

Evaluasi Teknologi Tumpangsari Kedelai dengan Padi Gogo dan Jagung

Evaluation of Technology of Intercropping Soybean with Upland Rice and Maize

Abdullah Taufiq*, Titik Sundari, Arief Harsono, Didik Harnowo, Siti Mutmaidah, Yuliantoro Baliadi, Andy Wijanarko, Novita Nugrahaeni

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jalan Raya Kendalpayak Km 8 Malang Telp. 0341-801468

*E-mail: taufiq.malang@gmail.com

NASKAH DITERIMA 5 SEPTEMBER 2019; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 9 APRIL 2020

ABSTRAK

Tumpangsari (TS) kedelai dengan padi gogo atau jagung merupakan salah satu strategi meningkatkan luas panen dan produksi kedelai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model tanam TS padi gogo (pg)+ kedelai (kd) dan TS jagung (jg)+ kedelai (kd) yang optimal. Penelitian dilaksanakan di IP2TP Kendalpayak mulai Oktober 2018 hingga Januari 2019. Perlakuan terdiri atas kombinasi empat model tanam dengan dua varietas kedelai (Dega 1 dan Dena 1) termasuk pemupukannya pada TS pg+kd dan TS jg+kd. Varietas padi gogo dan jagung berturut-turut Inpago 10 dan Bima 19. Model tanam (M) pada TS pg+kd terdiri atas: M1: 75% pg + 91% kd tanpa pupuk, M2: 37% pg + 91% kd tanpa pupuk, M3: 37% pg + 152% kd dipupuk 23-36-30 kg/ha N, P, K + 1 t/ha pupuk kandang (pukan), dan M4: 18% pg+72% kd dipupuk 23-36-30 kg/ha N, P, K + 1 t/ha pukan. Padi gogo ditanam bersamaan dengan kedelai, dengan dosis pemupukan 144,5-52,5-52,5 kg/ha N, P, K + 1 t/ha pukan. Model tanam pada TS jg+kd terdiri atas: M1: 150% jg ditanam 3 minggu setelah kedelai + 114% kd dipupuk 38-15-15 kg/ha N, P, K, M2: 150% jg + 114% kd dipupuk 107-15-15 kg/ha N, P, K + 2,5 t/ha pukan, M3: 150% jg + 227% kd dipupuk seperti pada M2, dan M4: 52% jg + 70% kd dipupuk 23-36-36 kg/ha N, P, K + 1 t/ha pukan. Dosis pemupukan jagung 167,5-52,5-52,5 kg/ha N, P, K + 1 t/ha pukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model tanam optimal pada TS padi gogo + kedelai adalah Model 1 dan Model 2 menggunakan kedelai varietas Dega 1, dengan keuntungan masing-masing Rp9.086.500 dan Rp8.896.500/ha. Model yang optimal pada TS jagung + kedelai adalah Model 1 menggunakan kedelai varietas Dega 1 dengan keuntungan Rp20.121.400/ha. Masing-masing model tanam tersebut mempunyai keunggulan dalam hal produktivitas dan perolehan keuntungan dibandingkan model lainnya yang diuji. Oleh karena itu, pada TS padi gogo + kedelai dengan Model 1 atau Model 2 atau pada TS jagung + kedelai dengan Model 1 lebih dianjurkan menggunakan kedelai varietas Dega 1 dibandingkan Dena 1.

Kata kunci: jagung, kedelai, padi gogo, sistem tanam

ABSTRACT

Intercropping soybean with upland rice as well as with maize is one of the strategies to increase harvested area and soybean production. The objective of the research was to determine optimum planting model in intercropping of upland rice (rice)+ soybean (soy) and maize (mz) + soybean. The study was conducted at Kendalpayak Research Station from October 2018 until January 2019. The treatment consisted of a combination of four planting models with two soybean varieties (Dega 1 and Dena 1), including fertilization in intercropping of rice+soy and mz+soy. Planting models (M) of rice+soy were M1: 75% rice + 91% soy without fertilization, M2: 37% rice + 91% soy without fertilization, M3: 37% rice + 152% soy with N, P, and K fertilizers 23-36-30 kg/ha + 1 t/ha manure, and M4: 18% rice + 72% soy with fertilizer as in M3 model. Upland rice was planted at the same time as soybean with 144.5-52.5-52.5 kg/ha of N, P, and K fertilizers + 1 t/ha manure. Planting models of mz+soy were M1: 150% mz that was planted three weeks after soybean+ 114% soy with 38-15-15 kg/ha N, P, and K fertilizers, M2: 150% mz + 114% soy with 107-15-15 kg/ha N, P, and K fertilizers + 2.5 t/ha manure, M3: 150% mz + 227% soy with fertilizer as in M2 model, and M4: 52% mz + 70% soy with 23-36-36 kg/ha N, P, and K fertilizers + 1 t/ha manure. Fertilizer dosage for maize was 167.5-52.5-52.5 kg/ha N, P, and K + 1 t/ha manure. The results showed that planting Model 1 and Model 2 were the optimum models in intercropping of rice+soybean using Dega 1 variety with the benefit of Rp9,086,500 and Rp8,896,500/ha, respectively. The optimal model in intercropping of maize+soybean was Model 1 using Dega 1 variety with the benefit of Rp20,121,400/ha. The superiorities of Model 1 and Model 2 in such intercropping were due to the higher productivity and benefit compared to the other models tested. In both intercropping patterns, the use of short maturing soybean variety Dega 1 was superior as the yield and benefit were higher than Dena 1. Therefore, Dega 1 variety is more recommended in intercropping of upland rice + soybean using Model 1 and Model 2, and in intercropping of maize + soybean using Model 1.

Keywords: maize, planting system, soybean, upland rice

PENDAHULUAN

Kebutuhan pangan global semakin meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk, sehingga memerlukan penyediaan pangan dalam jumlah cukup dan berkelanjutan (Tilman *et al.* 2002; Foley *et al.* 2011). Pasokan pangan dan keberlanjutan pertanian global dihadapkan pada beragam masalah, seperti kelangkaan sumberdaya alam (Gerber *et al.* 2013; Veldkamp *et al.* 2017), penurunan kualitas sumberdaya alam akibat polusi air dan tanah, serta penggunaan pupuk kimia berlebihan (Matson *et al.* 1997; Chen *et al.* 2011), perubahan iklim (Kalnay dan Cai 2003), hilangnya keanekaragaman hayati (Foley *et al.* 2005), dan penyusutan lahan yang sesuai untuk produksi pangan (Tschamtker *et al.* 2012; Mulyani *et al.* 2016).

Padi, jagung dan kedelai merupakan komoditas pangan strategis di Indonesia. Berdasarkan neraca produksi dan kebutuhan, dari ketiga komoditas tersebut hanya kedelai yang defisit. Permintaan beras untuk konsumsi tahun 2017 hingga 2019 mencapai 33,47 juta t/th, sedangkan produksi gabah mencapai 80,93 juta ton atau sekitar 51,8 juta ton beras (konversi gabah ke beras 64,02%) (Heni 2016). Komoditas jagung hingga tahun 2020 diperkirakan surplus 2,25 juta ton hingga 4,25 juta ton (Chafid 2016). Komoditas kedelai mengalami defisit yang semakin besar, yaitu 1,6 juta ton pada tahun 2016 dan defisit diperkirakan meningkat menjadi 1,91 juta ton pada tahun 2020 (Riniarsi 2016).

Tantangan penyediaan kedelai semakin berat karena luas panen turun. Luas panen kedelai tahun 2014 adalah 615 ribu ha dengan produksi 955 ribu ton, dan tahun 2017 turun menjadi 356 ribu ha dengan produksi 539 ribu ton (Kementan 2018). Penurunan luas panen kedelai terutama disebabkan oleh penurunan minat petani menanam kedelai karena keuntungan lebih rendah dibandingkan menanam palawija lainnya (Harsono 2017). Pemerintah berupaya memenuhi kebutuhan kedelai dengan cara meningkatkan produksi melalui intensifikasi dan perluasan areal panen. Intensifikasi pertanian dapat dilakukan melalui perbaikan pengelolaan (Ruiz-Martinez *et al.* 2015), dan peningkatan intensitas penggunaan lahan (Dietrich *et al.* 2012). Intensitas penggunaan lahan dapat dinilai berdasarkan intensitas penanaman (Siebert *et al.* 2010). Penerapan pola tanam tumpangsari merupakan upaya peningkatan intensitas penggunaan lahan (Phalan *et al.* 2011). Pola tumpangsari telah dipraktekkan di banyak negara, seperti China, India, Nigeria, Mali dan Ethiopia (Ouma 2009; Zomer *et al.* 2009), dengan kontribusi mencapai 15-20% pasokan pangan dunia

(Lithourgidis *et al.* 2011). Tumpangsari sereal dengan tanaman aneka kacang di China dan Afrika lebih menguntungkan karena hasilnya meningkat (Mucheru-Muna *et al.* 2010; Rusinamhodzi *et al.* 2012). Pola tumpangsari dengan tanaman legum juga berkontribusi terhadap kelestarian lahan karena mengurangi erosi tanah dan memperbaiki pasokan unsur hara nitrogen (Li *et al.* 2013), serta menguntungkan secara ekologis, biologis, dan sosial ekonomi dibandingkan menanam tanaman non legum secara monokultur (He *et al.* 2011; Kebebew *et al.* 2014).

Perluasan areal panen kedelai pada daerah sentra produksi jagung dan padi gogo dapat dilakukan dengan menanam kedelai dalam pola tumpangsari. Areal jagung dan padi gogo di Indonesia cukup luas, yaitu masing-masing 5,73 juta ha dan 1,15 juta ha (Kementan 2019). Bila 20% lahan-lahan tersebut dapat ditanami kedelai dengan pola tumpangsari, maka ada tambahan luas panen kedelai 1,37 juta ha, dan bila produktivitas kedelai dalam pola tersebut mencapai 0,8 t/ha, berarti ada tambahan produksi kedelai nasional sekitar 1,10 juta ton/tahun.

Melihat prospek pola tanam tumpangsari yang menjanjikan tersebut, Kementerian Pertanian akan mengembangkan kedelai dalam pola tumpangsari dengan jagung maupun padi gogo (Ditjen Tanaman Pangan 2018). Populasi tanaman yang dianjurkan dalam tumpangsari tersebut telah disusun, yaitu: 1) tumpangsari padi gogo + kedelai, populasi padi gogo dan kedelai berturut-turut 250 ribu rumpun/ha dan 300 ribu tanaman/ha, 2) tumpangsari jagung + kedelai, populasi jagung dan kedelai berturut-turut 100 ribu dan 300 ribu tanaman/ha. Teknologi tersebut perlu dievaluasi sebelum dikembangkan lebih luas. Tujuan penelitian adalah menentukan model tanam dan pengelolaan tanaman yang optimal pada pola tumpangsari padi gogo dengan kedelai, dan jagung dengan kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di IP2TP (Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian) Kendalpayak, Malang mulai bulan Oktober 2018 hingga Januari 2019. Perlakuan terdiri atas dua faktor, yaitu faktor pertama varietas kedelai yang terdiri atas Dena 1 dan Dega 1, dan faktor kedua adalah empat model tanam (M1, M2, M3, dan M4). Model tanam merupakan kombinasi antara komposisi tanaman, pengaturan jarak tanam, dan pemupukan. Kombinasi perlakuan tersebut diuji pada dua pola tumpangsari (TS), yaitu TS padi gogo dengan kedelai (Tabel 1, Gambar 1) dan TS jagung dengan kedelai (Tabel 2, Gambar 2), selanjutnya

Tabel 1. Model tanam pada pola tumpangsari padi gogo dengan kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

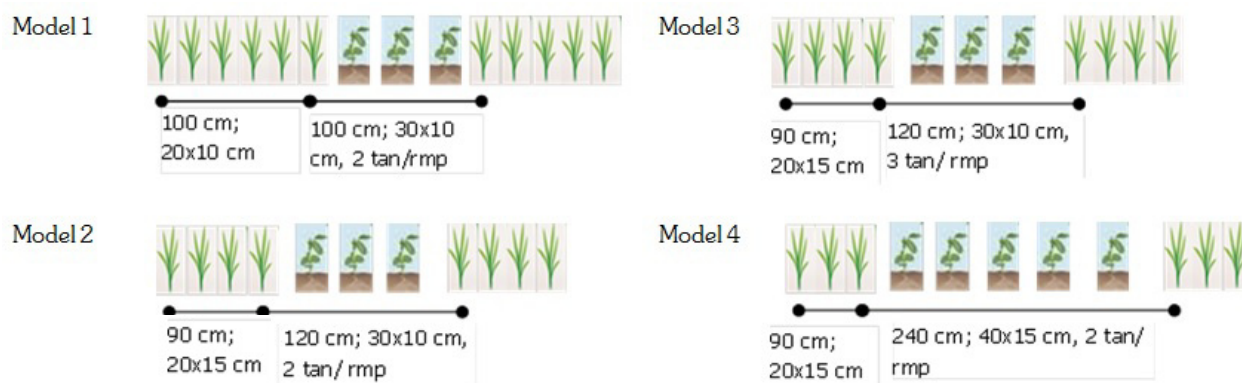
Model tanam	Pengaturan tanaman		Populasi dalam tumpangsari		Dosis pupuk (kg/ha)	
	Padi	Lebar lorong (cm)	Kedelai	Saat/tanggal tanam	Padi (rumpun/ha)	Kedelai Padi ²⁾ Kedelai ³⁾
Model 1	6 baris, jarak tanam 20×10 cm	100	3 baris, jarak tanam 30×10 cm, 2 tan/rumpun	Bersamaan/ 8 Okt 2018	300.000 (75%) ¹⁾	300.000 (91%) 200 Urea + 350 Phonska + 1000 pupuk organik Tanpa pupuk
Model 2	4 baris, jarak tanam 20×15 cm	120	3 baris, jarak tanam 30×10 cm, 2 tan/rumpun	Bersamaan/ 9 Okt 2018	148.000 (37%)	300.000 (91%) 200 Urea + 350 Phonska + 1000 pupuk organik Tanpa pupuk
Model 3	4 baris, jarak tanam 20×15 cm	120	3 baris, jarak tanam 30×10 cm, 3 tan/rumpun	Bersamaan/ 15 Okt 2018	148.000 (37%)	500.000 (152%) 200 Urea + 350 Phonska + 1000 pupuk organik 50 Urea + 100 SP36 + 50 KCl + 1000 pupuk organik
Model 4	3 baris, jarak tanam 20×15 cm	240	5 baris, jarak tanam 40×15 cm, 2 tan/rumpun	Bersamaan/ 10 Okt 2018	71.500 (18%)	238.000 (72%) 200 Urea + 350 Phonska + 1000 pupuk organik 50 Urea + 100 SP36 + 50 KCl + 1000 pupuk organik

Keterangan: ¹⁾Persentase terhadap populasi monokultur masing-masing komoditas; ²⁾Pupuk organik sebagai penutup lubang tanam. Pemupukan Urea (46% N) pada umur 10 dan 35 hari masing-masing 1/3 dan 2/3 dosis. Pemupukan Phonska (15% N, 15% P₂O₅, 15% K₂O) pada umur 10 hari; ³⁾Pupuk organik sebagai penutup lubang tanam, dan ditutup dengan tanah pada model yang tanpa pupuk organik, pemupukan Urea, SP36 (36% P₂O₅) dan KCl (60% K₂O) pada umur 10 hari.

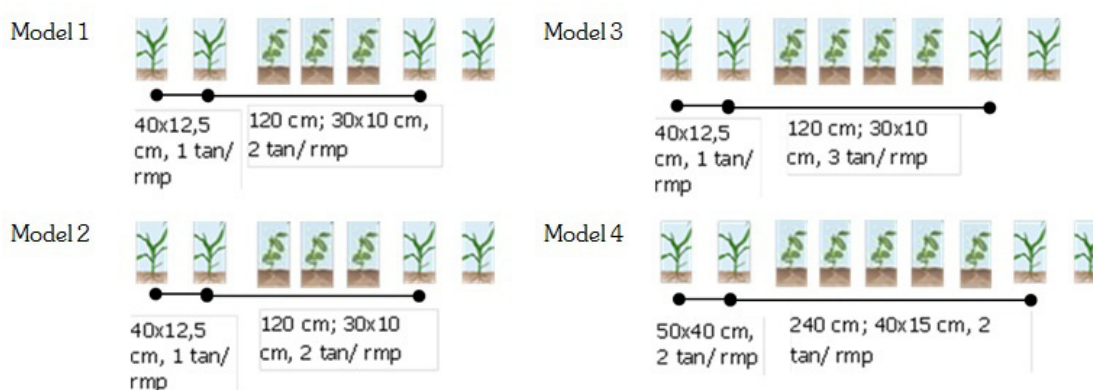
Tabel 2. Model tanam pada pola tumpangsari jagung dengan kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Model tanam	Pengaturan tanaman			Populasi dalam tumpangsari (tanaman/ha)		Dosis pupuk (kg/ha)		
	Jagung	Lebar lorong (cm)	Kedelai	Saat/tanggal tanam	Jagung	Kedelai	Jagung ²⁾	Kedelai ³⁾
Model 1	2 baris, jarak tanam 40×12,5 cm, 1 tan/rumpun	120	3 baris, jarak tanam 30×10 cm, 2 tan/rumpun	Kedelai: 8 Okt 2018 Jagung: 29 Okt 2018 (3 minggu setelah kedelai)	100.000 (150%) ¹⁾	375.000 (114%)	250 Urea + 350 Phonska + 1000 pupuk organik	50 Urea + 100 Phonska
Model 2	2 baris, jarak tanam 40×12,5 cm, 1 tan/rumpun	120	3 baris, jarak tanam 30×10 cm, 2 tan/rumpun	Bersamaan/ 9 Okt 2018	100.000 (150%)	375.000 (114%)	250 Urea + 350 Phonska + 1000 pupuk organik	200 Urea + 100 Phonska + 2500 pupuk organik
Model 3	2 baris, jarak tanam 40×12,5 cm, 1 tan/rumpun	120	4 baris, jarak tanam 30×10 cm, 3 tan/rumpun	Bersamaan/ 15 Okt 2018	100.000 (150%)	750.000 (227%)	250 Urea + 350 Phonska + 1000 pupuk organik	200 Urea + 100 Phonska + 2500 pupuk organik
Model 4	2 baris, jarak tanam 50×40 cm, 2 tan/rumpun	240	5 baris, jarak tanam 40×15 cm, 2 tan/rumpun	Bersamaan/ 9 Okt 2018	34.500 (52%)	230.000 (70%)	250 Urea + 350 Phonska + 1000 pupuk organik	50 Urea + 100 SP36 + 50 KCl +1000 pupuk organik

Keterangan: ¹⁾Persentase terhadap populasi monokultur masing-masing komoditas; ²⁾Pupuk organik sebagai penutup lubang tanam. Pemupukan Urea (46% N) pada umur 10 dan 35 hari masing-masing 1/3 dan 2/3 dosis. Phonska (15% N, 15% P₂O₅, 15% K₂O) pada umur 10 hari; ³⁾Pupuk organik sebagai penutup lubang tanam, dan ditutup dengan tanah pada model yang tanpa pupuk organik, pemupukan Urea, Phonska, SP36, dan KCl (60% K₂O) pada umur 10 hari. Pada Model 2 dan Model 3: 50% dosis Phonska dan semua dosis SP36 dicampur pupuk organik untuk menutup lubang tanam, sedangkan 50% dosis Phonska pada umur 15-20 hari.



Gambar 1. Model tanam pada pola tumpangsari padi gogo dengan kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019.



Gambar 2. Model tanam pada pola tumpangsari jagung dengan kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019.

ditulis TS padi gogo + kedelai dan TS jagung + kedelai. Pada setiap pola TS, perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok, diulang tiga kali. Luas plot untuk setiap perlakuan 40-50 m² bergantung model tanam yang diuji. Varietas padi gogo dan jagung yang digunakan berturut-turut Inpago 10 dan Bima 19. Pengairan selama bulan Oktober dan November dilakukan sebanyak empat kali menggunakan air irigasi dari sungai karena curah hujan masih rendah, sedangkan pengairan pada bulan selanjutnya dari air hujan (Gambar 3).

Pengamatan terdiri atas tinggi dan populasi tanaman saat panen, komponen hasil dan hasil. Populasi tanaman dan hasil diamati berdasarkan ubinan panen 14,4-26,4 m², tergantung model tanam. Populasi tanaman saat panen (JTP) untuk kedelai dan jagung dihitung berdasarkan jumlah tanaman dipanen sedangkan untuk padi berdasarkan jumlah rumpun dipanen, dan dinyatakan dalam persentase terhadap jumlah tanaman atau jumlah rumpun awal (JTA), atau Populasi (%) = (JTP/JTA) × 100%. Intensitas penggunaan lahan (IPL) dihitung berdasarkan rumus $IPL = PT/PM$, dimana PT adalah populasi tanaman dalam pola tumpangsari, dan PM adalah populasi monokultur. Kepadatan populasi tanaman dinilai berdasarkan nilai IPL

(Intensitas Penggunaan Lahan) masing-masing komoditas, $IPL = 1$ berarti populasi tanaman dalam pola tumpangsari sama dengan dalam pola monokultur (populasi normal), $IPL < 0,7$ rendah, $IPL 0,7-0,8$ sedang, dan $IPL > 1,3$ tinggi.

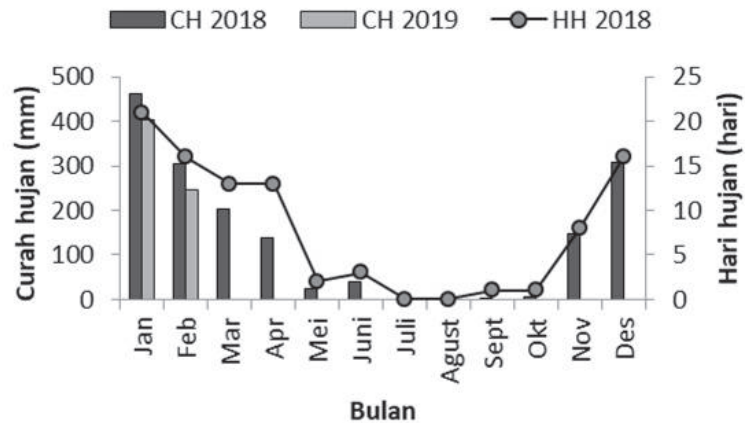
Populasi monokultur dihitung berdasarkan populasi dari jarak tanam anjuran, yaitu 1) tanaman kedelai jarak tanam 40 cm × 15 cm, 2 tanaman/rumpun atau 333.000 tanaman/ha, 2) tanaman padi jarak tanam baris ganda 30 cm × (20 × 10) cm atau 400.000 rumpun/ha, dan 3) tanaman jagung jarak tanam 75 cm × 20 cm, 1 tanaman/rumpun atau 66.500 tanaman/ha.

Parameter analisis finansial adalah biaya produksi, penerimaan, keuntungan, serta nisbah keuntungan terhadap biaya (B/C ratio) sebagai indikator kelayakan usahatani.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Penggunaan Lahan

Intensitas penggunaan lahan (IPL) merupakan indikator untuk menilai seberapa intensif suatu lahan diusahakan/digunakan, semakin tinggi nilainya berarti semakin intensif (Li *et al.* 2013).



Gambar 3. Curah hujan (CH) 2018/2019 dan hari hujan (HH) 2018 di sekitar lokasi penelitian (Gading, Bululawang, Malang; 08°06'17.39" LS, 112°38'07.35" BT, elevasi 412 m dpl). Sumber: BMKG Malang (2019).

Jumlah nilai IPL tertinggi pada pola TS padi gogo+kedelai maupun pada TS jagung+kedelai diperoleh pada Model 3 dan terendah pada Model 4 (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan lahan dalam satu musim tanam pada Model 3 lebih intensif dibandingkan dengan model lainnya pada kedua pola tumpangsari tersebut. Persaingan dalam menggunakan sumberdaya lingkungan dalam pola tumpangsari tidak hanya terjadi antarkomoditas, tetapi juga antarindividu tanaman. Oleh karena itu, IPL yang tinggi tidak selalu memberikan hasil yang tinggi, seperti IPL pada M1 atau M2 vs M3 (Gambar 4).

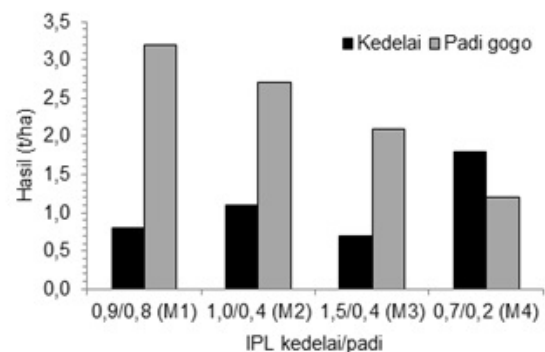
Kepadatan Populasi Tanaman

Kepadatan populasi tanaman padi gogo pada TS padi gogo+kedelai pada semua model tanam tergolong rendah hingga sedang (IPL 0,2-0,8), sedangkan untuk kedelai tergolong sedang hingga normal (IPL 0,7-1,0), kecuali pada Model 3 (tinggi). Pada TS jagung+kedelai, kepadatan populasi tanaman jagung pada semua model tanam tergolong tinggi (IPL 1,5) kecuali pada Model 4 (rendah), sedangkan untuk tanaman kedelai tergolong normal hingga tinggi (IPL 1,1-2,3) kecuali pada Model 4 (sedang) (Tabel 3). Semakin

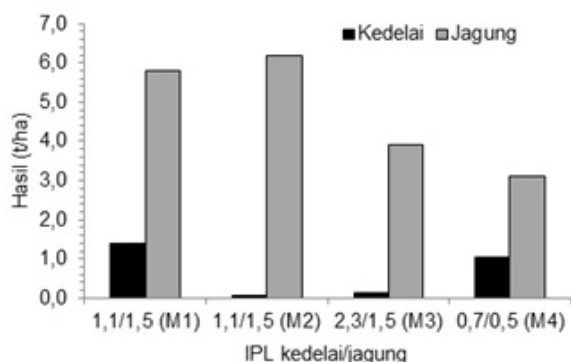
Tabel 3. Intensitas penggunaan lahan (IPL) pada tumpangsari padi gogo+kedelai dan jagung+kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Model tanam	IPL padi gogo +kedelai			IPL jagung +kedelai		
	Padi	Kedelai	Σ	Jagung	Kedelai	Σ
Model 1	0,8	0,9	1,7	1,5	1,1	2,6
Model 2	0,4	1,0	1,4	1,5	1,1	2,6
Model 3	0,4	1,5	1,9	1,5	2,3	3,8
Model 4	0,2	0,7	0,9	0,5	0,7	1,2

tinggi kepadatan populasi tidak selalu diikuti oleh meningkatnya hasil, karena tingkat persaingan antarindividu tanaman juga meningkat (Gambar 4). Pada nilai IPL padi gogo yang sama, yaitu M2 vs M3, peningkatan IPL kedelai menurunkan hasil kedelai maupun padi gogo (Gambar 4A). Hal yang



TS padi+kedelai (A)



TS jagung+kedelai (B)

Gambar 4. Hubungan intensitas penggunaan lahan (IPL) dengan hasil kedelai dan padi gogo (A), serta kedelai dan jagung (B) pada pola tumpangsari. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019.

sama terjadi pada TS jagung+kedelai, seperti pada M1 vs M3 (Gambar 4B).

Pada sistem tumpangsari, pengaturan tanaman merupakan salah satu faktor penentu produktivitas komoditas yang ditumpangsarikan (Oseni dan Aliyu 2010; Undie *et al.* 2012; Yang *et al.* 2015). Pengaturan tanaman bertujuan untuk meminimalkan pengaruh negatif antarkomoditas yang terlibat dalam pola tumpangsari tersebut. Pada TS padi gogo+kedelai, hasil yang tinggi pada kedua komoditas diperoleh pada populasi padi gogo 37-75% dan kedelai 91%, dan hasil keduanya rendah pada populasi padi gogo 37% dan kedelai 152%.

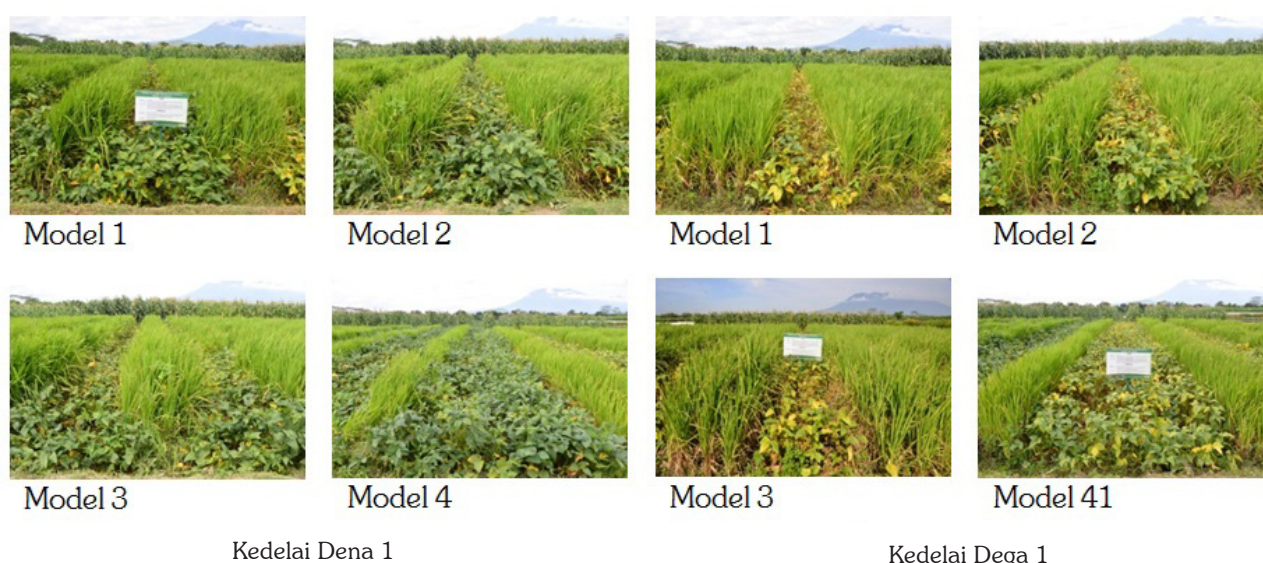
Hasil tertinggi jagung dan kedelai pada TS jagung+kedelai diperoleh pada populasi jagung 150% dan kedelai 114% dimana jagung ditanam 3 minggu setelah kedelai, dan kedelai tidak menghasilkan bila ditanam bersamaan. Bila kedelai dan jagung ditanam bersamaan, hasil kedelai tertinggi diperoleh pada populasi kedelai 70% dan jagung 52%. Hal ini senada dengan Subandi dan

Afandi (2017) dan Harsono *et al.* (2018) bahwa hasil tertinggi kedelai diperoleh pada populasi kedelai 70-80% (IPL 0,7-0,8) dan jagung 50-60% (IPL 0,5-0,6). Tumpangsari jagung baris ganda dengan kedelai diminati petani karena lebih menguntungkan dibandingkan menanam jagung monokultur (Astuti *et al.* 2017).

Keragaan Tanaman dan Hasil

Pola tumpangsari padi gogo+kedelai

Keragaan tanaman kedelai saat tanaman berumur 79-81 hari pada semua model tanam tergolong baik, tetapi pertumbuhan tanaman padi kurang baik, terutama yang berdekatan dengan tanaman kedelai (Gambar 5). Tanaman padi menunjukkan gejala daun menguning, kemudian tepi dan ujung daun mengering, bagian bawah daun berwarna agak keunguan. Berdasarkan gejala pada daun, terdapat indikasi tanaman padi mengalami kekurangan unsur hara P dan K.



Gambar 5. Keragaan padi gogo dan kedelai umur 79-81 hari pada empat model tanam tumpangsari. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019.

Tabel 4. Hasil analisis sidik ragam pengaruh model tanam dan varietas kedelai terhadap populasi tanaman saat panen dan hasil pada tumpangsari padi gogo+kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Sumber keragaman	Kedelai		Padi gogo	
	Populasi tanaman panen (%)	Hasil (t/ha k.a 12%)	Populasi tanaman panen (%)	Hasil (t/ha k.a 12%)
Model tanam (M)	**	**	*	**
Varietas (V)	tn	**	-	-
M*V	tn	tn	-	-
KK (%)	14,3	20,9	7,1	16,7

Keterangan: ** dan * masing-masing berbeda nyata pada taraf uji 1% dan 5%; tn: tidak nyata; tanda “-” tidak ada analisis karena hanya satu varietas; KK: koefisien keragaman.

Populasi tanaman saat panen dan hasil kedelai maupun padi gogo berbeda nyata antarmodel tanam. Populasi tanaman pada kedua varietas kedelai tidak berbeda, tetapi hasil yang dicapai berbeda nyata (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa model tanam menentukan hasil kedelai maupun padi gogo. Selain itu, hasil kedelai juga ditentukan oleh varietas.

Hasil kedelai varietas Dega 1 lebih tinggi 25-87% dibanding Dena 1 (bergantung model tanam). Hasil kedelai tertinggi dari kedua varietas tersebut diperoleh pada Model 4, sedangkan terendah pada Model 3 (Tabel 5). Hasil kedelai yang tinggi pada Model 4 disebabkan kepadatan tanaman lebih rendah dari model lainnya (sekitar 70% dari populasi monokultur atau IPL 0,7), dan tingkat kematian tanaman paling rendah yang ditunjukkan oleh populasi tanaman saat panen 95%. Hasil kedelai yang rendah pada Model 3 karena tingkat kematian tanaman tinggi akibat ditanam dengan populasi tinggi (sekitar 150% dari populasi monokultur atau IPL 1,5).

Populasi tanaman saat panen antara varietas Dega 1 dan Dena 1 pada semua model relatif sama. Postur tanaman Dena 1 lebih tinggi dan jumlah polong isi 42% lebih banyak dari Dega 1, tetapi ukuran biji Dega 1 lebih besar dari Dena 1 yang ditunjukkan oleh bobot 100 biji lebih tinggi 43% (Tabel 6). Hasil varietas Dena 1 yang lebih rendah mungkin disebabkan oleh sebagian besar tanaman rebah akibat posturnya tinggi, dan ukuran biji yang lebih kecil. Selain itu juga dipicu curah hujan yang cukup tinggi selama periode akhir pertumbuhan tanaman. Tinggi tanaman varietas Dena 1 pada jarak tanam 40 cm × 15-20 cm pada naungan 50% dari paranet adalah 54,2 cm (Sundari 2016), bahkan mencapai 111 cm (Soverda dan Alia 2018). Pada jarak tanam 35 cm × 15 cm, Dena 1 mencapai tinggi 78-91 cm pada naungan paranet, tanaman jagung, maupun ubi kayu (Pratiwi dan Artari 2018). Postur kedelai

Dena 1 yang tinggi pada TS padi gogo+kedelai kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya sinar matahari yang diterima individu tanaman akibat jarak tanam yang rapat.

Hasil padi terjadi sebaliknya yaitu tertinggi diperoleh pada Model 1 (3,2 t/ha gabah kering), dan terendah pada Model 4 (Tabel 5). Hal ini karena populasi tanaman padi pada Model 1 lebih banyak (sekitar 80% dari populasi monokultur), serta jumlah gabah isi/malai lebih banyak dan lebih bernas yang ditunjukkan oleh bobot gabah 10 tanaman lebih tinggi dibandingkan pada model lainnya. Pada Model 4, jumlah anakan produktif dan jumlah gabah isi lebih banyak dan lebih bernas dibandingkan model lainnya, tetapi populasi tanaman rendah (sekitar 20% dari populasi monokultur) sehingga hasil yang diperoleh rendah (Tabel 7).

Proporsi dan kepadatan populasi tanaman pada TS padi gogo+kedelai menentukan hasil masing-masing komoditas dan total hasil. Pada pola tersebut, total hasil (padi+kedelai) tertinggi diperoleh pada Model 1, dimana proporsi padi dan kedelai berdasarkan luasan efektif adalah 60:40 dan berdasarkan nilai IPL adalah 0,9/0,8 (kedelai/padi), dengan hasil padi 3,2 t/ha dan kedelai 0,8-1,1 t/ha tergantung varietas. Putra *et al.* (2017) melaporkan bahwa hasil padi gogo tertinggi (3,2 t/ha) dan tidak berbeda dengan monokultur diperoleh pada proporsi 60:40 (padi:kedelai), dan terendah pada proporsi 20:80. Hal ini menunjukkan bahwa Model 1 memberikan tambahan pendapatan dari hasil kedelai 0,8-1,1 t/ha.

Total hasil (kedelai+padi) dalam pola TS padi gogo+kedelai tertinggi diperoleh pada Model 1 dan Model 2 menggunakan kedelai varietas Dega 1 (Tabel 5). Hal ini memberikan implikasi bahwa pada daerah dimana padi gogo merupakan tanaman utama, maka kedelai berpeluang dimasukkan menggunakan pola tumpangsari dengan Model 1 atau Model

Tabel 5. Keragaan hasil kedelai dan padi gogo pada tumpangsari padi gogo + kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Model tanam	Kedelai				Padi gogo		Total hasil (t/ha setara padi) ²⁾	
	Populasi tanaman panen (%) ¹⁾	Hasil biji k.a 12% (t/ha)			Populasi tanaman panen (%) ¹⁾	Hasil gabah (t/ha)	Padi+ Dega 1	Padi+ Dena 1
		Dega 1	Dena 1	Rata-rata				
Model 1	58,3 c	1,1	0,6	0,8 bc	71,1 b	3,2 a	4,8	4,1
Model 2	78,1 b	1,4	0,8	1,1 b	86,5 a	2,7 ab	4,7	3,9
Model 3	45,2 d	0,9	0,5	0,7 c	88,5 a	2,1 b	3,4	2,8
Model 4	94,5 a	2,0	1,6	1,8 a	87,8 a	1,2 c	4,1	3,5

Keterangan: Angka sekolom yang didampingi huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%; ¹⁾Persentase populasi saat panen terhadap populasi saat tanam; ²⁾Konversi hasil kedelai ke hasil padi berdasarkan harga kedelai Rp8000/kg dan padi Rp5500/kg.

Tabel 6. Tinggi tanaman dan komponen hasil kedelai varietas Dena 1 dan Dega 1 dalam pola tumpangsari padi gogo + kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Model tanam	Tinggi tanaman (cm)		Jumlah polong isi/tanaman		Bobot 100 biji (g)	
	Dega 1	Dena 1	Dega 1	Dena 1	Dega 1	Dena 1
Model 1	60,5	96,7	21	24	24,09	16,21
Model 2	53,1	103,1	23	40	23,89	16,35
Model 3	55,5	71,8	19	23	20,60	15,33
Model 4	57,7	81,4	26	39	24,53	17,21

Tabel 7. Tinggi tanaman dan komponen hasil padi gogo pada tumpangsari padi gogo+kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Model tanam	Tinggi tanaman (cm)	Panjang malai (cm)	Σ anakan /rumpun	Σ anakan produktif/ rumpun	Σ gabah isi/ malai	Σ gabah hampa/ malai	Bobot gabah 10 tanaman k.a 12% (g)
Model 1	118	26	11	9	123	37	265
Model 2	117	26	11	9	104	42	227
Model 3	113	25	10	9	91	37	239
Model 4	118	26	14	11	221	42	284

2 menggunakan kedelai varietas Dega 1 dengan nilai IPL berturut-turut 1,7 dan 1,4. Artinya intensitas penggunaan lahan pada Model 1 dan Model 2 tersebut berturut-turut 1,7 dan 1,4 kali lebih tinggi dibandingkan menanam monokultur. Hasil padi gogo monokultur menurut penelitian Putra *et al.* (2017) adalah 2,3 t/ha, yang berarti penerapan Model 1 dan Model 2 berpeluang meningkatkan total hasil setara padi 47-50%.

Pola Tumpangsari jagung+kedelai

Keragaan tanaman kedelai saat tanaman berumur 74-81 hari beragam dari tidak baik hingga baik, bergantung model tanam. Pertumbuhan kedelai yang terbaik terdapat pada Model 4 diikuti Model 1, sedangkan pada Model 2 dan Model 3 pertumbuhannya tidak baik dan tanaman banyak yang mati. Pertumbuhan tanaman jagung pada semua model tanam tergolong baik (Gambar 6).

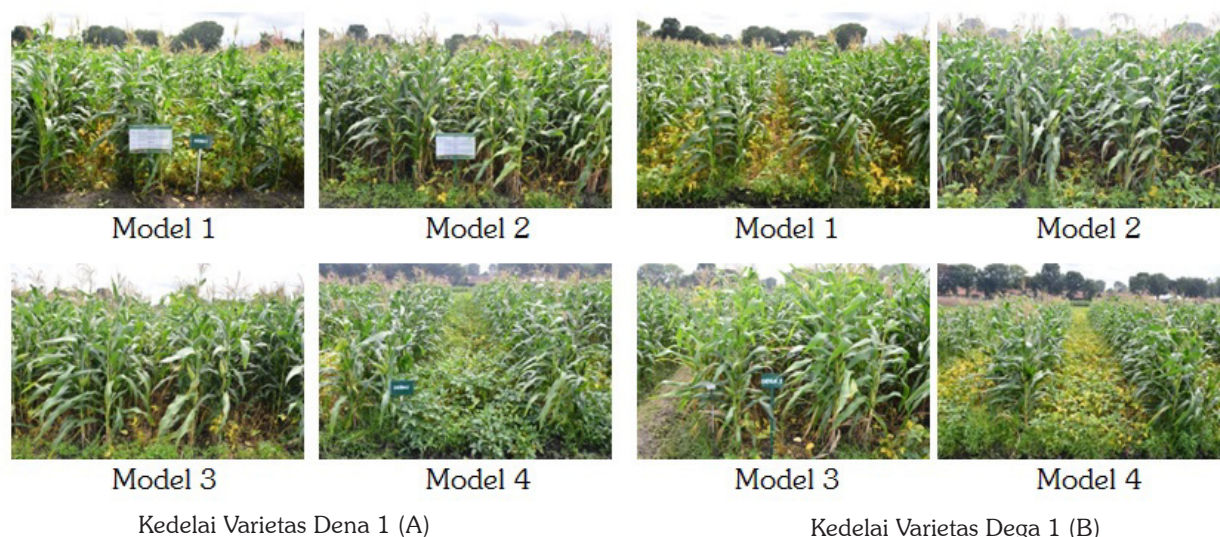
Model tanam berpengaruh nyata terhadap populasi tanaman saat panen dan hasil jagung. Populasi tanaman saat panen dan hasil kedelai dipengaruhi oleh interaksi antara model tanam dengan varietas (Tabel 8). Hal ini menunjukkan bahwa untuk memperoleh hasil jagung dan kedelai yang tinggi perlu menerapkan model tanam yang tepat. Hasil kedelai ditentukan oleh model tanam dan varietas yang ditanam.

Hasil kedelai tertinggi diperoleh pada Model 1 dan Model 4 menggunakan varietas Dega 1, tetapi hasil pada Model 1 lebih tinggi 29% dari Model 4, karena populasi tanaman lebih banyak, berturut-turut 110% (IPL 1,1) dan 70% (IPL 0,7) dari populasi

monokultur, dengan tingkat kematian tanaman relatif sama. Tanaman kedelai pada Model 1 ditanam 3 minggu sebelum tanaman jagung, sedangkan pada model lainnya ditanam bersamaan, sehingga periode cekaman naungan relatif lebih pendek. Hasil kedelai terendah pada kedua varietas diperoleh pada Model 2 dan Model 3, karena banyak yang tidak berpolong (Tabel 9, Gambar 7). Selain itu, populasi tanaman kedelai pada Model 3 sangat tinggi (230% dari populasi monokultur atau IPL 2,3). Tanaman kedelai yang ditanam 3 minggu lebih awal dari jagung, dan menggunakan varietas kedelai berumur genjah nampaknya menjadi faktor penting untuk memperoleh hasil kedelai tinggi, dan cara tersebut tidak banyak berpengaruh terhadap hasil jagung.

Pada TS jagung+kedelai, hasil kedelai varietas Dega 1 lebih tinggi 74% hingga 85% (bergantung pada model penanaman) dibandingkan varietas Dena 1, karena jumlah polong isi lebih banyak dan ukuran biji lebih besar (Tabel 10). Pengaruh naungan dari jagung menyebabkan tanaman kedelai mengalami etiolasi dan mengakibatkan tanaman rebah. Pemupukan kedelai pada Model 2 dan Model 3 justru menyebabkan hasil rendah karena tanaman tumbuh lebih subur dan rebah, sehingga polong yang terbentuk sedikit (Tabel 10).

Hasil jagung tertinggi diperoleh pada Model 2 dan Model 1, sedangkan terendah pada Model 4 (Tabel 9). Pada Model 3, meskipun bobot jagung pipil/10 tanaman lebih tinggi (Tabel 11), tetapi hasilnya lebih rendah karena tanaman banyak yang mati (hampir 50%).



Gambar 6. Keragaan jagung dan kedelai umur 74 hari (Model 2-4) dan jagung umur 60 hari (Model 1) pada pola tumpangsari. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Tabel 8. Hasil analisis sidik ragam pengaruh model tanam terhadap populasi tanaman dan hasil pada tumpangsari jagung + kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Sumber keragaman	Kedelai		Jagung	
	Populasi tanaman	panen (%) Hasil biji (t/ha)	Populasi tanaman	panen (%) Hasil biji (t/ha)
Model tanam (M)	**	**	**	**
Varietas (V)	**	**	-	-
M*V	*	**	-	-
KK (%)	10,1	17,9	4,6	5,4

Keterangan: ** dan * masing-masing berbeda nyata pada taraf uji 1% dan 5%; tn: tidak nyata; tanda “-” tidak ada analisis karena hanya satu varietas; kedelai dalam bentuk biji dan jagung dalam bentuk pipilan pada kadar air 12%; KK: koefisien keragaman.

Tabel 9. Populasi tanaman panen dan hasil jagung serta kedelai pada tumpangsari jagung + kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Model tanam	Populasi tanaman kedelai (%) ¹⁾		Hasil kedelai k.a 12% (t/ha)		Populasi tanaman jagung (%) ¹⁾	Hasil jagung pipilan k.a 12% (t/ha)	Total hasil (t/ha setara jagung) ²⁾		
	Dega 1	Dena 1	Dega 1	Dena 1			Jagung+ Dega 1	Jagung+ Dena 1	
Model 1	79,1 a	72,4 a	1,8 a	1,0 bc	61,6 c	5,8 a	9,4	7,8	
Model 2	80,1 a	57,6 b	0,1 d	0,0 d	76,4 b	6,2 a	6,4	6,2	
Model 3	37,4 c	31,9 c	0,2 d	0,1 d	51,2 d	3,9 b	4,3	4,1	
Model 4	77,8 a	74,4 a	1,4 ab	0,7 c	96,1 a	3,1 c	5,9	4,5	

Keterangan: Angka sekolom yang didampingi huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%; ¹⁾Persentase populasi saat panen terhadap populasi saat tanam; ²⁾Konversi hasil kedelai ke hasil jagung berdasarkan harga kedelai Rp8.000/kg dan jagung Rp4.000/kg.

Tabel 10. Tinggi tanaman dan komponen hasil kedelai varietas Dega 1 dan Dena 1 pada tumpangsari jagung + kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Model tanam	Tinggi tanaman (cm)		Jumlah polong isi/tanaman		Bobot 100 biji (g)	
	Dega 1	Dena 1	Dega 1	Dena 1	Dega 1	Dena 1
Model 1	62,6	98,9	22	19	23,25	15,39
Model 2	71,3	116,2	6	2	11,86	¹⁾
Model 3	66,8	97,0	10	7	16,58	14,50
Model 4	54,0	106,7	30	26	24,06	16,08

Keterangan: ¹⁾Tidak menghasilkan biji sama sekali.



Model 2

Model 3

Gambar 7. Keragaan tanaman kedelai umur 74 hari pada Model 2 dan Model 3 dalam pola tumpangsari jagung + kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019.

Tabel 11. Tinggi tanaman dan komponen hasil jagung pada tumpangsari jagung + kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

Model tanam	Tinggi tanaman (cm)	Diameter tongkol (cm)	Jumlah baris biji/tongkol	Jumlah biji /baris	Bobot jagung pipil (kg/10 tanaman)
Model 1	193,2	46,5	14	32	1,83
Model 2	251,7	49,6	14	32	1,67
Model 3	202,0	49,0	13	38	2,18
Model 4	205,7	45,8	14	32	1,46

Tabel 12. Analisis finansial pada pola tumpangsari padi gogo+kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

No.	Uraian	Nilai finansial			
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
1	Komponen biaya (C)				
	· Saprodi (Rp/ha)	4.316.000	4.386.000	6.151.000	5.501.000
	· Tenaga kerja (Rp/ha)	12.997.500	12.767.500	12.887.500	12.679.500
	· Jumlah (Rp/ha)	17.313.500	17.153.500	19.038.500	18.180.500
2	Hasil (kg/ha)				
	· Kedelai Dega 1	1.100	1.400	900	2.000
	· Kedelai Dena 1	600	800	500	1.600
	· Padi	3.200	2.700	2.100	1.200
3	Penerimaan (Rp/ha)				
	· Kedelai Dega 1	8.800.000	11.200.000	7.200.000	16.000.000
	· Kedelai Dena 1	4.800.000	6.400.000	4.000.000	12.800.000
	· Padi	17.600.000	14.850.000	11.550.000	6.600.000
	Jumlah (Rp/ha)				
	· Padi + kedelai Dega 1	26.400.000	26.050.000	18.750.000	22.600.000
	· Padi + kedelai Dena 1	22.400.000	21.250.000	15.550.000	19.400.000
4	Keuntungan (Rp/ha) (B)				
	· Padi + kedelai Dega 1	9.086.500	8.896.500	(288.500)	4.419.500
	· Padi + kedelai Dena 1	5.086.500	4.096.500	(3.488.500)	1.219.500
5	Nisbah B/C				
	· Padi + kedelai Dega 1	0,5	0,5	(0,0)	0,2
	· Padi + kedelai Dena 1	0,3	0,2	(0,2)	0,1

Keterangan: Harga kedelai kadar air 12% Rp8.000/kg, harga padi kadar air 12% Rp5.500/kg.

Tabel 13. Analisis finansial pada pola tumpangsari jagung+kedelai. IP2TP Kendalpayak, MH 2018/2019

No.	Uraian	Nilai finansial			
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
1	Komponen biaya (C)				
	· Saprodi (Rp/ha)	5.361.600	7.646.600	8.696.600	5.826.600
	· Tenaga kerja (Rp/ha)	12.117.000	10.605.000	10.605.000	12.033.000
	· Jumlah (Rp/ha)	17.478.600	18.251.600	19.301.600	17.859.600
2	Hasil (kg/ha)				
	· Kedelai Dega 1	1.800	100	200	1.400
	· Kedelai Dena 1	1.000	0	100	700
	· Jagung	5.800	6.200	3.900	3.100
3	Penerimaan (Rp/ha)				
	· Kedelai Dega 1	14.400.000	800.000	1.600.000	11.200.000
	· Kedelai Dena 1	8.000.000	-	800.000	5.600.000
	· Jagung	23.200.000	24.800.000	15.600.000	12.400.000
	Jumlah (Rp/ha)				
	· Jagung + kedelai Dega 1	37.600.000	25.600.000	17.200.000	23.600.000
	· Jagung + kedelai Dena 1	31.200.000	24.800.000	16.400.000	18.000.000
4	Keuntungan (Rp/ha) (B)				
	· Jagung + kedelai Dega 1	20.121.400	7.348.400	(2.101.600)	5.740.400
	· Jagung + kedelai Dena 1	13.721.400	8.833.400	(2.901.600)	140.400
5	Nisbah B/C				
	· Jagung + kedelai Dega 1	1,2	0,4	(0,1)	0,3
	· Jagung + kedelai Dena 1	0,8	0,6	(0,2)	0,0

Keterangan: Harga kedelai kadar air 12% Rp8.000/kg, harga jagung kadar air 12% Rp4.000/kg.

Total hasil (kedelai + jagung) tertinggi diperoleh pada Model 1 menggunakan varietas Dega 1 dengan total hasil setara jagung 9,4 t/ha. Model 2, meskipun total hasil termasuk tinggi, tetapi tanaman kedelai tidak menghasilkan biji (Tabel 9). Hal ini menunjukkan bahwa pada daerah dimana jagung merupakan tanaman utama, maka kedelai berpeluang ditanam dalam pola tumpangsari menggunakan Model 1. Jumlah nilai IPL pada Model 1 adalah 2,6, artinya intensitas pemanfaatan lahan 2,6 kali lebih tinggi dibandingkan jagung monokultur.

Permanasari dan Kastono (2012) melaporkan bahwa dalam pola tumpangsari jagung+kedelai, waktu tanam jagung bersamaan dengan kedelai atau ditanam 10 hari setelah kedelai tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan jagung dan kedelai (data hasil tidak dibahas). Dalam penelitian tersebut jarak tanam jagung 80 cm x 60 cm (populasi 21 ribu tanaman/ha) dan kedelai 40 cm x 20 cm (populasi 125 ribu tanaman/ha).

Analisis Finansial

Total biaya pada pola TS padi gogo+kedelai adalah Rp17.313.500/ha hingga Rp19.038.500/ha, terdiri atas saprodi 31%-45% dan tenaga kerja 55%-69%. Biaya pada Model 3 dan Model 4 lebih banyak dibandingkan pada Model 1 dan Model 2. Keuntungan tertinggi diperoleh dengan Model 1

dan Model 2 menggunakan kedelai varietas Dega 1, yaitu masing-masing Rp9.086.500/ha dan Rp8.896.500/ha (Tabel 12).

Total biaya pada pola TS jagung+kedelai adalah Rp17.478.600/ha hingga Rp19.301.600/ha, terdiri atas saprodi 25%-32% dan tenaga kerja 68%-75%. Model 2 dan Model 3 memerlukan biaya lebih banyak dari Model 1 dan Model 4. Keuntungan tertinggi diperoleh pada Model 1 menggunakan kedelai varietas Dega 1, yaitu Rp20.121.400/ha dan secara finansial layak dengan nisbah B/C 1,2 (Tabel 13). Rincian alokasi biaya saprodi dan tenaga kerja tidak disajikan pada tulisan ini.

Analisis finansial menunjukkan bahwa dalam pola TS jagung+kedelai maupun padi gogo+kedelai disarankan menggunakan Model 1 dan menggunakan varietas kedelai yang berumur genjah, seperti Dega 1, karena memberikan keuntungan lebih tinggi dan secara finansial layak.

KESIMPULAN

Tumpangsari padi gogo dengan kedelai atau jagung dengan kedelai yang optimal mampu meningkatkan produktivitas lahan dan pendapatan usahatani. Model tanam yang optimal pada tumpangsari padi gogo (pg) dengan kedelai (kd) adalah Model 1 (75% pg + 91% kd tanpa pupuk)

dan Model 2 (37% pg + 91% kd tanpa pupuk) menggunakan kedelai varietas Dega 1 dengan keuntungan berturut-turut Rp9.086.500 dan Rp8.896.500/ha. Pada tumpangsari jagung (jg) dengan kedelai, Model 1 (150% jg ditanam 3 minggu setelah kd + 114% kd dipupuk 38-15-15 kg/ha NPK) lebih unggul dibandingkan model tanam lainnya dengan keuntungan Rp20.121.400/ha. Keunggulan masing-masing model tanam pada pola tumpangsari tersebut terdapat pada produktivitas dan perolehan keuntungan yang lebih tinggi, serta penggunaan lahan lebih intensif dari monokultur padi gogo maupun jagung. Penggunaan kedelai varietas berumur genjah Dega 1 pada pola tumpangsari tersebut lebih dianjurkan dibandingkan menggunakan varietas Dena 1 karena produktivitas dan perolehan keuntungannya lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti HB, Hartono R, Mutmaidah S. 2017. Introduksi teknologi sistem tanam jajar legowo jagung kedelai pada lahan sawah di Kabupaten Seluma. Hlm. 314-321. *Dalam: Pratiwi et al. (eds). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Puslitbang Tanaman Pangan.*
- BMKG Malang, 2019. Data curah hujan bulanan (Januari-Desember 2018) dan bulan Januari-Februari 2019. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Malang.
- Chafid M. 2016. Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan: Jagung. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian. 102 hlm.
- Chen XP, Cui ZL, Vitousek PM, Cassman KG, Matson PA, Bai JS, Meng QF, Hou P, Yue SC, Römhild V. 2011. Integrated soil-crop system management for food security. *Proceeding of the National Academy of Science* 108(16):6399-6404.
- Dietrich JP, Schmitz C, Müller C, Fader M, Hermann Lotze-Campen H, Popp A. 2012. Measuring agricultural land-use intensity – A global analysis using a model-assisted approach. *Ecological Modelling* 232:109-118.
- Ditjen Tanaman Pangan. 2018. Petunjuk Pelaksanaan Tumpang Sari. Direktorat Jendral Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian. 32 hlm.
- Foley JA, De Fries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC and Gibbs HK. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309(5734):570-574.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, Connell CO, Ray DK, West PC. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478:337-342.
- Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, Falcucci A, Tempio G. 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. 1sted. FAO, Rome, Italy. 115 pp.
- Harsono A, Afandi K, Indiaty SW dan Purwaningrahyu RD. 2018. Perbaikan Komponen Teknologi Budidaya untuk Peningkatan Produktivitas Kedelai di Lahan Sub Optimal. Laporan Akhir Penelitian Tahun 2018. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 67 Hlm.
- He H, Yang HL, Fan L, Zhao L, Wu H, Yang J, Li C 2012. The effect of intercropping of maize and soybean on microclimate. *In Li D, Chen Y (eds). Computer and Computing Technologies in Agriculture. IFIP Advances in Information and Communication Technology* 369:257-263.
- Harsono A. 2017. Langkah merengkuh swasembada kedelai: ragam pemikiran pengembangan pertanian. Forum Komunikasi Profesor Riset. IAARD Press. Hlm. 43-48.
- Heni T. 2016. Outlook Komoditas Pertanian: Padi. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian. 119 hlm.
- Kalnay E, Cai M. 2003. Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature* 423(6939):528-531.
- Kementan. 2019. Kementerian Pertanian: Data Lima Tahun Terakhir. <http://www.pertanian.go.id>
- Li L, Zhang LZ, Zhang FS. 2013. Crop mixtures and the mechanisms of overyielding. *In Levin SA (ed). Encyclopedia of Biodiversity. 2nd ed. Academic Press.* 2:382-395.
- Lithourgidis AS, Dordas CA, Damalas CA, Vlachostergios DN. 2011. Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science* 5(4):396-410.
- Matson PA, Parton WJ, Power AG, Swift MJ. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277(5325):504-509.
- Mucheru-Muna M, Pypers P, Mugendi D, Kung'u J, Mugwe J, Merckx R, Vanlauwe B. 2010. A staggered maize-legume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of Central Kenya. *Field Crops Research* 115(2):132-139.
- Mulyani A, Kuncoro D, Nursyamsi D, Agus F. 2016. Konversi lahan sawah Indonesia sebagai ancaman terhadap ketahanan pangan. *Jurnal Tanah dan Iklim* 40(2):121-133.
- Oseni TO, Aliyu IG. 2010. Effect of row arrangements on sorghum-cowpea intercrops in the semi arid savannah of Nigeria. *International Journal of Agriculture and Biology* 12(1):137-140.

- Ouma G. 2009. Intercropping and its application to banana production in East Africa: A review. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 1(2):13-15.
- Permanasari I, Kastono D. 2012. Pertumbuhan tumpangsari jagung dan kedelai pada perbedaan waktu tanam dan pemangkasan jagung. *Jurnal Agroteknologi* 3(1):13-20.
- Phalan B, Onial M, Balmford A, Green RE. 2011. Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. *Science* 333(6047):1289-1291.
- Pratiwi H, Artari R. 2018. Respon morfo-fisiologi genotipe kedelai terhadap naungan jagung dan ubikayu. *Jurnal Agronomi Indonesia* 46(1):48-56.
- Putra FP, Yudono P, Waluyo S. 2017. Growth and yield of upland rice under intercropping with soybean in sandy coastal area. *Jurnal Ilmu Pertanian* 2(3):130-136.
- Riniarsi TD. 2016. Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan : Kedelai. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian. 85 hlm.
- Ruiz-Martinez I, Marraccini E, Debolini M, Bonari E. 2015. Indicators of agricultural intensity and intensification: a review of the literature. *Italian Journal of Agronomy* 10(2):74-84.
- Rusinamhodzi L., Corbeels M, Nyamangara J, Giller KE. 2012. Maize-grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in Central Mozambique. *Field Crops Research* 136:12-22.
- Siebert S, Portmann FT, Döll P. 2010. Global patterns of cropland use intensity. *Remote Sensing* 2(7):1625-1643.
- Soverda N, Alia Y. 2018. Respons morfologi beberapa genotipe kedelai (*Glycine max* L. Merrill) hasil persilangan varietas toleran dan peka pada naungan. *Jurnal Agrum* 15(2):66-69.
- Subandi, Afandi K. 2017. Perbaikan Teknologi Budidaya Kedelai Mendukung Pertanian Bioindustri pada Lahan Kering Beriklim Kering. Laporan Akhir ROPP Tahun 2017. Balitkabi. 24 Hlm.
- Sundari T. 2016. Penampilan galur-galur kedelai toleran naungan di dua lingkungan. *Buletin Palawija* 14(2):63-70.
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418(6898):671-677.
- Tscharntke T, Clough Y, Wanger TC, Jackson L, Motzke I, Perfecto I, Vandermeer J, Whitbread A. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation* 151(1):53-59.
- Undie UL, Uwah DF, Attio EE. 2012. Effect of intercropping and crop arrangement on yield and productivity of late season maize/soybean mixtures in the humid environment of South Southern Nigeria. *Journal of Agriculture Science* 4(4):37-50.
- Veldkamp TIE, Wada Y, Aerts JCJH, Döll P, Gosling SN, Liu J, Masaki Y, Oki T, Ostberg S, Pokhrel Y. 2017. Water scarcity hotspots travel downstream due to human interventions in the 20th and 21st century. *Communication* 8(1): 1-12
- Waktola SK, Belete K, Tana T. 2014. Productivity evaluation of maize-soybean intercropping system under rain fed condition at Bench-Maji Zone, Ethiopia. *European Researcher* 79(7-2):1301-1309
- Yang F, Wang X, Liao D, Lu F, Gao R, Liu W, Yong T, Wu X, Du J, Liu J, Yang W. 2015. Yield response to different planting geometries in maize-soybean relay strip intercropping systems. *Agronomy Journal* 107(1):296-304.
- Zomer RJ, Trabucco A, Coe R, Place F. 2009. Trees on farm: Analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry. World Agroforestry Centre, ICRAF. Working Paper no. 89. Nairobi, Kenya.