merangsang peningkatan kelenturan dinding sel sehingga pertambahan tinggi tanaman dapat terjadi (Tulung & Demmassabu 2011). Peningkatan tinggi batang berkaitan dengan proses adaptasi tanaman untuk meningkatkan penetrasi cahaya ke kanopi tanaman. Respon tanaman pada cahaya rendah terjadi perubahan fitohormon yang mengatur keseimbangan fitokrom terutama perubahan kandungan etilen, giberelin, dan auksin sehingga terjadi pemanjangan batang dan tangkai (Lange 1998; Tan & Qian 2003; Pierik *et al.* 2004).

Jumlah daun pada semua kelompok genotipe mengalami peningkatan sangat nyata saat kondisi ternaungi (Tabel 2). Peningkatan jumlah daun genotipe senang naungan dan toleran saat ternaungi lebih tinggi dibandingkan peka. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi defisit cahaya kelompok genotipe toleran naungan mengadaptasikan diri dengan cara meningkatkan organ fotosintesisnya, yaitu meningkatkan jumlah daun yang lebih banyak. Makin banyak daun maka kemampuan membentuk fotosintat akan makin besar sehingga pembentukan organ-organ vegetatif tanaman akan lebih baik. Cabuslay, & Vergara & Quintana (1991) serta Soverda (2004) mengemukakan tanaman padi yang toleran terhadap naungan daunnya cenderung memanjang serta meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun dan luas daun. Sopandie *et al.* (2003b), Muhuria *et al.* (2006), Kisman *et al.* (2007), serta Hartoyo, Wijayanto & Budi (2014) juga menambahkan bahwa terjadi peningkatan jumlah daun pada padi gogo toleran dibandingkan yang peka saat tanaman ternaungi 50%.

Berdasarkan uji kontras diketahui bahwa luas daun tanaman pada kondisi naungan 50% mengalami peningkatan sangat nyata pada kelompok genotipe senang naungan, toleran, moderat, tetapi tidak berbeda nyata pada genotipe peka. Perlakuan kelompok genotipe saat ternaungi menunjukkan terjadi peningkatan luas daun paling tinggi terdapat pada genotipe toleran, disusul senang tidak berbeda dengan moderat, tetapi berbeda nyata dengan genotipe peka (Tabel 2). Tanaman yang berada pada kondisi ternaungi biasanya menunjukkan pengurangan lapisan palisade dan sel-sel mesofil yang menyebabkan

daun yang terbentuk lebih luas dan tipis (Mohr & Schopfer 1996). Hal ini mengindikasikan bahwa untuk meningkatkan kapasitas penangkapan cahaya dalam lingkungan defisit cahaya, genotipe toleran naungan melakukan upaya peningkatan luas daun. Mekanisme penghindaran intensitas cahaya rendah juga terjadi pada padi gogo toleran dengan cara peningkatan luas daun yang lebih tinggi dibandingkan genotipe peka (Sopandie *et al.* 2003b; Soverda 2004) serta pada kedelai toleran (Soverda, Evita & Gusniwati 2012; Pertiwi & Soverda 2012).

Analisis ragam kerapatan stomata daun menunjukkan terdapat pengaruh interaksi sangat nyata antara naungan 50% dan kelompok genotipe (Tabel 1). Terjadi penurunan kerapatan stomata yang sangat nyata pada semua kelompok genotipe, kecuali genotipe senang naungan (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa genotipe senang naungan lebih mampu mempertahankan kerapatan stomatanya dibandingkan kelompok genotipe yang lain. Makin banyak dan lebar pembukaan stomata suatu tanaman maka makin tinggi pertukaran gas CO₂. Menurut Logan, Demmig-Adams & Adams (1999), pada intensitas cahaya rendah akan terjadi penurunan laju transpirasi sehingga tanaman mengadaptasikan diri dengan cara menurunkan kerapatan stomata. Kemampuan untuk mempertahankan kerapatan stomata mengindikasikan bahwa kapasitas fotosintesis pada genotipe senang naungan lebih tinggi daripada genotipe lain. Seiring pernyataan Pertiwi & Soverda (2012) bahwa kerapatan stomata yang lebih tinggi menunjukkan kapasitas difusi CO₂ yang lebih besar, yang terdapat pada genotipe kedelai toleran. Makin banyak dan lebar pembukaan stomata suatu tanaman, makin tinggi pertukaran gas CO₂.

Analisis ragam untuk perlakuan naungan 50% pada kelompok genotipe tomat terdapat interaksi nyata sampai sangat nyata terhadap kadar klorofil a, klorofil b, dan total klorofil (Tabel 1). Saat ternaungi semua kelompok genotipe mengalami peningkatan pada kadar klorofil a, klorofil b dan total klorofil. Respon kelompok genotipe senang naungan lebih mengarahkan pada peningkatan kadar klorofil b dibandingkan klorofil a, bahkan kadar klorofil a kelompok genotipe ini mengalami peningkatan yang nyata paling rendah dibandingkan kelompok genotipe lainnya. Rasio klorofil a/b menurun nyata sampai sangat nyata pada semua kelompok genotipe saat ternaungi. Kelompok genotipe senang naungan mengalami persentase penurunan rasio klorofil a/b paling tinggi dibandingkan kelompok genotipe lain, yaitu sebesar 19% disusul oleh genotipe toleran sebesar 11% (Tabel 2).

Salah satu bentuk adaptasi secara fisiologis tanaman terhadap penyinaran rendah, yaitu dengan

penurunan rasio klorofil a/b melalui peningkatan klorofil b. Terjadi peningkatan persentase kandungan klorofil b (Tabel 2) yang lebih tinggi pada genotipe senang naungan maupun toleran sehingga mampu menurunkan nisbah klorofil a/b lebih besar pada kedua kelompok genotipe ini. Meningkatnya klorofil b berdampak positif terhadap efektivitas penyerapan energi radiasi pada kondisi yang ternaungi. Hal ini juga ditunjukkan oleh genotipe kedelai toleran yang memiliki klorofil b yang lebih tinggi daripada a serta nisbah klorofil a/b lebih rendah dibanding peka (Djukri & Purwoko 2003; Sopandie *et al.* 2003a; atau Hartoyo, Wijayanto & Budi 2014). Sesuai dengan pernyataan Sopandie *et al.* (2003b) dan Soverda (2004) bahwa ketika ternaungi 50% pada padi gogo toleran dan peka mengalami peningkatan kandungan klorofil a dan klorofil b serta penurunan rasio klorofil a/b, hal yang sama terjadi juga pada kedelai toleran (Soverda, Evita & Gusniwati 2012).

Fenologi dan Produksi

Hasil pengamatan perlakuan naungan 50% dan kelompok genotipe tomat memperlihatkan terjadi interaksi sangat nyata terhadap umur berbunga dan jumlah bunga (Tabel 1). Hasil pengamatan memperlihatkan peningkatan jumlah bunga sangat nyata pada genotipe senang dan toleran naungan apabila ternaungi 50%, sebaliknya genotipe peka mengalami penurunan jumlah bunga yang sangat nyata. Padahal kedua genotipe toleran naungan tersebut

apabila ditumbuhkan tanpa naungan mempunyai jumlah bunga yang paling rendah (Tabel 3).

Kondisi naungan memperpanjang umur berbunga dan panen pada semua kelompok genotipe tomat dibandingkan penanaman di tempat terbuka. Hal ini berkaitan dengan pencapaian *heat unit* (kebutuhan panas maksimum yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman secara maksimal) suatu genotipe tomat, apabila tanaman ditumbuhkan pada pencahayaan penuh akan lebih cepat mencapai *heat unit*, selanjutnya akan memasuki fase pembungaan dan pembuahan yang lebih cepat. Sopandie *et al.* (2003b) dan Soverda (2004) melaporkan bahwa umur berbunga serta umur panen genotipe padi gogo toleran lebih lama daripada peka saat kondisi naungan. Berbeda dengan pernyataan Zaman (2003) serta Susanto & Sundari (2016) bahwa pada fase reproduktif beberapa varietas kedelai, cekaman naungan menyebabkan umur berbunga dan umur masak lebih pendek sampai dengan 50% dibandingkan dengan lingkungan tidak ternaungi.

Analisis ragam perlakuan naungan 50% dengan kelompok genotipe tomat menunjukkan terdapat pengaruh interaksi sangat nyata terhadap karakter produksi per tanaman (Tabel 1). Produksi per tanaman kelompok genotipe senang saat ternaungi nyata paling tinggi dan tidak berbeda dengan genotipe toleran. Jumlah buah dan bobot per buah genotipe senang naungan nyata lebih tinggi dibandingkan genotipe peka (Tabel 4). Hal ini menunjukkan

Tabel 3. Hasil uji kontras empat kelompok genotipe tomat terhadap karakter fenologi pada naungan 0% dan 50% (Contrast test results of four genotype groups to characters phenology in the shade 0% and 50%)

Karakter (Characters)	Naungan (Shading)		(%)	Uji kontras (Contrast test)
	0%	50%		
Umur berbunga (HST)				
Senang	32,9 c	42,6 b	(131)	**
Toleran	32,5 c	43,5 a	(134)	**
Moderat	33,4 bc	42,9 ab	(128)	**
Peka	34,4 a	44,2 a	(128)	**
Jumlah bunga				
Senang	44,7 c	79,4 a	(178)	**
Toleran	55,8 b	80,7 a	(145)	**
Moderat	76,8 a	70,9 b	(92)	tn
Peka	76,3 a	64,3 c	(84)	**
Umur panen (HST)				
Senang	61,0	64,9	(106)	**
Toleran	60,6	65,4	(108)	**
Moderat	61,0	65,8	(108)	**
Peka	62,0	68,4	(110)	**

Angka dalam kurung adalah nilai relatif terhadap nilai kontrol (naungan 0%) [The numbers in parentheses are values relative to the control value (0% shading)], tn (ns)=tidak nyata (*non significant*), * nyata berdasarkan uji kontras $\alpha=5\%$ (*significant at contrast test $\alpha=5\%$*), ** sangat nyata berdasarkan uji kontras $\alpha=10\%$ (*highly significant at contrast test $\alpha=10\%$*)

bahwa genotipe senang naungan menjadi lebih tinggi produktivitasnya apabila ditanam pada kondisi ternaungi dengan jumlah buah dan bobot per buah (ukuran buah) yang mengalami peningkatan. Perbedaan produktivitas genotipe senang dan toleran naungan adalah pada genotipe senang naungan menjadi lebih tinggi produksinya apabila ditanam

di bawah naungan, sedangkan toleran mengalami sedikit penurunan produksi (80–100% dibandingkan kontrol). Sopandie *et al.* (2003a; 2003b) dan Sasmita *et al.* (2006) melaporkan bahwa tanaman toleran naungan seperti padi gogo dan kedelai toleran pada naungan 50% menghasilkan produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan genotipe peka.

Tabel 4. Hasil uji kontras empat kelompok genotipe tomat terhadap karakter produksi pada naungan 0% dan 50% (*Contrast test results of four genotype groups to characters yield in the shade 0% and 50%*)

Karakter (Characters)	Naungan (Shading)		(%)	Uji kontras (Contrast test)
	0%	50%		
Jumlah buah				
Senang	21,3	23,0 a	(108)	*
Toleran	23,4	19,7 a	(84)	**
Moderat	24,7	18,1 a	(73)	**
Peka	21,6	7,5 b	(35)	**
Bobot perbuah (g)				
Senang	57,4 b	66,2 a	(115)	**
Toleran	50,9 c	54,8 d	(108)	tn
Moderat	62,0 b	59,2 c	(95)	tn
Peka	68,0 a	62,0 b	(91)	*
Produksi pertanaman (g)				
Senang	900 b	1204 a	(134)	**
Toleran	942 b	832 ab	(88)	tn
Moderat	1196 b	803 b	(67)	**
Peka	1294 a	412 c	(32)	**

Angka dalam kurung adalah nilai relatif terhadap nilai kontrol (naungan 0%) [*The numbers in parentheses are values relative to the control value (0% shading)*], tn (ns)=tidak nyata (*non significant*), *), nyata berdasarkan uji kontras $\alpha=5\%$ (*significant at contrast test $\alpha=5\%$*), **) sangat nyata berdasarkan uji kontras $\alpha=1\%$ (*highly significant at contrast test $\alpha=10\%$*)

Tabel 5. Analisis korelasi antar karakter genotipe tomat pada naungan 50% (*Correlation analysis between tomato genotype character on shade 50%*)

Karakter (Characters)	JD	LD	UB	JB	UP	Stm	Chla	Chlb	Chl _{tt}	Chlab	JBh	BBh	Prd
TT		-.12	-.26**	.07	-.02	.04	.12	.03	.10	.10	.03	-.04	-.04
JD		-.16*	-.35**	.09	-.06	.06	-.09	-.03	-.08	-.06	.00	-.07	.06
LD			.08	.14	.27**	-.19**	.05	.01	.04	.05	.01	.18*	.16*
UB				-.13	-.02	-.02	-.02	-.09	-.04	.10	-.12	.12	-.11
JB					-.16*	-.06	.04	.12	.07	-.07	.43**	-.33**	.37**
UP						-.02	-.11	-.26**	-.17*	.16*	-.32**	.22**	-.38**
Stm							-.13	.04	-.09	-.23**	.07	-.16*	-.14
Chla								.64**	.97**	.46**	-.01	-.07	-.11
Chlb									.82**	-.38**	.10	-.08	.08
Chl _{tt}										.21**	.03	-.08	-.05
Chlab											-.12	.00	-.20**
JBh												-.68**	.58**
BBh													-.07*

TT=tinggi tanaman, JD=jumlah daun, LD=luas daun, UB=umur berbunga, JB=jumlah bunga, UP=umur panen, Stm=kerapatan stomata, Chla=klorofil a, Chlb=klorofil b, Chl_{tt}=klorofil total, Chlab=klorofil a/b, Ants=antosianin, Kart=karoten, JBh=jumlah buah, BBh=bobot perbuah, PRD=produksi/tanaman, *)=korelasi nyata pada $\alpha=5\%$, **) =korelasi sangat nyata pada $\alpha=1\%$ (* = *significant correlation at $\alpha=5\%$* , **) = *highly significant correlation at $\alpha=1\%$*)

Tabel 6. Pengaruh langsung dan tak langsung beberapa karakter terhadap produksi per tanaman pada naungan 50% (*Direct and indirect effect of some characters on production per plant on shade 50%*)

Karakter (Characters)	Pengaruh langsung (Direct effect)	Pengaruh tidak langsung (<i>Indirect effect</i>)						
		LD	JB	UP	Chlab	JBh	BBh	Total
LD	.09		.02	-.06	-.00	.01	.10	.07
JB	.15	.01		.04	.01	.35	-.19	.22
UP	-.22	.06	-.02		-.01	-.26	.12	-.15
Chlab	-.07	.01	-.01	-.04		-.09	.00	-.13
JBh	.81	.00	.07	.07	.01		-.38	-.24
BBh	.56	.02	-.05	-.05	.00	-.55		-.63
Residu	.638							

LD=luas daun, JB=jumlah bunga, UP=umur panen, Chlab=klorofil a/b, JBh=jumlah buah, BBh=bobot per buah

Korelasi dan Analisis Lintasan

Hasil analisis korelasi *Pearson* yang disajikan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa karakter luas daun, jumlah bunga, umur panen, rasio klorofil a/b, jumlah buah, dan bobot per buah memiliki korelasi yang nyata sampai sangat nyata terhadap produksi per tanaman. Karakter umur panen, rasio klorofil a/b, dan bobot per buah berkorelasi negatif, sementara itu karakter luas daun, jumlah bunga, jumlah buah berkorelasi positif. Luas daun dan rasio klorofil a/b makin rendah akan meningkatkan produksi per tanaman. Umur panen yang makin cepat akan mengurangi bobot per buah, tetapi meningkatkan jumlah buah dan produksi per tanaman. Sebaliknya umur panen yang lambat akan meningkatkan bobot per buah, namun mengurangi jumlah buah serta produksi per tanaman. Jumlah bunga yang meningkat akan meningkatkan jumlah buah tetapi mengurangi bobot per buah, serta jumlah buah yang makin banyak akan meningkatkan produksi per tanaman. Menurut Gaspersz (1995), dua karakter yang memiliki korelasi positif cenderung secara bersama dalam arah yang sama atau cenderung meningkat atau menurun secara bersama.

Berdasarkan analisis lintasan (Tabel 6) karakter jumlah buah merupakan karakter dengan nilai pengaruh langsung terbesar, diikuti karakter bobot per buah, umur panen, jumlah bunga, luas daun, dan rasio klorofil a/b. Karakter luas daun, jumlah bunga, dan jumlah buah merupakan karakter yang memiliki nilai korelasi positif nyata dan sangat nyata dengan karakter produksi pada analisis korelasi *Pearson*. Selain itu karakter lain yang memiliki nilai korelasi negatif nyata dan sangat nyata dengan karakter produksi pada analisis *Pearson* adalah rasio klorofil a/b, umur panen, dan bobot per buah. Hal ini diduga bahwa karakter luas daun, jumlah bunga, umur panen, rasio klorofil a/b, jumlah buah, dan bobot per buah tersebut dapat digunakan untuk menduga hasil. Kondisi ini sesuai dengan pendapat

Heliyanto (1996) yang mengemukakan bahwa karakter yang memiliki pengaruh langsung yang tinggi tidak dapat berdiri sendiri sebagai karakter seleksi untuk menduga hasil, diperlukan karakter lain yang memiliki kontribusi besar terhadap karakter hasil.

Nilai sisa dari hasil analisis lintasan pada Tabel 6 sebesar 63,8%. Hal tersebut menunjukkan model analisis lintasan menggunakan karakter-karakter tersebut dapat menjelaskan hubungan komponen yang mempengaruhi produksi sebesar 36,2%. Masih terdapat 63,8% pengaruh karakter lain yang belum dapat dijelaskan oleh model yang digunakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Genotipe senang naungan pada intensitas cahaya 50% mampu mempertahankan kerapatan stomata lebih tinggi, peningkatan tinggi tanaman, jumlah dan luas daun, jumlah bunga dan buah lebih banyak, klorofil b yang lebih tinggi daripada klorofil a sehingga terjadi penurunan rasio klorofil a/b yang lebih tinggi. Genotipe senang naungan memiliki produksi yang lebih tinggi apabila ditanam pada lingkungan ternaungi, sangat cocok ditanam pada sistem tumpangsari atau agroforestri. Dengan ditemukannya beberapa genotipe tomat tahan naungan sebagai tanaman penyusun *vegetables agroforestry* diharapkan akan meningkatkan pengembangan luasan tanam selanjutnya meningkatkan produktivitas tomat di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Baharuddin, R, Chozin, MA & Syukur, M 2014, 'Toleransi 20 genotipe tanaman tomat terhadap naungan', *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, vol. 42, no. 2.

2. Bahrun, A 2012, 'Kajian ekofisiologi tanaman semusim penyusun agroforestri pada beberapa zona agroklimat di DAS Ciliwung Hulu', Disertasi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
3. Blanco, FF & Folegatti, MV 2003, 'A new method of estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants', *Hortic-Bras*, vol. 21, no. 4, pp. 666-669.
4. Cabuslay, GS, Vergara, BS & Quintana, RU 1991, 'Low light stress: Mechanism of tolerance and screening method', *Philippine Journal of Crop Science*, vol. 16, no. 1, pp. 39-42.
5. Djukri & Purwoko, BS 2003, 'Pengaruh naungan paranet terhadap sifat toleransi tanaman talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)', *Ilmu Pertanian*, vol. 2, no. 10, pp. 17-25.
6. El-Abd, MTG, Shanan, SA, Abou-Hadid, AF & Saleh, MM 1994, 'Effect of different shading densities on growth and yield of tomato and cucumber', *Egypt. J. Hort*, vol. 21, no. 1, pp. 64-69.
7. Ford, T 1996, 'Mohr H, Schopfer P. 1995. Plant physiology. 629pp. Berlin: Springer-Verlag. DM 98 (hardback).', *Annals of Botany*, vol. 78, no. 4, p. 528.
8. Gaspersz, V 1995, 'Teknik analisis dalam penelitian percobaan', *Tarsito, Bandung*, vol. 718.
9. Hartoyo, APP, Wijayanto, N & Budi, SWR 2014, 'Respon fisiologi dan produksi kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) toleran naungan berbasis agroforestri sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)', *J. Silvikultur Tropika*, vol. 5, no. 2, pp. 84-90.
10. Hamdanil, JS, Sumadil, Suriadinata, YR & Martins, L 2016, 'Pengaruh naungan dan zat pengatur tumbuh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kentang kultivar Atlantik di dataran medium', *J. Agron.*, Indonesia, vol. 44, no. 1, pp. 33-39.
11. Heliyanto, B 1996, 'Kriteria seleksi pada Tozza-Yute', *Zuriat*, vol. 7, no. 2, pp. 46-50.
12. IPGRI 1996, *Descriptors for Tomato (Lycopersicon spp.)* 13th edn, International Plant Genetic Resources Instit., (IPGRI), Rome (Italy), accessed from <https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/286.pdf>.
13. Khattak, AM, Salam, A & Nawab, K 2007, 'Response of exotic tomato lines to different light intensities', *Sarhad Journal of Agriculture*, vol. 23, no. 4, p. 927.
14. Kisman, Khumaida, N, Trikoesoemaningtyas, Sobir & Sopandie, D 2007, 'Karakter morfo-fisiologi daun, penciri adaptasi kedelai terhadap intensitas cahaya rendah', *Bul. Agron*, vol. 35, no. 2, pp. 96-102.
15. Lange, T 1998, 'Molecular biology of gibberellin synthesis', *Planta*, vol. 204, no. 4, pp. 409-419.
16. Logan, BA, Demmig-Adams, B & Adams, WW 1999, 'Acclimation of photosynthesis to the environment', in *Concepts in Photobiology*, Springer, pp. 477-512.
17. Lorenzo, P, Sánchez-Guerrero, MC, Medrano, E, García, ML, Caparrós, I & Giménez, M 2003, 'External greenhouse mobile shading: effect on microclimate, water use efficiency and yield of a tomato crop grown under different salinity levels of the nutrient solution', in *International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment* 609, pp. 181-186.
18. Manurung, GES, Roshetko, JM, Budidarsono, S & Kurniawan, I 2008, 'Dudukuhan tree farming systems in West Java: how to mobilize self-strengthening of community-based forest management?', in *Smallholder Tree Growing for Rural Development and Environmental Services*, Springer, pp. 99-116.
19. Mohr, H & Schopfer, P 1995, *Plant Physiology*, Translator Gurdun, David W Lawlor, Spinger-Verlag, New York (Ybs).
20. Muhuria, L, Tyas, KN, Khumaida, N, Sopandie, D & others 2006, 'Adaptasi tanaman kedelai terhadap intensitas cahaya rendah: karakter daun untuk efisiensi penangkapan cahaya', *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, vol. 34, no. 3.
21. Pertiwi, HI & Soverda, NE 2012, 'Pengaruh naungan terhadap kerapatan stomata dan trikoma daun serta pertumbuhan dan hasil dua varietas tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill)', *J. Agronomi*, vol. 1, no. 3, pp. 197-207.
22. Pierik, R, Cuppens, MLC, Voesenek, LACJ & Visser, EJW 2004, 'Interactions between ethylene and gibberellins in phytochrome-mediated shade avoidance responses in tobacco', *Plant Physiology*, vol. 136, no. 2, pp. 2928-2936.
23. PPI 2007, *Panduan Pengujian Individual Kebaruan, Keunikan, Keceragaman, dan Kestabilan Tomat (Lycopersicon Esculentum Will)* Pusat Perlindungan Varietas Tanaman, Departemen Pertanian, Jakarta (td).
24. Pranoto, H 2012, 'Kajian agroekologi sistem agroforestry di Daerah Aliran Sungai Cianjur', Disertasi, Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
25. Sasmita, P, Purwoko, BS, Sujiprihati, S, Hanarida, I, Dewi, IS & Chozin, MA 2006, 'Evaluasi pertumbuhan dan produksi padi gogo haploid ganda toleran naungan dalam sistem tumpang sari', *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, vol. 34, no. 2, pp. 79-86.
26. Shehata, S, Elzagheer, AA, El-Helaly, MA, Saleh, SA & Abdallah, AM 2013, 'Shading effect on vegetative and fruit characters of tomato plant', *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 9, no. 3, pp. 1434-1437.
27. Sims, DA & Gumon, JA 2002, Relationship between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages, Departement of Biology and Microbiology, California State University LA, Los Angeles, CA 90032, USA, Remote sensing of Environment, 81, pp. 337-354.
28. Sopandie, D, Trikoesoemaningtyas, HT, Jufri, A & Takano, T 2003a, 'Adaptability of soybean to shade stress: identification of morphological responses, di dalam: *Proceeding of The 2nd Seminar Toward Harmonization Between Development and Environmental Conservation in Biological Production*, 15-16 February 2003, University of Tokyo, Tokyo (JP).
29. Sopandie, D, Chozin, MA, Sastrosumarjo, S, Juhaeti, T & S 2003b, 'Toleransi padi gogo terhadap naungan', *Hayati*, vol. 10, no. 2, pp. 71-75.
30. Soverda, N 2004, 'Adaptasi tanaman padi gogo terhadap naungan [The adaptation of upland rice to shading]', *Jurnal Agronomi*, vol. 8, no. 2, pp. 105-110.
31. Soverda, N, Evita, E & Gusniwati, G 2012, 'Uji adaptasi dan toleransi beberapa varietas tanaman kedelai pada naungan buatan', *Universitas Jambi*, pp. 1-16.
32. Sulistyowati, D, Chozin, MA, Syukur, M, Melati, M & GD 2016a, 'Karakter genotipe tomat senang naungan pada intensitas cahaya rendah', *J. Hort.*, vol. 26, no. 2, pp. 181-188.
33. Sulistyowati, D, Chozin, MA, Syukur, M, Melati, M & Guntoro, D 2016b, 'Selection of shade-tolerant tomato genotypes.', *Journal of Applied Horticulture*, vol. 18, no. 2, pp. 154-159.

34. Susanto, GWA & Sundari, T 2016, 'Perubahan karakter agronomi aksesori plasma nutfah kedelai di lingkungan teraungi', *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, vol. 39, no. 1.
35. Tan, ZG & Qian, YL 2003, 'Light intensity affects gibberellic acid content in Kentucky bluegrass', *HortScience*, vol. 38, no. 1, pp. 113–116.
36. Tulung, SMT & Demmassabu, S 2011, 'Pertumbuhan dan hasil paprika (*capsicum annuum* var-grossum) pada beberapa jenis naungan', *EUGENIA*, vol. 17, no. 2.
37. Tuzel, Y, Oztekin, GB & Meric, M 2009, 'Influence of shading screens on microclimate, growth and productivity of tomato', *Acta Horticulturae*, vol. 807, pp. 97–102.
38. Zaman, MZ 2003, 'Respon pertumbuhan dan hasil beberapa varietas kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) terhadap intensitas penanaman', *Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang*.