

Laju Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif Genotipe Kedelai Berumur Genjah

Achmad Khozi Manshuri

Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian
Jl. Raya Kendalpayak, km 7 Malang, Jawa Timur

ABSTRACT. Vegetative and Generative Growth Rate of Early Maturing Soybean Genotypes. The aim of this study was to obtain information on plant growth rates involving leaves, stem, pods, and seeds, to be used as selection criteria in breeding program, to develop early-maturing soybean cultivar with higher yield than Grobogan variety. The experiment was carried out at ILETRI's experiment station in Ngawi, East Java during dry season I. Seeds of five soybean genotypes including Grobogan variety were planted on 24 June 2010. Growth rates of leaves, stem, pods and seed were analyzed using linear and quadratic equations. Results showed that Grobogan variety yielded the highest of 2.9 t/ha. There were no genotypes having earlier leaves growth rate (source strength) higher than that of Grobogan variety. The G2 genotype (Sinabung/Argomulyo 415-2) had higher assimilate partition rate to the seed (sink strength) compared to that of Grobogan variety, namely 0.386 g/plant/day and 0.288 g/plant/day, respectively. To improve yield potential through sink strength, a cross of G2 (Sinabung/Argomulyo) and Grobogan is suggested.

Keywords: early-maturing soybean, stem, leaf, pod and seed growth rates.

ABSTRAK. Varietas Grobogan merupakan *benchmark* varietas kedelai genjah berdaya hasil tinggi. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi karakter sekunder tanaman berupa laju pertumbuhan daun, batang, polong dan biji, sebagai dasar pemilihan tetua persilangan mendapatkan varietas kedelai genjah baru, berdaya hasil tinggi melebihi varietas Grobogan. Penelitian dilaksanakan pada Musim Kemarau I, di Kebun Percobaan Balitkabi di Ngawi, Jawa Timur. Tanam dilaksanakan pada tanggal 24 Juni 2010. Laju pertumbuhan daun, batang, polong dan biji 5 genotipe kedelai berumur genjah termasuk varietas Grobogan, diikuti dan dianalisis menggunakan persamaan linear sederhana dan kuadrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas Grobogan mencapai hasil biji 2,9 t/ha. Tidak ditemukan satu genotipe pun yang memiliki laju pertumbuhan daun (*source*) awal lebih tinggi dari varietas Grobogan. Sebaliknya ditemukan bahwa genotipe G2 (Sinabung/Argomulyo 415-2) memiliki laju partisi asimilat ke biji (*sink*) lebih tinggi dari varietas Grobogan, masing-masing sebesar 0,386 g/tanaman/hari dan 0,299 g/tanaman/hari. Apabila perbaikan varietas Grobogan diarahkan terhadap peningkatan kekuatan *sink*, maka diusulkan menggunakan genotipe Sinabung/Argomulyo sebagai tetua persilangan.

Kata kunci: kedelai umur genjah, laju pertumbuhan batang, daun, polong dan biji.

Hasil adalah karakter primer yang kompleks dikendalikan oleh banyak gen dan sangat dipengaruhi oleh fluktuasi lingkungan tumbuh. Pemilihan tetua persilangan berdasarkan hasil tinggi sebenarnya kurang efektif. Karena itu, kajian hubungan antara komponen hasil dengan hasil tanaman sangat

penting, sebagai dasar seleksi karakter sekunder yang diinginkan untuk pembentukan varietas kedelai berdaya hasil tinggi (Soetarso and Taryono 1986).

Terdapat faktor yang menyebabkan genotipe tertentu lebih produktif dibanding genotipe lain pada kondisi lingkungan tertentu (Long 1982). Menurut Kramer (1980), tanaman mampu berdaya hasil tinggi karena mempunyai struktur (karakter sekunder) yang sesuai dengan lingkungannya, sehingga menghasilkan proses fisiologi yang optimal.

Bobot kering bersih tanaman merupakan fungsi dari kemampuan tanaman menyerap cahaya dan berkorelasi positif dengan laju fotosintesis, yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (hara, air dan iklim). Pada kondisi lingkungan cukup hara, air, dan terhindar dari gangguan hama penyakit, tanaman memberikan hasil optimal. Laju pertumbuhan tanaman pada kondisi optimal hanya dipengaruhi oleh radiasi dan suhu. Suhu dan radiasi yang rendah sering kali menjadi penyebab terhambatnya pertumbuhan dan rendahnya hasil (Penning de Vriest *et al.* 1989).

Pada kondisi optimal, keragaman hasil antargenotipe dapat ditelaah atas dasar perbedaan radiasi surya yang diserap, efisiensi penggunaan radiasi menjadi bobot kering tanaman, dan proporsi bahan kering yang diangkut ke bagian biji (Spitters 1987). Menurut Rasmusson dan Gengenbach (1984) serta Ledent (1984), seleksi tetua untuk persilangan pada program pemuliaan dapat ditujukan untuk karakter sekunder tertentu yang berkaitan dengan potensi hasil tanaman. Pengetahuan tentang keterkaitan antara hasil biji dengan komponen hasil diperlukan dalam meningkatkan efisiensi pemuliaan tanaman, melalui penggunaan indeks seleksi yang memadai.

Kajian perbedaan hasil genotipe tanaman jagung melalui analisis korelasi fenotipe dan genotipe menunjukkan luas daun mempunyai korelasi positif dengan hasil. Korelasi tersebut menegaskan bahwa luas permukaan daun merupakan indikator tidak langsung untuk perbaikan hasil tanaman jagung (Ahsan *et al.* 2008). Informasi mengenai karakter sekunder yang berperan dalam perbaikan hasil kedelai genjah masih terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi karakter sekunder laju pertumbuhan batang, daun, polong dan biji beberapa genotipe kedelai berumur genjah, sebagai dasar pemilihan tetua persilangan dalam mendapatkan kedelai berumur genjah dan berdaya hasil tinggi melebihi varietas Grobogan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Ngale pada MK I, menggunakan rancangan acak kelompok. Perlakuan terdiri atas lima genotipe kedelai berumur genjah (73-79 hari), diulang tiga kali. Genotipe yang diteliti adalah: G1 = Sinabung/Argomulyo 512-2, G2 = Sinabung/Argomulyo-415-2, G3 = lokal Jateng/Sinabung-1062-2, G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang, dan G5 = Grobogan. Luas petak 4 m x 10 m. Genotipe yang diteliti berasal dari genotipe kedelai genjah berumur 73-79 hari, materi terpilih dari uji daya hasil lanjutan (UDHL) pada tahun 2009.

Pada penelitian ini dilakukan destruksi 10 tanaman sampel dengan interval 7-10 hari. Bagian tanaman (batang, daun, polong, dan biji) dipisahkan, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 75°C selama dua hari. Selanjutnya, bobot kering masing-masing bagian tanaman ditimbang.

Laju pertumbuhan daun dianalisis menggunakan persamaan kuadratik, sedangkan laju partisi batang, polong, dan biji menggunakan persamaan linear sederhana. Penentuan fase pertumbuhan tanaman menggunakan metode yang dikembangkan oleh Fehr dan Cavines (1977). Nilai *Growth degree days* (GDD) adalah nilai kumulatif (rata-rata suhu harian - suhu dasar) selama penelitian berlangsung. Rata-rata suhu harian adalah (suhu maksimum + suhu minimum). Suhu maksimum dan minimum diukur menggunakan

termometer maksimum-minimum, sedangkan suhu dasar untuk tanaman kedelai 10°C (Kumar *et al.* 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fase Pertumbuhan R5 dan R8

Terdapat perbedaan nilai *growth degree days* (GDD) antargenotipe saat tanaman mencapai fase R5 (pengisian biji) dan R8 (panen). Untuk mencapai fase R5 dan R8, genotipe G3 = lokal Jateng/Sinabung-1062-2 dan varietas Grobogan memerlukan GDD sama besar, masing-masing 743°Cd dan 1261,9°Cd. Genotipe G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang memerlukan GDD sebesar 891,5°Cd untuk mencapai R5 dan 1491,5°Cd untuk mencapai R8 (Tabel 1). Genotipe G3 = Lokal Jateng/Sinabung-1062-2 dan G5 = Grobogan berumur 74 hari, sedangkan genotipe G2 = Sinabung/Argomulyo-415-2 dan G1 = Sinabung/Argomulyo -512-2 masing masing berumur 77 hari dan 80 hari. Genotipe G4=Kaba/IAC-100/Burangrang yang bertipe indeterminate berumur panjang (88 hari) yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi selama percobaan berlangsung.

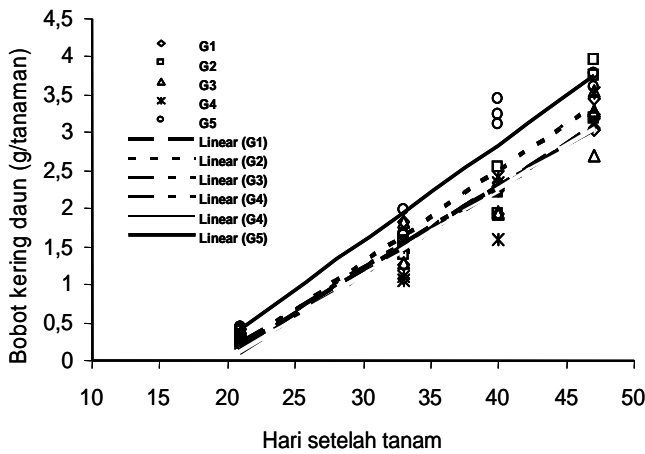
Laju Partisi Asimilat ke Daun

Hasil analisis menunjukkan bahwa varietas Grobogan mempunyai laju pertumbuhan awal daun lebih cepat dibandingkan genotipe G1 = Sinabung/Argomulyo 512-2, G2 = Sinabung/Argomulyo 415-2, G3 = lokal Jateng/Sinabung-1062-2, dan G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang. Pada awal pertumbuhan, saat tanaman berumur 47 hari, laju pertumbuhan daun varietas Grobogan mencapai 0,13 g/hari/tanaman, sedangkan genotipe G1 = Sinabung/Argomulyo 512-2, G2 = Sinabung/Argomulyo 415-2, G3 = lokal Jateng/Sinabung-1062-2, dan G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang masing masing 0,11 g, 0,12 g, 0,11 g, dan 0,11 g/hari/tanaman (Gambar 1 dan 2).

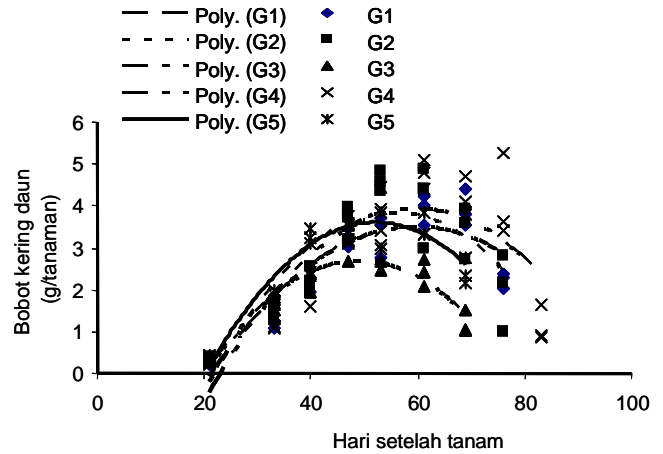
Tabel 1. Fase pertumbuhan beberapa genotipe kedelai dalam hubungannya dengan hari setelah tanam (HST) dan *growth degree day* (GDD). KP Ngale, MK I, 2010.

Genotipe	Fase R5 (pengisian biji)		Fase R8 (panen)		Lama periode fase R5 s/d R8 (hari)
	HST (hari)	GDD (°Cd)	HST (hari)	GDD (°Cd)	
G1= Sinabung/ Argomulyo 512-2	49	858	80	1355	31
G2=Sinabung/Argomulyo-415-2	49	858	77	1305	28
G3=Lokal Jateng/ Sinabung-1062-2	42	743	74	1262	32
G4=Kaba/ IAC-100/Burangrang	51	892	88	1495	37
G5=Varietas Grobogan	42	743	74	1262	32

GDD (*growth degree days*) merupakan nilai kumulatif suhu rata-rata harian - suhu dasar. Suhu dasar untuk tanaman kedelai adalah 10°C (Kumar *et al.* 2008).



Gambar 1. Laju pertumbuhan daun beberapa genotipe kedelai berumur genjah pada 47 hari setelah tanam. KP Ngale. MKI, 2010.
 $Y_{G1} = 0,1112X - 2,1537$, $Y_{G2} = 0,1226X - 2,4033$,
 $Y_{G3} = 0,1075X - 2,0147$, $Y_{G4} = 0,1133X - 2,2726$ dan
 $Y_{G5} = 0,1278X - 2,2625$.



Gambar 2. Laju pertumbuhan daun beberapa genotipe kedelai berumur genjah. KP Ngale, MK I, 2010.
 $Y_{G1} = -0,0024 X^2 + 0,287X - 0,048$, $Y_{G2} = -0,0034 X^2 + 0,375X - 6,605$, $Y_{G3} = -0,0033 X^2 + 0,324X - 5,250$,
 $Y_{G4} = -0,0029 X^2 + 0,352X - 6,546$,
 $Y_{G5} = -0,0035 X^2 + 0,367X - 6,546$.

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak satu pun genotipe yang diteliti memiliki laju pertumbuhan awal daun melebihi varietas Grobogan.

Hasil biji kedelai mempunyai korelasi positif dengan pertumbuhan vegetatif tanaman dan luas permukaan daun untuk mendapatkan lebih banyak radiasi matahari serta meningkatkan aktifitas fotosintesis. Daun yang telah berkembang sempurna berfungsi sebagai *source*, yaitu menghasilkan asimilat melebihi yang diperlukan dan kelebihan karbohidrat yang dihasilkan ditranslokasi ke organ lain. Organ lain yang memerlukan asimilat disebut *sink* (Yasari *et al.* 2009). Bagi tanaman kedelai berumur pendek, agar mampu memberikan hasil tinggi harus mampu mengakumulasi radiasi surya semaksimal mungkin. Hasil penelitian Seversike *et al.* (2009) menunjukkan bahwa beberapa genotipe kedelai berumur genjah yang mampu menyerap radiasi surya 600 MJ/m², pada populasi yang tinggi mampu menghasilkan 400 g/m², menyamai hasil kedelai berumur panjang.

Pertumbuhan awal daun yang cepat merupakan indikasi bahwa varietas Grobogan memiliki *source* yang kuat, guna menghasilkan asimilat memadai untuk di partisikan ke organ tanaman termasuk biji. Pertumbuhan daun awal yang cepat diduga merupakan strategi tanaman umur genjah agar sintesis asimilat dapat berjalan maksimal sejak awal pertumbuhan, sebagai kompensasi siklus hidup yang pendek. Menurut Black and Ong (2000), besarnya radiasi yang diserap tanaman sejalan dengan kecepatan pertumbuhan awal dan perkembangan luas daun, karena perbedaan jumlah radiasi yang diserap antartanaman ditentukan

Tabel 2. Indeks luas daun beberapa genotipe kedelai berumur genjah. KP Ngale. MK I, 2010.

Genotipe	Indeks luas daun
G1 = Sinabung/Argomulyo 512-2	4,70
G2 = Sinabung/Argomulyo 415-2	5,40
G3 = Lokal Jateng/Sinabung-1062-2	3,56
G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang	5,37
G5 = Varietas Grobogan	4,19

oleh besarnya indeks luas daun. Genotipe G2 = Sinabung/Argomulyo 415-2 dan G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang mempunyai indeks luas daun tertinggi, masing-masing 5,37 dan 5,40 (Tabel 2).

Laju Partisi Asimilat ke Batang

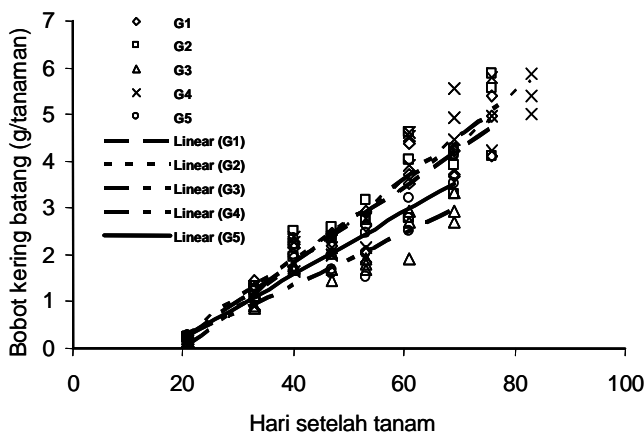
Genotipe G3 = lokal Jateng/Sinabung-1062-2 dan varietas Grobogan memiliki laju pertumbuhan batang masing-masing sebesar 0,055 g dan 0,067 g/tanaman/hari, lebih rendah dari genotipe lain. Laju pertumbuhan batang tertinggi ditunjukkan oleh genotipe G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang, G2 = Sinabung/Argomulyo-415-2 dan G1 = Sinabung/Argomulyo-512-2, masing-masing 0,091g, 0,083 g, dan 0,081 g/tanaman/hari (Gambar 3). Laju pertumbuhan batang kedelai dipengaruhi oleh tipe tanaman, curah hujan, dan input pupuk yang tinggi. Laju pertumbuhan batang terus berlangsung sampai tanaman memasuki fase R7. Pospišil *et al.* (2006) melaporkan bahwa bobot batang genotipe L 940596 dan L 910631 dengan input pupuk tinggi masing-masing menghasilkan bobot batang 411 g dan 453 g/m². Rendahnya laju pertumbuhan batang varietas Grobogan

berkaitan dengan pertumbuhan tanaman yang lambat. Varietas Grobogan memiliki tanaman lebih rendah dibandingkan genotipe lain. Bing Liu *et al.* (2010) melaporkan bahwa penurunan hasil biji mempunyai korelasi dengan jarak antara *source* dengan *sink*. Jarak *source* dan *sink* merupakan faktor penghambat hasil tinggi. Semakin jauh jarak antara *source* dengan *sink* semakin lambat transpor asimilat ke *sink* polong dan biji. Ini berarti batang panjang dengan jarak antarbuku subur jauh, tidak disarankan dipilih sebagai tetua persilangan untuk mendapatkan varietas kedelai berdaya hasil tinggi.

Laju Partisi Asimilat Polong

Laju partisi asimilat ke polong varietas Grobogan mencapai 0,394 g/tanaman/hari, lebih tinggi dari genotipe G1 = Sinabung/Argomulyo 512-2, G3 = lokal Jateng/Sinabung-1062-2, dan G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang, tetapi lebih rendah dibandingkan dengan genotipe G2 = Sinabung/Argomulyo 415-2. Laju partisi asimilat ke polong genotipe G1 = Sinabung/Argomulyo 512-2, G2 = Sinabung/Argomulyo 415-2, G3 = lokal Jateng/Sinabung-1062-2, dan G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang, masing-masing adalah 0,386 g, 0,490 g, 0,338 g, dan 0,316 g/tanaman/hari (Gambar 4).

Menurut Nobayasu *et al* (2003), pola partisi asimilat ke polong pada batang utama, utamanya berasal dari daun yang terletak tepat di atas polong. Sebaliknya, partisi asimilat secara akropetal dari daun yang berjarak 2 buku di atas maupun di bawah polong pada batang utama sangat rendah. Pada umur 13 hari setelah fase R2, kurang dari 50% asimilat ditranslokasi ke polong. Sebagian besar asimilat digunakan untuk pertumbuhan daun, dan

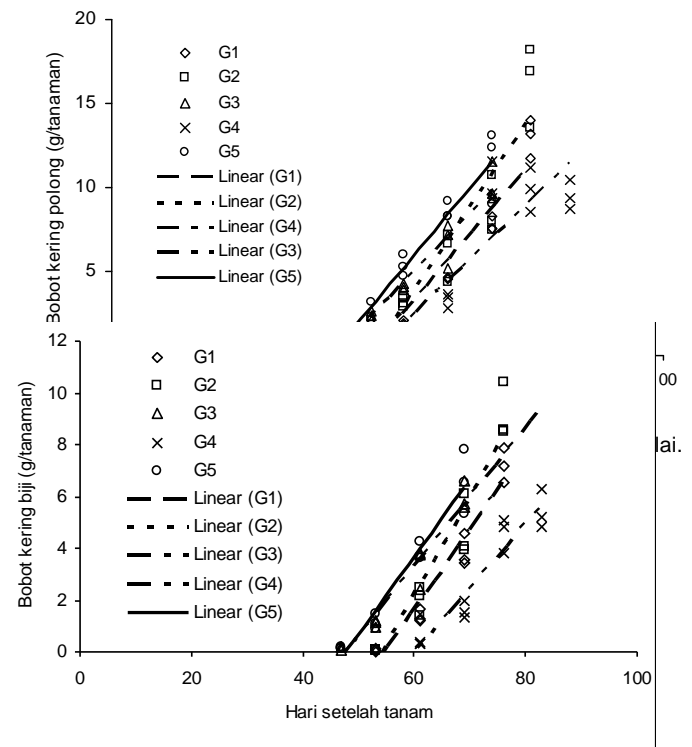


Gambar 3. Laju pertumbuhan batang beberapa genotipe kedelai berumur genjah. KP Ngale, MK I, 2010.
 $Y_{G1} = 0,081X - 1,1410$, $Y_{G2} = 0,083X - 1,1425$,
 $Y_{G3} = 0,055X - 0,8725$, $Y_{G4} = 0,091X - 1,8553$, dan
 $Y_{G5} = 0,067X - 1,121$.

hanya sebagian kecil syang ditranslokasi untuk pertumbuhan tangkai daun.

Laju Partisi Asimilat ke Biji

Laju partisi polong belum memberi gambaran tentang potensi hasil tanaman, sebab laju partisi polong terdiri atas partisi ke kulit dan biji. Hasil kedelai sangat ditentukan oleh bobot biji, bukan bobot polong. Oleh karena itu, karakter penting yang berkaitan erat dengan potensi hasil adalah laju partisi ke biji. Laju partisi biji varietas Grobogan adalah 0,299 g/tanaman/hari, lebih tinggi dari genotipe G3 = lokal Jateng/Sinabung-1062-2 dan G4, masing-masing 0,268 g dan 0,249 g/tanaman/hari. Laju partisi asimilat ke biji tertinggi terdapat pada genotipe G2 = Sinabung/Argomulyo 415-2 yang mencapai 0,386 g/tanaman/hari (Gambar 5).



Gambar 5. Laju pertumbuhan biji beberapa genotipe kedelai. KP Ngale, MK I, 2010.
 $Y_{G1} = 0,308X - 16,806$, $Y_{G2} = 0,386X - 21,014$,
 $Y_{G3} = 0,268X - 12,747$, $Y_{G4} = 0,249X - 14,990$, dan
 $Y_{G5} = 0,299X - 14,286$.

Liu *et al.* (2006) melaporkan bahwa peningkatan 25% intensitas cahaya tidak berpengaruh terhadap lama pengisian biji efektif kedelai varietas Evan dibanding kontrol. Sebaliknya, naungan sebesar 52% meningkatkan lama periode efektif pengisian biji. Periode pengisian efektif biji pada perlakuan kontrol, peningkatan 25% intensitas cahaya, dan naungan 52%, masing-masing adalah 25,8 hari, 25,5 hari, dan 28,9 hari. Namun naungan 52% menurunkan laju partisi asimilat ke biji. Laju partisi asimilat ke biji pada perlakuan kontrol, peningkatan 25% intensitas cahaya, dan naungan 52%, masing-masing adalah 10,86 mg, 13,04 mg, dan 8,34 mg/biji/hari.

Mekanisme pengendalian partisi asimilat ke biji melalui batang utama masih merupakan kontroversi. Laju partisi protein, minyak, dan asam lemak ke biji bergantung pada posisi buku pada batang utama, perbedaan kultivar, status N dan S biji (Bellaloui and Gillen 2010).

Hasil Biji

Hasil biji tertinggi dicapai oleh genotipe G2 = Sinabung/Argomulyo-415-2 sebesar 3.355 kg/ha (Tabel 3), padahal memiliki periode pengisian biji selama 28 hari (Tabel 1). Sebaliknya, periode pengisian biji genotipe G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang adalah 37 hari (Tabel 1) dengan hasil biji 2.642 kg/ha (Tabel 3). Laju partisi asimilat ke biji genotipe G2 = Sinabung/Argomulyo-415-2 dan G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang masing-masing 0,386 g dan 0,268 gram/hari/tanaman (Gambar 5). Genotipe G4 = Kaba/IAC-100/Burangrang adalah indeterminate sehingga partisi ke organ vegetatif masih terus berlangsung walaupun tanaman telah memasuki fase R5 (pengisian biji). Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil biji lebih ditentukan oleh laju partisi asimilat yang tinggi ke biji daripada lama periode pengisian biji yang lama.

Tampaknya pertumbuhan daun awal yang tinggi, pertumbuhan batang yang lambat, batang pendek

dengan jarak antarbuku subur dekat, dan laju partisi asimilat ke biji sedang merupakan strategi varietas genjah Grobogan untuk meningkatkan hasil biji. Diduga jarak antarbuku subur pada batang utama menyebabkan transpor akropetal asimilat dari daun di atas dan bawah polong ke biji berlangsung lebih efektif dibandingkan dengan genotipe lainnya.

KESIMPULAN

1. Hanya terdapat satu genotipe yang berumur 73-74 hari, yaitu lokal Jateng/Sinabung-1062-2, sama seperti varietas Grobogan, namun hanya mampu menghasilkan 2,4 t/ha, sedangkan varietas Grobogan dapat menghasilkan 2,9 t/ha di KP Ngale pada MK I.
2. Laju pertumbuhan daun yang cepat dan laju pertumbuhan batang yang lambat diduga merupakan karakter tanaman berumur genjah dengan kekuatan *source* tinggi. Varietas Grobogan memiliki kedua karakter ini.
3. Tidak terdapat genotipe yang memiliki laju pertumbuhan daun melebihi varietas Grobogan. Belum ada genotipe yang dapat dianjurkan sebagai tetua untuk memperbaiki laju pertumbuhan daun kedelai varietas Grobogan.
4. Genotipe Sinabung/Argomulyo 415-2 memiliki laju partisi biji 0,389 g/tanaman/hari, lebih tinggi dibanding varietas Grobogan dengan laju partisi biji 0,299 g/tanaman/hari.

SARAN

Apabila perbaikan varietas Grobogan diarahkan untuk peningkatan laju partisi biji, maka diusulkan menggunakan genotipe G2 = Sinabung/Argomulyo 415-2 sebagai tetua persilangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada teman sejawat, Dr. Ir. Novita Nugrahaeni, MS atas saran-sarannya dalam memilih dan mendapatkan materi untuk penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Urip Sembodo, SP dan Suwarno, masing-masing teknisi Balitkabi dan Kebun Percobaan Balitkabi di Ngale, atas segala bantuannya terutama dalam pelaksanaan penelitian, baik di lapang maupun di laboratorium, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Tabel 3. Hasil biji beberapa genotipe kedelai di KP Ngale pada MK I, 2010.

Genotipe kedelai	Hasil biji (kg/ha)
G1= Sinabung/Argomulyo 512-2	3022 ^b
G2= Sinabung/Argomulyo 415-2	3355 ^b
G3=Lokal Jateng/Sinabung-1062-2	2376 ^a
G4=Kaba/IAC-100/Burangrang	2642 ^{ab}
G5=Varietas Grobogan	2962 ^b
BNT 0,05	572,1
KK (%)	10,6

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada 0,05 BNT.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, M., M.Z. Hader, M. Saleem, and M. Aslam. 2008. Contribution of various leaf morpho-physiological parameters towards grain yield in maize. *Int. J. Agri. Biol.* 10(5):546-550.
- Bellaloui, N and A.M. Gillen. 2010. Soybean seed protein, oil, fatty acids, N, S partitioning as affected by node position and cultivar differences. *Agricultural Sciences* (1):110-118.
- Black, C. and C. Ong. 2000. Utilization of light and water in tropical agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 1004:25-47.
- Bing Liu, B., X. Bing Liu, C. Wang, Y. Sheng Li, J. Jin, and S.J. Herbert. 2010. Long distance transport of assimilates is shown to exist in soybean plants. *African Journal of Agricultural Research* 5(7):551-554.
- Kramer, J.K. 1980. Drought, stress and origin of adaptations, p. 7-9. In N.C. Turner and P.J. Kramer (eds). *Adaptations of plant to water and high temperature stress*. A Willey-intersciences Publication. John Wiley and Sons. New York. Chichester. Brisbane. Singapore.
- Kumar, A., V. Pandey., A.M. Shech, and M. Kumar. 2008. Radiation esu efficiency and weather parameter influence during life cycle of soybean (*Glycine max* l mirrl). Production as well accumulation of drymatter. *Am-Euras. J.Agron.* 1(2):41-44.
- Ledent, J.F. 1984. Morphological characters: a physiological analysis. p.65-68. In W. Lange, A.C. Zeven, and N.G. Hogenboom (eds). *Efficiency in plant breeding. Proceeding of the 10th Congress of the European Association for Research on Plant Breeding, Eucarpia*. Pudoc. Wageningen.
- Liu, X., S.J. Herbert, K. Baath, and A.M. Hashemi. 2006. Soybean (*Glycine max*) seed growth characteristics in response to light enrichment and shading. *Plant Soil Environ.* 52(4):178-185.
- Long, S.P. 1982. Whole plant photosynthesis and productivity. In J.Coomb and D.O. Hall (eds). *Technique in productivity and photosynthesis*. Fergamon Press. Oxford. New York. Toronto. Sydney. Paris. Frankfurt.
- Penning de Vries, F.W.T., D.M. Jansen, H.F.M ten Berge, and A. Bokema. 1989. Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops. *Pudoc. Wageningen, the Netherland.* p. 1-29.
- Pospišil, A.B. Varga, Z. Sveènjak, and K. Caroviæ. 2006. Influence of cropping system intensity on dry matter yield and nitrogen concentration in different parts of soybean plant. *Agricultural Conspectus Scientifi Cus.* 71(2):51-57.
- Rasmusson, D.D. and B.B. Gengenbach. 1984. Genetics and the use of physiological variability in crop breeding. p. 237-241. In N.B. Tesar (ed). *Physiological basis of crop growth and development*. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society, Inc. Madison. Wisconsin. USA.
- Seversike, T.M., L.C. Purcell, E. Gbur., P. Chen, and R. Scott. 2009. Radiation interception and yield response to increased leaf area at number in early-maturing soybean genotypes. *Crop Science* 49:281-289.
- Soetarso and Taryono. 1986. Correlation of harvest index with agronomic characters and their heritability in soybean (*Glycine max* (L.) (Merr)). *Agric.Sci.* 4(1):7-15.
- Spitters, C.F.T. 1987. An analysis of variation in yield among potatoe cultivars in term of light absorption, light utilization, and drymatter partitioning. *Foundation for Agricultural Breeding. SVP. 6700 AC Wageningen, the Netherland.*
- Yasari, E., Saedeh, Mozafari, Einali, Shafiee, and A. Foroutan. 2009. Evaluation of Sink-source Relationship of Soybean Cultivars at Different Dates of Sowing. *Res. J. Agric. & Biol. Sci.* 5(5):786-793.