

Respon Genotipe Padi Sawah terhadap Pemupukan Nitrogen Di Dataran Tinggi

Response of Rice Genotypes to Nitrogen Fertilizer in Highland

Yusuf La'lang Limbongan^{1*}, Bambang Sapta Purwoko², Trikoesoemaningtyas² dan Hajrial Aswidinnoor²

¹Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian UKI Toraja, Jl. Nusantara No. 12 Makale, Tana Toraja, Sulawesi Selatan, Indonesia

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga 16680, Indonesia

Diterima 4 Agustus 2009/Disetujui 9 November 2009

ABSTRACT

The objective of this experiment was to study the response of rice genotypes to nitrogen under low temperature stress condition. This experiment was done at Sesean rural area, Tana Toraja Regency, South Sulawesi, 1500 m above sea level with mean temperature 18°C. Experiment was designed in Completely Randomized Block Design with two factors. The first factor comprised of 3 levels of Nitrogen dosage (0, 50, and 100 kg N / ha) and the second factor was cultivar i.e. Pulu' Mandoti, Pinjan, Lambau, Fatmawati, Sintanur and Gilirang. The results showed that at low temperature stress condition, nitrogen, cultivar and their interaction gave significant effect on percentage of pollen fertility, percentage of filled spikelet and weight of filled grain per spikelet, while interaction between nitrogen and cultivar did not significantly affect the flag leaf length and flowering date. Rice yield decreased with increasing N levels under low temperature stress condition. There were significant positive correlations between growth components (percentage of pollen fertility, flag leaf length and flowering date) and yield components (number of tiller and grain per panicle and weight of 1000 grain).

Key words: low temperature stress, nitrogen fertilizer, rice, highland, pollen fertility

PENDAHULUAN

Kegiatan pemuliaan tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada saat ini diarahkan pada perakitan kultivar baru yang memerlukan masukan rendah (*low input*) dan spesifik lokasi. Rendahnya hasil padi di Indonesia terutama disebabkan kultivar yang ditanam petani tidak efisien dalam penyerapan unsur hara pada kondisi lingkungan pertumbuhan yang bercekaman. Studi efisiensi penyerapan nitrogen pada tanaman padi sudah banyak dilakukan, namun demikian studi tentang efisiensi penyerapan nitrogen pada kondisi cekaman suhu rendah pada tanaman padi sawah belum banyak dilakukan. Penelitian di antaranya oleh Jagau (2000) pada tanaman padi gogo dengan cekaman aluminium, menunjukkan bahwa galur-galur inefisien nitrogen memiliki rasio efisiensi penggunaan nitrogen yang lebih rendah dibandingkan dengan galur efisien.

Kultivar padi lokal dataran tinggi seperti Pulu' Mandoti, Pinjan dan Lambau merupakan padi unggul lokal yang toleran terhadap cekaman suhu rendah di dataran tinggi, aromatik dan efisien terhadap pemanfaatan nitrogen, namun ketiga kultivar ini berumur panjang dan produksinya rendah. Saat ini, diperkirakan 500 000 ha lahan sawah di Indonesia terletak di dataran

tinggi (>750 m dpl.) dan sebagian besar terletak di Sulawesi Selatan dan Papua. Padi tipe baru Fatmawati, padi aromatik Sintanur, dan semi padi tipe baru Gilirang yang merupakan padi unggul yang berproduksi tinggi dan berumur pendek namun kurang mampu beradaptasi terhadap cekaman suhu rendah di dataran tinggi.

Untuk memfiksasi sifat-sifat baik yang dimiliki oleh kultivar-kultivar lokal dan padi unggul tersebut di atas, terlebih dahulu perlu diketahui respon genotipe tersebut terhadap pemupukan nitrogen sebelum dilakukan studi pewarisan sifat yang berkaitan dengan toleransi terhadap cekaman suhu rendah. Status hara nitrogen sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman padi pada kondisi cekaman suhu rendah. Lee (2001) melaporkan bahwa suhu rendah menurunkan rasio pengisian biji dengan penambahan nitrogen. Pemberian nitrogen pada fase pembentukan malai dan pada fase pembentukan daun bendera meningkatkan sterilitas malai. Pemberian bahan organik, kompos jerami dan pupuk kandang meningkatkan kondisi fisiologis padi dan mengurangi efek suhu rendah, terutama di daerah pegunungan. Pengurangan dosis pupuk nitrogen dan peningkatan aplikasi bahan organik meningkatkan hasil tanaman padi sawah pada kondisi tercekam suhu rendah.

* Penulis untuk korespondensi. E-mail: ylimbongan@yahoo.com. Telp/Fax: (0423) 23493.

Peningkatan sterilitas malai pada padi sangat berkaitan dengan intensitas cekaman suhu rendah selama perkembangan kotak sari dan serbuk sari. Pada kondisi cekaman suhu rendah, level N yang tinggi menurunkan hasil (Heenan, 1984). Pengaruh nitrogen terhadap sterilitas malai, bervariasi tergantung pada level nitrogen, tingkat cekaman suhu rendah selama perkembangan malai, terutama selama tahap perkembangan mikrospora jika kultivar padi sangat sensitif terhadap cekaman suhu rendah. Aplikasi nitrogen meningkatkan jumlah anakan dan jumlah malai per rumpun, dan sebaliknya mengurangi jumlah serbuk sari fertil per kotak sari, sehingga meningkatkan kehampaan malai pada kondisi suhu rendah (Gunawardena *et al.*, 2003).

Sobir (2005) menegaskan bahwa seleksi untuk adaptasi lokal hanya dapat dilakukan pada lingkungan tertentu yang menjadi target pemuliaan, sehingga genotipe dengan daya adaptasi tinggi untuk lingkungan tersebut umumnya kurang baik untuk lingkungan lainnya. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui respon genotipe padi sawah terhadap nitrogen dalam kondisi cekaman suhu rendah di dataran tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang respon genotipe padi sawah terhadap nitrogen dalam kondisi cekaman suhu rendah di dataran tinggi.

BAHAN DAN METODE

Percobaan ini dilaksanakan di Sesean, Kab. Tana Toraja dengan ketinggian tempat 1500 m dpl., suhu rata-rata 18°C, kelembaban relatif 88%, curah hujan rata-rata 389 mm/bulan. Percobaan berlangsung pada bulan Februari hingga Juli 2007. Percobaan dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok yang terdiri atas dua faktor dengan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah dosis nitrogen terdiri atas 3 taraf N (0, 50, dan 100 kg N/ha) dan faktor kedua adalah kultivar terdiri atas Pulu' Mandoti, Pinjan, Lambau, Fatmawati, Sintanur dan Gilirang. Benih masing-masing kultivar disemaikan secara terpisah. Setelah bibit berumur 25 hari, kemudian dipindah-tanamkan ke petakan berukuran 2 m x 1.5 m dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm.

Untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman, tiap petak diberi sekam padi dan pupuk kandang kerbau dengan dosis masing-masing 0.5 dan 1 kg/m². Ketinggian genangan air irigasi tetap dipertahankan 5 – 10 cm.

Peubah yang diamati adalah :

1. Serbuk sari fertil, dihitung dengan mengamati serbuk sari dalam 1% (b/v) larutan I₂KI (*Iodine Potassium Iodide*). Contoh untuk serbuk sari diambil paling sedikit dari 10 bunga dari satu individu tanaman pada stadia *heading* dan difiksasi dengan alkohol 70%. Tiga buah kotak sari diambil dari bunga dan ditempatkan pada kaca objek, kemudian serbuk sari dikeluarkan dengan menggunakan jarum dalam larutan I₂KI. Melalui pengamatan dengan mikroskop pada perbesaran 40x, serbuk sari yang tidak berwarna dan cerah merupakan serbuk sari yang steril sedangkan serbuk sari yang fertil berwarna hitam. Persentase serbuk sari steril merupakan rasio dari jumlah serbuk sari steril terhadap jumlah total serbuk sari yang diamati.
2. Panjang daun bendera, diukur pada daun bendera yang telah terbuka sempurna.
3. Umur berbunga, dicatat dalam hari sejak semai sampai 50% berbunga.
4. Persentase gabah bernas, dihitung dengan membandingkan jumlah gabah isi dengan jumlah gabah per malai dikali 100%.
5. Produksi GKG, ditimbang pada kadar air 14%.

Data dianalisis berdasarkan analisis F-ortogonal polinomial. Untuk mengetahui keeratan hubungan antara peubah, maka dilakukan analisis korelasi berganda. Koefisien korelasi antara peubah x_i dan x_j ditentukan melalui formula sebagai berikut :

$$r_{xixj} = \frac{n \sum xixj - (\sum xi)(\sum xj)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum x_j^2 - (\sum x_j)^2\}}}$$

Keterangan : r = koefisien korelasi
n = jumlah sampel
 X_i = peubah ke-i
 X_j = peubah ke-j

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ortogonal polinomial menunjukkan bahwa nitrogen, genotipe dan interaksinya memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap persentase serbuk sari fertil (Tabel 1). Uji F-kontras polinomial menunjukkan bahwa pengaruh tunggal nitrogen dan interaksi antara nitrogen dan genotipe, terutama disebabkan oleh respon linear.

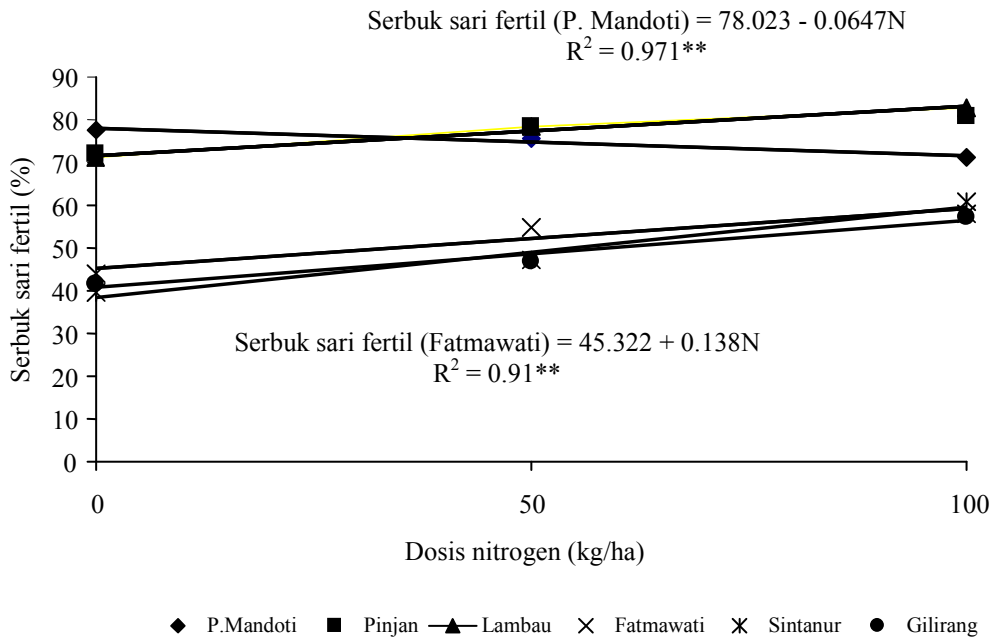
Tabel 1. Kuadrat tengah hasil analisis ortogonal polinomial untuk peubah serbuk sari fertil, panjang daun bendera, umur berbunga, persentase gabah bernas per malai dan produksi GKG

Sumber keragaman	Kuadrat Tengah				
	Persentase serbuk sari fertil	Panjang daun bendera	Umur berbunga	Persentase gabah bernas	Produksi GKG
Kelompok	1.34 tn	65.06 tn	21.91 tn	3.88 tn	0.02 tn
Nitrogen	695.79 **	180.50 **	491.69 **	622.67 **	1.56 **
<i>N Linear</i>	1390.05**	342.25 **	841.00 **	1238.10 **	3.07 **
<i>N Kuadratik</i>	1.54 tn	18.75 tn	142.37 **	7.24 tn	0.06 tn
Genotipe	2061.29**	290.71 **	2968.64 **	2153.14 **	5.56 **
Interaksi	37.81 **	14.28 tn	9.64 tn	55.59 **	0.18 **
<i>GN Linear</i>	54.81 **	18.45 tn	11.60 tn	81.74 **	0.25 **
<i>GN Kuadratik</i>	20.80 tn	10.11 tn	7.68 tn	29.44 **	0.11 **
Galat	10.55	10.53	17.53	11.05	0.03

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 0.05
 ** = Berpengaruh nyata pada taraf 0.01

Gambar 1 menunjukkan bahwa respon negatif tanaman terhadap pemupukan N hanya terjadi pada genotipe Pulu' Mandoti dengan persamaan regresi $Y = 78.023 - 0.0647N$, respon genotipe Lambau dan Pinjan nisbi sama, yakni terjadi peningkatan persentase serbuk sari fertil dengan penambahan N 50 kg/ha kemudian konstan pada penambahan N lebih lanjut menjadi 100 kg/ha. Hal yang sama juga terjadi pada genotipe

Fatmawati yakni terjadi respon yang konstan dengan penambahan dosis N hingga 100 kg/ha, namun nilai persentase serbuk sari fertil pada genotipe ini lebih rendah. Respon genotipe Sintanur dan Gilirang yang positif terhadap pemupukan N berarti bahwa untuk pembentukan serbuk sari fertil yang optimal pada genotipe ini sebaiknya dipupuk dengan dosis N 100 kg/ha.



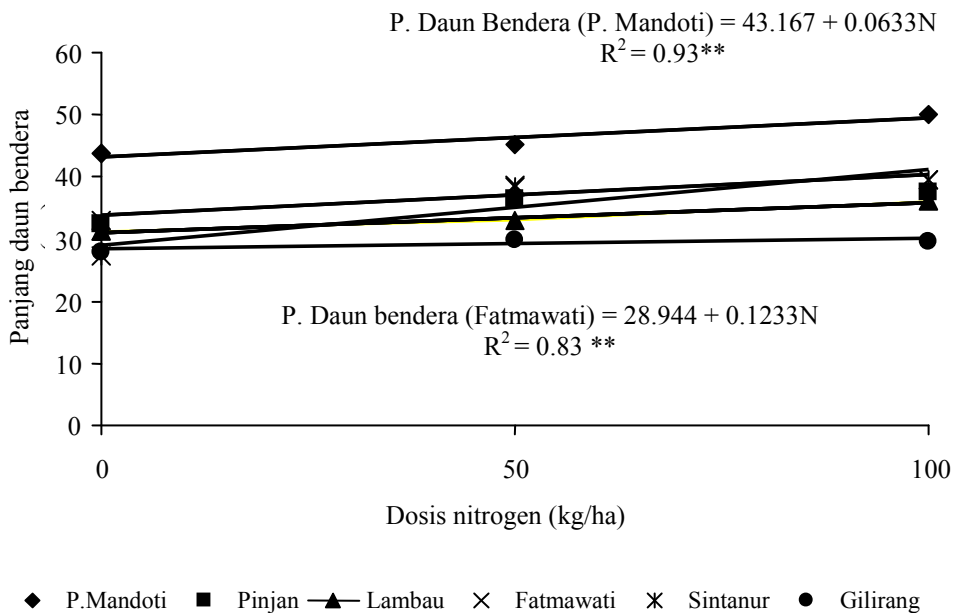
Gambar 1. Hubungan antara dosis nitrogen dengan persentase serbuk sari fertil

Persentase serbuk sari fertil pada genotipe unggul lokal relatif lebih tinggi dibandingkan dengan serbuk sari fertil pada genotipe unggul baru. Nilai persentase serbuk sari fertil tertinggi dicapai oleh genotipe Pulu' Mandoti tanpa pemupukan nitrogen yaitu 77.7%, berkurang menjadi 75.43% jika dipupuk dengan 50 kg/ha N dan 71.23% jika dipupuk dengan 100 kg/ha N, yang berarti bahwa genotipe ini tidak responsif terhadap pemupukan N. Genotipe Lambau yang diberi perlakuan nitrogen 100 kg/ha, memberikan persentase serbuk sari fertil tertinggi, berbeda nyata dengan genotipe unggul baru, namun tidak berbeda nyata dengan persentase serbuk sari fertil pada genotipe unggul lokal lainnya (Pinjan dan Pulu' Mandoti). Nilai persentase serbuk sari fertil terendah dicapai pada genotipe Sintanur yang tidak diberi pupuk nitrogen.

Suhu udara disekitar malai dan suhu lingkungan perakaran meningkatkan sterilitas pada tanaman padi, terutama jika suhu lebih rendah dari 20°C berlangsung pada stadia perkembangan mikrospora (Gunawardena dan Fukay, 2005). Efek nitrogen berbeda menurut kondisi suhu lingkungan pertumbuhan tanaman padi. Suhu rendah (< 20°C) menyebabkan penurunan yang

tajam pada fertilitas malai dengan penambahan nitrogen. Shiga (1977) melaporkan bahwa pemberian N pada stadia pembentukan malai meningkatkan sterilitas. Pemupukan N pada fase pertumbuhan daun bendera dengan cekaman suhu rendah juga mengurangi serbuk sari fertil.

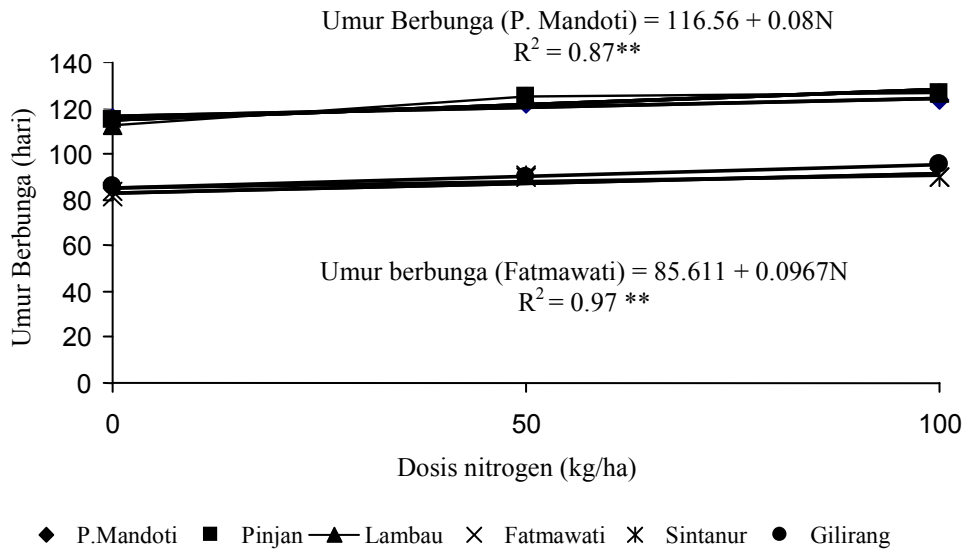
Analisis ortogonal polinomial menunjukkan bahwa nitrogen dan genotipe memberikan pengaruh yang sangat nyata sedangkan interaksinya tidak nyata terhadap panjang daun bendera. Respon genotipe terhadap pemupukan nitrogen bersifat linear. Genotipe Pulu' Mandoti memperlihatkan respon yang linier positif pada pemberian N 50 kg/ha dan dosis N 100 kg/ha. Respon kelima genotipe lainnya relatif sama di mana terjadi respon yang positif pada pemupukan N 50 kg/ha dan linier tidak nyata pada penambahan N 100 kg/ha (Gambar 2). Daun bendera pada genotipe unggul lokal Pulu' Mandoti lebih panjang dibandingkan dengan daun bendera pada genotipe lainnya. Daun bendera terpanjang dicapai pada genotipe Pulu' Mandoti dengan dosis 100 kg/ha nitrogen, berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemberian nitrogen tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan 50 kg/ha nitrogen.



Gambar 2. Hubungan antara dosis nitrogen dengan panjang daun bendera

Uji F-kontras ortogonal menunjukkan bahwa nitrogen dan genotipe memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap umur berbunga sedangkan interaksi antara genotipe dan nitrogen tidak berpengaruh nyata. Respon genotipe terhadap pemupukan nitrogen

bersifat linear. Respon semua genotipe yang diuji relatif sama di mana terjadi respon yang positif pada pemupukan N 50 kg/ha dan respon linier tidak nyata pada penambahan N 100 kg/ha (Gambar 3).



Gambar 3. Hubungan antara dosis nitrogen dengan umur berbunga

Umur berbunga lebih lambat dengan penambahan dosis nitrogen pada semua genotipe yang diuji. Umur berbunga terpanjang dicapai pada pengaruh tunggal dosis 100 kg/ha nitrogen, berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemberian nitrogen tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan 50 kg/ha nitrogen. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan dosis nitrogen pada kondisi cekaman suhu rendah pada tanaman padi menyebabkan umur tanaman menjadi lebih panjang atau masa berbunga akan terlambat akibat tingginya akumulasi nitrogen di dalam organ tanaman. Umur berbunga pada genotipe unggul lokal Pulu’ Mandoti, Lambau dan Pinjan lebih panjang dibandingkan dengan umur berbunga pada genotipe unggul baru yaitu Fatmawati, Sintanur dan Gilirang. Genotipe Pinjan memberikan umur berbunga terpanjang, berbeda nyata dengan semua genotipe yang unggul baru, namun tidak berbeda nyata dengan genotipe unggul lokal lainnya. Genotipe berumur genjah lebih responsif terhadap pemupukan nitrogen dibandingkan dengan genotipe umur dalam (Om *et al.*, 1996; Barrel *et al.*, 1997). Kultivar dengan umur pendek lebih respon terhadap N

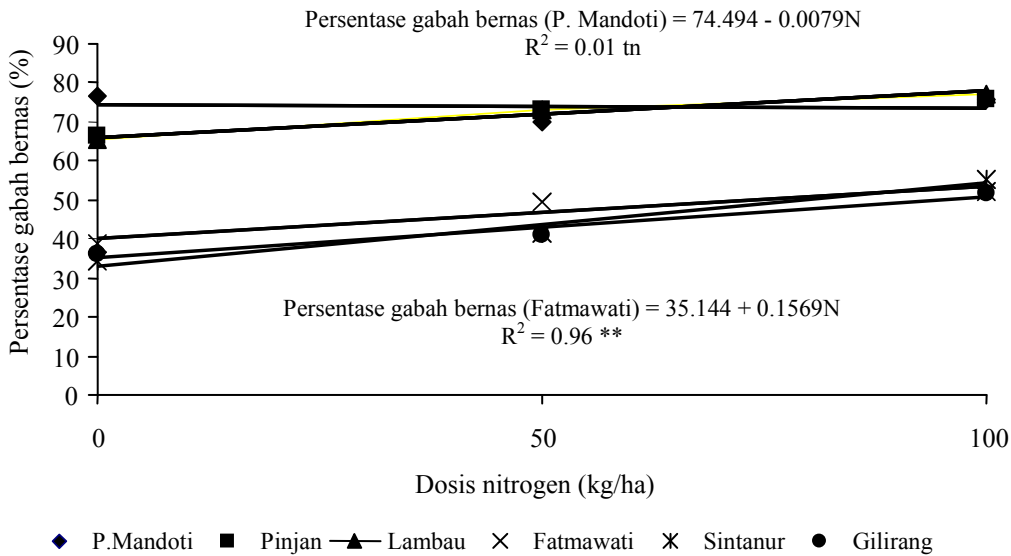
pada lingkungan dengan radiasi tinggi (Shimazaki *et al.*, 1963; Singh dan Kumar, 2001).

Analisis F-ortogonal polinomial menunjukkan bahwa interaksi genotipe dan nitrogen memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap persentase gabah bernas. Interaksi nitrogen dan genotipe terutama disebabkan oleh perbedaan respon yang linear (Tabel 2). Gambar 4 menunjukkan bahwa genotipe Pulu’ Mandoti menunjukkan respon yang negatif terhadap pemupukan N tetapi tidak nyata dengan persamaan regresi $Y=74.494 - 0.0079N$. Persentase gabah bernas pada genotipe unggul lokal Pulu’ Mandoti, Pinjan dan Lambau lebih tinggi dibandingkan dengan persentase gabah bernas pada genotipe unggul baru Fatmawati, Gilirang dan Sintanur. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan dosis nitrogen pada kondisi cekaman suhu rendah pada tanaman padi menyebabkan terjadinya peningkatan kehampaan malai. Genotipe Pulu’ Mandoti memberikan persentase gabah bernas tertinggi, berbeda nyata dengan semua genotipe unggul baru namun tidak berbeda nyata dengan genotipe toleran lainnya.

Tabel 2. Persentase gabah bernas beberapa genotipe padi pada taraf N berbeda

Genotipe	Dosis nitrogen (kg N/ha)			Rataan
	0	50	100	
P.Mandoti	89.33 e	89.67 de	81.67 e	86.89 b
Pinjan	72.33 d	76.67 de	58.00 e	69.00 b
Lambau	69.00 d	75.67 de	76.67 e	73.78 b
Fatmawati	48.00 a	51.00 bc	57.33 c	52.11 a
Sintanur	45.00 a	45.33 ab	57.33 c	49.22 a
Gilirang	42.33 a	44.00 ab	53.00 c	46.44 a
Rataan	61.00	63.72	64.00	

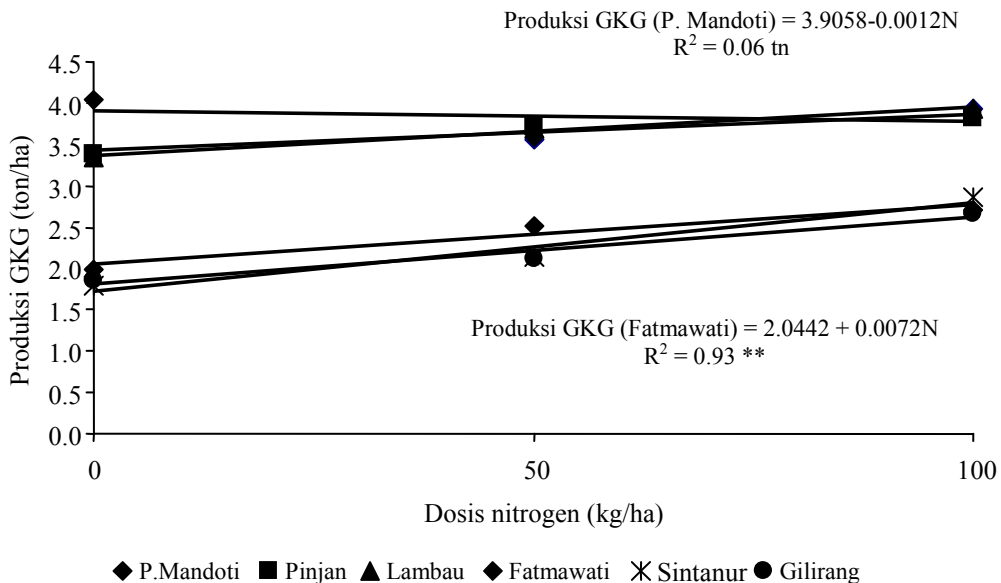
Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% Uji Jarak Berganda Duncan



Gambar 4. Hubungan antara dosis nitrogen dengan persentase gabah bernas

Analisis F-ortogonal polinomial menunjukkan bahwa nitrogen, genotipe dan interaksinya memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap produksi GKG. Pengaruh nitrogen dan interaksi nitrogen dan genotipe

terutama disebabkan oleh perbedaan respon yang linear. Gambar 5 menunjukkan bahwa genotipe Pulu' Mandoti menunjukkan respon yang negatif terhadap pemupukan N dengan persamaan regresi $Y = 3.9058 - 0.0012X$.



Gambar 5. Hubungan antara dosis nitrogen dengan produksi GKG

Produksi GKG pada genotipe unggul lokal Pulu' Mandoti, Pinjan dan Lambau lebih tinggi dibandingkan dengan produksi GKG pada genotipe unggul baru yaitu Fatmawati, Gilirang dan Sintanur. Produksi GKG meningkat dengan penambahan dosis nitrogen namun

kenaikannya tidak nyata. Produksi GKG tertinggi dicapai pada pengaruh tunggal dosis 100 kg/ha nitrogen, berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemberian nitrogen tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan 50 kg/ha nitrogen.

Untuk memutuskan karakter seleksi mana yang paling sesuai terutama dikaitkan dengan kegiatan seleksi untuk perbaikan sifat efisiensi nitrogen dan sifat adaptasi pada daerah dataran tinggi, maka perlu ditentukan korelasi antara peubah tersebut dengan komponen hasil. Sifat-sifat yang berkorelasi searah akan memudahkan seleksi sebab dapat dilakukan sekaligus. Matriks korelasi (Tabel 3) menunjukkan

bahwa terdapat korelasi positif nyata antara persentase serbuk sari fertil, panjang daun bendera dan umur berbunga dengan persentase gabah bernas dan produksi GKG. Hal ini menjelaskan bahwa pertumbuhan vegetatif yang baik dan pembungaan serta penyerbukan yang optimal akan meningkatkan hasil tanaman pada kondisi cekaman suhu rendah.

Tabel 3. Matriks korelasi antar karakter seleksi

Karakter Seleksi	Fertilitas serbuk sari	Panjang daun bendera	Umur berbunga	Persentase gabah bernas
Panjang daun bendera	0.54 **			
Umur berbunga	0.95 **	0.42 **		
Persentase gabah bernas	0.99 **	0.55 **	0.95 **	
Produksi GKG	0.99 **	0.57 **	0.94 **	0.99 **

Keterangan : * = nyata pada taraf uji 0.05
 ** = nyata pada taraf uji 0.01

Menurut Toriyama (1994) terdapat korelasi positif yang nyata antara sifat toleransi terhadap cekaman suhu rendah dengan tinggi tanaman, panjang malai, dan jumlah biji per malai dan korelasi negatif nyata antara toleransi terhadap cekaman suhu rendah dengan jumlah anakan dan jumlah malai. Sasaki (2001) melaporkan adanya korelasi negatif antara toleransi cekaman suhu rendah dengan jumlah malai atau kepadatan malai dan korelasi positif nyata antara toleransi cekaman suhu rendah dengan persentase anakan, namun demikian tidak ada korelasi yang nyata antara toleransi suhu rendah dengan panjang malai.

KESIMPULAN

Perlakuan nitrogen, genotipe dan interaksinya berpengaruh terhadap persentase serbuk sari fertil, persentase gabah bernas dan produksi GKG, sedangkan untuk karakter panjang daun bendera dan umur berbunga, interaksinya tidak nyata. Pengaruh nitrogen dan interaksi nitrogen dan genotipe terutama disebabkan oleh perbedaan respon yang linear pada setiap genotipe yaitu respon linear negatif pada genotipe unggul lokal Pulu' Mandoti dan respon linear positif pada genotipe Lambau dan Pinjan serta semua genotipe unggul baru. Terdapat korelasi positif nyata antara persentase serbuk sari fertil, panjang daun bendera, umur berbunga dan persentase gabah bernas dengan produksi GKG.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrel, A.K., A.L. Garside, S. Fukay, D.J. Reid. 1997. Seasons and plant type affect the response of rice yield to nitrogen fertilization in a semi arid tropical environment. *Aust. J. Agric. Res.* 49:179–180.
- Gunawardena, S. Fukai, F.P.C. Blamey. 2003. Low temperature induced spikelet sterility in rice. I. Nitrogen fertilization and sensitive reproductive period. *Aust. J. Agric. Res.* 54:937-947.
- Gunawardena, S. Fukai. 2005. Low temperature induced spikelet sterility in rice. *Aust. J. Agric. Res.* 54(10):947–956.
- Heenan, D.P. 1984. Low temperature induced floret sterility in rice cultivars Calrose and Inga as influenced by N supply. *Aust. J. Exp. Agric.* 34:917-919.
- Jagau, Y. 2000. Fisiologi dan pewarisan efisiensi nitrogen dalam keadaan tercekam aluminium pada padi gogo (*Oryza sativa* L) Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Lee, M.H. 2001. Low temperature tolerance in rice: The Korean Experience. ACIAR. Proceedings. Philippines: International Rice Research Institute (IRRI).
- Om, H., S.K. Katyal, S.D. Diman. 1996. Response of rice hybrid PMS2A/IR31802 to seedling vigor and N level in Haryana, India. *IRRN* 2:48.

- Sasaki, K. 2001. Effect of a low temperature on several characteristics of rice seedlings. *Jpn. J. Crop. Sci.* 70(2):226-233.
- Shiga. 1977. Methods of applying nitrogen fertilizers for higher yields in the cool temperature region, top-dressing of nitrogen at the panicle formation and flag leaf emergence stages of rice plants. *Res. Bull. of Hokk. Natl. Agric. Exp. Stat.* 117:31-44.
- Shimazaki, Y., T. Satake, K. Watanabe. 1963. Studies on the growth and nutrient absorption of the rice plant related with cool water irrigation during its early growth stage. *Res. Bull. of Hokk. Natl. Agric. Exp. Stat.* 80:1-12.
- Singh, A.K., A. Kumar. 2001. Response of promising rice genotypes to nitrogen levels in irrigated lowlands. *IRRN* 2:49
- Sobir. 2005. *Pemuliaan Tanaman Partisipatif (PTP) dan Percepatan Perakitan Genotipe*. Pusat Kajian Buah-buahan Tropika. Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Toriyama, K. 1994. Studies on estimation of nitrogen mineralization pattern of lowland rice field and nitrogen fertilizing model for rice plant. *Agric. Exp. Stat.* 36:147-198.