

Respons Genotipe Kedelai sebagai Tanaman Sela pada Tumpang Sari dengan Ubi Kayu

(Response of Soybean Genotypes in Intercropping with Cassava)

Titik Sundari, Purwantoro, Rina Artari*, Yuliantoro Baliadi

(Diterima Mei 2019/Disetujui Oktober 2019)

ABSTRAK

Pengembangan kedelai pada pola tumpang sari merupakan salah satu peluang yang patut dikembangkan sebagai salah satu upaya peningkatan areal tanam kedelai yang semakin berkurang. Sementara itu, respons setiap varietas kedelai terhadap pola tumpang sari berbeda sehingga diperlukan varietas kedelai yang sesuai atau adaptif dengan lingkungan tumpang sari. Oleh karena itu, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui respons genotipe kedelai sebagai tanaman sela pada tumpang sari dengan ubi kayu. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Jambegede, Malang pada bulan Februari–Desember 2018, pada dua lingkungan, yaitu tumpang sari (L1) dan monokultur (L2), dengan dua waktu tanam, yaitu tiga minggu setelah tanam ubi kayu (T1) dan 4 bulan setelah tanam ubi kayu (T2). Bahan yang digunakan adalah 12 galur harapan dan tiga varietas pembandingan (Dena 1, Dena 2, dan Grobogan). Penyusunan perlakuan di masing-masing lingkungan didasarkan pada Rancangan Acak Kelompok yang diulang tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respons masing-masing genotipe yang diuji sebagai tanaman sela pada tumpang sari dengan ubi kayu adalah beragam, bergantung pada waktu tanam kedelai. Genotipe kedelai GH-5 dan GH-6 sesuai untuk tanaman sela pertama (T1), sedangkan GH-3 sesuai sebagai tanaman sela kedua (T2) pada tumpang sari ubi kayu+kedelai, dengan nilai indeks toleransi terhadap cekaman (ITC) lebih tinggi dan indeks sensitivitas tertimbang (IST) lebih rendah dibandingkan dengan genotipe lain yang diuji. Berdasarkan rasio kesetaraan lahan (RKL), tumpang sari ubi kayu dengan genotipe kedelai GH-5, GH-6, atau GH-3 tergolong menguntungkan ($RKL > 1,0$).

Kata kunci: indeks toleransi terhadap cekaman, indeks sensitivitas tertimbang, rasio kesetaraan lahan

ABSTRACT

Soybean development to intercropping is one of the opportunities to increase soybean planting area. Each soybean variety has different responses to intercropping so it is required to study soybean varieties that are suitable or adaptive to intercropping environments. Therefore, a research was conducted to determine the response of soybean genotypes in intercropping with cassava. The research was conducted at the Jambegede Research Station, Malang in February to December 2018, in two environments, namely intercropping (L1) and monoculture (L2), with two planting times, namely three weeks (T1) and 4 months (T2) after cassava planting. Twelve promising lines and three varieties (Dena 1, Dena 2, and Grobogan) were used as research materials. A completely randomized block design with three replications was used to arrange the treatments in each environment. The results showed that the responses of each soybean genotype tested as intercrops on intercropping system with cassava were varied, depending on the soybean planting time. GH-5 and GH-6 soybean genotypes are suitable for the first intercrop (T1), while GH-3 are suitable as the second intercrops (T2) in intercropping system with cassava + Soybean, with higher stress tolerance index (STI) and lower weighted sensitivity index (WSI) than the other genotypes tested. Based on the land equivalent ratio (LER), intercropping of cassava with GH-5, GH-6, or GH-3 soybean genotypes was advantageous ($RKL > 1.0$).

Keywords: land equivalent ratio, stress tolerance index, weighted sensitivity index

PENDAHULUAN

Pola tanam tumpang sari atau tumpang gilir kedelai dengan tanaman jagung atau ubi kayu merupakan salah satu upaya pengembangan kedelai. Menurut Kadziuliene *et al.* (2009), tumpang sari menghasilkan interaksi biologis yang menguntungkan antara tanaman, meningkatkan hasil biji-bijian dan stabilitas,

penggunaan sumber daya yang lebih efisien, dan mengurangi tekanan gulma.

Tanaman aneka kacang sangat sesuai dengan tanaman ubi kayu dalam hal pola pertumbuhan. Ubi kayu ditanam pada jarak antar-baris dan dalam baris yang lebar dan diperlukan waktu 3–4 bulan untuk kanopi bisa menutup. Tumpang sari ubi kayu dengan tanaman aneka kacang mempunyai manfaat ganda, yaitu dapat memproduksi biomasa dengan memanfaatkan fiksasi N secara biologis dan memberikan pendapatan tambahan dari hasil panen kedelai. Hasil penelitian Hidoto & Loha (2013) menunjukkan bahwa

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Jl. Raya Kendalpayak km 8, PO Box 66 Malang 65101

* Penulis Korespondensi: Email: rinaartari@gmail.com

efisiensi penggunaan lahan pada tumpang sari ubi kayu dengan kedelai meningkat sebesar 48%. Tumpang sari ubi kayu dengan kedelai dipengaruhi oleh varietas kedelai yang digunakan. Tumpang sari ubi kayu dengan varietas kedelai yang berumur panjang akan memperpanjang periode kompetisi antara ubi kayu dengan kedelai. Tumpang sari ubi kayu dengan varietas kedelai yang berumur genjah akan memperpendek periode kompetisi antara ubi kayu dan kedelai. Konsekuensinya adalah total produksi bahan kering yang tinggi dikombinasikan dengan alokasi asimilat ke umbi yang juga tinggi akan memberikan hasil umbi yang tidak berbeda dari tanaman ubi kayu monokultur.

Hasil penelitian Taah *et al.* (2017) menyatakan bahwa pengaturan tata ruang dalam pola tumpang sari ubi kayu dengan aneka kacang pada satu baris ubi kayu dan satu baris tanaman aneka kacang secara bergantian akan memberikan hasil yang terbaik untuk tanaman ubi kayu dan tanaman legum, sedangkan pengaturan pola tumpang sari dengan dua dan tiga baris tanaman legum merupakan pilihan yang lebih baik bagi petani yang miskin sumber daya karena mampu menekan pertumbuhan gulma. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respons genotipe kedelai sebagai tanaman sela pada tumpang sari dengan ubi kayu.

METODE PENELITIAN

Sebanyak 15 genotipe kedelai yang terdiri atas 12 galur (GHKN-1, GHKN-2, GHKN-3, GHKN-4, GHKN-5, GHKN-6, GHKN-7, GHKN-8, GHKN-9, GHKN-10, GHKN-11, dan GHKN-12) dan tiga varietas pembandingan (Dena 1, Dena 2, dan Grobogan) diuji di dua lingkungan, yaitu tumpang sari dengan ubi kayu (L1) dan monokultur (L2) dengan dua waktu tanam, yaitu T1 (pada saat ubi kayu berumur 3 minggu) dan T2 (pada saat ubi kayu berumur 4 bulan). Penempatan perlakuan di masing-masing lingkungan didasarkan pada rancangan acak kelompok, yang diulang tiga kali. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan (KP) Jambegede, Malang pada bulan Februari–Desember 2018. Periode tanam ubi kayu dan kedelai monokultur sama dengan periode tanam ubi kayu dan kedelai pada pola tanam tumpang sari.

Pada pola tanam tumpang sari, ubi kayu ditanam pada pola baris ganda dengan jarak tanam 2,1 m x 0,5 m x 0,75 m (Balitkabi 2016). Pada jarak tanam lebar antara baris ganda ubi kayu ditanam 6 baris kedelai dengan jarak tanam 35 cm x 20 cm, 2 tanaman per rumpun. Setiap unit perlakuan ditanam pada plot yang berukuran 10,8 m². Tanaman ubi kayu dipupuk dengan 200 kg Urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha (Balitkabi 2016) yang diberikan secara bertahap. Tanaman kedelai dipupuk dengan 150 kg Phonska dan 100 kg SP36/ha yang diberikan pada umur 7–10 hari setelah tanam (HST) (Balitkabi 2015). Pada pola monokultur, ubi kayu dan kedelai ditanam pada plot yang sama, yaitu 10,8 m², dengan jarak tanam ubi kayu 1,0 m x 0,5

m (Balitkabi 2016) dan kedelai 0,4 m x 0,15 m (Balitkabi 2015), dua tanaman per rumpun. Dosis, jenis pupuk dan pemeliharaan untuk ubi kayu dan kedelai monokultur sama dengan pada tumpang sari. Pengendalian gulma dilakukan pada saat 1–2 minggu sebelum tanam (MST) menggunakan herbisida, insektisida, dan fungisida.

Pengamatan intensitas cahaya dilakukan pada saat tanam hingga panen dengan interval 2 minggu sekali pada periode pukul 12:00–13:00 WIB. Pengamatan dilakukan di atas kanopi ubi kayu dan di bawah kanopi ubi kayu, masing-masing dilakukan pada tiga titik pengamatan, yang diambil secara diagonal. Pengamatan pada saat panen dilakukan pada lima tanaman sampel yang meliputi karakter: tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah buku, jumlah polong isi, dan bobot biji per tanaman, sedangkan karakter hasil biji dan bobot 100 biji kedelai serta hasil pada ubi kayu diamati berdasarkan hasil plot. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan analisis ragam gabungan (2 lingkungan, 2 waktu tanam) berdasarkan rancangan acak kelompok. Uji beda nyata antara dua nilai tengah dilakukan dengan menggunakan uji BNT (beda nyata terkecil) 5%. Toleransi genotipe terhadap cekaman yang terjadi pada pola tanam tumpang sari dinilai berdasarkan nilai indeks toleransi terhadap cekaman (ITC) dan indeks cekaman yang terjadi dinilai berdasarkan nilai indeks cekaman (IC). Nilai ITC dan IC dihitung dengan rumus:

$$ITC = ((HP) \times (HC)/Hp^2)$$

$$IC = (1-(Hc/Hp) \times 100\%$$

Keterangan:

ITC = Indeks toleransi terhadap cekaman

IC = Indeks cekaman

HP = Hasil biji suatu genotipe pada kondisi tanpa cekaman (monokultur)

HC = Hasil biji suatu genotipe pada kondisi tercekam (tumpang sari)

Hp = Hasil biji rata-rata semua genotipe pada kondisi tanpa cekaman (monokultur)

Hc = Hasil biji rata-rata semua genotipe pada kondisi tercekam (tumpang sari)

Toleransi terhadap naungan dilakukan sesuai dengan indeks sensitivitas tertimbang (IST) sebagai respons terhadap naungan dari tumpang sari dengan ubi kayu. Nilai IST dihitung menggunakan metode yang diterbitkan sebelumnya dengan modifikasi tertentu (Xu-Sheng *et al.* 2012; Liu *et al.* 2015). Nilai IST yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kedelai lebih sensitif terhadap tumpang sari karena menunjukkan daya tahan suatu genotipe terhadap naungan yang lebih lemah. Nilai IST dapat dihitung dengan rumus:

$$IST = \sum_{i=1}^n \left| ISx \left[|r_i| : \sum_{i=1}^n |r_i| \right] \right|$$

Keterangan:

IST = Indeks sensitivitas tertimbang

IS = Indeks sensitivitas yang dihitung dengan rumus:

$$IS = \frac{\left| \frac{1 - X_r}{X_s} \right|}{\left| \frac{1 - X_{ar}}{1 - X_{as}} \right|} \quad (\text{Qi et al. 2012}).$$

Xr = Hasil biji dari suatu genotipe pada pola tanam tumpang sari

Xs = Hasil biji dari suatu genotipe pada pola tanam monokultur

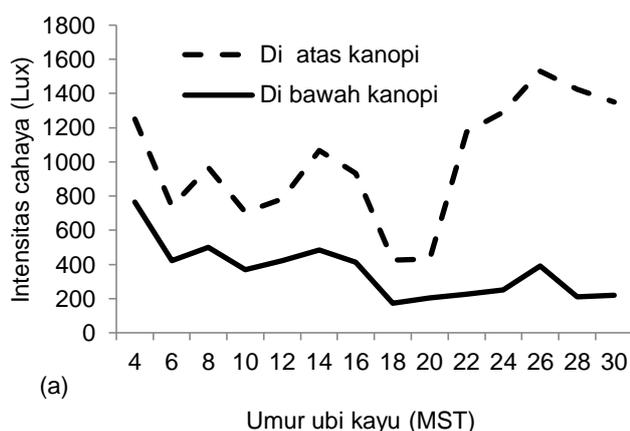
Xar = Rata-rata hasil biji dari semua genotipe pada pola tanam tumpang sari

Xas = Rata-rata hasil biji dari semua genotipe pada pola tanam monokultur

ri = Koefisien korelasi antara IS suatu karakter dan nilai IS rata-rata dari semua karakter

$[[r_i] : \sum_{i=1}^n |r_i|]$ = Bobot indeks yang merepresentasikan tingkat kepentingan dan indeks angka i

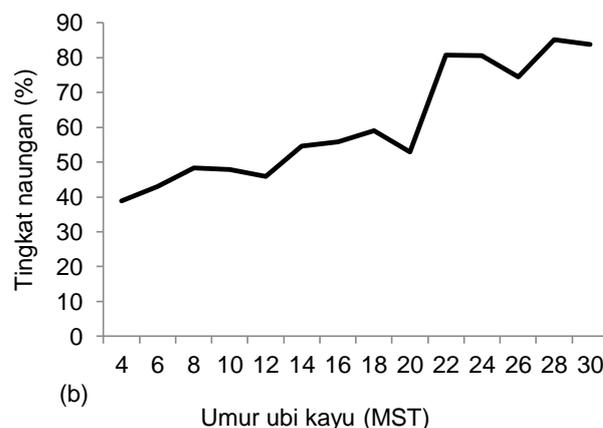
Kinerja masing-masing genotipe kedelai sebagai tanaman sela pada pola tanam tumpang sari dinilai berdasarkan rasio kesetaraan lahan (RKL). Rasio kesetaraan lahan (RKL) merupakan indeks yang digunakan untuk membandingkan antara tanaman tumpang sari dan tanaman monokultur (Esmaeili *et al.* 2011), yang dihitung dengan rumus: $RKL = \frac{Y_{ts}}{Y_{mn}}$, di mana Y_{ts} = hasil yang dicapai pada pola tanam tumpang sari dan Y_{mn} = hasil yang dicapai pada pola tanam monokultur.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas cahaya yang diterima tanaman kedelai monokultur lebih tinggi dibandingkan dengan yang diterima kedelai tumpang sari (Gambar 1). Pada pertanaman kedelai pada perlakuan T1, belum terjadi efek naungan karena tanaman ubi kayu masih belum membentuk kanopi. Efek naungan akan meningkat secara tajam ketika kanopi ubi kayu berkembang seiring dengan pertambahan umur ubi kayu. Pada pertanaman kedelai kedua (T2), tingkat naungan yang ditimbulkan oleh kanopi ubi kayu umur 4 bulan setelah tanam (bst) mencapai 60% dan tingkat naungan ini terus meningkat hingga 85% (pada saat kedelai dipanen).

Hasil analisis ragam terhadap karakter komponen hasil dan hasil genotipe kedelai menunjukkan bahwa interaksi antara pola tanam, waktu tanam, dan genotipe berpengaruh sangat nyata pada semua karakter yang diamati (Tabel 1). Tinggi tanaman genotipe yang diuji menunjukkan perbedaan, baik di antara pola tanam maupun waktu tanam (Tabel 2). Tinggi tanaman pada tumpang sari mencapai keadaan yang 7,62% lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman monokultur. Hal ini dikarenakan pada tanaman tumpang sari terjadi kompetisi (cahaya + tanah). Menurut Silva *et al.* (2016), respons pertumbuhan dan perkembangan kedelai



Gambar 1 a) Umur ubi kayu minggu setelah tanam (MST) dengan intensitas cahaya di luar dan di bawah kanopi dan b) tingkat naungan ubi kayu minggu setelah tanam (MST) pada pola tanam tumpang sari ubi kayu dengan kedelai.

Tabel 1 Rekapitulasi nilai kuadrat tengah karakter komponen hasil dan hasil genotipe kedelai pada pola tanam dan waktu tanam yang berbeda

Sumber keragaman	TT	JC	JBK	JPI	BJ/T	T/HA	100 BJ
WT	467,64**	45,40**	2726,11**	12284,27**	774,56**	17,44**	120,34**
PT	476,52**	24,76**	867,53**	6187,48**	1208,60**	20,38**	349,73**
G	812,56**	2,09**	22,55**	99,27**	8,61**	0,13**	33,02**
WT*G	79,69**	0,91**	21,48**	101,76**	7,48**	0,09**	4,11**
PT*WT*G	70,83**	0,46**	4,97**	25,49**	2,67**	0,06**	2,59**

Keterangan: WT = waktu tanam, PT = pola tanam, G = genotipe, TT = tinggi tanaman, JC = jumlah cabang, JBK = jumlah buku subur, JPI = jumlah polong isi, BJ/T = bobot biji per tanaman, UB dan UM = umur berbunga dan umur masak, T/HA = hasil biji per satuan luas, dan 100 Bj = bobot 100 biji.

Tabel 2 Tinggi tanaman dan jumlah cabang genotipe kedelai pada pola tanam monokultur dan tumpang sari dengan ubi kayu

Genotipe	Tinggi tanaman (cm)				Jumlah cabang/tanaman			
	Tumpang sari		Monokultur		Tumpang sari		Monokultur	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
GH-5	38,40 ^h	46,13 ^{efg}	35,09 ^f	40,16 ^{hi}	3,47 ^{bc}	0,93 ^d	3,40 ^a	2,73 ^{cd}
GH-10	44,29 ^{fg}	47,97 ^{de}	37,99 ^{ef}	45,87 ^{fg}	3,07 ^d	1,00 ^{cd}	3,13 ^{ab}	2,53 ^{de}
GH-6	36,57 ⁱ	46,01 ^{efg}	33,40 ^f	42,90 ^{gh}	3,07 ^d	1,40 ^c	3,67 ^a	2,47 ^{de}
GH-8	43,25 ^g	42,70 ^h	38,93 ^{def}	44,05 ^{fg}	2,93 ^{de}	1,07 ^{cd}	4,07 ^a	2,53 ^{de}
GH-9	46,54 ^e	51,10 ^c	37,78 ^{ef}	55,49 ^b	2,60 ^f	1,40 ^c	3,93 ^a	2,60 ^{de}
GH-11	48,62 ^d	48,52 ^d	46,79 ^c	45,41 ^{fg}	3,47 ^{bc}	2,13 ^{ab}	3,73 ^a	3,20 ^{bcd}
GH-4	45,60 ^{ef}	47,12 ^{def}	43,09 ^{cde}	39,75 ^{hi}	2,17 ^g	1,27 ^{cd}	3,07 ^{ab}	2,00 ^e
GH-2	51,98 ^c	46,98 ^{def}	45,67 ^c	39,27 ⁱ	2,20 ^g	1,40 ^c	2,20 ^b	2,40 ^{de}
GH-12	51,86 ^c	43,94 ^{gh}	42,09 ^{cde}	54,27 ^{bc}	2,70 ^f	1,87 ^b	3,53 ^a	3,93 ^{ab}
GH-7	84,71 ^a	59,06 ^a	64,18 ^a	81,75 ^a	3,57 ^b	2,50 ^a	3,20 ^a	2,87 ^{cd}
GH-3	56,07 ^b	57,45 ^a	42,64 ^{cde}	52,08 ^{cd}	2,13 ^g	2,20 ^{ab}	3,47 ^a	3,00 ^{cd}
GH-1	56,18 ^b	56,77 ^a	53,53 ^b	53,39 ^{bc}	4,00 ^a	1,40 ^c	3,93 ^a	3,33 ^{bc}
Grobogan	37,91 ^{hi}	44,84 ^{fgh}	35,05 ^f	38,76 ⁱ	2,80 ^{ef}	0,93 ^d	4,07 ^a	2,60 ^{de}
Dena 1	43,03 ^g	53,66 ^b	35,55 ^f	47,00 ^{ef}	3,60 ^b	2,40 ^a	4,07 ^a	4,13 ^a
Dena 2	48,44 ^d	44,22 ^{gh}	44,27 ^{cd}	49,61 ^{de}	3,33 ^c	1,87 ^b	3,80 ^a	4,13 ^a
Rerata G	48,90	49,10	42,40	48,65	3,01	1,58	3,55	2,96
Rerata T	49		45,53		2,30		3,26	

Keterangan: G = genotipe, T1 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 3 minggu, dan T2 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 4 bulan.

dipengaruhi oleh lama dan sumber kompetisi. Pada tingkat kompetisi ringan, tanaman kedelai tidak menunjukkan gejala penghindaran terhadap naungan, tetapi menunjukkan perubahan pada rasio tunas: panjang akar dan panjang akar kedelai. Pada kompetisi awal, pertumbuhan dan perkembangan kedelai tidak dipengaruhi oleh sumber kompetisi (cahaya atau tanah+cahaya). Akan tetapi, pada periode kompetisi berikutnya, kompetisi cahaya dan tanah+cahaya mempunyai efek pengurangan yang sama pada pertumbuhan, perkembangan, dan pigmen fotosintesis kedelai. Hasil penelitian lain menyatakan bahwa naungan yang disebabkan oleh kanopi tanaman yang lebih tinggi berpengaruh pada morfologi, struktur anatomi daun, dan karakteristik fotosintesis kedelai sehingga meningkatkan tinggi tanaman kedelai dan mengurangi diameter batang, biomasa bagian-bagian di atas permukaan tanah, kandungan klorofil, dan ketebalan daun (Fan *et al.* 2018).

Jumlah buku subur yang dicapai pada tumpang sari lebih sedikit dibandingkan dengan pada monokultur, baik pada waktu tanam T1 maupun T2 (Tabel 3). Jumlah polong isi pada tumpang sari lebih banyak dibandingkan dengan pada monokultur, terutama pada T1. Hal ini diduga karena lingkungan tumpang sari dengan waktu tanam T1 sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan polong kedelai. Pada tumpang sari, waktu tanam T1 menghasilkan jumlah polong isi yang jauh lebih banyak (82,98%) dibandingkan dengan waktu T2, sedangkan pada monokultur, perbedaan jumlah polong isi pada T1 dan T2 hanya mencapai 8,07% (Tabel 3). Perbedaan jumlah polong isi yang cukup tinggi antara T1 dan T2 pada pola tumpang sari dikarenakan adanya tingkat kompetisi yang berbeda antara T1 dengan T2. Pada T1, belum terjadi efek naungan dari tanaman ubi kayu sehingga tidak terjadi persaingan cahaya. Sementara itu, pada T2, tanaman

kedelai sudah terimbas efek naungan dari tanaman ubi kayu sehingga tanaman kedelai mengalami cekaman kekurangan cahaya yang mengganggu proses fotosintesis dan pada akhirnya akan memengaruhi pembentukan komponen hasil dan hasil kedelai. Cekaman kekurangan cahaya yang dialami tanaman kedelai mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan pertumbuhan ubi kayu pada T2. Hal ini didukung dengan peningkatan tingkat naungan yang disebabkan oleh kanopi ubi kayu (Gambar 1). Ubi kayu merupakan tanaman berumur panjang (9 bulan) yang membutuhkan waktu lebih dari 3–4 bulan untuk mengembangkan kanopinya sehingga pada saat tanaman ubi kayu berumur kurang dari 4 bulan, sumber daya cahaya matahari, air, dan nutrisi yang tersedia di antara barisan tanaman ubi kayu dapat dimanfaatkan untuk tanaman sela yang berumur pendek (genjah), seperti kedelai. Akan tetapi, setelah umur 4 bulan, pertumbuhan kanopi ubi kayu memasuki fase pertumbuhan cepat sehingga kanopi sudah menutup ruang di antara barisan tanaman ubi kayu, dan apabila pada periode ini ditanami tanaman kedelai kedua maka tanaman kedelai akan mendapat cekaman yang lebih berat, terutama dalam hal mendapatkan cahaya matahari (Hidoto & Loha 2013).

Bobot biji pertanaman yang dicapai pada tumpang sari lebih rendah dibandingkan dengan pada monokultur, baik pada T1 maupun T2 (Tabel 4). Tingkat pengurangan bobot biji pertanaman pada T1 dan T2 mencapai 14,05% dan 85,11% dibandingkan dengan monokultur. Hal yang sama juga terjadi pada hasil biji persatuan luas, di mana hasil biji pada T1 berkurang 48,05% dan pada T2 berkurang 82,54%.

Bobot 100 biji kedelai pada tumpang sari (14,56 g/100 biji) lebih kecil dibandingkan dengan pada monokultur (17,99 g/100 biji). Pada tumpang sari, bobot 100 biji yang dicapai pada T1 dan T2 hampir

Tabel 3 Jumlah buku subur dan polong isi genotipe kedelai pada tumpang sari dengan ubi kayu dan monokultur

Genotipe	Jumlah buku subur/tanaman				Jumlah polong isi/tanaman			
	Tumpang sari		Monokultur		Tumpang sari		Monokultur	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
GH-5	15,87 ^{def}	4,20 ^{cd}	15,07 ^{bc}	12,47 ^{efg}	36,53 ^{cd}	5,67 ^{cd}	28,00 ^{bc}	30,13 ^{cd}
GH-10	16,87 ^{bcd}	4,20 ^{cd}	16,67 ^{bc}	11,07 ^{hi}	36,79 ^{cd}	5,47 ^{cd}	30,60 ^{bc}	26,80 ^{fg}
GH-6	16,13 ^{cde}	4,47 ^{bcd}	17,13 ^{bc}	13,47 ^{cde}	35,60 ^{de}	6,33 ^{abcd}	30,73 ^{bc}	27,93 ^{ef}
GH-8	16,33 ^{bode}	4,60 ^{bcd}	18,47 ^b	12,07 ^{fghi}	36,73 ^{cd}	6,07 ^{abcd}	34,20 ^{bc}	24,13 ^h
GH-9	14,00 ^h	4,47 ^{bcd}	15,47 ^{bc}	12,33 ^{efgh}	32,87 ^{fg}	6,73 ^{abc}	29,47 ^{bc}	28,93 ^{de}
GH-11	17,23 ^{bc}	4,80 ^{bcd}	17,27 ^{bc}	12,67 ^{def}	35,87 ^{cde}	7,27 ^{ab}	30,00 ^{bc}	27,47 ^{ef}
GH-4	14,27 ^h	4,13 ^{cd}	16,13 ^{bc}	11,60 ^{ghi}	31,80 ^g	6,00 ^d	29,53 ^{bc}	23,40 ^h
GH-2	12,40 ⁱ	4,13 ^{cd}	13,67 ^c	10,80 ⁱ	32,60 ^g	5,33 ^{cd}	25,67 ^b	24,47 ^h
GH-12	14,87 ^{fgh}	4,13 ^{cd}	18,80 ^b	14,07 ^c	36,73 ^{cd}	5,73 ^{cd}	33,87 ^{bc}	28,27 ^{def}
GH-7	17,47 ^b	5,33 ^b	17,33 ^{bc}	15,93 ^b	40,87 ^b	7,93 ^a	24,80 ^c	35,93 ^b
GH-3	12,77 ⁱ	6,53 ^a	16,73 ^{bc}	13,93 ^{cd}	37,40 ^c	7,40 ^{ab}	36,60 ^b	39,30 ^a
GH-1	24,20 ^a	4,80 ^{bcd}	24,20 ^a	10,87 ⁱ	53,20 ^a	6,73 ^{abc}	48,93 ^a	24,93 ^{gh}
Grobogan	14,47 ^{gh}	4,07 ^{cd}	17,60 ^{bc}	13,27 ^{cdef}	34,51 ^{ef}	5,27 ^d	28,73 ^{bc}	29,00 ^{de}
Dena 1	15,50 ^{efg}	5,00 ^{bc}	18,33 ^b	16,40 ^{ab}	36,47 ^{cd}	6,53 ^{abcd}	37,33 ^b	32,13 ^c
Dena 2	17,27 ^{bc}	3,87 ^d	18,40 ^b	17,73 ^a	33,00 ^{fg}	5,33 ^{cd}	27,53 ^{bc}	34,67 ^b
Rerata G	15,98	4,58	17,42	13,25	36,73	6,25	31,73	29,17
Rerata T	10,28		15,33		21,49		30,45	

Keterangan: G = genotipe, T = waktu tanam, T1 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 3 minggu, dan T2 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 4 bulan.

Tabel 4 Bobot biji per tanaman dan bobot 100 biji genotipe kedelai pada pola tanam monokultur dan tumpang sari dengan ubi kayu

Genotipe	Bobot biji (g/tanaman)				Bobot 100 biji (g)			
	Tumpang sari		Monokultur		Tumpang sari		Monokultur	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
GH-5	10,33 ^{bcd}	1,74 ^{cde}	11,00 ^{de}	12,72 ^{bcd}	15,60 ^{bc}	14,50 ^{de}	16,43 ^{cdef}	19,87 ^{ef}
GH-10	10,00 ^{bcd}	1,65 ^{de}	11,33 ^{cde}	11,43 ^{def}	15,79 ^{bc}	14,26 ^{de}	16,23 ^{cdef}	19,55 ^f
GH-6	10,67 ^{bc}	1,70 ^{cde}	12,33 ^c	12,06 ^{def}	15,05 ^{cd}	14,62 ^{cde}	16,69 ^{cde}	19,24 ^f
GH-8	10,00 ^{bcd}	1,84 ^{bcd}	13,67 ^b	11,50 ^{def}	15,37 ^{bc}	15,82 ^{abc}	15,97 ^{def}	20,09 ^{def}
GH-9	10,33 ^{bcd}	1,51 ^{ef}	11,00 ^{de}	10,91 ^{efg}	13,85 ^{ef}	12,71 ^{fg}	16,85 ^{cde}	17,96 ^g
GH-11	10,67 ^{bc}	2,41 ^a	10,33 ^e	10,60 ^{fg}	14,61 ^{cde}	16,78 ^a	18,21 ^{ab}	22,93 ^a
GH-4	8,67 ^d	1,93 ^{bc}	10,67 ^e	11,35 ^{defg}	16,42 ^b	15,81 ^{abc}	16,87 ^{bcd}	22,27 ^{ab}
GH-2	10,67 ^{bc}	1,20 ^g	10,67 ^e	9,86 ^g	17,74 ^a	16,21 ^{ab}	18,45 ^a	21,50 ^{bc}
GH-12	9,00 ^{cd}	1,37 ^{fg}	10,33 ^e	11,23 ^{defg}	13,79 ^{ef}	13,67 ^{ef}	14,17 ^g	20,96 ^{bode}
GH-7	9,00 ^{cd}	1,80 ^{bcd}	11,00 ^{de}	12,35 ^{cde}	12,73 ^f	12,00 ^g	15,16 ^{fg}	16,11 ^g
GH-3	9,00 ^{cd}	2,66 ^a	12,00 ^{cd}	14,33 ^{ab}	11,05 ^g	11,89 ^g	11,97 ^h	12,72 ^h
GH-1	13,67 ^a	2,03 ^b	16,33 ^a	10,53 ^{fg}	14,10 ^{de}	14,85 ^{cde}	16,12 ^{cdef}	21,91 ^{ab}
Grobogan	10,33 ^{bcd}	1,65 ^{de}	11,33 ^{cde}	12,50 ^{cde}	15,69 ^{bc}	14,01 ^{de}	17,46 ^{abc}	20,35 ^{cdef}
Dena 1	11,33 ^b	1,88 ^{bcd}	15,33 ^a	14,95 ^a	15,07 ^{cd}	15,36 ^{bcd}	16,98 ^{bcd}	21,40 ^{bcd}
Dena 2	9,67 ^{bcd}	1,51 ^{ef}	11,00 ^{de}	13,98 ^{abc}	13,68 ^{ef}	13,63 ^{ef}	15,63 ^{ef}	19,77 ^{ef}
Rerata G	10,22	1,79	11,89	12,02	14,70	14,41	16,21	19,78
Rerata T	6,01		11,95		14,56		17,99	

Keterangan: G = genotipe, T = waktu tanam, T1 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 3 minggu, dan T2 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 4 bulan.

sama, yaitu 14,70 dan 14,41 g/100 biji, sedangkan pada monokultur bobot 100 biji yang dicapai pada T2 lebih besar dibandingkan dengan pada T1, dengan peningkatan bobot 100 biji mencapai 22,02% (Tabel 4). Interaksi antara genotipe, waktu tanam, dan pola tanam berpengaruh sangat nyata pada hasil biji. Tumpang sari ubi kayu dengan kedelai menyebabkan pengurangan hasil kedelai per satuan luas hingga 59,42% (T1) dan 89,44% (T2) dibandingkan dengan pola tanam monokultur (Tabel 5). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Sundari & Mutmaidah (2018) yang menyatakan bahwa tumpang sari kedelai+ubi kayu menyebabkan pengurangan hasil kedelai hingga 50%. Pengurangan hasil kedelai tersebut disebabkan oleh efek naungan dari tanaman ubi kayu sehingga

penerimaan cahaya oleh tanaman kedelai berkurang seiring dengan perkembangan kanopi ubi kayu, yang mengakibatkan pengurangan tingkat fotosintesis kedelai. Pada waktu tanam T1, GH-10 dinilai paling sesuai untuk tumpang sari dengan ubi kayu, dengan penurunan hasilnya terendah, yaitu 33,54% dibandingkan dengan monokultur. Namun, apabila di tanam pada waktu tanam T2, penurunan hasil terendah dicapai GH-11, yaitu 75,86%. Penurunan hasil ini lebih rendah dibandingkan dengan varietas pembanding Grobogan, Dena 1, dan Dena 2 pada T2.

Toleransi setiap genotipe kedelai terhadap pola tanam tumpang sari dinilai berdasarkan indeks toleransinya terhadap cekaman yang terjadi pada pola tanam tumpang sari (ITC). Nilai ITC genotipe kedelai

Tabel 5 Hasi biji genotipe kedelai pada pola tanam monokultur dan tumpang sari dengan ubi kayu

Genotipe	Hasil biji (t/ha)					
	Tumpang sari		Monokultur		Pengurangan (%)	
	T1	T2	T1	T2		
GH-5	1,12 ^{ab}	0,16 ^e	1,83 ^{cde}	1,50 ^{ab}	38,80	89,33
GH-10	1,05 ^{bc}	0,16 ^e	1,58 ^f	1,23 ^{de}	33,54	86,99
GH-6	1,18 ^a	0,15 ^e	1,93 ^{bcd}	1,42 ^b	38,86	89,44
GH-8	0,76 ^h	0,28 ^{ab}	1,79 ^{cde}	1,38 ^{bc}	57,54	79,71
GH-9	0,81 ^{gh}	0,21 ^d	1,31 ^g	0,92 ^g	38,17	77,17
GH-11	0,83 ^{fgh}	0,28 ^{ab}	1,79 ^{cde}	1,16 ^{def}	53,63	75,86
GH-4	0,94 ^{cdef}	0,18 ^{de}	1,82 ^{cde}	1,10 ^{ef}	48,35	83,64
GH-2	1,02 ^{bcd}	0,21 ^d	1,96 ^{bc}	0,97 ^g	47,96	78,35
GH-12	0,89 ^{efg}	0,23 ^c	1,60 ^f	1,19 ^{de}	44,38	80,67
GH-7	0,97 ^{cde}	0,27 ^b	2,25 ^a	1,56 ^a	56,89	82,69
GH-3	0,92 ^{defg}	0,32 ^a	1,78 ^{de}	1,37 ^{bc}	48,31	76,64
GH-1	0,98 ^{cde}	0,18 ^{de}	1,94 ^{bcd}	1,04 ^{fg}	49,48	82,69
Grobogan	0,93 ^{cdef}	0,17 ^e	1,73 ^{ef}	1,28 ^{cd}	46,24	86,72
Dena 1	0,72 ^h	0,26 ^{bc}	1,39 ^g	1,46 ^{ab}	48,20	82,19
Dena 2	0,84 ^{fgh}	0,17 ^e	2,07 ^b	1,26 ^{cd}	59,42	86,51
Rerata G	0,93	0,22	1,79	1,26	47,32	82,57
Rerata T	0,57		1,52			

Keterangan: G = genotipe, T1 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 3 minggu, dan T2 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 4 bulan.

Tabel 6 Indeks toleransi terhadap cekaman (ITC) dan indeks sensitivitas tertimbang (IST) genotipe kedelai terhadap pola tanam tumpang sari dengan ubi kayu

Genotipe	ITC		IST	
	T1	T2	T1	T2
GH-5	0,64	0,15	0,88	0,26
GH-10	0,52	0,12	0,76	0,25
GH-6	0,71	0,14	0,88	0,26
GH-8	0,43	0,24	1,31	0,23
GH-9	0,33	0,12	0,87	0,22
GH-11	0,47	0,21	1,22	0,22
GH-4	0,54	0,13	1,10	0,24
GH-2	0,63	0,13	1,09	0,23
GH-12	0,45	0,17	1,01	0,23
GH-7	0,68	0,27	1,29	0,24
GH-3	0,51	0,28	1,10	0,22
GH-1	0,60	0,12	1,12	0,24
Grobogan	0,51	0,14	1,05	0,25
Dena 1	0,31	0,24	1,10	0,24
Dena 2	0,55	0,14	1,35	0,25
Rerata G	0,53	0,17	1,08	0,24

Keterangan: T1 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 3 minggu, T2 = waktu tanam kedelai pada saat ubi kayu umur 4 bulan, ITC = indeks toleransi terhadap cekaman pada tumpang sari, dan IST = indeks sensitivitas tertimbang genotipe terhadap pola tanam tumpang sari.

menunjukkan keragaman (Tabel 6). Nilai ITC genotipe kedelai pada T1 berkisar antara 0,31–0,71, sedangkan pada T2 berkisar antara 0,12–0,28. Indeks cekaman (IC) naungan yang terjadi pada T1 adalah sebesar 47,87% dan pada T2 sebesar 82,83%. Perbedaan besarnya indeks cekaman ini dikarenakan perbedaan tingkat naungan yang terjadi pada T1 dan T2. Tingkat naungan meningkat seiring dengan peningkatan pertumbuhan dan perkembangan kanopi tanaman ubi kayu. Pada T1 kisaran naungan yang terjadi antara 40–60%, sedangkan pada T2 berkisar antara 60–85%.

Nilai ITC tertinggi yang dicapai varietas pembandingan adalah 0,55 pada T1 yang dicapai oleh varietas Dena 2 dan 0,24 pada T2 yang dicapai oleh varietas Dena 1. Terdapat lima galur kedelai dengan nilai ITC

yang lebih besar dari nilai ITC tertinggi yang dicapai varietas pembandingan pada T1, yaitu GH-5, GH-6, GH-2, GH-7, dan GH-1, sedangkan pada T2 terdapat dua galur dengan nilai ITC yang lebih besar dari nilai ITC tertinggi yang dicapai varietas pembandingan pada T2, yaitu GH-7 dan GH-3. Galur dengan nilai ITC yang lebih besar dari ITC varietas pembandingan menunjukkan bahwa galur-galur tersebut mempunyai tingkat toleransi yang lebih baik terhadap cekaman naungan yang terjadi pada pola tanam tumpang sari dengan ubi kayu. Terdapat satu galur, yaitu GH-7, yang memiliki nilai ITC yang lebih besar dibandingkan dengan varietas pembandingan, baik pada T1 maupun T2. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa galur GH-7 mempunyai toleransi yang lebih baik dibandingkan dengan varietas pembandingan terhadap cekaman

naungan yang terjadi pada tumpang sari dengan ubi kayu.

Pada tingkat naungan yang rendah pada tumpang sari kedelai+ubi kayu (T1), nilai IST hasil biji berkisar antara 0,76 (GH-10) hingga 1,35 (Dena 2), sedangkan pada tingkat naungan yang tinggi (T2) berkisar antara 0,22 (GH-3, GH-9, dan GH-11) hingga 0,26 (GH-5 dan GH-6). Nilai IST hasil biji pada T2, lebih rendah dibandingkan dengan pada T1. Hal ini disebabkan oleh peningkatan cekaman naungan pada T2 yang berdampak pada penurunan hasil biji per satuan luas. Menurut Liu *et al.* (2015) dan Xu-Sheng *et al.* (2012), suatu genotipe dengan nilai IST yang lebih tinggi menunjukkan bahwa genotipe tersebut lebih sensitif terhadap tumpang sari serta daya tahan suatu genotipe terhadap naungan yang terjadi pada tumpang sari adalah lemah.

Berdasarkan nilai ITC dan IST pada Tabel 6, diketahui bahwa GH-5 dan GH-6 tergolong genotipe kedelai yang sesuai untuk tumpang sari dengan ubi kayu, dengan penanaman kedelai T1 (3 minggu setelah tanam ubi kayu), karena mempunyai nilai ITC yang tinggi (0,64 dan 0,71) dan IST yang rendah (0,88). Sementara itu, pada waktu tanam T2 (4 bulan setelah tanam ubi kayu), GH-3 tergolong sesuai untuk tumpang sari kedelai+ubi kayu dengan waktu tanam kedelai 4 bulan setelah tanam ubi kayu, karena genotipe tersebut mempunyai nilai ITC (0,28) yang tergolong tinggi sama atau lebih tinggi dibandingkan dengan nilai ITC varietas pembanding (Grobogan, Dena 1, dan Dena 2), serta nilai IST (0,22) yang lebih kecil dari ketiga varietas pembanding. Artinya, pada tingkat cekaman naungan yang lebih berat pada tumpang sari dengan ubi kayu, genotipe GH-3 mempunyai daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan 13 genotipe yang lainnya. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa genotipe GH-5 dan GH-6 dapat ditumpang-sarikan dengan ubi kayu sebagai tanaman sela

pertama pada waktu tanam T1, sedangkan GH-3 sebagai tanaman sela kedua pada waktu tanam T2.

Berdasarkan hasil umbi ubi kayu pada Tabel 7, diketahui bahwa tumpang sari ubi kayu dengan kedelai menyebabkan hasil umbi ubi kayu lebih rendah dibandingkan dengan hasil ubi kayu monokultur. Hasil ubi kayu pada pola tanam tumpang sari menunjukkan hasil tertinggi 30,51 t/ha yang dicapai pada tumpang sari ubi kayu dengan kedelai GH-1, dan hasil terendah 22,55 t/ha dicapai pada tumpang sari ubi kayu dengan kedelai varietas Grobogan. Hasil tersebut berkurang 40,37% (GH-1) dan 55,92% (Grobogan) dibandingkan dengan monokultur. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hidoto & Loha (2013) yang menyatakan bahwa hasil ubi kayu dipengaruhi secara nyata oleh sistem tanam, dan pola tanam monokultur memberikan hasil umbi tertinggi. Menurut hasil penelitian Silva *et al.* (2016), produktivitas ubi kayu ditentukan oleh varietas ubi kayu yang digunakan dan juga tanaman tumpang sarinya. Pada tumpang sari ubi kayu+kedelai, penanaman kedelai kedua tidak berpengaruh pada hasil ubi kayu (Pypers *et al.* 2011). Menurut hasil penelitian Taah *et al.* (2017), hasil ubi kayu dipengaruhi oleh rasio baris ubi kayu:kedelai, dan peningkatan jumlah baris kedelai dari satu menjadi dua dan tiga menyebabkan hasil ubi kayu semakin berkurang, dengan pengurangan hasil ubi kayu mencapai 42% (1:2) dan 44% (1:3). Pengurangan hasil ubi kayu dan kedelai pada pola tumpang sari disebabkan oleh penurunan populasi ubi kayu maupun kedelai. Jumlah populasi tanaman ubi kayu dan kedelai pada pola tumpang sari lebih rendah dibandingkan dengan pada pola monokultur sehingga hasil ubi kayu pada pola tumpang sari lebih rendah dibandingkan dengan pada monokultur. Akan tetapi, pengurangan hasil ubi kayu tersebut dapat digantikan dengan hasil kedelai. Selain itu, ada manfaat lain dari pola tumpang sari ubi kayu+kedelai, yaitu adanya efisiensi penggunaan lahan yang lebih besar, menekan pertumbuhan gulma, mening-

Tabel 7 Hasil umbi dan proporsi hasil umbi pada pola tanam tumpang sari genotipe kedelai dengan ubi kayu dan pada pola tanam monokultur

Genotipe	Hasil umbi		Proporsi hasil umbi ¹⁾ (%)
	(kg/plot)	(t/ha)	
GH-5	52,13 ^{bcd}	26,87	52,52
GH-10	50,15 ^{bcd}	25,85	50,53
GH-6	54,75 ^{bcd}	28,22	55,16
GH-8	48,45 ^{bcd}	24,97	48,82
GH-9	48,13 ^{bcd}	24,81	48,49
GH-11	53,95 ^{bcd}	27,81	54,36
GH-4	54,80 ^{bcd}	28,25	55,21
GH-2	47,68 ^{bcd}	24,58	48,04
GH-12	47,95 ^{bcd}	24,72	48,31
GH-7	58,53 ^{bcd}	30,17	58,97
GH-3	47,13 ^{cd}	24,29	47,49
GH-1	59,18 ^b	30,51	59,63
Grobogan	43,75 ^d	22,55	44,08
Dena 1	45,95 ^d	23,69	46,30
Dena 2	44,33 ^d	22,85	44,66
Monokultur	99,25 ^a	51,16	

Keterangan: Angka dalam satu kolom diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% dan ¹⁾ = perbandingan antara hasil umbi pada tumpang sari dengan hasil umbi pada monokultur.

katkan kesuburan tanah karena adanya penambahan N melalui fiksasi N oleh bintil akar kedelai sehingga tumpang sari dengan tanaman aneka kacang akan meningkatkan kesuburan tanah (Iqbal *et al.* 2018)

Nilai rasio kesetaraan lahan (RKL) dihitung dengan melibatkan hasil kedelai total (T1+T2) dan hasil ubi kayu. Nilai RKL pada penelitian ini berkisar antara 0,90 (Dena 2) hingga 1,20 (GH-10). Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa hampir semua genotipe kedelai yang ditumpangsarikan dengan ubi kayu memiliki nilai RKL yang lebih besar atau sama dengan satu (≥ 1), kecuali GH-8 dan varietas pembandingan Dena 2 yang nilai RKLnya kurang dari satu (<1). Nilai RKL yang lebih besar dari 1,0 menunjukkan bahwa tumpang sari lebih menguntungkan dibandingkan dengan monokultur. Nilai RKL yang kurang dari 1,0 menunjukkan bahwa tumpang sari tidak menguntungkan, dan pada kondisi demikian akan lebih baik kedua tanaman ditanam secara monokultur, dan RKL sama dengan 1,0 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan hasil antara monokultur dan tumpang sari (Egbe *et al.* 2010; Mohammed 2011, Zhang *et al.* 2011, Matusso *et al.* 2013;). Dengan demikian, ditinjau dari rasio kesetaraan lahan tumpang sari, genotipe kedelai dengan ubi kayu menguntungkan, kecuali tumpang sari GH-8 dengan ubi kayu atau Dena 2 dengan ubi kayu.

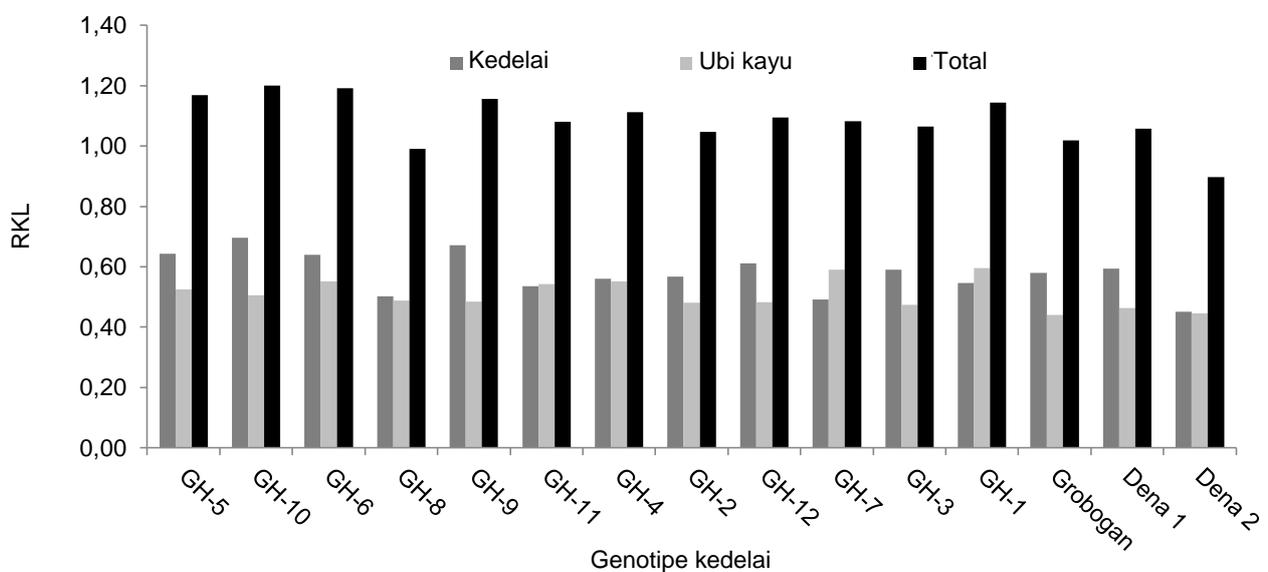
Nilai RKL tertinggi pada penelitian ini adalah 1,20 (GH-10), artinya untuk mendapatkan hasil yang sama dengan pola tanam tumpang sari diperlukan lahan yang 20% lebih luas apabila kedua tanaman ditanam secara monokultur. Nilai RKL yang dicapai pada penelitian ini lebih rendah dari yang dicapai pada penelitian Sundari dan Mutmaidah (2018), yang menunjukkan bahwa nilai RKL setiap genotipe kedelai yang ditumpangsarikan dengan ubi kayu adalah berbeda, berkisar

antara 1,10–1,90. Nilai RKL digunakan sebagai indikator untuk menentukan keberhasilan tumpang sari (Brintha & Seran 2009).

Keberhasilan tumpang sari ditentukan oleh beberapa faktor, khususnya rasio penanaman, pengaturan jarak tanam, kepadatan tanaman, kultivar, dan persaingan antara komponen tumpang sari (Rezaei-Chianeh *et al.* 2011). Rasio penanaman, pengaturan jarak tanam, dan kepadatan tanaman sangat terkait erat dengan persaingan yang terjadi pada pola tumpang sari. Persaingan merupakan salah satu faktor utama yang memiliki dampak nyata pada tingkat pertumbuhan dan hasil tanaman yang digunakan dalam tumpang sari. Semakin tinggi tingkat persaingan antara komponen tumpang sari maka pertumbuhan dan hasil tanaman yang digunakan dalam tumpang sari juga semakin rendah. Menurut Zhang *et al.* (2011), hasil tinggi pada tumpang sari dicapai ketika persaingan atau kompetisi interspesifik lebih rendah daripada intraspesifik.

KESIMPULAN

Respons masing-masing genotipe kedelai yang diuji sebagai tanaman sela pada tumpang sari dengan ubi kayu adalah beragam, bergantung pada waktu tanam kedelai. Berdasarkan nilai ITC dan IST, GH-5 dan GH-6 sesuai sebagai tanaman sela pertama (T1) dan GH-3 sesuai untuk tanaman sela kedua (T2) pada pola tumpang sari ubi kayu+kedelai. Berdasarkan nilai rasio kesetaraan lahan (RKL), tumpang sari ubi kayu dengan GH-5, GH-6, dan GH-3 tergolong menguntungkan karena nilai RKL lebih besar dari 1,0.



Gambar 2 Nilai rasio kesetaraan lahan (RKL) kedelai, ubi kayu, dan total pada tumpang sari genotipe kedelai dengan ubi kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bal itkabi. 2015. *Panduan Teknis Budidaya Kedelai di Berbagai Kawasan Agroekosistem*. Malang (ID): Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Bal itkabi. 2016. *Pedoman Budidaya Ubi Kayu di Indonesia*. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Brinta I, Seran Th. 2009. Effect of paired row planting of radish (*Raphanus sativus* L.) inter-cropped with vegetable amaranths (*Amaranthus tricolor* L) on yield component of radish in sandy regosol. *Journal Agriculture Sciences*. 4: 19–28.
- Egbe OM, Alibo I, Nwueze. 2010. Evaluation of some extra-early-and early-maturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern guinea savannah of Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 1(5): 845–858. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.5.845.858>
- Esmaeili A, Sadeghpour A, Hosseini SMB, Jahanzad E, Chaichi MT, Hashemi M. 2011. Evaluation of seed yield and competition indices for intercropped barley (*Hordeum vulgare*) and annual medic (*Medicago scutellata*). *International Journal of Plant Production*. 5(4): 395–404.
- Fan Y, Chen J, Cheng Y, Ali Raza M, Wu X, Wang Z, Liu Q, Wang R, Wang X, Yong Y, Liu W, Liu J, Du J, Shu K, Yang W, Yang F. 2018. Effect of shading and light recovery on the growth, leaf structure, and photosynthetic performance of soybean in a maize-soybean relay-strip intercropping system. *PLoS ONE*. 13(5): 1–5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198159>
- Hidoto L, Loha G. 2013. Identification of suitable legumes in cassava (*Manihot esculenta* Crantz)-Legumes intercropping. *African Journal of Agricultural Research*. 8(21): 2559–2562.
- Iqbal MA, Iqbal A, Maqbool Z, Ahmad Z, Ali E, Siddiqui MH, Ali S. 2018. Revamping soil quality and correlation studies for yield and yield attributes in sorghum-legumes intercropping systems. *Bioscience Journal*. 34: 1165–1176. <https://doi.org/10.14393/BJ-v34n3a2018-36561>
- Kadziulienė ZL, Sarunaite I, Dereikyte S, Maikstieniene A, Arlauskienė L, Masilionyte R, Cenuleviciene V, Zekaitė. 2009. Qualitative effects of pea and spring cereals intercrop in the organic farming systems. *Agronomi Research*. 7(2): 606–611.
- Liu W, Zou J, Zhang J, Yang F, Wan Y, Yang W. 2015. Evaluation of soybean (*Glycine max*) stem vining in maize-soybean relay strip intercropping system. *Plant Production Sciences*. 91: 69–75. <https://doi.org/10.1626/pps.18.69>
- Matusso JMM, Mugwe JN, Mucheru-Muna M. 2013. Effects of different maize (*Zea mays* L.) soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) intercropping patterns on yields and land equivalent ratio. *Journal of Cereals Oilseeds*. 4(4): 48–57.
- Mohammed SAA. 2011. Assessing the land equivalent ratio (LER) of two leguminous pastures (CLITORIA and SIRATRO) intercropping at various cultural practices and fencing at ZALINGEI–Western Darfur State-Sudan. *ARNP Journal of Science and Technology*. 2(11): 1074–1080.
- Pypers P, Sanginga JM, Kasereka B, Walangululuc M, Vanlauwea B. 2011. Increased productivity through integrated soil fertility management in cassava-legume intercropping systems in the highlands of Sud-Kivu, DR Congo. *Field Crops Research*. 120: 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.09.004>
- Qi XS, Liu ZX, Guan RX, Wang XR, Gou ZW, Chang RZ, Qiu LJ. 2012. Comparison of evaluation methods for drought resistance at soybean adult stage. *Acta Agronomica Sinica*. 38: 665–674. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1006.2012.00665>
- Rezaei-Chianeh E, Nassab ADM, Shakiba MR, Ghassemi-Golezani, Aharizad S, Shekari F. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. *African Journal of Agricultural Research*. 6: 1786–1793.
- Silva DV, Evander A, Ferreira CM, Oliveira GAM, Pereira RR, Braga JB, dos Santos I, Aspiazu, Souza FM. 2016. Productivity of cassava and other crops in an intercropping system. *Ciencia e Investigación Agraria*. 43(1): 159–166. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202016000100015>
- Sundari T, Mutmaidah S. 2018. Identifikasi kesesuaian genotipe kedelai untuk tumpang sari dengan ubi kayu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 23(1): 29–37. <https://doi.org/10.18343/jipi.23.1.29>
- Taah KJ, Buah JN, OgyiriAdu E. 2017. Evaluation of spatial arrangement of legumes on weed suppression in cassava production. *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*. 12(1): 1–11.
- Xu-Sheng QI, Liu ZX, Guan RX, Wang XR, Gou ZW, Chang RZ, Qiu LJ. 2012. Comparison of evaluation methods for drought-resistance at soybean adult stage. *Acta Agronomica Sinica*. 38: 665–674. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1006.2012.00665>
- Zhang G, Yang Z, Dong S. 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and mayze intercropping system. *Field Crops Research*. 124: 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.06.006>