

## **Validasi Galur-Galur Padi Nipponbare Mutan Inseri Kandidat Toleran Naungan Pada Kondisi Cekaman 55% Naungan Fase Vegetatif**

### ***Validation of Mutant Rice Line Insertion Shade Tolerant Candidate In Condition of Stress 55% Shade on Vegetative Stage***

**Carla Frieda Pantouw<sup>1\*)</sup>**, Vincentia Esti Windiastri<sup>1</sup>, Ade Nena Nurhasanah<sup>1</sup>, dan Satya Nugroho<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Pusat Penelitian Bioteknologi  
Jl. Raya Bogor KM. 46 Cibinong Bogor 16911  
Tel. +628754587/+628754627  
Email: carlapantouw@gmail.com

#### **ABSTRACT**

Increased agricultural production have to be done to meet the national food demands. Land conversion causes the problem of reduced arable land. Utilization of acreage under the stands of industrial plants and industrial forests is one way that can be used to solve the problem. Development of low light intensity tolerant rice is necessary for utilizing the area. Shade stress affects the growth and development of plant morphology, which will lead to decreased rice production. In the stress condition, rice tends to reduce the number of tillers, the number of leaves, stems and roots in response to the low intensity of light. Therefore it is necessary to study the regulation and process of plant metabolism in shaded condition so that will be obtained information of genes associated with tolerance of the shading . In the previous research, there was screening of insertion mutant lines with 100% shade tolerance in germination phase and obtained tolerant shading lines which were 4, 97, 65 and 11. This study aims to validate the candidate which are tolerance of 100% shade stress in the vegetative stage with condition of 55% shade. There were 12 mutant insertion lines with 5 replicates for each strain planted under stress conditions of 55% shade. Nipponbare without a mutation process (pure line) was used as a control in this study. Parameters observed included the percentage of plant height reduction, and reduction number of tillers . The results of this study indicate that each candidate shade tolerance line has certain superiority in different parameters. In the plant height parameters, two mutant strains, ie 65-1-5-19 and 11-1-1, have the highest percentage of plant height that is small compared to other lines. As for the parameter of the number of tillers, 11-2-3 and 97-3p lines are the two lines whose percentage of reduction for of the lowest number of tillers.

---

Keywords: vegetative phase, shade tolerant candidate, rice insertion mutant, validation

#### **ABSTRAK**

Peningkatan produksi pertanian perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional. Pemanfaatan areal di bawah tegakan tanaman industri dan hutan industri dapat membantu peningkatan tersebut. Pengembangan tanaman padi toleran intensitas cahaya rendah perlu dilakukan untuk pemanfaatan areal tersebut. Cekaman naungan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan morfologi tanaman, sehingga mengakibatkan penurunan produksi tanaman padi. Pada kondisi tercekam, padi mengurangi jumlah anakan, jumlah daun, batang dan akar sebagai respon dari rendahnya intensitas cahaya yang didapat. Oleh karena itu perlu dipelajari regulasi dan proses

*Editor: Siti Herlinda et. al.*  
ISBN: 978-979-587-748-6

metabolisme tanaman dalam kondisi ternaungi sehingga akan diperoleh informasi gen-gen yang terkait dengan sifat toleransi tersebut. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penapisan galur-galur mutan insersi dengan cekaman 100% naungan pada fase perkecambahan dan diperoleh kandidat galur-galur toleran naungan yaitu galur 4, 97, 65 dan 11. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan validasi terhadap anakan dari galur-galur kandidat toleran cekaman naungan 100% tersebut pada fase vegetatif dengan kondisi cekaman 55% naungan. Terdapat 12 galur mutan insersi dengan 5 ulangan untuk masing-masing galur yang ditanam dalam kondisi cekaman 55% naungan. Nipponbare tanpa proses mutasi (galur murni) digunakan sebagai kontrol pada penelitian ini. Parameter yang diamati meliputi persentase reduksi tinggi tanaman, dan jumlah anakan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa masing-masing galur kandidat toleran naungan mempunyai keunggulan tertentu pada parameter yang berbeda. Pada parameter tinggi tanaman, dua galur mutan, yakni 65-1-5-19 dan 11-1-1, mempunyai persentase reduksi tinggi tanaman yang paling kecil dibandingkan dengan galur lainnya. Sedangkan untuk parameter jumlah anakan, galur 11-2-3 dan 97-3p adalah dua galur yang persentase reduksi jumlah anaknya paling rendah.

---

Kata kunci: fase vegetatif, kandidat toleran naungan, padi mutan insersi, validasi

## **PENDAHULUAN**

Keterbatasan lahan pertanian merupakan salah satu masalah serius di Indonesia karena berkaitan erat dengan ketersediaan pangan nasional. Untuk memenuhi kebutuhan pangan khususnya padi sebagai bahan pangan pokok masyarakat Indonesia sampai 2050 maka perlu dilakukan perluasan lahan pertanian sebagaimana yang dicanangkan oleh pemerintah. Lahan yang tersedia umumnya berupa lahan marginal dan lahan suboptimal seperti lahan kering bertanah masam atau areal di bawah tegakan tanaman perkebunan (Mulyani et al 2011), dan hutan tanaman industri (HTI). Luasan areal HTI ada sekitar 12,1 juta ha yang dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dengan menanam tanaman sela seperti padi, kedelai, sorgum, talas dan lain-lainnya. Kendala utama pada lahan HTI ialah rendahnya intensitas cahaya karena faktor naungan.

Cahaya sangat besar peranannya dalam proses fisiologi, seperti fotosintesis, respirasi, pertumbuhan dan perkembangan, penutupan stomata dan perkecambahan (Taiz dan Ziger 2002). Menurut McNellis dan Deng (1995) cahaya merupakan faktor penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena selain berperan dominan pada proses fotosintesis, juga sebagai pengendali, pemicu dan modulator respons morfogenesis, khususnya pada tahap awal pertumbuhan tanaman. Penurunan cahaya akan mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya pencarian tanaman padi yang toleran terhadap kondisi naungan.

Persentase naungan sangat berpengaruh terhadap fotosintesis. Semakin tinggi persentase naungan, semakin rendah intensitas cahaya yang ditangkap oleh tanaman. Pembuatan naungan dapat dilakukan dengan menggunakan paranet yang telah dibuat dengan intensitas cahaya yang berbeda atau dibuat dengan pola penanaman menggunakan sistem integrasi dengan tanaman kehutanan seperti karet, kelapa sawit dan sengon. Padi Gogo ditanam sebagai tanaman sela di bawah tegakan pohon karet berumur 2 tahun setara dengan paranet 25%, sedangkan nilai di bawah tegakan karet umur 3 tahun setara dengan paranet 50% dan untuk umur 4 tahun sudah melebihi naungan paranet 75% (Chozin et al. 1999; Haris 1998). Priatna Sasmita et al (2006) melakukan penelitian tentang cekaman naungan dan menemukan galur-galur padi gogo haploid ganda GI-8, IG-19, dan IW-56

konsisten toleran naungan dan adaptif terhadap kondisi tumpang sari padi-jagung, dan E.Lubis et al (2007) melakukan percobaan 10 hari ditempat gelap (100% tanpa cahaya) dan setelah itu diberikan cahaya dan diperoleh satu galur padi Gogo yaitu B11178G-TB-29 yang memberikan respon toleran terhadap naungan.

Perbaikan tanaman yang mampu adaptasi terhadap cekaman abiotik perlu didukung oleh tersedianya keragaman genetik yang adaptif terhadap berbagai cekaman (Sopandie, 2014). Sejumlah penelitian di IPB, Balai Penelitian Tanaman Padi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik telah dilakukan untuk mengidentifikasi genotip-genotip yang toleran terhadap cekaman abiotik. Selain itu, dengan pendekatan *forward genetic* menggunakan *repoter gene* dan galur *activation tagged* dapat juga diperoleh mutan potensial toleran terhadap cekaman termasuk naungan.

Dalam penelitian Lutt et al (2002) pada padi Gogo menunjukkan bahwa galur toleran padi gogo memperlihatkan kandungan pati pada daun dan batang yang lebih tinggi dari pada yang peka pada saat dinaungi 50% saat vegetative aktif. Dan menurut Erlangga (2008)naungan dapat meningkatkan tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun tanaman kunyit, tetapi jumlah anakan dan jumlah daun lebih banyak pada kondisi tidak ternaungi.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penapisan galur-galur mutan insersi dengan cekaman 100% naungan pada fase perkecambahan dan diperoleh kandidat galur-galur toleran naungan yaitu galur 4, 97, 65 dan 11. Oleh karena itu perlu dilakukan percobaan yang bertujuan untuk melakukan validasi terhadap anakan dari galur-galur kandidat toleran cekaman naungan 100% tersebut pada fase vegetatif dengan kondisi cekaman 55% naungan.

## BAHAN DAN METODE

Benih mutan insersi yang diperoleh dari koleksi benih padi Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI. Penelitian dilakukan di Laboratorium Genomik dan Perbaikan Mutu Tanaman Pusat Penelitian Penelitian Bioteknologi LIPI. Benih yang digunakan adalah 12 galur padi mutan insersi dan benih Nipponbare

Benih dari masing-masing galur mutan insersi disemai di media tanah humus dan pupuk kandang (perbandingan 3:1) pada ember-ember plastik hitam (diameter 30 cm). Benih-benih tersebut ditanam pada 2 macam kondisi naungan, yakni ternaungi paranet 55% (perlakuan cekaman naungan 55%) dan tanpa naungan sama sekali (Gambar 1) Masing-masing galur mutan insersi memiliki 10 ulangan pada masing-masing kondisi naungan.

Pengaruh naungan dievaluasi dengan mengamati karakter agronomi pada fase vegetatif yaitu tinggi tanaman, dan jumlah anakan (total dan produktif). Untuk mengetahui performa setiap galur pada tanaman yang diberikan perlakuan cekaman dibandingkan dengan dirinya sendiri pada kondisi tanpa cekaman, digunakan analisis persentase reduksi (Gambar 2).

$$\text{prosentase reduksi} = \frac{\text{rerata data tanaman kontrol} - \text{rerata data tanaman perlakuan}}{\text{rerata data kontrol}} \times 100\%$$

Gambar 2. Rumus persentase reduksi data kuantitatif tanaman perlakuan terhadap data kuantitatif tanaman kontrol.



Foto 1. Tempat percobaan skrining populasi padi mutan terhadap cekaman naungan 55%. Tanaman yang diperlakukan dengan cekaman naungan 55% diletakkan di bawah rumah berparanet (*belakang*), sedangkan tanaman tanpa cekaman naungan diletakkan tanpa naungan sama sekali (*depan*).

Selain itu analisis pola insersi juga dilakukan pada tetua galur mutan insersi yang diuji. Analisis pola insersi tanaman mutan ini dilakukan dengan cara mengamplifikasi gen *hptII* dan *bar*. Dua belas tanaman mutan insersi yang tahan cekaman naungan hasil penelitian sebelumnya disemai dan pada hari ke-21 sampel daun diambil dari masing-masing tanaman pada tiap galur. Sampel daun tersebut diisolasi DNA dengan metoda CTAB. DNA genomic sebanyak 10-50 ng digunakan untuk analisis PCR menggunakan primer pengenal gen *hptII* dan *bar*. PCR amplifikasi gen *hptII* menggunakan primer HPT-F1 (5'-GCATCTCCC GCCGTGCAC-3'; dan HPT-R1 (5'-GATGCCTCCGCTCGAAGTAGCG-3') dengan kondisi PCR 2 menit pada 95°C, 36 siklus dari 95°C selama 1 menit, 62°C selama 1 menit, 72°C selama 1 menit; dan 7 menit pada 72°C. Sedangkan amplifikasi gen BAR menggunakan primer BAR-48-F (5'-ACCATGAGCCCAGAACGACGC-3') dan BAR-540-R (5'-CAGGCTGAAGTCCAGCTGCCAG-3') dengan kondisi PCR 95°C, 35 siklus dari 95°C selama 1 menit, 62°C selama 1 menit, 72°C selama 1 menit; dan 7 menit pada 72°C.

## HASIL

### Analisis pola insersi

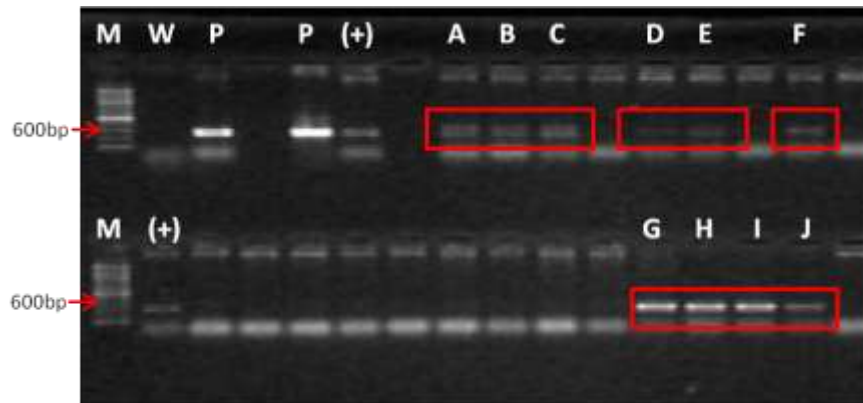
Galur mutan insersi yang digunakan merupakan populasi mutan insersi transposon Ac/Ds hasil dari penelitian sebelumnya. Konstruksi Ac/Ds yang terinsersi pada tanaman-tanaman percobaan mempunyai penanda untuk seleksi (*selectable marker*) yakni gen *hptII* yang merupakan penanda untuk Ac dan gen *bar* yang merupakan penanda untuk Ds.

Tabel 1. Pola insersi galur tetua tanaman percobaan yakni galur 11, 65 dan 97-3p. (+): tanaman mutan mengamplifikasikan gen terkait, (-): tanaman mutan tidak mengamplifikasikan gen terkait.

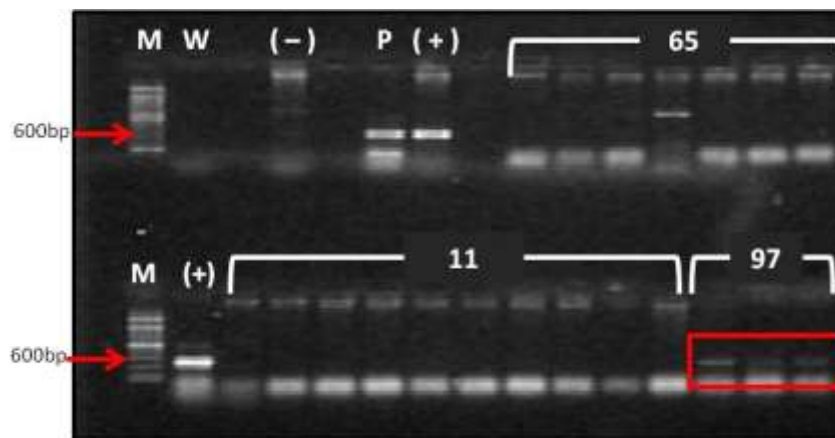
Galur	<i>hptII</i>	<i>bar</i>
11	(+)	(-)
65	(+)	(-)
97-3p	(+)	(+)

Pola insersi pada tabel 1, semua tetua galur mutan insersi masih memiliki konstruksi Ac dari insersi Ac/Ds pada genom DNANYa, karena semua galur mengamplifikasin gen *hptII*. Namun galur 97-3p masih memiliki konstruksi Ds dari insersi Ac/Ds pada DNA genomnya, karena hanya galur tersebut yang dapat mengamplifikasi gen *bar*. Dengan adanya insersi-insersi tersebut, maka keseluruhan galur terbukti merupakan galur mutan insersi.

#### Amplifikasi gen *hpt* dan *bar*



Gambar 4. Elektroforegram hasil amplifikasi gen *hptII* pada tanaman percobaan dengan menggunakan primer spesifik *hptII* menghasilkan pita DNA sebesar 496bp. (M= marker 200bp, W=air, P= plasmid pMO, (+)= kontrol positif tanaman, A= galur 65-1, B dan C= galur 65-2, D dan E= galur11-1, F= galur 11-2, G – J= galur 97-3p.



Gambar 5. Elektroforegram hasil amplifikasi gen *bar* pada tanaman percobaan dengan menggunakan primer spesifik *bar* menghasilkan pita DNA sebesar 503 bp. (M= marker 200bp, W=air, P= plasmid pMO, (+)= kontrol positif tanaman, 65= galur 65, 11= galur 11, 97= galur 97-3p

Amplifikasi gen *hptII* akan menghasilkan pita DNA sebesar 496 bp, apabila pada DNA tanaman mutan terdapat gen *hptII* (gambar 4). Adanya gen *hptII* pada tanaman mutan mengindikasikan bahwa tanaman tersebut masih memiliki konstruksi Ac dari hasil insersi Ac/Ds transposon. Sedangkan munculnya pita DNA sebesar 503 bp pada hasil amplifikasi gen *bar*, menandakan bahwa pada tanaman mutan tersebut masih tertambat konstruksi Ds dari insersi Ac/Ds (gambar 5).

### Tinggi tanaman

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa sebaran pertumbuhan tanaman paling tinggi di setiap minggunya berbeda-beda. Pada minggu pertama galur 65-2-4 persentase reduksinya paling kecil di antara galur lainnya, yakni sebesar -61.12%. Hal tersebut berarti tanaman dari galur 65-2-4 yang tumbuh dalam cekaman naungan mempunyai tinggi dua kali lipat dari tanaman yang tumbuh tanpa cekaman naungan. Pada minggu ketiga dan keempat, galur 11-1-2 mempunyai persentase reduksi terkecil dengan angka, masing-masing, -0.31% dan -19.76%. Pada minggu kelima 65-1-5-19 dan 11-1-1 mempunyai persentase reduksi terkecil, yakni -0.21%. Tanaman dengan perlakuan cekaman naungan 55% pada galur tersebut lebih tinggi dari pada tanaman tanpa perlakuan cekaman (Gambar 3).

Tabel 1. Persentase Reduksi Tinggi Tanaman dalam cekaman naungan 55% pada minggu ke-2, 3, 4 dan 5 dari setiap galur dan varietas tanaman percobaan

Galur	Persentase Reduksi Tinggi Tanaman dalam Cekaman Naungan 55% minggu ke-			
	2	3	4	5
65-2-1	-16.30	-0.05	-0.09	-0.12
65-2-2	-18.37	-0.18	-14.78	-0.05
65-2-3	-10.16	-0.06	-5.13	-0.10
65-2-4	-61.12	-0.25	-8.03	-0.09
65-1-1-6	-20.54	-0.05	-7.80	-0.13
65-1-5-19	-37.67	-0.07	-8.05	-0.21
11-1-1	-18.82	-0.16	-13.71	-0.21
11-1-2	-32.57	-0.31	-19.76	-0.18
11-2-1	-30.72	-0.29	-14.80	-0.13
11-2-2	27.34	0.34	18.72	-0.12
11-2-3	-49.70	-0.14	-2.97	-0.20
97-3p	-38.49	0.09	0	-0.13
Nipponbare	-35.41	-0.19	-15.16	-0.19

### Jumlah Anakan

Jumlah anakan adalah salah satu sifat agronomi yang penting sebagai tolok ukur tumbuh kembang tanaman padi, terutama jumlah anakan produktif. Semakin banyak anakan produktif maka hasil panen akan semakin tinggi. Dalam percobaan cekaman naungan ini, pengamatan jumlah anakan dilakukan mulai minggu ke-2, setelah masa perkecambahan.

Pada akhir masa perkecambahan, keseluruhan tanaman, baik yang ditanam pada kondisi tercekam naungan maupun tanpa naungan, hanya memiliki 1 anakan sehingga nilai persentase reduksi jumlah anakan adalah 0 (Tabel 2). Pada minggu ke-3 galur 11-2-3 dan galur 97-3p memiliki persentase reduksi jumlah anakan paling sedikit. Sedangkan pada minggu ke-4 galur 11-2-3 lebih unggul dengan persentase reduksi jumlah anakan total paling rendah dari keseluruhan tanaman percobaan. Galur 97-3p adalah galur yang mempunyai persentase reduksi jumlah anakan paling rendah di antara tanaman percobaan pada minggu ke-5. Kedua galur mempunyai pola persentase reduksi jumlah anakan yang semakin tinggi dengan semakin lamanya waktu tanam. Hal tersebut berarti perbedaan

semakin lama waktu tanam, jumlah anakan tanaman yang ditanam pada kondisi tercekam naungan semakin jauh berbeda dengan tanaman tanpa cekaman naungan. Walaupun demikian, galur 97-3p dari minggu ke-4 menuju ke-5 persentasinya hanya naik sekitar 2.5% saja, dibandingkan dengan galur 11-2-3 yang naik hampir 21%. Jadi galur 11-2-3 dan 97-3p mempunyai keunggulan dalam sifat toleransi terhadap cekaman naungan dari hasil pengamatan jumlah anakan.

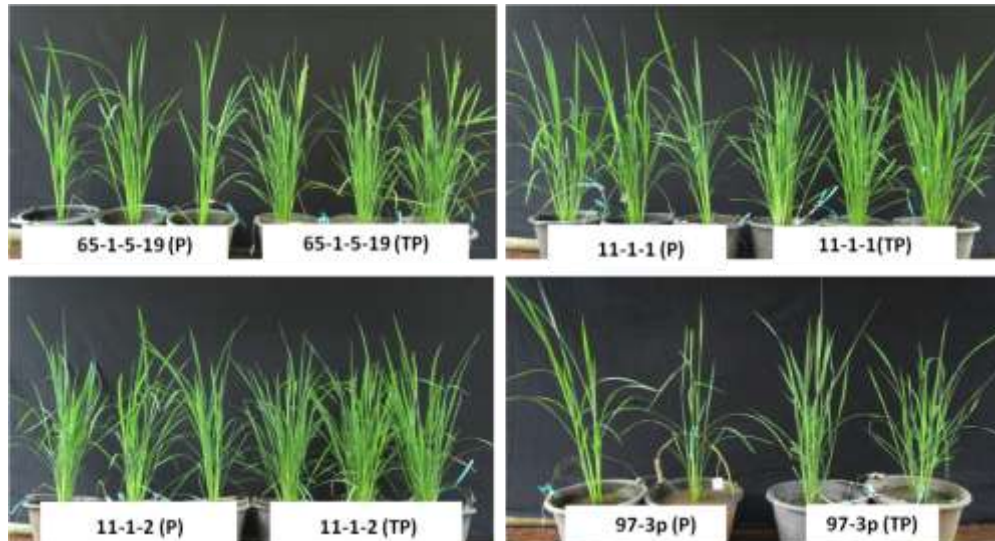


Foto 2. Tanaman percobaan dari 4 galur, yaitu: 65-1-5-19 (kiri atas), 11-1-1 (kanan atas), 11-1-2 (kiri bawah) dan 97-3p (kanan bawah) menunjukkan perbedaan pada tinggi tanaman dan jumlah anakan. (P: tanaman yang diberi perlakuan cekaman naungan 55%, TP: tanaman tanpa perlakuan cekaman).

Tabel 2. Persentase reduksi jumlah anakan total setiap galur dan varietas tanaman percobaan pada minggu ke-2, 3, 4 dan 5 setelah waktu semai.

GALUR	% Reduksi Jumlah Anakan Total Minggu ke-			
	2	3	4	5
65-2-1	0	33.33	56.67	85.71
65-2-2	0	10.00	57.14	57.14
65-2-3	0	9.09	65.63	55.07
65-2-4	0	25.00	42.86	65.26
65-1-1-6	0	50.00	55.26	64.29
65-1-5-19	0	28.57	53.33	56.58
11-1-1	0	44.44	64.10	59.22
11-1-2	0	43.75	44.12	55.21
11-2-1	0	44.44	48.48	61.25
11-2-2	0	60.00	75.56	82.50
11-2-3	0	9.09	35.48	56.40
97-3p	0	9.09	43.48	46.00
Nipponbare	0	52.38	55.26	59.41



## PEMBAHASAN

Tinggi tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan cahaya. Hal ini dikarenakan zat pengatur tumbuhan auksin yang bertanggung jawab atas pemanjangan tunas, selalu bergerak ke sisi yang lebih gelap. Oleh karena itu, makin gelap atau ternaungi kondisi tempat tanaman tumbuh, tanaman akan tumbuh lebih cepat, atau lebih tinggi dari pada yang tumbuh pada kondisi tanpa cekaman naungan. Menurut Salisbury and Ross (1995) perubahan morfologi tanaman yang terjadi akibat intensitas cahaya rendah adalah terjadinya peristiwa etiolasi, yakni pertumbuhan yang sangat cepat namun kondisi tanaman lemah, batang tidak kokoh, hal itu dikarenakan berkurangnya degradasi auksin. Etiolasi yang terjadi pada sebagian tanaman yang ternaungi disebabkan karena adanya produksi dan distribusi auksin yang tinggi sehingga merangsang pemanjangan sel yang mendorong meningkatnya tinggi tanaman. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1, di mana persentase reduksi tanaman dari setiap galur banyak yang memiliki angka negatif; yang dapat diartikan bahwa tanaman yang tercekam naungan lebih tinggi dari pada tanaman yang tumbuh tanpa cekaman naungan.

Sifat tanaman yang lebih tinggi biasanya disukai oleh pemulia tanaman, karena dengan tanaman yang tinggi akan lebih mudah untuk mengatasi persaingan cahaya matahari yang menjadi motor fotosintesis. Namun elongasi karena cekaman naungan adalah penambahan tinggi yang tidak normal, karena tidak dibarengi dengan turgoritas batang padi yang baik, sehingga dimungkinkan akan mengakibatkan tanaman mudah patah atau rebah. Oleh karena itu, perlu ditelaah lebih lanjut mengenai optimalisasi analisis sifat tinggi tanaman dalam cekaman naungan ini.

Jumlah anakan berkorelasi dengan lama waktu tanam. Semakin lama waktu tanam, semakin banyak jumlah anakan yang terbentuk. Pada kondisi intensitas cahaya yang rendah dapat mengakibatkan laju fotosintesis menurun sehingga produksi fotosintat yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan juga menurun. Hal ini mengakibatkan jumlah anakan pada tanaman padi dalam kondisi ternaungi menjadi rendah. Pada padi gogo defisit cahaya menyebabkan menurunnya laju fotosintesis dan sintesis karbohidrat serta terjadi gangguan translokasi karbohidrat, gula total (sebagian besar gula non reduksi dan pati) yang menyebabkan penurunan pada seluruh bagian tanaman (Sopandie et al., 2003).

## KESIMPULAN

1. Masing-masing galur mutan terbukti sebagai tanaman mutan insersi karena dapat mengamplifikasi salah satu atau kedua gen (*hptII*, *bar*) yang diinsersikan pada tetua awalnya.
2. Persentase naungan 55% sangat berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan pada tanaman mutan insersi karena terjadinya penurunan laju fotosintesis dan distribusi fotosintat.
3. Galur yang perlu diamati lebih lanjut dalam skrining toleransi tanaman mutan terhadap cekaman naungan adalah galur 65-1-5-19, 65-2-4, 11-1-1, 11-1-2, 11-2-3 dan 97-3p yang mempunyai keunggulan pada sifat agronomi dan masa tumbuh tertentu.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Penelitian Kompetitif Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang sudah mendanai penelitian ini.

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISBN: 978-979-587-748-6



## DAFTAR PUSTAKA

- Chozin MA, Sopandie D, Sastrosumarjo. S, Suwarno. 1999. Physiology and genetic of upland rice adaptation to shade. Final Report of Graduate Team Research Grant, URGE Project. Directorate General of Higher Education, Ministry of Education and culture.
- E.Lubis, R. Hermanasari, Sunaryo, A. Santika, dan E. Suparman. 2007. Toleransi Galur Padi Gogo Terhadap cekaman Abiotik. Apresiasi HASil Penelitian Padi. Balai Besar Penelitian tanaman Padi.
- Erlangga, N. 2008. Analisis keragaman aksesori tanaman kunyit (*Curcuma domestica val*) Pada kondisi naungan dan tanpa naungan. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Harris AB, Chozin MA, Sopandie D, Las I. 1998. Karakteristik ekosistem tanaman sela padi Gogo dengan tanaman karet. Seminar Nasional, Bandar Lampung.
- McNellis T, Deng XW. 1995. Light control of seedling morphogenic pattern. *The Plant Cell* . 7:1749-1761.
- Lautt BS, Chozin MA, Sopandie, D. 2002. Pengembangan Padi Gogo Toleran Naungan: Tinjauan Karakteristik Fotosintesis dan Respirasi. Seminar IPTEK Padi Nasional I, Sukamandi.
- Mulyani, A,S. Ritung, and I, Las. 2011. Potensi dan ketersediaan sumber daya lahan untuk mendukung ketahanan pangan. *Jurnal Litbang Pertanian* 30(2): 73-80.
- Portis, AR. 1992, Regulation of Ribulose 1,5 bisphosphate carboxylase/oxygenase activity. *Annu Rev Plant Physiol plant Mol Biol* 43:415-437.
- Priatna Sasmita, Bambang, S. Purwoko, S. Sujiprihati, I. Hanarida, I.S. Dewi dan M.A Chozin. 2006. Evaluasi Pertumbuhan dan Produksi Padi Gogo Haploid Ganda Toleran Naungan dalam system Tumpang Sari. *Buletin Agronomi*, (34) (2) 79-86.
- Salisbury, FB dan C.W Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 3. Institut Teknologi Bandung.
- Sopandie, D, M.A. cetakan pertama 2014. Fisiologi Adaptasi Tanaman Terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika,,IPB.
- Sopandie D, Chozin MA, Sastrosumarjo S, Juheti T, Sahardi. 2003. Toleransi terhadap naungan padi Gogo. *Hayati*. 10:71-75.
- Taiz dan Zeiger 2002, Plant Physiology, 5 th edition Sinaur Associate Inc, Publishers, Massachusetts USA. Pp 200-230.