

UJI ADAPTASI SORGUM MANIS SEBAGAI TANAMAN SELA DI ANTARA TANAMAN KARET BELUM MENGHASILKAN

Adaptation Trials of Sweet Sorghum as Intercrops in Immature Rubber Plantation

SAHURI

Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet
Jl. Raya Palembang – P. Balai KM 29
PO BOX 1127 Palembang 30001 Sumatera Selatan
Email: sahuri_agr@ymail.com

Diterima : 6 Juni 2017/ Disetujui : 20 Juni 2017

Abstract

The land between row of immature rubber period has a potential to produce sorghum. The objective of this research were to study the effect of sorghum intercrops on the rubber growth and to study some agronomic of sorghum. The experiment was conducted at the Sembawa Research Station from June to October 2013. The experiment was arranged in a Randomized Block Design with three replications. The 13 genotypes of sorghum i.e: Patir-1, Patir-2, Patir-3, Patir-4, Patir-5, Patir-6, Patir-7, Patir-8, Patir-9, Patir-10, Patir-11, Patir-12, and Patir-13, Pahat, Kawali and Mandau. The results showed that sorghum had a positive effect on the growth of rubber tree. The results showed that genotype Patir-5, Patir-9, and Kawali has significant difference on stem diameter, stem weights, and juice content. Genotype Patir-5, and Kawali has significant difference on seed weight per panicle, weight of 100 seeds, and seed yield.

Keywords: *Sweet sorghum; rubber; intercrops; land productivity*

Abstrak

Lahan di antara tanaman karet belum menghasilkan (TBM) memiliki potensi untuk peningkatan produksi sorgum manis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tanaman sela sorgum terhadap pertumbuhan tanaman karet dan mempelajari beberapa parameter agronomi sorgum. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa dari bulan Juni sampai Oktober 2013. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan. Faktor perlakuan meliputi tiga belas genotipe sorgum yaitu : Patir-1, Patir-2, Patir-3,

Patir-4, Patir-5, Patir-6, Patir-7, Patir-8, Patir-9, Patir-10, Patir-11, Patir-12, Patir-13, Pahat, Kawali dan Mandau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sorgum sebagai tanaman sela memiliki efek positif terhadap pertumbuhan tanaman karet. Hasil uji adaptasi sorgum manis menunjukkan bahwa genotipe Patir-5, Patir-9, dan Kawali nyata memiliki diameter batang, berat batang, dan kandungan nira lebih tinggi. Genotipe Patir-5, dan Kawali nyata memiliki berat biji per malai, berat 100 biji, dan hasil biji lebih tinggi.

Kata kunci: Sorgum manis; karet; tanaman sela; produktivitas lahan

PENDAHULUAN

Lahan di antara tanaman karet belum menghasilkan (TBM) merupakan lahan yang potensial untuk peningkatan produktivitas pertanian rakyat terpadu melalui tumpang sari pangan dengan komoditas perkebunan karena dapat digunakan sebagai pengganti luasan yang menyusut dari lahan sawah. Berdasarkan berbagai hasil penelitian, peningkatan produktivitas lahan TBM sangat terbuka untuk dikembangkan. Menurut Departemen Pertanian [Deptan] (2010), luas areal perkebunan karet di Indonesia mencapai 3,3 juta Ha, dimana 3 – 4% dari total areal tersebut merupakan areal TBM yang berumur 1-3 tahun yang berpotensi untuk digunakan sebagai areal perluasan tanaman pangan. Menurut Fikriati (2010), lahan perkebunan tersebut dapat dimanfaatkan secara intensif untuk usaha tani lainnya. Apabila dilakukan penanaman tanaman pangan secara *intercropping* dengan memanfaatkan lahan di bawah tegakan tanaman karet maka diharapkan

produktivitas pangan di dalam negeri akan meningkat.

Tanaman sela di antara karet tidak mengganggu pertumbuhan lilit batang karet, bahkan pada banyak penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan lilit batang karet lebih baik pada sistem tanaman sela dibandingkan dengan penggunaan kacang penutup tanah (Wibawa & Rosyid, 1995; Sahuri & Rosyid, 2015). Pemeliharaan dan perawatan tanaman karet TBM sangat berpengaruh terhadap produksi lateks seperti pemberian pupuk untuk mensuplai kebutuhan hara tanaman. Selain itu, pemanfaatan lahan TBM melalui penanaman tanaman sela juga merupakan hal penting yang diperkirakan turut mempengaruhi produksi lateks. Pemanfaatan lahan kosong di sela tanaman karet di bawah umur tiga tahun merupakan peluang potensial untuk pengembangan tanaman pangan (Anwar, 2006). Penanaman tanaman berumur pendek di sela-sela tanaman berumur panjang, bertujuan menekan pertumbuhan gulma dengan cara menutupi areal yang biasa ditumbuhi gulma (Anwar, 2006; Syawal, 2010).

Keuntungan dari penanaman tanaman pangan sebagai tanaman sela karet antara lain, yaitu 1) tanaman sela dapat berfungsi sebagai tanaman penutup tanah, sehingga berfungsi untuk konservasi lahan karet, 2) efisiensi biaya usahatani dan tenaga kerja, karena biaya usahatani untuk pemeliharaan tanaman karet dapat dilakukan bersama-sama dengan pemeliharaan tanaman sela, 3) meningkatkan pendapatan petani dan 4) petani dapat menyediakan kebutuhan pangan keluarganya secara swadaya, sehingga dapat menghemat kebutuhan pangan di daerah (Rosyid, 2007; Rosyid *et al.*, 2012; Snoeck *et al.*, 2013; Hauser *et al.*, 2015).

Pola tanaman pangan sebagai tanaman sela karet seperti tumpang sari jagung + padi dan tumpang gilir padi gogo – kedelai dapat diusahakan sebagai tanaman sela karet yang menggunakan jarak tanam 6 m x 3 m atau 7 m x 3 m sampai dengan tanaman karet berumur dua atau tiga tahun (Rosyid *et al.*, 2012). Areal tanaman karet dengan jarak tanam 6 m x 3 m yang dapat dimanfaatkan untuk penanaman tanaman sela adalah 50 – 60% (Rosyid *et*

al., 2012; Pansak *et al.*, 2013; Sahuri & Rosyid, 2015; Sahuri *et al.*, 2016; Sahuri, 2017). Penelitian yang dilakukan di negara lain seperti India, Sri Lanka, Vietnam, Laos, Cina dan Filipina menunjukkan bahwa menanam tanaman pangan dan palawija sebagai tanaman sela karet hanya dapat ditanam sampai dengan tanaman karet berumur dua atau tiga tahun (Rodrigo *et al.*, 2004; Raintree, 2005; Xianhai *et al.*, 2012).

Upaya peningkatan produksi sorgum dapat dilaksanakan dengan memperluas areal penanaman, namun faktanya areal lahan yang tersedia sudah sangat terbatas dan jauh dari pemukiman. Pengembangan tanaman sorgum pada areal perkebunan karet rakyat sangat memungkinkan untuk dilaksanakan yaitu sebagai tanaman sela karet mengingat rata-rata perluasan dan peremajaan karet per tahun di Indonesia sekitar 24.700 Ha (Direktorat Jendral Perkebunan [Ditjenbun], 2012).

Sorgum adalah tanaman serelia yang toleran terhadap kekeringan. Potensi hasil sorgum bahkan lebih tinggi pada musim kemarau. Selain toleran kekeringan, sorgum juga dapat diratun dan mampu menghasilkan biji kembali. Budidaya sorgum tidak berbeda dengan jagung, bahkan perawatannya lebih mudah (*Food and Agricultural Organization* [FAO], 2002). Sorgum dapat ditanam sebagai tanaman sela di antara tanaman karet berumur 1 – 2 tahun dengan jarak tanam karet 6 m x 3 m, karena cahaya masih 90 – 80% (Rodrigo *et al.*, 2001; Rosyid *et al.*, 2012). Pada tanaman karet dengan jarak tanam 6 m x 3 m, saat berumur >3 tahun pengurangan cahaya dapat mencapai 75% (Wirnas *et al.*, 2008; Rosyid *et al.*, 2012; Pansak, 2015). Tanaman sela yang ditanam di bawah naungan kurang dari 50% akan mengalami penurunan hasil mencapai 60%, dibandingkan dengan keadaan tanpa naungan (Sopandie *et al.*, 2002; Sahuri, 2017).

Rata-rata kebutuhan air bagi sorgum per musim tanam sekitar 4000 m³ sedangkan untuk jagung sekitar 8000 m³ (Toure, Rattunde, & Weltzien, 2004). Sebagai bahan pangan biji sorgum memiliki gizi yang memadai. Sorgum yang berkadar tannin tinggi dapat digunakan sebagai bahan baku obat. Sementara batang dan

daunnya dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Sorgum juga dapat digunakan sebagai bahan baku etanol, sirup, lem dan cat (Setyowati *et al.*, 2005; Sihono, 2009).

Luas lahan kering di Indonesia mencapai 148 juta Ha, dan diperkirakan 102,8 juta Ha diantaranya berupa lahan kering masam (*ultisols*) (Agustina, Sopandie, Trikoesoemaningtyas & Wirnas., 2010). Bahkan perkebunan karet di Indonesia umumnya terdapat pada lahan kering masam dengan tanah podsolik merah kuning. Oleh karena itu perlu adanya perakitan *sorghum hybrid* dan seleksi sorgum toleran tanah kering - masam/marjinal. Hal ini karena tanaman sorgum lebih adaptif ditanam baik pada saat bulan basah maupun bulan kering dibandingkan tanaman padi, jagung, dan kedelai ditinjau dari kondisi iklim di lokasi penelitian dengan jumlah bulan kering mencapai 3 bulan.

Potensi pengembangan agribisnis sorgum di Indonesia dapat diintegrasikan dengan berbagai bidang seperti peternakan, perkebunan dan kehutanan (Anas, Sumadi, & Irwan, 2007). Tanaman sorgum diharapkan dapat meningkatkan pendapatan petani karet dan mendukung program swasembada pangan melalui penyediaan sorgum di areal perkebunan karet. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop (PATIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) telah melakukan penelitian sorgum yang difokuskan pada upaya perbaikan genetik tanaman untuk meningkatkan produksi dan kualitas sorgum sebagai sumber ketahanan pangan, pakan ternak dan bahan baku industri. Sejumlah galur sorgum harapan (*promising mutant lines*) telah dihasilkan dan beberapa galur memiliki sifat agronomi yang lebih unggul dibanding varietas asal atau kontrol (Soeranto, Nakanishi, & Razak, 2003).

Permasalahan yang dihadapi adalah banyak varietas sorgum manis yang beredar di Indonesia sehingga perlu dicari varietas sorgum yang sesuai untuk diusahakan sebagai tanaman sela karet dengan cara melakukan uji adaptasi galur-galur mutan sorgum manis yang diintegrasikan dengan tanaman karet. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tumpang sari karet + sorgum terhadap pertumbuhan tanaman karet

TBM, serta mempelajari beberapa parameter agronomi dan produksi sorgum manis sebagai tanaman sela karet.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa pada jenis tanah podsolik merah kuning dari bulan Juni sampai Oktober 2013. Lokasi penelitian dipilih pada areal kebun karet muda yang cukup seragam berdasarkan pada jenis klon karet dan kondisi pertanaman. Pengumpulan data primer tanaman sorgum dilakukan dengan metode Rancangan Acak Blok dengan 3 ulangan. Galur sebagai perlakuan ditanam secara acak dalam plot di tiga blok. Pada setiap satuan percobaan diambil 10 tanaman sebagai tanaman contoh. Pengolahan tanah dilakukan dengan pembersihan lahan dan pembuatan plot berukuran 4 x 5 m sebanyak 39 plot, jarak plot dari tanaman karet 1 m, jarak antara plot 1 m. Jarak tanam sorgum adalah 70 x 15 cm, ditanam 3 - 4 biji per lubang. Pada umur satu minggu setelah tanam (MST) dilakukan penyulaman jika tanaman tidak tumbuh 80%. Penjarangan dilakukan saat tanaman berumur 3 MST, disisakan satu tanaman setiap lubang sehingga populasi/plot menjadi 177 tanaman. Sorgum diawal pertumbuhan memerlukan air untuk perkecambahan sampai tanaman berumur 30 hari setelah tanam (HST).

Bahan yang digunakan meliputi (1) benih dari 13 genotipe sorgum yaitu Patir-1, Patir-2, Patir-3, Patir-4, Patir-5, Patir-6, Patir-7, Patir-8, Patir-9, Patir-10, Pahat, Kawali dan Mandau, (2) dolomit sebanyak 2 ton/Ha diaplikasikan satu minggu sebelum tanam dengan tujuan untuk menaikkan pH tanah, (3) pemupukan dilakukan menggunakan 150 kg Urea/Ha, 100 kg SP-36/Ha, dan 90 kg KCl/Ha diberikan pada saat tanam. Pupuk Urea diberikan 1/3 bagian saat tanam dan 2/3 bagian setelah selesai penjarangan atau saat tanaman berumur 30 HST, dan (4) untuk mencegah hama menyerang akar digunakan Furadan dan untuk mencegah penyakit/hama daun digunakan Dithane M45. Bahan penelitian selain benih sorgum diperoleh dari supplier lokal, sedangkan benih sorgum diperoleh dari PATIR-BATAN, Jakarta.

Pengumpulan data primer tanaman karet dilakukan dengan cara metode *Simple Random Sampling* dengan membandingkan tanaman karet pola tumpang sari sorgum dengan pola tumpang sari bibit batang bawah. Bibit batang bawah yang ditanam sebagai tanaman sela karet adalah klon GT1. Bahan tanam karet yang digunakan adalah bibit polibeg dua payung yaitu klon IRR 118, BPM 107 dan BPM 109 dengan jarak tanam 6 x 3 m dan ukuran lubang tanam 60 x 60 x 60 cm. Pemupukan tanaman karet sesuai dengan rekomendasi analisis hara tanah dan daun oleh Pusat Penelitian Karet.

Parameter tanaman sorgum yang diamati adalah umur saat berbunga 50% (hari), umur panen (hari), diameter batang (cm), tinggi tanaman saat panen (cm), berat batang segar (ton/Ha), kandungan nira (%), berat biji per malai (g), berat 100 biji (g), dan produksi biji (ton/Ha). Pengambilan contoh 10 tanaman secara acak pada setiap petak sehingga terdapat 390 tanaman contoh. Parameter tanaman karet yang diamati adalah pertumbuhan lilit batang (cm) pada umur 4, 8, dan 12 bulan setelah tanam (BST). Lilit batang tanaman karet diukur pada 10 cm dari pertautan okulasi (dpo) pada umur 4 dan 8 bulan, sedangkan pada umur 12 bulan di 100 cm dpo. Jumlah tanaman karet contoh yang diambil sebanyak 20 tanaman per klon IRR 118, BPM 107 dan BPM 109 pola tumpang sari sorgum dan 20 per klon IRR 118, BPM 107 dan BPM 109 pola tumpang sari bibit batang bawah, sehingga terdapat 120 contoh tanaman karet.

Analisis kimia tanah sebelum olah tanah dan setelah panen sorgum dilakukan pada kedalaman 20 cm. Analisis tanah dilakukan untuk pH, C-organik, N, P₂O₅, K₂O, nilai tukar kation Ca, Mg, dan kapasitas tukar kation (KTK). Kemasaman tanah (pH) ditentukan dengan ekstrak 1:5 menggunakan H₂O dan KCl, C-organik ditentukan dengan Metode Kurmis, N ditentukan dengan Metode Kjeldahl, P₂O₅ ditentukan dengan Metode Bray II, K₂O ditentukan dengan metode Morgan, kation dan unsur hara mikro dengan metode *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS), dan KTK dengan metode titrasi. Pengumpulan data iklim dengan AWS (*Automatic Weather Stations*).

Data pertumbuhan dan komponen hasil sorgum dianalisis dengan Sidik Ragam, jika berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5% dengan program SAS 9.0. Data pengamatan pertumbuhan lilit batang tanaman karet dianalisis menggunakan uji t (*paired samples test*) dengan membandingkan pertumbuhan lilit batang tanaman karet pola tumpang sari sorgum dengan pola tumpang sari bibit batang bawah (Gomez & Gomez, 1995). Analisis ekonomi usahatani sorgum sebagai tanaman sela menggunakan metode analisis *input-output (R/C Ratio)* (Soekartawi, 1995), dengan menerapkan persamaan (1) sebagai berikut :

$$\frac{R}{C} = \frac{Po \times Q}{TFC + TVC} \quad (1)$$

Keterangan (*Remarks*):

- R = penerimaan
- C = biaya
- Po = harga produksi
- Q = produksi
- TFC = biaya tetap
- TVC = biaya variabel

Dengan keputusan :

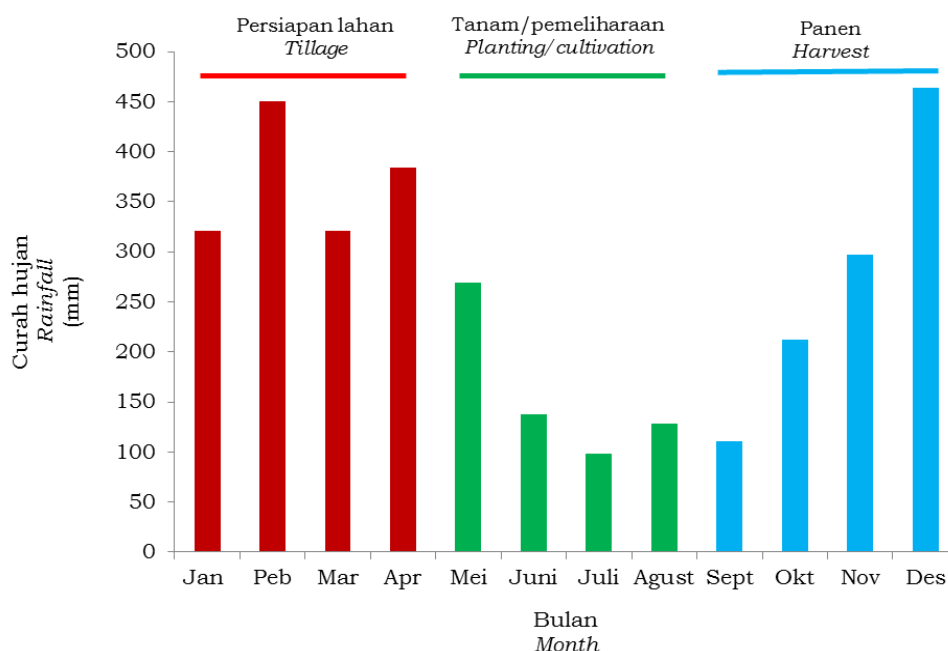
R/C Ratio > 1, usahatani menguntungkan
R/C Ratio = 1, usahatani berada pada titik impas

R/C Ratio < 1, usahatani tidak menguntungkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Agroekologi dan Air dalam Hubungannya dengan Penanaman Sorgum

Agroekosistem lokasi penelitian adalah jenis tanah podsolik merah kuning (PMK), dengan tekstur tanah termasuk dalam kelas tekstur lempung liat berpasir (Tabel 2). Tutupan lahan yang dominan pada daerah ini adalah karet. Berdasarkan data dari Stasiun Klimatologi Balai Penelitian Sembawa diperoleh rata-rata curah hujan musim tanam tahun 2013/2014 di lokasi penelitian adalah 3000 mm/tahun dengan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan November – Mei (300-400 mm) dan bulan-bulan kering terjadi pada bulan Juni – September (100-200 mm) (Gambar 1). Rata-rata kelembaban udara sepanjang tahun >80% dengan rata-rata suhu udara maksimum 32°C dan minimum 23°C.



Gambar 1. Rata-rata curah hujan bulanan musim tanam tahun 2013/2014 di Stasiun Balai Penelitian Sembawa

Figure 1. Average monthly rainfall rate in the 2013/2014 growing season in Sembawa Research Center Station

Berdasarkan tipe iklim yang ditinjau dari sebaran bulan basah dan bulan kering tersebut, maka kecukupan air tidak menjadi faktor pembatas bagi pengembangan sorgum manis sebagai tanaman sela karet di wilayah tersebut. Menurut klasifikasi iklim yang disusun oleh Oldeman *et al.* (1980) dan As-syakur (2009), lokasi penelitian termasuk dalam Tipe Iklim B-2 yaitu tipe iklim dengan jumlah bulan basah (bulan dengan curah hujan > 200 mm) antara 7-9 bulan dan jumlah bulan kering (bulan dengan curah hujan < 100 mm) antara 2-3 bulan. Menurut Tabri dan Zubachtirodin (2013), kriteria bulan kering 2,0-2,5 bulan dengan curah hujan 50-100 mm per bulan merupakan curah hujan yang ideal untuk keberhasilan produksi sorgum. Aqil dan Bunyamin (2013) menyatakan suhu optimum untuk pertumbuhan sorgum antara 21-35°C dan suhu minimum antara 15-18°C.

Pola tanam sela sorgum di awal pertumbuhan memerlukan air untuk perkecambahan sampai tanaman berumur 30 hari setelah tanam (HST). Oleh karena itu, penanaman sorgum sebaiknya dimulai setelah musim hujan stabil yaitu pada bulan Mei (Gambar 1). Musim panen

tergantung dari varietas yang digunakan. Umur panen sorgum sekitar 3 – 3,5 bulan. Dengan demikian periode saat tanam dan panen harus disesuaikan dengan karakteristik hujan setempat sehingga produksinya mencapai tingkat optimal.

Ketersediaan air sangat penting pada masa vegetatif dan pembungaan tanaman sorgum. Rata-rata kebutuhan air bagi sorgum per musim tanam sekitar 4000 m³. Ketersediaan air menyebabkan fotosintesis di daun lebih efisien dan akan merangsang pembentukan bunga lebih banyak. Namun jika air tidak tersedia menyebabkan penyerbukan tidak terjadi dan bunga rontok (Toure *et al.*, 2004). Tanaman sorgum lebih toleran terhadap kekurangan air pada fase vegetatif dan pemasakan biji dibandingkan fase pembungaan dan pengisian biji. Kekurangan air pada fase vegetatif dan pemasakan biji hanya menurunkan hasil biji sebesar 15% sedangkan kekurangan air pada fase pembungaan dan pengisian biji menurunkan hasil biji sampai 50% (Aqil & Bunyamin, 2013). Pada suhu yang tinggi, air tersedia dan kelembaban udara yang rendah, maka radiasi matahari akan merangsang munculnya tunas bunga menjadi bunga (Irwan, 2006).

Respon Tumpang Sari Sorgum Terhadap Pertumbuhan Karet dan Produktivitas Lahan

Lilit batang karet semua klon pada pola tumpang sari karet + sorgum lebih baik dibandingkan dengan pola tumpang sari bibit batang bawah. Secara statistik *uji t*, pada umur 4 bulan pertumbuhan lilit batang karet semua klon pada pola tumpang sari karet sorgum tidak berbeda

nyata dibandingkan dengan pola tumpang sari bibit batang bawah. Pada umur 8 bulan hanya lilit batang karet klon BPM 109 yang tidak berbeda nyata. Pada umur 12 bulan pertumbuhan lilit batang karet semua klon berbeda nyata (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing klon karet memiliki respon pertumbuhan yang berbeda dengan adanya tanaman sela sorgum.

Tabel 1. Rata-rata pertumbuhan lilit batang karet pada pola tanam sorgum sebagai tanaman sela

Table 1. Girth growth average of rubber trees on the intercropping pattern of sorghum

Pola tanaman sela <i>Intercropping pattern</i>	Lilit batang karet (cm) pada umur (bulan) <i>Rubber girth (cm) at age (month)</i>					
	4		8		12	
		P		P		P
IRR 118 + sorgum	4,43	0,097 ^{tn}	8,16	0,026*	12,11	0,021*
IRR 118 + bibit batang bawah	4,18		7,80		11,21	
BPM 107 + sorgum	4,36	0,232 ^{tn}	8,12	0,005*	12,06	0,022*
BPM 107 + bibit batang bawah	4,12		7,72		11,20	
BPM 109 + sorgum	4,32	0,112 ^{tn}	8,05	0,061 ^{tn}	11,76	0,014*
BPM 109 + bibit batang bawah	4,10		7,79		10,87	
Rata-rata	4,25		7,94		11,54	

Keterangan: *) nyata pada $P < 0,05$, **) nyata pada $P < 0,01$, tn) tidak berbeda nyata dan (+) tumpang sari

Remarks: *) significantly on $P < 0.05$, **) significantly on $P < 0.01$, tn) not significantly and (+) intercropping

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya tanaman sorgum sebagai tanaman sela karet berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman karet. Bahkan dengan adanya pemeliharaan lahan yang baik melalui pemupukan N, P, K, pengomposan sisa panen tanaman sorgum, pemeliharaan tanaman sorgum, penyiangan gulma, pengawasan dan pengendalian hama dan penyakit. Oleh karena itu, pertumbuhan tanaman karet pola tumpang sari sorgum menjadi lebih baik dan tumbuh lebih dari kondisi normal dibandingkan pertumbuhan tanaman karet pola tumpang sari bibit batang bawah. Hasil penelitian Rodrigo *et al.* (2005), menunjukkan bahwa pertumbuhan karet masa TBM dipengaruhi oleh adanya tanaman sela terutama pada aspek peningkatan pertumbuhan karet yang berkelanjutan, ketebalan kulit, hasil lateks, dan mempersingkat masa TBM dibandingkan dengan tanaman karet pola monokultur.

Pertumbuhan tanaman karet juga dipengaruhi oleh sistem pengolahan tanah pada saat pengolahan lahan untuk tanaman sorgum seperti pencangkulan, penggaruan, dan pembumbunan tanah. Hal ini menyebabkan terangkatnya lapisan bawah tanah sehingga tanah gembur dan pertumbuhan serta perkembangan akar tanaman karet dan sorgum lebih baik. Hasil penelitian Wibawa & Rosyid (1995) menunjukkan bahwa perbaikan struktur tanah ultisol melalui pengolahan tanah dapat meningkatkan serapan unsur hara N dan P sehingga sistem perakaran menjadi lebih baik. Selanjutnya menurut Ar-riza *et al.* (2001), tujuan utama dari pengolahan tanah adalah membentuk agregat yang stabil sehingga penanaman, perkecambahan, perkembangan akar, pergerakan air, dan udara akan lebih mudah dan bebas.

Hasil analisis tanah di lokasi penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya sorgum sebagai tanaman sela karet berpengaruh positif terhadap peningkatan

produktivitas lahan. Kondisi pH tanah meningkat dari sangat masam menjadi masam, C-organik meningkat dari rendah menjadi tinggi, N-total cenderung meningkat dari rendah menjadi sedang, KTK dan kation N, P, K, Ca, Mg meningkat dari sangat rendah menjadi rendah. Namun tanah tersebut memiliki kejenuhan alumunium (Al) yang tinggi 50,60% (Tabel 2). Kondisi tanah yang demikian tergolong lahan bermasalah dan mempunyai tingkat kesuburan yang rendah. Oleh karena itu, tanah tersebut membutuhkan penambahan kapur dan bahan organik untuk peningkatan produktivitas lahan, pertumbuhan, dan produksi tanaman karet

dan sorgum. Menurut Santoso (2006), ketersediaan hara N, P, K, Ca, dan Mg dipengaruhi oleh pH tanah dan jumlah Al bebas dalam tanah. Kandungan Al tinggi di dalam tanah menyebabkan kation-kation terutama P terikat menjadi Al-P yang sulit untuk dilepas, sehingga P tidak tersedia bagi tanaman. Menurut Agustina *et al.* (2010), pada tanah masam tanaman sorgum peka terhadap defisiensi hara P dan cekaman Al, dengan kondisi hara P kurang dan cekaman Al tinggi menyebabkan hasil biji, pembentukan akar, dan biomasa tanaman berkurang.

Tabel 2. Data analisis tanah sebelum tanam dan sesudah panen sorgum
Table 2. Analysis data of soil before planting and after sorghum harvesting

Peubah analisis <i>Analysis variables</i>	Sebelum tanam <i>Before planting</i>	Saat panen <i>After harvest</i>
pH	4,37 sm	5,04 m
C-organik (%)	1,83 r	3,19 t
N-total (%)	0,13 r	0,20 sd
P ₂ O ₅ (Bray II) (ppm)	4,77 sr	5,19 r
K ₂ O (Morgan) (me/100 gr)	0,02 sr	0,05 sr
Ca (me/100 gr)	0,11 sr	0,20 sr
Mg (me/100 gr)	0,02 sr	0,12 r
KTK (me/100 gr)	8,9 sr	10,74 r
Kejenuhan Al (%)	50,60 st	
Kelas tekstur (%)	Lempung liat berpasir	
Pasir	46,67	
Debu	25,83	
Liat	26,49	

Keterangan (*Remarks*): r = rendah (*low*) ; sr = sangat rendah (*very low*); sd = sedang (*medium*); t = tinggi (*high*); st = sangat tinggi (*very high*); m = masam (*acid*); sm = sangat masam (*very acid*)

Respon Pertumbuhan Tanaman Sorgum Sebagai Tanaman Sela Karet

Genotipe sorgum berpengaruh nyata terhadap berbagai karakter agronomi sorgum seperti umur bunga 50%, umur panen, tinggi tanaman, diameter batang, biomas batang, kandungan nira, hasil nira, berat biji per malai, berat 100 biji, dan hasil biji.

- Pembungaan 50%, Umur Panen, dan Tinggi Tanaman

Seleksi sorgum berdasarkan umur berbunga harus diutamakan karena memiliki korelasi yang nyata dengan umur panen dalam hal menentukan tanaman

sorgum yang berumur genjah. Namun demikian ada kecenderungan berkurangnya hasil dan bobot biji per malai dengan semakin cepatnya umur panen tanaman. Umur berbunga yang cepat berhubungan dengan pengurangan jumlah buku dan daun tanaman sorgum yang akan mempengaruhi laju fotosintesis tanaman (Anas *et al.*, 2007). Data pengamatan pembungaan yang diukur dari 50% tanaman berbunga dan umur panen disajikan dalam Tabel 3. Terlihat bahwa tanaman sorgum genotipe Patir-1, Patir-5, Patir-9 kawali dan Mandau nyata lebih cepat berbunga. Hal ini menunjukkan bahwa genotipe tersebut mampu melakukan proses fotosintesis optimal yang

merupakan produsen fotosintat utama bagi tanaman, sehingga dapat dijadikan sebagai indikator pertumbuhan terutama untuk proses pembentukan biomassa tanaman.

Tanaman sorgum manis mengalami peningkatan tinggi tanaman seiring dengan peningkatan umur dan maksimal terjadi sebelum memasuki fase generatif. Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh genotipe sorgum terhadap tinggi tanaman. Dari 13 genotipe contoh yang memiliki tinggi tanaman tertinggi adalah patir-5 (176 cm) dan terpendek adalah Mandau (144,4 cm), dan tidak berbeda nyata dengan Pahat, Kawali, Patir-4, Patir-8 dan Patir-10. Genotipe yang memiliki batang tinggi tidak berkorelasi positif dengan produksi per hektar, seperti ditunjukkan oleh varietas

Kawali dan Mandau. Kedua varietas sorgum ini walaupun berbatang pendek memiliki produksi biji kering yang tinggi masing-masing adalah 2,69 ton/Ha dan 2,05 ton/Ha. Hal ini karena genotipe yang berbatang pendek lebih efisien dalam pemanfaatan sinar matahari dan juga memudahkan pemanenan serta menghindari rentannya tanaman terhadap angin. Secara keseluruhan hasil biji dari 13 genotipe sorgum yang ditanam sebagai tanaman sela karet adalah 1 – 2 ton/Ha dengan rata-rata hasil 1,82 ton/Ha, sedangkan hasil biji sorgum yang ditanam secara monokultur, menurut Panjaitan, Zuhry, dan Deviona (2015) dapat mencapai 2 – 3 ton/Ha dengan rata-rata hasil 2,70 ton/Ha.

Tabel 3. Umur bunga, umur panen, dan tinggi tanaman berbagai genotipe sorgum sebagai tanaman sela karet

Table 3. Flowering time, harvest time, and plant height of sorghum genotypes as rubber intercrops

Genotipe <i>Genotypes</i>	Umur bunga (hari) <i>Flowering time (day)</i>	Umur panen (hari) <i>Harvest time (day)</i>	Tinggi tanaman <i>Plant height (cm)</i>
Patir-1	65,67c	103,33bc	167,23ab
Patir-2	68,67abc	104,33bc	162,73b
Patir-3	69,67ab	105,33abc	166,67ab
Patir-4	72,33a	107,00a	151,33c
Patir-5	66,67bc	104,33bc	176,00a
Patir-6	70,67abc	104,00bc	174,33ab
Patir-7	67,33abc	104,67abc	173,00ab
Patir-8	68,67abc	105,00abc	150,17c
Patir-9	66,67bc	104,33bc	168,00ab
Patir-10	69,33ab	106,00ab	144,60c
Pahat	68,66abc	105,67ab	146,37c
Kawali	63,67c	102,67c	148,00c
Mandau	66,67bc	104,33bc	144,40c
Rata-rata	68,05	104,49	159,45
KK (%)	4,06	1,32	4,02

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji jarak berganda DMRT pada taraf 5%

Remarks: Numbers followed by different letter in the same column were significantly different based on Duncan Multiple Range Test at 5% significant level

- Diameter Batang, Biomassa Batang, Kandungan Nira, dan Hasil Nira

Tanaman sorgum dengan diameter batang lebih besar akan memiliki pertumbuhan yang lebih kuat sehingga tidak mudah roboh dan berdiri dengan tegak. Hal ini menyebabkan fungsi fisiologis tanaman dapat berjalan dengan baik dan

suplai asimilat dari *source* (daun) ke *sink* (batang) yang berlangsung lama sehingga dapat meningkatkan biomassa batang, kandungan nira batang dan pembentukan biji (Sihono, 2009). Selain itu, diameter batang sorgum mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur dan dapat dilihat dari besarnya berat batang

segar dan kering tanaman. Berat batang segar menggambarkan tingkat efektivitas penyerapan air oleh tanaman, sedangkan berat batang kering mencerminkan mekanisme proses fotosintesis yang terjadi (Rahayu, Samanhudi, & Wartoyo, 2012).

Data pengamatan diameter batang, berat batang, dan kandungan nira sorgum disajikan dalam Tabel 4. Pengaruh genotipe sorgum terhadap diameter batang, berat batang dan kandungan nira batang secara statistik berbeda nyata. Dari tiga belas genotipe yang diuji genotipe Patir-1, Patir-2, Patir-5, Patir-9, Pahat, Kawali dan Mandau nyata memiliki diameter batang lebih besar. Genotipe Patir-1, Patir-5, Patir-9, dan Kawali nyata memiliki berat batang lebih tinggi. Genotipe Patir-1, Patir-2, Patir-5, Patir-9, Patir-10, Pahat, Kawali, Mandau nyata memiliki kandungan nira lebih banyak. Berdasarkan karakter yang diuji genotipe Patir-5, Patir-9, dan Kawali memiliki diameter batang, berat batang, dan kandungan nira lebih tinggi dibandingkan genotipe lain yang diuji.

Nira sorgum merupakan cairan yang diperoleh dari pengepresan batang sorgum manis. Nira sorgum dapat dimanfaatkan untuk pembuatan etanol karena

komposisinya hampir sama dengan nira tebu (Warsa, 2006). Kandungan nira dalam batang sorgum manis dipengaruhi oleh jenis sorgum, iklim, umur sorgum, dan cara pemeliharaan yang meliputi pemberian pupuk dan pengairan. Pada tanaman sorgum manis yang telah memasuki fase generatif kadar kemanisan akan berkurang diduga karena timbunan sukrosa dialihkan untuk pembentukan biji (Rahayu *et al.*, 2012). Kualitas dan kuantitas hasil nira sorgum ditentukan oleh ketepatan waktu tanam dan panen. Panen batang, daun, dan biji sorgum untuk bahan pakan ternak dilakukan pada umur 75-80 HST. Panen batang sorgum untuk diperas niranya dilakukan pada umur 90-105 HST (Sukmadi, 2010), dan untuk pembuatan bioetanol terbaik pada umur panen 80 hari (Suparti, Asngad, & Chalimah, 2012). Pada penelitian ini, panen batang sorgum untuk diperas niranya dilakukan pada umur 102-104 HST (Tabel 3). Patir-5 memiliki hasil nira (3421 Kg/Ha) yang tertinggi (Gambar 2) dan memiliki bobot batang (41,16 ton/Ha) kandungan nira (27,18 %) (Tabel 4). Genotipe tersebut berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku biofuel karena memiliki bobot batang dan kandungan nira batang yang tinggi.

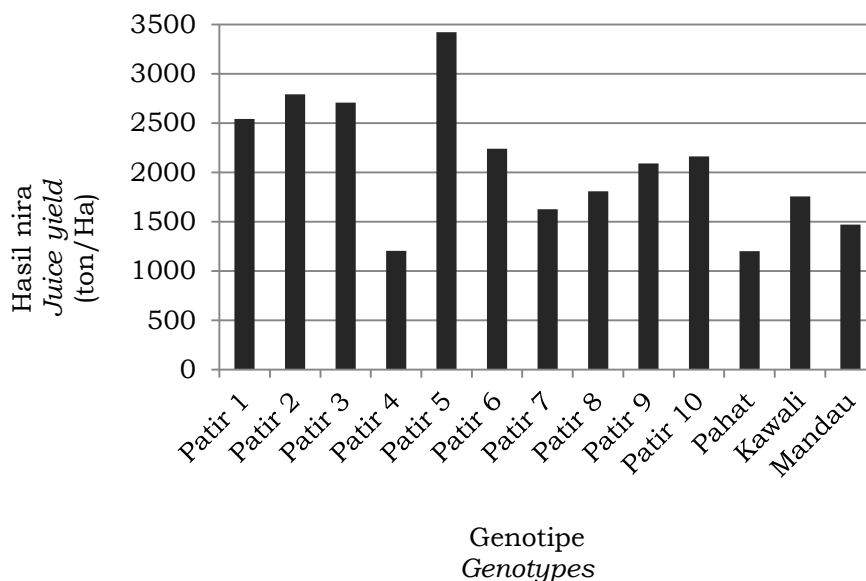
Tabel 4. Diameter batang, berat batang, dan kandungan nira berbagai genotipe sorgum sebagai tanaman sela karet

Table 4. Stem girth, stem weight, and juice content of sorghum genotypes as rubber intercrops

Genotipe Genotypes	Diameter batang Stem girth (cm)	Berat batang Stem weight (ton/Ha)	Kandungan nira Juice content (%)
Patir-1	2,08 abc	32,66 abcd	25,44 ab
Patir-2	1,73 abcdef	27,54 bcde	21,57 abc
Patir-3	1,66 bcdef	25,79 cde	20,81 bc
Patir-4	1,47 def	24,14 cde	20,58 bc
Patir-5	2,26 a	41,16 a	27,18 a
Patir-6	1,58 cdef	26,98 bcde	20,88 bc
Patir-7	1,37 ef	20,59 e	19,78 bc
Patir-8	1,21 f	19,64 e	18,46 c
Patir-9	2,13 abc	34,73 abc	24,72 abc
Patir-10	1,38 ef	22,25 de	23,90 abc
Pahat	1,92 abcde	28,86 bcde	23,03 abc
Kawali	2,23 ab	37,11 ab	25,21 ab
Mandau	2,05 abcd	30,22 bcde	24,34 abc
Rata-rata	1,77	28,59	22,91
KK (%)	17,41	19,64	12,96

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji jarak berganda DMRT pada taraf 5%

Remarks: Numbers followed by different letter in the same column were significantly different based on Duncan Multiple Range Test at 5% significant level



Gambar 2. Hasil nira berbagai genotipe sorgum sebagai tanaman sela karet
 Figure 2. Juice yield of sorghum genotypes as rubber intercrops

- Berat Biji per Malai, Berat 100 Biji, dan Hasil Biji

Hasil yang dapat diperoleh dari tanaman sorgum manis juga dapat berupa biji sebagai bahan pangan, pakan ternak maupun bioetanol. Biji merupakan cadangan makanan serta dapat dipergunakan sebagai benih yang dapat dijadikan bahan tanam. Proses pembentukan biji dipengaruhi oleh faktor lingkungan maupun genetik. Berat biji per malai dan berat 100 biji merupakan parameter yang berkaitan dengan produksi suatu tanaman. Apabila jumlah biji pertanaman sama tetapi memiliki berat 100 biji lebih tinggi maka hasil yang diperoleh akan lebih besar (Rahayu *et al.*, 2012).

Data pengamatan berat biji per malai, berat 100 biji, dan hasil biji sorgum disajikan dalam Tabel 5. Pengaruh genotipe sorgum terhadap berat biji per malai, bobot 100 biji dan hasil biji secara statistik berbeda nyata. Dari tiga belas genotipe yang diuji genotipe Patir-1, Patir-5, Kawali, dan Mandau nyata memiliki berat biji per malai lebih tinggi. Genotipe Patir-1, Patir-8, Patir-10, dan Pahat nyata memiliki berat 100 biji lebih tinggi. Genotipe Patir-1,

Patir-3, Patir-4, Patir-5, Patir-9, Patir-10, Kawali, dan Mandau nyata memiliki hasil biji nyata lebih banyak. Berdasarkan karakter yang diuji genotipe Patir-5, dan Kawali nyata memiliki berat biji per malai, berat 100 biji, dan hasil biji lebih tinggi dibandingkan genotipe lain yang diuji.

Berat 100 butir biji tidak berkorelasi positif dengan produktivitas per hektar karena biji yang besar terkadang memiliki jumlah biji per malai sedikit. Hal ini tampak pada varietas Pahat, genotipe Patir-8 dan Patir-10 memiliki ukuran biji yang besar sehingga bobot 100 biji tinggi, namun memiliki produksi biji per hektar yang rendah. Sedangkan varietas Kawali, Mandau, Patir-1, patir-5 dan patir-9 memiliki ukuran biji yang kecil sehingga bobot 100 biji rendah, namun mampu memproduksi biji kering lebih tinggi yaitu varietas Kawali (2,69 ton/Ha) dan Mandau (2,05 ton/Ha). Hal ini karena ukuran biji yang kecil pada varietas Kawali dan Mandau diimbangi dengan berat biji per malai yang lebih berat, sehingga varietas Kawali dan Mandau berproduksi lebih tinggi (Tabel 5 dan Gambar 3).

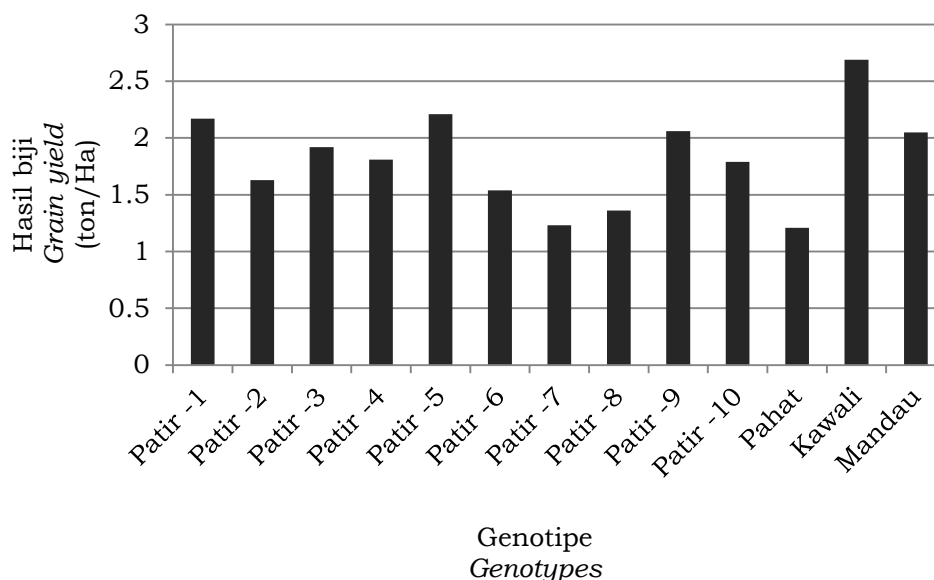
Tabel 5. Berat biji, berat 100 biji, dan hasil biji berbagai genotipe sorgum sebagai tanaman sela karet

Table 5. Seed weight, 100 seed weight, and grain yield of sorghum genotypes as rubber intercrops

Genotipe Genotypes	Berat biji per malai Seed weight (g)	Berat 100 biji 100 seed weight (g)	Hasil biji Grain yield (ton/Ha)
Patir-1	34,02ab	2,60abc	2,17ab
Patir-2	22,35cd	2,17e	1,63b
Patir-3	24,14cd	2,21e	1,92ab
Patir-4	25,40bcd	2,31de	1,81ab
Patir-5	37,09ab	2,58bcd	2,21ab
Patir-6	21,11d	2,14e	1,54b
Patir-7	20,06d	2,22e	1,23b
Patir-8	21,96d	2,86a	1,36b
Patir-9	31,00bc	2,55bcd	2,06ab
Patir-10	23,01cd	2,77ab	1,79ab
Pahat	23,84cd	2,76ab	1,21b
Kawali	40,54a	2,38cde	2,69a
Mandau	34,94ab	2,68ab	2,05ab
Rata-rata	26,42	2,48	1,82
KK (%)	16,62	5,98	20,35

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji jarak berganda DMRT pada taraf 5%

Remarks: Numbers followed by different letter in the same column were significantly different based on Duncan Multiple Range Test at 5% significant level



Gambar 3. Hasil biji berbagai genotipe sorgum sebagai tanaman sela karet
Figure 3. Grain yield of sorghum genotypes as rubber intercrops

Nilai Tambah Pola Tanam Sorgum Manis Sebagai Tanaman Sela Karet

Tumpang sari sorgum manis di antara tanaman karet pada masa TBM sangat penting untuk meningkatkan

produktivitas lahan, meningkatkan pendapatan petani, dan pemeliharaan tanaman utama (karet). Pola tanam ini mampu mengatasi kegagalan usahatani karet karena adanya persaingan antara

tanaman karet dengan gulma atau akibat kebakaran pada lahan karet karena keberadaan alang-alang yang rawan terbakar. Pola tanam ini dapat dilakukan sepanjang tanaman karet TBM dengan menerapkan pola tanaman yang sesuai

dengan musim. Penanaman sorgum di antara tanaman karet dengan jarak baris sorgum dari tanaman karet 1 m, maka dalam 1 Ha lahan tanaman karet yang dapat dimanfaatkan untuk tanaman sela sorgum hanya sekitar 0,5 Ha.

Tabel 6. Analisis usahatani sorgum manis sebagai tanaman sela karet di Balai Penelitian Sembawa musim hujan 2013

Table 6. Analysis of sorghum farming as rubber intercrops at Sembawa Research Center during rainy season in 2013

Uraian <i>Description</i>	Jumlah <i>Quantity</i>	Satuan <i>Units</i>	Harga satuan <i>Price per units</i> (IDR)	Harga <i>Price</i> (IDR)
Sarana produksi				
Benih dasar	9	kg	15.000	135.000
Pupuk urea	150	kg	1.800	270.000
Pupuk SP 36	100	kg	2.000	200.000
Pupuk KCl	90	kg	1.400	126.000
Furadan 3G	10	kg	15.000	150.000
Dithane M45	2	kg	85.000	170.000
Herbisida round up	2	l	65.000	130.000
Jumlah I				1.181.000
Tenaga kerja				
Persiapan lahan	20	HOK	45.000	900.000
Penanaman	4	HOK	45.000	180.000
Pemupukan	2	HOK	45.000	90.000
Penyiangan (herbisida)	2	HOK	45.000	90.000
Pembumbunan	4	HOK	45.000	180.000
Pengendalian hama dan penyakit	2	HOK	45.000	90.000
Penyiraman	1	HOK	45.000	45.000
Panen	4	HOK	45.000	180.000
Jumlah II				1.755.000
Total Biaya (I + II)				2.936.000
Hasil Biji (Kg/Ha)	1.820	rendah	tinggi	
Harga Jual (IDR/Kg)		3.400	3.800	
Penerimaan (IDR/Ha)		6.188.000	6.916.000	
Pendapatan (IDR/Ha)		3.252.000	3.980.000	
<i>R/C Ratio</i>		1,11	1,36	
Sewa mesin peras tebu (III)	1	unit	300.000	300.000
Total Biaya (I+II+III)				3.236.000
Hasil Nira (Kg/Ha)	2.080	rendah	tinggi	
Harga Jual (IDR/Kg)		3.800	4.800	
Penerimaan (IDR/Ha)		7.904.000	9.984.000	
Pendapatan		4.668.000	6.748.000	
<i>R/C Ratio</i>		1,44	2,09	

Keterangan: harga input, tenaga kerja, dan harga jual pada tingkat petani adalah harga yang berlaku

Remarks : input price, labour, and selling price at farmer level was the prevailing price

Hasil analisis usaha tani sorgum sebagai tanaman sela karet di areal TBM dirangkum dalam Tabel 6. Usahatani sorgum manis sebagai tanaman sela karet pada saat harga jual biji rendah IDR 3.400/Kg memperoleh penerimaan sebesar IDR 6.188.000,- dan pendapatan sebesar IDR 3.252.000,-, sedangkan pada saat harga jual biji tinggi IDR 3.800/Kg memperoleh penerimaan sebesar IDR 6.916.000,- dan pendapatan sebesar IDR 3.980.000,- per satu musim tanam dengan biaya pengeluaran sebesar IDR 2.936.000,-. Usahatani sorgum manis pada saat harga jual biji rendah masih menguntungkan dengan *R/C ratio* sebesar 1,11. Sementara pada saat harga jual biji tinggi, diperhitungkan menjadi sangat menguntungkan dengan nilai *R/C ratio* 1,36 (Tabel 6).

Nilai tambah usahatani sorgum manis menghasilkan biji dan nira. Tabel 6 menunjukkan bahwa pada saat harga nira rendah IDR 3.800/Kg memperoleh penerimaan sebesar IDR 7.904.000,- dan pendapatan sebesar IDR 4.668.000,-, sedangkan pada saat harga jual nira tinggi IDR 4.800/Kg memperoleh penerimaan sebesar IDR 9.984.000,- dan pendapatan sebesar IDR 6.748.000,- per satu musim tanam dengan biaya pengeluaran sebesar IDR 2.936.000,-. Melalui teknologi pola tanam sorgum manis sebagai tanaman sela karet menunjukkan bahwa usahatani sorgum manis pada saat harga jual nira rendah masih menguntungkan dengan *R/C ratio* 1,44, sedangkan pada saat harga jual nira tinggi sangat menguntungkan dengan nilai *R/C ratio* 2,09. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi pola tanam sorgum manis sebagai tanaman sela karet secara ekonomis menguntungkan dan layak untuk dikembangkan, terutama pada areal perkebunan karet baik perkebunan karet besar maupun perkebunan karet rakyat.

KESIMPULAN

Pola tanam sela sorgum berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman karet klon IRR 118, BPM 107 dan BPM 109 bahkan tumbuh lebih dari kondisi normal. Masing-masing klon memiliki respon pertumbuhan yang berbeda dengan adanya tanaman sela sorgum. Penampilan ketiga belas genotipe sorgum secara umum menunjukkan variasi sifat agronomi yang

berbeda dan memberikan respon yang baik terhadap pertumbuhan dan hasil sehingga dapat dikembangkan sebagai tanaman sela karet. Genotipe Patir-5, Patir-9, dan Kawali nyata memiliki diameter batang lebih besar, berat batang lebih tinggi, dan kandungan nira lebih banyak dibandingkan genotipe lain yang diuji sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku biofuel. Genotipe Patir-5, dan Kawali nyata memiliki berat biji per malai, berat 100 biji, dan hasil biji lebih tinggi dibandingkan genotipe lain yang diuji. Secara ekonomis usahatani sorgum sebagai tanaman sela karet menguntungkan dan layak untuk dikembangkan. Diperlukan penelitian uji multilokasi dan multimusim untuk melihat penampilan sifat agronomi galur mutan sorgum yang lebih adaptif pada areal perkebunan karet.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, K., Sopandie, D., Trikoesoemaningtyas, & Wirnas, D. (2010). Tanggapan fisiologi akar sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) terhadap cekaman aluminium dan defisiensi fosfor di dalam rhizotron. *Jurnal Agronomi*, 38(2), 88 – 94.
- Anas, Sumadi, & Irwan, A. W. (2007). Variabilitas genetik dan heritabilitas beberapa karakter penting 19 genotipe elite sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) pada pertanaman musim kering. *Prosiding Simposium Tanaman Pangan* (p. 167-172). Bandung, Indonesia: Kongres IX PERAGI.
- Anwar, K. (2006). Manajemen dan teknologi budidaya karet. *Prosiding Seminar Tekno Ekonomi Agribisnis Karet 2006*. Diakses dari <http://elearning.upnjatim.ac.id>.
- Aqil, M., & Bunyamin, Z. (2013). Optimalisasi pengelolaan agroklimat pertanaman sorgum. *Prosiding Seminar Nasional Serealia 2013* (p. 371-379). Maros, Indonesia: Balai Penelitian Sereal.

- Ar-riza, Nazemi, I. D., & Alwi, M. (2001). Peranan glifosat dalam pengendalian gulma dan suksesi gulma pada pertanaman padi *intercrop* dengan tanaman karet di lahan kering masam. *Prosiding Konferensi Nasional XV Himpunan Ilmu Gulma Indonesia* (p. 496-503). Surakarta, Indonesia: HIGI.
- As-syakur, A. R. (2009). Evaluasi zona agroklimat dari klasifikasi Schimidt-Ferguson menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG). *Jurnal Pijar MIPA*, 3(1), 17-22.
- Departemen Pertanian. (2010). *Basis Data Pertanian*. Jakarta, Indonesia: Deptan.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2012). *Statistik Perkebunan Indonesia: Karet 2009-2012*. Jakarta, Indonesia: Ditjenbun.
- Fikriati, M. (2010). *Uji daya hasil lanjutan kedelai (Glycine max (L.) merr.) toleran naungan di bawah tegakan karet rakyat di Kabupaten Sarolangun, Jambi* [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Food and Agricultural Organization. (2002). *FAOSTAT Agricultural Database 2002*. Diakses dari <http://faostat.fao.org>.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1995). *Statistical procedures for agricultural research*. Jakarta, Indonesia: UI Press.
- Hauser, I., Martin, K., Germer, J., He, P., Blagodatskiy, S., Liu, H., Krau, M., Rajaona, A., Shi, M., Pelz, S., Langenberger, G., Zhu, C. D., Cotter, M., Sturz, S., Waibel, H., Steinmetz, H., Wieprecht, S., Fror, O., Ahlheim, M., Aenis, T., & Cadisch, G. (2015). Environmental and socio-economic impacts of rubber cultivation in the Mekong region: challenges for sustainable land use. *CAB Reviews*, 10(027), 1-11. Doi: 10.1079/PAVSNR201510027
- Irwan, A. W. (2006). *Budidaya tanaman kedelai (Glycine max (L.) Merrill)*. Jatinangor, Indonesia: Unpad Press.
- Oldeman, L., Irsal, R., & Muljadi, L. (1980). *Agro-climatic map of Sumatra*. Central Research Institute for Agriculture. Bogor, Indonesia: IPB Press.
- Panjaitan, R., Zuhry, E., & Deviona. (2015). Karakterisasi dan hubungan kekerabatan 13 genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Mouch koleksi BATAN). *Jurnal Agroekoteknologi*, 2(1), 1-13.
- Pansak, W., Higler, T., Khasanah, N., Dally, K., & Cadish, G. (2013). Assessing intercropping strategies for smallholder rubber plantation in Northern Thailand using WaNuLCAS Model. *Proceedings of Agricultural Development within The Rural-Urban Continuum* (p.). Stuttgart-Hohenheim, Germany: Tropentag.
- Pansak, W. (2015). Assessing rubber intercropping strategies in Northern Thailand using the water, nutrient, light capture in agroforestry systems model. *Kasetsart Journal*, (49), 785-794.
- Rahayu, M., Samanhudi., & Wartoyo. (2012). Uji adaptasi beberapa varietas sorgum manis di lahan kering wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 27 (1), 1-10.
- Raintree, J. (2005). Intercropping with rubber for risk management, improving livelihoods in the Lao PDR. *Agriculture and Forestry Research*, 2, 41-46.
- Rodrigo, V. H. L., Stirling, C. M., Teklehaimanot, Z., & Nugawela, A. (2001). Intercropping with banana to improve fractional interception and radiation-use efficiency of immature rubber plantations. *Field Crops Res*, 69, 237-249. Doi: 10.1016/S0378-4290(00)00147-7.
- Rodrigo, V. H. L., Silva, T. U. K., & Munasinghe, E. S. (2004). Improving the spatial arrangement of planting rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) for long-term intercropping. *Field Crops Research*, 89(2), 327-335. Doi: 10.1016/j.fcr.2004.02.013.

- Rodrigo, V. H. L., Stirling, C. M., Silva, T. U. K., & Pathirana, P. D. (2005). The growth and yield of rubber at maturity is improved by intercropping with banana during the early stage of rubber cultivation. *Field Crops Research*, 91(1), 23–33. Doi: 10.1016/j.fcr.2004.05.005.
- Rosyid, M. J. (2007). Pengaruh tanaman sela terhadap pertumbuhan karet pada areal peremajaan partisipatif di Kabupaten Sarolangun, Jambi. *Jurnal Penelitian Karet*, 25(2), 25-36.
- Rosyid, M. J., Wibawa, G., & Gunawan, A. (2012). *Saptabina Usahatani Karet Rakyat : Pola Usahatani Karet*. Palembang, Indonesia: Balai Penelitian Sembawa.
- Sahuri., & Rosyid, M. J. (2015). Analisis usahatani dan optimalisasi pemanfaatan gawangan karet menggunakan cabai rawit sebagai tanaman sela. *Warta Per karetan*, 34(2), 77-88.
- Sahuri, Cahyo, A. N., & Nugraha, I. S. (2016). Pola tumpang sari karet-padi sawah pada tingkat petani di lahan pasang surut Sumatera Selatan. *Warta Per karetan*, 35(2), 107-120.
- Sahuri. (2017). Pengaturan pola tanam karet (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg.) untuk tumpang sari jangka panjang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 22 (1), 2443-3462.
- Santoso, B. (2006). Pemberdayaan lahan podsolik merah kuning dengan tanaman rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) di Kalimantan Selatan. *Jurnal Perspektif*, 5(1), 1-12.
- Setyowati, M., Hadiatmi., & Sutoro. (2005). Evaluasi pertumbuhan dan hasil plasma nutfah sorgum (*Sorghum vulgare* L. Moench.) dari tanaman induk dan ratoon. *Buletin Plasma Nutfah*, 11(2), 41-49.
- Sihono. (2009). Penampilan sifat agronomi galur mutan sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) di Kabupaten Bogor. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 5(1), 31-42.
- Snoeck, D., Lacotea, R., Kéli, J., Doumbiac, A., Chapuseta, T., Jagoretd, P., & Goheta, É. (2013). Association of hevea with other tree crops can be more profitable than hevea monocrop during first 12 years. *Industrial Crops and Products*, 43, 578– 586.
- Soeranto, H., Nakanishi, T. M., & Razak, M. T. (2003). Obtaining Induced Mutations of Drought Tolerance in Sorghum. *Journal Radioisotopes*, 52(1), 15-21.
- Soekartawi, A. (1995). *Analisis Usaha Tani*. Jakarta, Indonesia: UI Press.
- Sopandie, D., Trikoesoemaningtyas, E., Sulistyono., & Heryani, N. (2002). *Pengembangan kedelai sebagai tanaman sela : Fisiologi dan pemuliaan untuk toleransi terhadap naungan*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Jakarta, Indonesia: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi [DIKTI].
- Sukmadi, B. (2010). *Difusi Pemanfaatan Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pestisida Hayati Pada Budidaya Sorgum Manis (Sorghum bicolor L.) di Kabupaten Lampung Tengah*. Jakarta, Indonesia: Balai Pengkajian Bioteknologi.
- Suparti, Asngad, A., & Chalimah. (2012). *Uji Kualitas dan Kuantitas Produksi Bioethanol Batang Tanaman Sweet Sorghum Berbagai Varietas Skala Laboratorium*. Surakarta, Indonesia: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Syawal, Y. (2010). Pergeseran gulma pada tanaman pepaya (*Carica papaya* L.) yang diberi pupuk organik dan anorganik. *Jurnal Agroteknologi*, 2(2), 34-38.
- Tabri, F., & Zubachtirodin. (2013). Budi daya tanaman sorgum. *Dalam* Sumarno, D. S. Damardjati, M. Syam., & Hermanto (Eds). *Inovasi Teknologi dan Pengembangan Sorgum*. Jakarta, Indonesia: IAARD Press.

- Toure, A., Rattunde, F. W., & Weltzien, E. (2004). Guinea sorghum hybrids: bringing the benefits of hybrid technology to a staple crop of sub-saharan Africa. *Proceedings of the Resilient Crops for Water Limited Enviroments Workshop* (p.134). Cuernavaca, Mexico: IER-ICRISAT.
- Warsa, I. W. (2006). Kajian pengaruh fouling pada pemurnian nira tebu. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), 22-25.
- Wibawa, G., & Rosyid, M. J. (1995). Peningkatan produktivitas padi sebagai tanaman sela karet. *Warta Perkaratan*, 14(1), 40-46.
- Wirnas, D., Trikoesoemaningtyas., Sobir., & Sopandie, D. (2008). Analisis genetik toleransi kedelai terhadap naungan. *Prosiding Inovasi Teknologi Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian Mendukung Kemandirian Pangan dan Kecukupan Energi* (p. 112-119). Bogor, Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Xianhai, Z., Mingdao, C., & Weifu, L. (2012). Improving planting pattern for intercropping in the whole production span of rubber tree. *African Journal of Biotechnology*, 11(34), 8484-8490.