

Penyaringan Cepat dan Toleransi Tanaman Jagung terhadap Intensitas Cahaya Rendah

Syafruddin, Suwarti, dan M. Azrai

Balai Penelitian Tanaman Serealia
Jl. Dr. Ratulangi 274, Maros, Sulawesi Selatan
Email: syaf.syafruddin@gmail.com

Naskah diterima 17 Mei 2013 dan disetujui diterbitkan 11 Maret 2014

ABSTRACT. Rapid Screening for Low Light Intensity Tolerance on Maize (*Zea mays* L.). Maize cropping under plantation tree crop has a potential for increasing the national maize production. Environment under the tree crops has relatively low light intensity, which hinder the leaf photosynthesis. Therefore, research to identify maize genotypes tolerant to low light intensity was conducted. The research was carried out in three stages; stage-1 was to identify the most effective shading method to be used for the rapid screening, consisted of two treatments, namely: 87.5% and 99.9% light interception. Stage-2 was rapid screening of 160 maize genotypes at germination stage, under the dark room to select tolerance genotypes. The stage-3 was to study physiological mechanism of maize growth under low light intensity stress by planting nine tolerant and susceptible genotypes. The results showed that rapid screening of maize for tolerant to low light intensity stress can be done by growing newly germinating maize for 8 days in the dark room. Genotypes G02 x 7; CY 15 x MAL03; AP.1 x 1042-37; B11 x 265-A; MR12 x MAL04; MR14 x 270C; G02 x 5; AMB07 x CML161 and 1044-9 x 1027-11 were found to be tolerant to low light intensity stress. Growing maize seedling in the dark room had decreased chlorophyll content, carbohydrates and fat, however, the Nitrogen (N) content in the leaves increased. Tolerance genotypes response to low light intensity was indicated by decreasing chlorophyll, carbohydrates and fat content, as well as increasing Nitrogen content, much less than those of susceptible genotypes. **Keywords:** Maize, rapid screening, low light intensity stress, nitrogen, carbohydrate, fat.

ABSTRAK. Pengembangan jagung pada lahan di bawah tegakan tanaman perkebunan merupakan salah satu peluang dalam meningkatkan produksi jagung. Rendahnya intensitas cahaya untuk proses fotosintesis tanaman menyebabkan produktivitas rendah. Penelitian untuk menyaring genotipe jagung toleran intensitas cahaya rendah dilaksanakan dalam tiga tahap. Tahap pertama untuk mengetahui tingkat penghambatan intensitas cahaya guna penyaringan cepat. Perlakuan terdiri atas dua penghambatan cahaya, 87,5% dan 99,9%. Penelitian tahap kedua untuk mengidentifikasi genotipe jagung toleran intensitas cahaya rendah, dengan menumbuhkan 160 genotipe jagung fase kecambah dalam ruangan dengan intensitas cahaya rendah. Penelitian tahapan ketiga untuk mengetahui mekanisme fisiologi toleransi tanaman jagung terhadap intensitas cahaya rendah, dengan menanam sembilan genotipe peka dan sembilan genotipe toleran intensitas cahaya rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa menyaring jagung toleran cahaya rendah secara cepat dapat dilakukan dengan menumbuhkan kecambah jagung dalam ruang dengan intensitas cahaya rendah selama 8 hari. Genotipe G02 x 7, CY 15 x MAL03, AP.1 x 1042-37, B11 x 265-A, MR 12 x MAL04, MR 14 x 270 C, G02 x 5, AMB07 x CML161, dan 104-9 x 1027-11 diidentifikasi toleran terhadap intensitas cahaya rendah. Genotipe toleran intensitas

cahaya rendah menunjukkan penurunan klorofil, karbohidrat dan lemak, serta peningkatan kadar N lebih rendah dibanding genotipe peka.

Kata kunci: Jagung, penyaringan cepat, cahaya rendah, nitrogen, karbohidrat, lemak.

Salah satu peluang perluasan area tanaman jagung adalah pada lahan di bawah tajuk tanaman perkebunan sebagai tanaman sela. Masalah utama pengembangan jagung di sela tanaman perkebunan adalah rendahnya intensitas cahaya, sedangkan jagung adalah tanaman C4 yang sensitif terhadap cahaya rendah. Intensitas cahaya yang diterima tanaman jagung, baik intensitas maupun kualitasnya, mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Intensitas cahaya rendah menyebabkan fotosintesis berkurang dan berkurangnya enzim fotosintetik yang berfungsi sebagai katalisator dalam fiksasi CO₂ (Taiz and Zeiger 2002, Cruz 1997).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan jagung pada intensitas cahaya rendah menyebabkan laju fotosintesis, pembentukan biomas, dan hasil biji menurun (Purnomo 2005, Mbewe and Hunter 1986). Selain itu, bobot biji, kadar tepung, jumlah dan volume sel endosperm juga menurun, tetapi kandungan protein dan lemak biji meningkat (Jia *et al.* 2011, Bellaloui *et al.* 2012). Laju fotosintesis bersih, berat daun, bobot biomas kering, panjang dan diameter tongkol, jumlah baris/biji dan hasil biji menurun akibat rendahnya intensitas cahaya, menunda fase *anthesis* dan *silking* sehingga *anthesis-silking interval* (ASI) panjang, dan menunda fase pemasakan biji (Fu *et al.* 2011, Li *et al.* 2010).

Pertumbuhan padi gogo pada fase bibit dalam ruang gelap mengalami penurunan kandungan karbohidrat (sukrosa, glukosa, dan fruktosa) pada daun dan batang (Soepandi *et al.* 2003). Demikian juga pada batang dan daun barley (Grashoff and d'Antuono 1997), batang padi (Kobayasi *et al.* 2001), batang kentang (Xu *et al.* 2009), dan kelarutan karbohidrat dalam biji jagung (Cui *et al.* 2012). Perbedaan varietas dapat menyebabkan perbedaan sensitivitasnya terhadap intensitas cahaya rendah (Fu *et al.* 2011).

Seleksi genotipe untuk toleransi terhadap intensitas cahaya rendah di lapang menggunakan paranet atau ditanam di sela-sela tanaman perkebunan menggunakan entri dalam jumlah yang banyak tidak efisien, karena itu diperlukan metode yang cepat dengan memberikan intensitas cahaya yang sangat rendah atau menumbuhkan dalam ruang gelap. Seleksi cepat toleransi tanaman terhadap intensitas cahaya rendah di ruang gelap telah dilakukan pada fase kecambah tanaman padi (Yifeng 2013, Soepandi *et al.* 2013) dan ternyata mempunyai akurasi yang sama dengan pengujian di lapang.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh metode cepat penyaringan genotipe toleran dan mengetahui mekanisme toleransi tanaman jagung terhadap intensitas cahaya rendah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Mei 2012 di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros. Tanaman jagung ditumbuhkan di ruangan dengan intensitas cahaya sangat rendah/ruang gelap menggunakan kain hitam sebagai penghambat intensitas cahaya. Penelitian terdiri dari tiga tahap.

Tahap I. Penghambatan intensitas cahaya untuk penyaringan cepat

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan penghambatan intensitas cahaya yang tepat dalam menyaring genotipe terhadap toleransi cahaya rendah. Penelitian menggunakan dua tingkat penghambatan intensitas cahaya, yaitu penghambatan cahaya 99,9% menggunakan kain hitam dengan ketebalan 0,290 mm dan penghambatan cahaya 87,5% menggunakan kain tipis hitam dengan ketebalan 0,163 mm. Jagung varietas Sukmaraga, Lamuru, dan Bima-5 ditanam pada bak plastik berisi tanah dan kompos dengan perbandingan 3 kg tanah untuk 1 kg kompos. Setiap varietas ditanam 50 biji/bak plastik, setelah berumur 8 hari setelah tanam (fase kecambah), setiap varietas dimasukkan ke dalam ruang dengan penghambatan cahaya 99,9% dan 87,5%

Daya dan lama hidup tanaman setelah dimasukkan ke ruangan dengan intensitas cahaya rendah (ruang gelap) diamati setiap hari sampai sisa tanaman tumbuh < 50%. Untuk memilih penghambatan intensitas cahaya yang digunakan dalam menyaring genotipe adalah dengan perlakuan cepat sampai daya tumbuh tanaman < 50%.

Tahap II. Evaluasi toleransi genotipe jagung pada intensitas cahaya rendah.

Penyaringan dilakukan terhadap 160 genotipe jagung hibrida yang ditumbuhkan dalam ruang dengan intensitas cahaya rendah (ruang gelap). Sebanyak 20 benih setiap genotipe ditumbuhkan pada *polybag* berisi campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 3:1, masing-masing satu tanaman/*polybag*. Setelah berumur 8 hari, tanaman (sudah terbentuk daun) ditempatkan dalam ruang gelap dengan tingkat penghambatan cahaya 97,2-99,9% menggunakan kain hitam dengan ketebalan 0,290 mm (hasil penelitian tahap I) dengan ukuran rangka selebar 4,5 m, panjang 9 m, dan tinggi 1,3 m. Untuk memperoleh sirkulasi udara dalam ruang, sekitar 15 cm dari permukaan tanah dibiarkan terbuka.

Pengamatan dilakukan terhadap klorofil daun menggunakan SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) pada saat sebelum perlakuan, 3 dan 6 hari setelah perlakuan. Daya tumbuh atau kemampuan hidup tanaman diamati pada hari ke-6, 7, dan 8 setelah di ruang dengan cahaya rendah.

Pemilihan tanaman toleran dilakukan dengan mengelompokkan genotipe sesuai dengan daya tumbuh/kemampuan hidup tanaman. Pengelompokan genotipe oleh Soepandi *et al.* (2013) pada tanaman padi disesuaikan pada tanaman jagung, yang terdiri atas empat kriteria, yaitu (1) sangat peka apabila daya tumbuh/kemampuan hidup tanaman < 25%, (2) peka apabila daya tumbuh/kemampuan hidup tanaman 26-50%, (3) toleran apabila daya tumbuh/kemampuan hidup tanaman 56-75%, dan (4) sangat toleran apabila daya tumbuh/kemampuan hidup tanaman $\geq 76\%$. Data lain yang dikumpulkan adalah iklim mikro (temperatur, intensitas cahaya, dan kelembaban) setiap hari.

Tahap III. Fisiologi toleransi genotipe jagung terhadap intensitas cahaya rendah.

Sebanyak 18 genotipe jagung yang telah diseleksi toleransinya terhadap intensitas cahaya rendah pada tahap II, terdiri atas sembilan genotipe toleran dan sembilan genotipe peka terhadap intensitas cahaya rendah. Sebanyak 20 benih setiap perlakuan ditumbuhkan pada *polybag* yang berisi tanah dan kompos dengan perbandingan 3:1 masing-masing satu tanaman/*polybag*. Setelah berumur 8 hari setelah tanam, masing-masing genotipe ditumbuhkan dalam ruang intensitas cahaya rendah (gelap) dan cahaya penuh (terang). Rancangan percobaan adalah acak kelompok dengan tiga ulangan.

Pengamatan dilakukan terhadap klorofil tanaman pada umur 6 hari setelah ditumbuhkan (sebelum ada tanaman layu) di ruang gelap, kadar N, karbohidrat, dan lemak pada biomas setelah tanaman ditumbuhkan pada intensitas cahaya rendah (ruang gelap) selama 8 hari (segera setelah ada tanaman layu).

Untuk mengetahui perbedaan setiap genotipe pada intensitas cahaya rendah dan cahaya penuh digunakan LSD taraf 5%. Toleransi setiap genotipe terhadap intensitas cahaya rendah diketahui dengan pengamatan penurunan daya tumbuh antara di ruang cahaya penuh dengan di ruang cahaya rendah. Untuk mengetahui perbedaan antara kelompok genotipe toleran dan peka dalam ruang cahaya rendah dan cahaya penuh digunakan uji t taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Cahaya untuk Penyaringan Cepat

Daya tumbuh tanaman semua genotipe pada ruang dengan penghambatan cahaya 87,5% sampai hari ke-8 masih 100%, sedangkan pada penghambatan cahaya 99,9% terjadi penurunan daya tumbuh yang bervariasi antargenotipe. Daya tumbuh tanaman dengan penghambatan cahaya 99,9% rata-rata 50% (Tabel 1).

Tabel 1. Ketebalan kain, penghambatan intensitas cahaya, dan daya tumbuh varietas jagung pada hari ke-8 setelah tanam.

Ketebalan penutup (mm)	Penghambatan intensitas cahaya (%)	Varietas	Daya tumbuh pada 8 hari setelah tanam (%)
0,163	87,5	Bima-5	100
		Lamuru	100
		Sukmaraga	100
		Rata-rata	100
0,290	99,9	Bima-5	60
		Lamuru	20
		Sukmaraga	70
		Rata-rata	50

Karena itu, penghambatan cahaya 99,9% digunakan untuk menyaring secara cepat genotipe jagung toleran cahaya rendah.

Evaluasi Toleransi Genotipe Jagung terhadap Intensitas Cahaya Rendah

Pengukuran unsur iklim (intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban) pada ruang gelap diperoleh data intensitas cahaya pada pukul 12,00 rata-rata 311 lux, sedangkan pada ruang cahaya penuh 40.188 lux yang berarti penghambatan cahaya dalam ruang gelap rata-rata 99,3%. Pada sore hari pukul 17.00 intensitas cahaya dalam ruang gelap terukur 120,9 lux dan pada ruang cahaya penuh 4.254,4 lux atau penghambatan cahaya 98,5%. Suhu minimum-maksimum dalam ruang intensitas cahaya rendah adalah 28,5-39,8°C dengan kelembaban nisbi 42,8% pada siang hari dan 81,7% pada dini hari. Pada ruang cahaya penuh, suhu berkisar antara 26,7-39,4°C dengan kelembaban nisbi pada siang hari 40,8% dan dini hari 76,5% (Tabel 2). Data ini menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban tidak tampak perbedaan yang mencolok antara ruang dengan intensitas cahaya rendah dengan ruang cahaya penuh. Karena itu, perbedaan pengelompokan genotipe yang ditumbuhkan dalam ruang dengan intensitas cahaya rendah adalah berdasarkan tanggap genotipe terhadap stres intensitas cahaya rendah.

Penyaringan terhadap 160 genotipe jagung (Tabel 3) menunjukkan bahwa genotipe mempunyai daya tumbuh yang bervariasi dan mengelompok tingkat toleransinya terhadap intensitas cahaya rendah setelah tanaman jagung ditumbuhkan selama 6-8 hari. Sebelum hari ke-6, semua genotipe mempunyai daya tumbuh 100%. Setelah ditumbuhkan di ruang dengan intensitas cahaya rendah selama 6 hari, terdapat 30 genotipe yang tergolong toleran dan 23 genotipe sangat toleran. Pada hari ke-7 terdapat 12 genotipe yang toleran dan tiga genotipe sangat toleran. Pada hari ke-8 terdapat tujuh genotipe yang toleran dan dua genotipe sangat toleran. Berdasarkan sebaran tingkat toleransi tanaman jagung terhadap intensitas cahaya rendah (Tabel 3), maka untuk

Tabel 2. Intensitas cahaya, kelembaban nisbi, dan suhu pada ruang dengan intensitas cahaya rendah dan ruang cahaya penuh.

Waktu pengukuran (pukul)	Ruang cahaya rendah			Ruang cahaya penuh		
	Intensitas cahaya (lux)	Kelembaban (%)	Suhu rata-rata °C	Intensitas cahaya (lux)	Kelembaban (%)	Suhu rata-rata °C
04.30	0	81,7	28,5	0	76,5	26,7
12.00	311,7*	42,8	39,8	40187,5	40,8	39,4
17.00	120,9**	64,3	34,7	4254,4	62,0	34,8

:*= penghambatan intensitas cahaya 99,3%, **= penghambatan Intensitas cahaya 98,5%.

Tabel 3. Jumlah genotipe jagung yang tumbuh di ruang dengan intensitas cahaya rendah berdasarkan pengelompokan toleransi.

Reaksi terhadap intensitas cahaya rendah	Daya tumbuh (%)	Lama dalam ruang gelap (hari)		
		6	7	8
		Jumlah genotipe		
Sangat peka	<25	56*	125**	145***
Peka	26–50	51	20	6
Toleran	51–75	30	12	7
Sangat toleran	76–100	23	3	2
		160	160	160

*12 genotipe memiliki daya tumbuh 0%,

**100 genotipe memiliki daya tumbuh 0%,

***semuanya mati.

menyeleksi tanaman jagung toleran terhadap intensitas cahaya rendah secara cepat dengan tingkat seleksi yang lebih ketat adalah dengan cara menumbuhkan tanaman jagung setelah berkecambah di dalam ruang intensitas rendah selama 8 hari.

Berdasarkan pengelompokan toleransi terhadap intensitas cahaya rendah dengan menumbuhkan di ruang gelap selama delapan hari diperoleh tujuh genotipe yang toleran, yaitu G02 x 7, CY 15 x MAL03, AP.1 x 1042-37, B11 x 265-A, MR 12 x MAL04, MR 14 x 270 C, G02 x 5, dan dua genotipe sangat toleran, yaitu AMB07 x CML161 dan 104-9 x 1027-11 (Tabel 4.). Genotipe AMB07 x CML161 dan 104-9 x 1027-11 yang tergolong toleran cahaya rendah juga toleran N rendah dan mempunyai hasil biji yang setara dengan varietas Bima-2, Bima-3, Bima-4, dan Bisi-2 (Syafuddin *et al.* 2012). Hal ini mengindikasikan bahwa kedua genotipe tersebut berpeluang dikembangkan sebagai tanaman sela di antara tanaman perkebunan.

Fisiologi Toleransi Genotipe Jagung terhadap Intensitas Cahaya Rendah

a. Kandungan klorofil dan N

Penumbuhan jagung setelah berkecambah di dalam ruang dengan intensitas cahaya rendah mengakibatkan penurunan klorofil, bergantung pada tingkat toleransi tanaman dan lamanya dalam ruang dengan intensitas cahaya rendah. Pada genotipe toleran, rata-rata penurunan klorofil setelah tanaman ditumbuhkan dalam ruang gelap selama enam hari berkisar 40–45%, sedangkan pada genotipe peka lebih tinggi, mencapai 48%. Genotipe toleran mempunyai klorofil (45–46 unit) relatif lebih tinggi dibanding genotipe peka sesudah

Tabel 4. Genotipe jagung toleran cahaya rendah.

Genotipe	Daya tumbuh (%)	Reaksi terhadap intensitas cahaya rendah
G 02 X 7	56	Toleran
CY 15 X MAL 03	56	Toleran
AP.1 X 1042-37	60	Toleran
B 11 X 265-A	60	Toleran
MR 12 X MAL 04	60	Toleran
MR 14 X 270 C	70	Toleran
G 02 X 5	71	Toleran
AMB 07 X CML 161	80	Sangat toleran
1044-9 X 1027-11	100	Sangat toleran

Tabel 5. Klorofil daun tanaman jagung berdasarkan SPAD sebelum dan setelah ditumbuhkan di ruang dengan intensitas cahaya rendah.

Kelompok genotipe	Lama tanaman di ruang intensitas cahaya rendah (hari)			Penurunan (%)
	0	3	6	
	Klorofil SPAD (unit)			
Sangat peka	40,8	28,8	21,1	48,2
Peka	41,8	29,8	21,5	48,5
Toleran	44,9	30,0	24,8	44,7
Sangat toleran	45,8	32,0	27,1	40,8

ditumbuhkan di ruang dengan intensitas cahaya rendah selama enam hari (Tabel 5).

Pengujian lebih lanjut terhadap kelompok genotipe peka dan toleran menunjukkan bahwa kandungan klorofil antargenotipe adalah sama, yang ditunjukkan oleh klorofil antara setiap genotipe sebelum ditumbuhkan dan sesudah ditumbuhkan enam hari di ruang terang. Penumbuhan genotipe peka dan toleran selama tiga hari dalam ruang gelap mempunyai klorofil (SPAD) yang tidak berbeda nyata. Setelah ditumbuhkan selama enam hari, klorofil genotipe peka nyata lebih rendah dibanding dengan genotipe toleran (Tabel 6 dan Gambar 1). Hal ini menunjukkan konsistensi hasil penelitian penyaringan sebelumnya. Pada genotipe peka, laju penurunan klorofil lebih cepat dibanding genotipe toleran. Penurunan klorofil genotipe toleran rata-rata 28,7% (12,7–41,9%), sedangkan genotipe peka 52% setelah ditumbuhkan 6 hari di dalam ruang gelap. Genotipe 1044-9 x 1027-11 mempunyai penurunan klorofil terendah, hanya 12,7%. Penumbuhan tanaman pada fase kecambah/bibit di dalam kondisi gelap tidak mengakumulasi klorofil dan tanaman menguning yang disebabkan oleh karotenoid (Hopkins 1995). Klorofil yang terbentuk pada awal pertumbuhan digunakan untuk proses fotosintesis pada saat di ruang intensitas cahaya rendah. Karena itu, genotipe toleran dapat bertahan

Tabel 6. Klorofil daun dan kadar N jaringan tanaman (batang + daun) beberapa genotipe jagung toleran dan peka cahaya rendah.

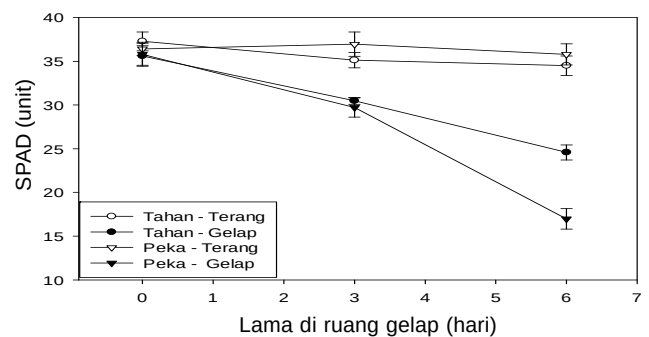
Genotipe	Klorofil (SPAD (Unit))*		Penurunan (%)	Nitrogen (%)		Peningkatan (%)
	Ruang terang	Ruang gelap		Ruang terang	Ruang gelap	
Genotipe toleran						
1044-9 X 1027–11	30,7	26,8	12,7	3,84	3,87	0,8
AMB07 X CML 161	33,4	23,0	31,1	3,85	3,88	0,8
AP.1 X 1042–37	30,1	20,2	32,9	3,91	3,84	-1,8
G 02 X 5	32,6	26,2	19,6	3,84	3,83	-0,3
G 02 X 7	33,6	25,0	25,6	3,54	3,90	10,2
CY 15 X MAL03	36,4	27,4	24,7	4,07	4,38	7,6
B 11 X 265–A	35,0	23,0	34,3	4,08	4,31	5,6
MR 14 X 270 C	38,2	22,2	41,9	3,98	4,67	17,3
MR 12 X MAL 04	40,4	27,4	32,2	4,01	4,81	20,0
Rata-rata	34,5	24,6	28,7	3,90	4,17	6,7
Genotipe peka						
B 11 X 174 A	29,8	10,6	64,4	3,93	4,36	10,9
CY 11 X MAL 03	33,6	20,7	38,4	4,15	4,45	7,2
B 11 X 190 C	35,9	17,8	50,4	3,88	4,18	7,7
MR 14	38,6	19,7	49,0	4,11	4,40	7,1
MAL 01 X 4	35,4	12,3	65,3	3,70	4,38	18,4
MR 11 X 2	36,1	18,6	48,5	3,97	4,30	8,3
6 X MR 12	41,7	15,4	63,1	4,10	4,12	0,5
MR 11 X 4	32,1	18,2	43,3	4,28	5,17	20,8
CY 16 X CY 11	38,9	19,5	49,9	3,67	4,37	19,1
Rata-rata	35,8	17,0	52,5	3,98	4,42	11,1
LSD	3,07 ⁱⁿ	2,95 *		0,43 ⁱⁿ	0,22 ^{**}	
KK(%)	12	20		30	5	

Setelah 6 hari tanaman ditumbuhkan pada ruang gelap.

hidup, melakukan fotosintesis lebih lama, dan memanfaatkan klorofil lebih efisien dibanding genotipe peka.

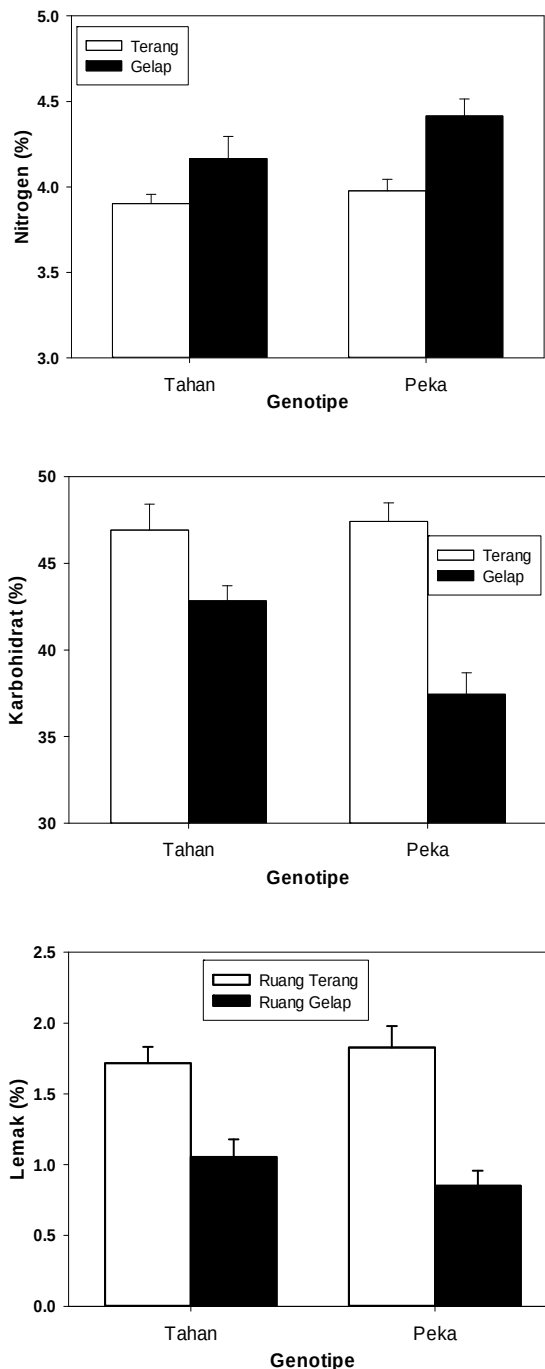
Kandungan N jaringan pada daun + batang meningkat apabila tanaman ditumbuhkan dalam ruang dengan intensitas cahaya rendah (Tabel 6). Secara umum klorofil berkorelasi positif dengan kadar N (Syafuruddin *et al.* 2008.), namun hal ini menunjukkan bahwa klorofil daun tidak hanya dipengaruhi oleh N, tetapi juga cahaya matahari. Penghambatan cahaya (naungan) meningkatkan kadar N daun tanaman jagung (Braconnier 1998), sorgum (Palis and Bustrilos 2013), barley (Grashoff and d'Antuono 1997), rumput *Posidonia sinuosa* (Collier *et al.* 2010), dan batang padi (Kobayasi *et al.* 2001).

Secara umum, peningkatan kadar N jaringan genotipe toleran lebih rendah dibanding genotipe peka. Genotipe toleran jika ditumbuhkan pada ruang dengan intensitas cahaya rendah mempunyai kadar N jaringan 3,9-5,2% dan pada ruang cahaya penuh 3,5-4,1% yang berarti terjadi peningkatan 6,7%. Genotipe peka yang ditumbuhkan di ruang dengan intensitas cahaya rendah mempunyai kadar N 4,1-5,2% dan pada kondisi cahaya penuh 3,7-4,3% atau terjadi peningkatan 11,1%.



Gambar 1. Klorofil/SPAD pada genotipe jagung toleran dan peka yang ditumbuhkan dalam ruang gelap dan terang.

Kadar N genotipe toleran tidak berbeda nyata dengan genotipe peka pada penumbuhan di ruang intensitas cahaya rendah, tetapi nyata lebih rendah pada cahaya penuh (Gambar 2). Hal ini berarti peningkatan kadar N genotipe toleran di ruang dengan intensitas cahaya rendah nyata lebih rendah dibanding genotipe peka. Cahaya rendah akan menyebabkan tanaman jagung beretiolasi, sedangkan serapan N yang tinggi dan berlebih akan menyebabkan tanaman lebih tinggi dan



Gambar 2. Kadar N (atas), karbohidrat (tengah), dan lemak (bawah) genotipe jagung toleran dan peka yang ditumbuhkan pada ruang gelap dan terang.

mudah rebah. Genotipe peka dalam ruang intensitas cahaya rendah memiliki serapan N yang tinggi dan penurunan klorofil lebih cepat sehingga tanaman mudah layu dan akhirnya mati. Rendahnya serapan N genotipe toleran pada kondisi cahaya rendah

merupakan strategi toleransi secara *avoidance* (penghindaran).

a. Kandungan karbohidrat dan lemak

Semua genotipe pada fase berkecambah di ruang dengan intensitas cahaya rendah mengalami penurunan kadar karbohidrat (Tabel 7). Genotipe toleran dan peka mempunyai potensi karbohidrat yang setara dengan genotipe peka yang ditunjukkan oleh tidak adanya perbedaan yang nyata pada kondisi cahaya penuh. Kandungan karbohidrat genotipe toleran rata-rata 46,9%, sedangkan pada genotipe peka 47,4%. Pada ruang dengan intensitas cahaya rendah, genotipe toleran mempunyai kandungan karbohidrat lebih tinggi dan turun lebih rendah dibanding genotipe peka. Kandungan karbohidrat genotipe toleran adalah 42,8% atau menurun 8,7% sedangkan pada genotipe peka 37,5% atau menurun 21,0% (Gambar 2 dan Tabel 7). Fotosintesis akan menghasilkan karbohidrat dan proses reaksi tersebut membutuhkan energi yang berasal dari cahaya matahari (Taiz and Zeiger 2002). Klorofil adalah pigmen utama dalam memanen energi cahaya untuk digunakan dalam fotosintesis (Hopkins 1995).

Tanaman yang ditumbuhkan dalam ruang dengan intensitas cahaya rendah tidak memperoleh energi sehingga sangat sedikit bahkan tidak terjadi fotosintesis, tetapi lebih banyak terjadi respirasi. Karena itu, karbohidrat sebagai hasil fotosintat sebelum dimasukkan ke dalam ruang gelap dijadikan sebagai energi untuk proses respirasi. Pada genotipe toleran, untuk bertahan hidup lebih lama menggunakan karbohidrat dalam proses respirasi lebih efisien dibanding genotipe peka pada penumbuhan di ruang gelap.

Dalam kondisi intensitas cahaya rendah, kandungan lemak juga mengalami penurunan pada semua genotipe dan mempunyai pola yang sama dengan penurunan karbohidrat (Tabel 7). Beberapa genotipe kelompok peka mempunyai lemak yang relatif lebih tinggi dibanding genotipe toleran, namun pada ruang dengan intensitas cahaya rendah, beberapa genotipe dari kelompok toleran mempunyai lemak yang lebih tinggi dibanding genotipe peka. Hal ini berarti penurunan kandungan lemak genotipe peka lebih tinggi dibanding genotipe toleran. Penurunan lemak pada genotipe peka rata-rata 51,1% sedangkan pada genotipe toleran hanya 37,3% (Tabel 7 dan Gambar 2). Kandungan lemak juga dijadikan energi dalam proses respirasi. Karena itu, agar dapat tumbuh dalam ruang dengan intensitas cahaya rendah maka genotipe toleran selain memanfaatkan karbohidrat sebagai cadangan utama juga memanfaatkan lemak untuk proses respirasi secara efisien.

Tabel 7. Kadar dan jumlah karbohidrat beberapa genotipe jagung toleran dan peka cahaya rendah.

Genotipe	Kadar karbohidrat* (%)		Penurunan (%)	Kandungan Lemak* (%)		Penurunan (%)
	Ruang terang	Ruang gelap		Ruang terang	Ruang gelap	
Genotipe toleran						
1044 - 9 X 1027–11	47,09	43,03	8,6	1,96	1,66	15,5
AMB07 X CML 161	49,52	43,98	11,2	2,13	1,46	31,6
AP.1 X 1042–37	47,54	44,05	7,3	1,05	0,94	10,7
G 02 X 5	48,17	42,54	11,7	1,86	1,15	38,3
G 02 X 7	47,27	42,80	9,5	1,36	1,06	22,5
CY 15 X MAL03	46,88	43,39	7,4	1,72	0,83	51,6
B 11 X 265–A	45,91	42,23	8,0	2,06	0,88	57,2
MR 14 X 270 C	45,37	42,04	7,3	1,63	1,14	29,9
MR 12 X MAL 04	44,58	41,88	6,9	1,69	0,37	78,0
Rata-rata	46,93	42,84	8,7	1,719	1,055	37,3
Genotipe peka						
B 11 X 174 A	47,33	34,01	28,1	1,84	0,54	70,9
CY 11 X MAL 03	46,48	41,06	11,7	1,20	0,62	48,4
B 11 X 190 C	50,36	44,37	11,9	1,80	0,75	58,2
MR 14 *	45,87	38,30	16,5	1,86	0,65	65,2
MAL 01 X 4	47,68	34,05	28,6	2,28	0,69	69,6
MR 11 X 2	44,81	38,08	15,0	2,05	1,58	22,6
6 X MR 12	45,42	38,41	15,4	2,03	0,82	59,6
MR 11 X 4	44,31	32,97	25,6	2,38	1,12	52,8
CY 16 X CY 11	54,53	44,75	18,0	1,02	0,88	13,0
Rata-rata	47,42	37,45	21,0	1,828	0,851	51,1
LSD	0,29 ^m	0,45 ^{**}		0,4 [*]	0,4 [*]	
KK (%)	3	5		13	21	

*setelah dikonversi pada kadar air 2%.

Genotipe jagung fase kecambah yang ditumbuhkan pada ruang gelap dengan penghambatan cahaya $\pm$ 99% mengalami penurunan daya tumbuh, yang mengelompok antargenotipe sesuai dengan tingkat toleransinya setelah 6-8 hari. Untuk melakukan penyaringan ketahanan genotipe jagung yang lebih akurat terhadap cahaya rendah adalah dengan menumbuhkan hingga 8 hari. Penyaringan fase kecambah tanaman padi gogo di ruang gelap telah dijadikan metode seleksi cepat untuk mendapatkan genotipe padi gogo toleran naungan karena mempunyai tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap pengujian di lapang menggunakan paranet pada intensitas cahaya 50% dan di bawah tanaman perkebunan karet (Soepandi *et al.* 2003). Oleh karena itu, hasil penelitian ini juga memungkinkan untuk dijadikan metode seleksi genotipe jagung toleran naungan sebagai tanaman sela di antara tanaman perkebunan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa genotipe jagung yang toleran terhadap cahaya rendah mampu tumbuh lebih lama, penurunan klorofil lebih lambat, kadar karbohidrat dan lemak lebih rendah dibanding genotipe peka. Soepandi *et al.* (2003) melaporkan bahwa genotipe padi gogo toleran cahaya rendah mempunyai klorofil-a lebih tinggi dibanding genotipe

peka. Hal serupa juga dilaporkan oleh Djukri dan Purwoko (2003) pada tanaman talas. Tanaman gandum genotipe peka mempunyai penurunan nilai SPAD yang lebih rendah dibanding genotipe toleran (Mu *et al.* 2008). Kandungan karbohidrat daun dan batang genotipe padi gogo toleran lebih tinggi dan penurunannya kira-kira dua kali lebih rendah dibanding genotipe peka (Soepandi *et al.* 2003).

Genotipe 1044-9 x 1027-11 mempunyai toleransi yang tinggi dan konsisten terhadap intensitas cahaya rendah. Hal tersebut terlihat dari penurunan klorofil (12,7%), karbohidrat (8,6%), lemak (15,4%), dan peningkatan kadar karbohidrat lebih rendah (0,78%) dibanding genotipe toleran lainnya.

KESIMPULAN

1. Penyaringan cepat toleransi tanaman jagung terhadap intensitas cahaya rendah dapat dilakukan dengan menumbuhkan tanaman jagung selama 8 hari setelah berkecambah di ruang dengan intensitas cahaya rendah dengan penghambatan cahaya kurang lebih 99%.

2. Genotipe G02 x 7, CY 15 x MAL03, AP1 x 1042-37, B11 x 265-A, MR 12 x MAL04, MR 14 x 270 C, G02 x 5, AMB07 x CML161, dan 104-9 x 1027-11 toleran terhadap intensitas cahaya rendah.
3. Tanaman jagung yang ditumbuhkan dalam ruang gelap mengalami penurunan klorofil, karbohidrat, dan lemak, tetapi kandungan N meningkat. Tanaman yang toleran cahaya rendah mengalami penurunan klorofil dan karbohidrat serta meningkatkan kadar N lebih rendah dibanding genotipe peka.

DAFTAR PUSTAKA

- Bellaloui, N., J.R. Smith, A.M. Gillen, D.K. Fisher, and A. Mengistu. 2012. Effect of shade on seed protein, oil, fatty acids, and minerals in soybean lines sowing in seed germinability in the early soybean production system. *American Journal of Plant Sciences*. 3: 84-95.
- Braconnier, S. 1998. Maize-coconut intercropping: effects of shade and root competition on maize growth and yield. *Agronomie* 18:373-382.
- Collier, C.J., P. Prado, and P.S. Lavery. 2010. Carbon and nitrogen translocation in response to shading of the seagrass *Posidonia sinuosa*. *Aquatic Botany* 93: 47-54.
- Cruz, P. 1997. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of *C₄* perennial grass under field conditions. *Plant and Soil* 188:227-237.
- Cui, L., R. Gao, S. Dong, J. Zhang¹, P. Liu¹, H. Zhang, J. Meng, and D. Shi. 2012 Effects of ear shading on the anthocyanin contents and quality of kernels in various genotypes of maize. *Australian Journal of Crop Science* 6(4):704-710.
- Djukri dan B.S. Purwuko. 2003. Pengaruh naungan paranet terhadap sifat toleransi tanaman talas. *Ilmu Pertanian* 10(2):17-25.
- Fu, J., C.H. Li, J.R. Zhao, Ma Li, and T.X.Liu. 2011. Shade tolerance indices of maize: Selection and evaluation. *Ying Yong Sang Tai Xue Bao* 20(11):2705-2709 (Abstract).
- Grashoff, C. and L.F. d'Antuono. 1997. Effect of shading and nitrogen application on yield, grain size distribution and concentrations of nitrogen and water soluble carbohydrates in malting spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *European Journal of Agronomy* 6 :275-293.
- Hopkins, W.G. 1995. Introduction to plant physiology. John Wiley & Sons. Inc. p.125-135.
- Jia, S., C. Li, S. Dong, and J. Zhang. 2011. Effects of shading at different stages after anthesis on maize grain weight and quality at cytology level. *Agricultural Sciences in China* 10(1): 58-69.
- Kobayasi, K., K. Yamane, and T. Imaki. 2001. Effects of non-structural carbohydrates on spikelet differentiation in rice. *Plant Prod. Sci.* 4(1): 9-14.
- Li, H., D. Jiang, B. Wollenweber, T. Dai, and W. Cao. 2010 Effects of shading on morphology, physiology and grain yield of winter wheat. *Europ. J. Agronomy* 33: 267-275.
- MBewe, D.M.N. and R.B. Hunter. 1986. The effect of shade stress on the performance of corn for silage versus grain. *Can. J. Plant Sci.* 66: 53-60.
- Mu, H., D. Jiang, T. Dai, Q. Jingi, and W. Cao. 2008. Effect of shading on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characters in wheat flag leaves. *Scientia Agricultura Sinica* 41(2):599-606.
- Palis, R.K and A.R. Bustrillos. 2013. The effect of limited light on the carbohydrate and protein content of grain sorghum. www.sciencedirect.com
- Purnomo, J. 2005. Tanggapan varietas tanaman jagung terhadap iradiasi rendah. *Agrosains* 7(1):86-93.
- Soepandi, D., M.A. Chozin, S. Tjitrosemitoz, dan M. Sahardi. 2003. Keefektifan uji cepat ruang gelap untuk seleksi ketenggangan terhadap naungan pada padi gogo. *Hayati*: 10(3): 91-95.
- Syafruddin, S. Saenong, dan Subandi 2008. Penggunaan bagan warna daun untuk efisiensi penggunaan N pada tanaman jagung. *Jurnal Penelitian Pertanian*. 27(1):24-31.
- Syafruddin, M. Azrai, dan Suwanti. 2012. Genotipe jagung toleran N rendah. Seminar Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional, Bandung, 29-30 November 2012.
- Taiz, L. and E. Zieger. 2002. Plant physiology. Third edition. Sinauer Associates Inc. Pub. Sunderland, Massachusetts. p .111-192.
- Yifeng, C. 2013. Establishment of rapid screening techniques for shade-tolerant rice (*Oryza sativa* L.). www.CNKI.com.o (Abstract). April 2013.
- Xu Z., Y. Jitsuyama, T. Terauchi, and K. Iwama¹. 2009. Effects of drought and shading on non-structural carbohydrate stored in the stem of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Prod. Sci.* 12(4): 449-452.