

**Evaluasi Pertumbuhan dan Produktivitas Sorgum Mutan *Brown Midrib* (*Sorghum bicolor* L. Moench) Fase Pertumbuhan Berbeda sebagai Pakan Hijauan pada Musim Kemarau di Tanah Ultisol**

***Evaluation of Growth and Productivity of Brown Midrib Sorghum Mutant Lines (*Sorghum bicolor* L. Moench) at Different Maturity Stages as Forage in Dry Season on Ultisol***

**R. Sriagtula\* dan S. Sowmen**

Fakultas Peternakan Universitas Andalas, Padang, 25163

\*E-mail: riesisriagtula@ansci.unand.ac.id

(Diterima: 27 Februari 2018; Disetujui: 3 Mei 2018)

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pertumbuhan dan produksi biomasa beberapa galur sorgum mutan BMR fase pertumbuhan berbeda sebagai pakan hijauan di tanah ultisol pada musim kemarau. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola Faktorial (6 x 3) dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah galur sorgum mutan BMR : galur Patir 3.1 (non BMR/kontrol), Patir 3.2, Patir 3.3, Patir 3.5, Patir 3.6 dan Patir 3.7, sedangkan faktor kedua adalah waktu panen : fase berbunga, fase *soft dough* dan fase *hard dough*. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, lebar dan panjang daun, rasio daun, batang dan malai, produksi boimasa segar, produksi bahan kering. Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan galur sorgum mutan BMR secara umum hampir sama dengan galur sorgum mutan non BMR pada musim kemarau, terlihat pada parameter tinggi tanaman, diameter batang, lebar daun, proporsi daun batang malai, kandungan gula batang, produksi segar dan produksi bahan kering yang memberikan pengaruh berbeda tidak nyata. Waktu panen *hard dough* menghasilkan pertumbuhan tertinggi pada parameter tinggi tanaman, proporsi malai dan produksi BK. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan pertumbuhan dan produksi tanaman galur sorgum mutan BMR pada musim kemarau.

Kata kunci: pertumbuhan tanaman, produksi biomasa, sorgum *brown midrib*

**ABSTRACT**

*The objective of this research was to an evaluation of growth and productivity of brown midrib sorghum mutant lines (*Sorghum bicolor* L. Moench) at different maturity stages as forage the dry season on ultisol. This research was arranged into a randomized block design with 2 factors. The first factor was BMR sorghum mutant lines: Patir 3.2, Patir 3.3, Patir 3.5, Patir 3.6, patir 3.7 and Patir 3.1 (non-BMR sorghum mutant line as control). The second factor was maturity stages (flowering, soft dough, and hard dough phase). The observed variables were plant height, stem diameter, leaf width length and the ratio of leaves, stems, and panicles, stalk sugar content, fresh and dry matter biomass production. The results showed that in general, the growth of BMR sorghum mutant lines was not significant to non-BMR sorghum mutant line (Patir 3.1) in the dry season in plant height, stem diameter, width leaf, stem, leaf and panicle ratio, stem sugar content, fresh and dry matter production were non significant affected. The maturity stage at hard dough produced the highest growth in plant height, panicle proportion, and dry matter production. Based on those findings, it can be concluded that the reduced both growth and production of BMR sorghum mutant lines the dry season.*

*Keywords: biomass production, brown midrib sorghum, plant growth*

## PENDAHULUAN

Kendala utama dalam penyediaan pakan hijauan di Indonesia adalah kuantitas, kualitas dan kontinuitas yang dipengaruhi oleh musim dan rendahnya produktivitas lahan. Pada musim hujan, produksi hijauan tinggi sedangkan pada musim kemarau sering terjadi kekurangan hijauan. Selain itu, tanah yang digunakan untuk penanaman pakan hijauan umumnya adalah lahan kelas IV ke atas, yang merupakan lahan marjinal. Lahan marjinal di Indonesia mayoritas didominasi oleh lahan kering yang umumnya bereaksi masam. Indonesia memiliki lahan kering yang potensial untuk budidaya tanaman dengan luasan mencapai 122 juta ha, dimana sekitar 108.8 juta ha diantaranya merupakan lahan kering masam atau sekitar 60% dari total luas lahan Indonesia (Mulyani dan Syarwani 2013). Dalam upaya menunjang keberhasilan ekstensifikasi pertanian ke arah lahan kering, pendekatan komoditi yang toleran merupakan salah satu keniscayaan untuk mendapatkan produktivitas tanaman yang tinggi dan dapat berproduksi sepanjang tahun. Salah satu komoditi pilihan untuk lahan marginal adalah tanaman sorgum.

Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) mempunyai daya adaptasi yang tinggi terhadap kekeringan bila dibandingkan dengan tanaman sereal lainya. Sorgum dapat tumbuh dan berproduksi sedangkan jagung tidak dapat tumbuh pada suhu tinggi atau kondisi kering (Pedersen *et al.*, 2000). Hal ini merupakan potensi untuk pengembangan dan budidaya sorgum di Indonesia terutama untuk meningkatkan produktivitas lahan marginal dan juga lahan kering. Sebagai negara tropis, musim di Indonesia dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain pergantian arah angin, hal ini dapat menyebabkan awal musim hujan tertunda dan musim kemarau menjadi lebih lama dan juga sebaliknya (Suaydhi, 2016). Akibatnya beberapa daerah di Indonesia memiliki panjang musim yang berbeda. Bagi daerah yang memiliki musim kemarau lebih panjang dari musim penghujan, ketersediaan

hijauan menjadi faktor penghambat bagi perkembangan peternakan.

Pengembangan tanaman sorgum ke arah kultivar yang ideal untuk hijauan pakan untuk mendukung peternakan berkelanjutan dapat dilakukan dengan pemuliaan tanaman, antara lain dengan mutasi menggunakan iradiasi sinar gamma. Prinsip dasar pemuliaan tanaman adalah seleksi terhadap karakter yang dikehendaki diantara keragaman tanaman yang ada (Hoeman, 1998). Di Indonesia, pemuliaan mutasi (*mutation breeding*) telah diaplikasikan pada beberapa jenis tanaman pangan, antara lain padi (Sobrizal 2007; Ishak 2012), sorgum (Surya dan Soeranto 2006; Supriyanto 2014), kedelai (Hoeman dan Sihono 2010). Samurai 1, Samurai 2 dan Pahat merupakan varietas sorgum mutan yang sudah dilepas untuk tanaman pangan di Indonesia (Hoeman *et al.*, 2011). Sorgum mutan *Brown Midrib* (BMR) merupakan salah satu hasil mutasi pada tanaman sorgum, yang secara khusus dikembangkan sebagai tanaman pakan. Sorgum mutan BMR memiliki kandungan lignin lebih rendah dan kecernaannya lebih tinggi dibanding sorgum konvensional, sehingga ideal sebagai pakan hijauan. Varietas BMR merupakan varietas mutan yang sangat terkenal di dunia dan secara khusus telah dikembangkan sebagai tanaman pakan ternak (Ouda *et al.*, 2005). Diprediksi 80-85% tanaman yang akan dijadikan sebagai hijauan pakan di dunia adalah varietas BMR (Miller dan Stroup, 2003).

Sorgum mutan BMR Patir 3.2, Patir 3.3, Patir 3.5, Patir 3.6 dan Patir 3.7 merupakan galur sorgum mutan baru hasil mutasi dengan iradiasi sinar gamma yang pertama dihasilkan dan dikembangkan di Indonesia, yang berasal dari induk ZH-30 (*sweet sorghum*) (Supriyanto, 2014). Potensi galur sorgum mutan BMR ini yang ditanam pada tanah latosol dimusim hujan, menunjukkan rata-rata tinggi tanaman dan produksi segar hampir sama dibanding galur sorgum mutan non BMR, dengan nilai berturut-turut 205 cm - 220 cm dan 38-45 ton ha<sup>-1</sup> (Sriagtula *et al.*, 2016). Secara umum rata-rata tinggi tanaman

Tabel 1. Analisis Tanah\*

Tekstur (%)			pH		Bahan organik (%)			HCl 25%		KTK
Pasir	Debu	Liat	H <sub>2</sub> O	KCl	C	N	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
29	40	31	4.7	3.9	2.1	0.21	10	47	8	12.14

\*Hasil analisis contoh tanah oleh Laboratorium Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian, Balai Penelitian Tanah, Bogor, 2014.

dan produksi segar varietas *sweet sorghum* non BMR berturut-turut adalah 50-400 cm dan 20-50 ton ha<sup>-1</sup> (Shoemaker *et al.*, 2010). Galur baru ini perlu pengujian pada multilokasi dan iklim untuk mengevaluasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, khususnya pada generasi M-10 yang digunakan pada penelitian ini. Oleh sebab itu dilakukanlah penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi pertumbuhan dan produksi biomasa beberapa galur sorgum mutan BMR fase pertumbuhan berbeda sebagai pakan hijauan di tanah ultisol pada musim kemarau.

## METODE

Penelitian ini dilakukan di lahan seluas ± 1500 m<sup>2</sup> di Laboratorium Lapang Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, pada bulan Agustus hingga Desember 2014 di Bogor, pada tanah ultisol dengan pH masam (Tabel 1). Bahan yang digunakan diantaranya bibit sorgum (M-10) yang diperoleh dari SEAMEO-BIOTROP Bogor, pupuk yang digunakan adalah pupuk kandang sapi, urea, TSP, KCl, timbangan, alat ukur, refraktometer merek The Atago 2311 MASTER ± (alpha), gunting stek, jangka sorong. Sidametrin merupakan pestisida yang digunakan untuk menghindari serangan hama. sedangkan untuk mengurangi serangan burung, malai dibungkus menggunakan kantong plastik ukuran 1 kg yang telah dilubangi.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola Faktorial (6 x 3) dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah galur sorgum mutan BMR : galur Patir 3.1 (non BMR/kontrol), Patir 3.2, Patir 3.3, Patir 3.5, Patir 3.6 dan Patir 3.7, sedangkan faktor kedua

adalah waktu panen : fase berbunga, fase *soft dough* dan fase *hard dough*.

### Parameter yang Diamati

Parameter yang diukur meliputi parameter agronomis : tinggi tanaman, diameter batang, lebar dan panjang daun, rasio daun, batang dan malai. Parameter produksi : produksi biomasa segar dan produksi bahan kering diukur dari produksi tebon sorgum yang terdiri dari batang, daun dan malai.

### Persiapan lahan

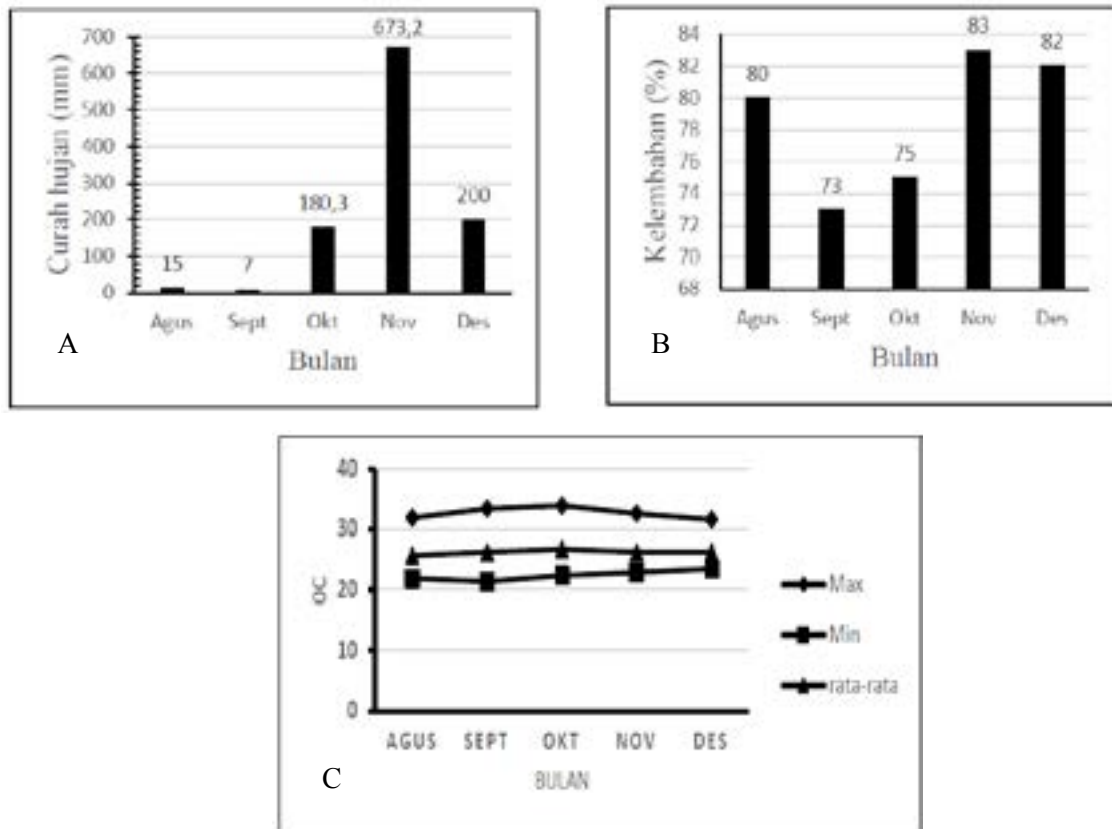
Lahan yang digunakan dalam penelitian diolah secara manual kemudian ditambahkan pupuk kandang dengan dosis 2 ton/ha dan digemburkan. Plot-plot penelitian dibuat dengan ukuran 4 m x 5 m. Pengolahan lahan dilakukan satu bulan sebelum penanaman.

### Penanaman

Empat belas hari setelah pengolahan tanah, dilakukan penanaman benih sorgum dengan cara tugal dengan jarak tanam dalam jalur 20 cm, sedang jarak antar jalur 60 cm sehingga terdapat 150 lubang untuk tiap plot penelitian. Tiap lubang ditanam 4-5 benih sorgum dengan kedalaman 5 cm, setelah benih berkecambah dan tumbuh normal kemudian dilakukan penjarangan dengan memisakan dua tanaman per lubang tanam.

### Pemeliharaan

Selama musim tanam pemberian pupuk dilakukan sebanyak dua kali. Pemberian pupuk pertama dilakukan pada umur 14 hari setelah tanam (HST), pupuk yang diberikan adalah urea, TSP, KCl dengan perbandingan 4:3:2 (g/g/g) total 270 kg/Ha. Pemberian pupuk kedua dilakukan pada umur 50 HST untuk mendorong pembungaan, pupuk yang diberikan adalah Urea, TSP, KCl 2:4:2 (g/g/g)



Gambar 1. Kondisi iklim selama penelitian di lapangan, (A) Rataan curah hujan, (B) Rataan kelembaban relatif, (C) Temperatur udara (Sumber: BMKG Stasiun Dramaga, Bogor, 2014).

total 200 kg/Ha (Supriyanto, 2010).

#### Pemanenan

Pemanenan dilakukan saat 50% dari tanaman sorgum dalam masing-masing plot telah memasuki fase berbunga (83 HST), fase *soft dough* (92 HST) dan fase *hard dough* (125 HST), yang diketahui dengan cara menghitung tanaman yang telah berbunga/*soft dough/hard dough* dibandingkan dengan jumlah tanaman dalam plot tersebut. Fase berbunga dimulai ketika kepala sari berwarna kuning muncul setelah keluarnya malai. Fase *soft dough* terjadi apabila biji dapat dipres diantara jari dengan atau tanpa mengeluarkan cairan. Fase *hard dough* terjadi ketika biji tidak dapat dipres diantara jari (Gerik *et al.*, 2003). Pemanenan sorgum dilakukan di atas buku pertama dari permukaan tanah ( $\pm 10$  cm dari permukaan tanah). Tanaman yang

dipanen berasal dari 10 tanaman yang tumbuh baik dari setiap plot, kemudian dilakukan pengukuran parameter. Batang, daun dan malai dipisahkan untuk ditimbang bobot segarnya.

#### Persiapan Sampel

Sampel batang daun dan malai disimpan dalam kantong kertas secara terpisah, kemudian dikeringkan dengan oven suhu 60°C selama 48 jam untuk menentukan berat kering. Sampel kemudian digiling menjadi tepung (1 mash) dan siap untuk analisa kadar air.

#### Analisis Data

Data yang diperoleh, dianalisis varians menurut RAK faktorial menggunakan *software* SPSS 16. Uji Duncan (*Duncan, s New Multiple Range Test*) dilakukan pada faktor perlakuan untuk menunjukkan pengaruh yang

Tabel 2. Rataan tinggi tanaman (cm) dan diameter batang (mm) beberapa galur sorgum mutan BMR dengan waktu panen berbeda.

Galur	Waktu panen			Rataan
	Berbunga	<i>Soft dough</i>	<i>Hard dough</i>	
	Tinggi Tanaman			
Patir 3.1	94,97 ± 5,83	126,80 ± 7,00	130,65 ± 6,29	117,47 ± 6,38
Patir 3.2	100,48 ± 6,14	117,97 ± 6,39	114,37 ± 5,76	110,94 ± 6,09
Patir 3.3	108,43 ± 20,49	114,90 ± 5,94	121,57 ± 2,77	114,97 ± 9,73
Patir 3.5	104,78 ± 10,32	112,97 ± 6,79	124,43 ± 11,66	114,06 ± 9,59
Patir 3.6	98,98 ± 4,84	109,83 ± 2,42	117,70 ± 5,41	108,84 ± 4,22
Patir 3.7	94,28 ± 4,41	109,40 ± 8,76	112,83 ± 2,32	105,51 ± 5,16
Rataan	100,32 ± 8,67 <sup>B</sup>	115,31 ± 6,22 <sup>A</sup>	120,26 ± 5,70 <sup>A</sup>	
	Diameter Batang			
Patir 3.1	14,73 ± 0,55	15,97 ± 0,47	12,27 ± 0,15	14,32 ± 0,39 <sup>A</sup>
Patir 3.2	14,40 ± 1,31	13,77 ± 2,01	11,40 ± 1,27	13,19 ± 1,53 <sup>AB</sup>
Patir 3.3	12,67 ± 1,70	12,23 ± 0,80	11,30 ± 0,92	12,07 ± 1,14 <sup>C</sup>
Patir 3.5	14,00 ± 2,17	13,87 ± 1,17	11,70 ± 1,22	13,19 ± 1,52 <sup>AB</sup>
Patir 3.6	13,72 ± 0,85	13,27 ± 1,58	11,30 ± 1,40	12,76 ± 1,28 <sup>C</sup>
Patir 3.7	13,40 ± 0,70	12,77 ± 1,37	10,27 ± 0,91	12,14 ± 0,99 <sup>C</sup>
Rataan	13,82 ± 1,21 <sup>A</sup>	13,64 ± 1,24 <sup>A</sup>	11,37 ± 0,98 <sup>B</sup>	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf besar pada baris dan kolom yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ).

signifikan (Steel and Torrie, 1997).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi umum lingkungan penelitian

Lahan yang digunakan pada penelitian ini bertopografi datar sampai bergelombang. Tanah bertipe liat dengan warna merah kekuningan dengan rata-rata pH < 5. Kondisi iklim selama penelitian disajikan pada Gambar 1. Pada bulan Agustus sampai September rata-rata curah hujan sangat rendah (15 mm dan 7 mm) sedangkan pada bulan Oktober rata-rata curah hujan sedang (100-300 mm), dan puncak curah hujan terjadi pada bulan November (>500 mm). Kelembaban relatif adalah 73%-83% yang menunjukkan bahwa kelembaban lingkungan cukup tinggi, sedangkan temperatur udara berkisar antara 21,4 °C – 33,9 °C.

### Tinggi Tanaman dan Diameter Batang

Rataan tinggi tanaman dan diameter batang galur sorgum mutan BMR selama penelitian disajikan pada Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada interaksi ( $P > 0.05$ ) antara jenis sorgum dan waktu panen terhadap tinggi tanaman. Pengaruh faktor tunggal jenis galur sorgum juga memberikan pengaruh berbeda tidak nyata ( $P > 0.05$ ) terhadap tinggi tanaman, namun pengaruh faktor tunggal waktu panen justru memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap tinggi tanaman.

Berbeda tidak nyata tinggi tanaman galur sorgum mutan BMR Patir 3.2, Patir 3.3, Patir 3.5, Patir 3.6 dan Patir 3.7 dibanding Patir 3.1 (non BMR/kontrol) menunjukkan bahwa tinggi tanaman galur sorgum mutan BMR dan non BMR tidak berbeda. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Sriagtula *et al.* (2016); Carmi *et al.* (2006); Miron *et*

al. (2005) yang menyatakan bahwa tinggi tanaman sorgum BMR dan non BMR hampir sama. Namun hasil penelitian ini kontradiksi dengan pernyataan Beck *et al.* (2007); Atis *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa tanaman sorgum non BMR lebih tinggi dibanding tanaman sorgum BMR.

Tinggi tanaman sorgum dipengaruhi sangat nyata ( $P < 0,01$ ) oleh waktu panen. Pada penelitian ini terjadi peningkatan tinggi tanaman dari fase berbunga (100,32 cm), ke fase *soft dough* (115,31 cm) dan fase *hard dough* (120,26 cm). Hal ini sesuai dengan Ayub *et al.* (2002); Xie *et al.* (2012); Qu *et al.* (2014); Li *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa tinggi tanaman sorgum meningkat dengan meningkatnya kedewasaan tanaman (*maturity stage*).

Rataan tinggi tanaman pada penelitian ini adalah 94,28 cm - 130,65 cm, lebih rendah dari Sriagtula *et al.* (2016) yaitu 205,49 cm - 220,75 cm. Hal ini disebabkan penanaman sorgum dilakukan pada musim kemarau dengan curah hujan sangat rendah (15 mm). Goenadi (2003) menyatakan rata-rata interval curah hujan bulanan dengan nilai 100 mm hingga 150 mm diklasifikasikan dalam kelas curah hujan rendah. Walaupun sorgum merupakan tanaman yang tahan kekeringan namun pada 21 hari pertama pertumbuhannya harus mendapat cukup air. Bila pada fase pertumbuhan lanjut air terbatas, tanaman ini masih dapat tumbuh baik karena perkembangan anatomi tanaman yang mendukung untuk toleran kekeringan sudah terbentuk. Fracasso *et al.* (2016) menyatakan *Sorghum bicolor* merupakan tanaman sereal yang paling toleran terhadap kekeringan, hal ini merupakan konsekuensi dari karakteristik morfologi dan anatomi (lapisan *wax* yang tebal pada daun, sistem perakaran yang dalam), serta respon fisiologis (pengaturan tekanan osmotik dan *stay green*). Mastrorilli *et al.* (1999) menyatakan bahwa pada fase awal pertumbuhan pada *sweet sorghum*, stres air dapat menurunkan efisiensi penggunaan air dibanding fase lanjut.

Rataan diameter batang galur sorgum

mutan BMR disajikan pada Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada interaksi ( $P > 0,05$ ) antara jenis galur sorgum dan waktu panen terhadap diameter batang. Pengaruh faktor tunggal jenis galur berbeda sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap diameter batang, begitu juga pengaruh faktor tunggal waktu panen berbeda sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap diameter batang.

Diameter batang terbesar terdapat pada galur mutan non BMR Patir 3.1 (14,32 mm), namun berbeda tidak nyata dengan galur sorgum mutan BMR Patir 3.2 dan Patir 3.5. Diameter batang pada penelitian ini lebih rendah dari yang diperoleh Sriagtula *et al.* (2016) yaitu 13 mm -16 mm. Hal ini disebabkan rendahnya kandungan air pada batang akibat iklim dan curah hujan yang rendah saat penelitian. Hal ini dibuktikan dengan proporsi batang yang lebih tinggi pada penelitian ini yaitu 19%-25% dari berat kering (Tabel 4), sedangkan menurut Sriagtula *et al.* (2016) proporsi batang galur sorgum mutan BMR berkisar 18%-19%. Proporsi batang (berdasarkan berat kering) lebih tinggi pada penelitian ini menggambarkan kandungan air yang lebih rendah dan volume juice batang yang dihasilkan juga rendah. Murray *et al.* (2008) menyatakan bahwa produksi juice berkorelasi dengan berat segar batang. Berat batang segar menggambarkan tingkat efektivitas penyerapan air oleh tanaman, sedangkan berat batang kering mencerminkan mekanisme proses fotosintesis yang terjadi (Rahayu *et al.*, 2012).

Berdasarkan waktu panen, diameter batang tertinggi pada penelitian ini dihasilkan pada fase berbunga dan *soft dough* dengan nilai berturut-turut 13,82 mm dan 13,64 mm, sedangkan diameter batang terendah dihasilkan pada fase *hard dough* 11,37 mm. Hasil penelitian ini berbeda dengan Li *et al.* (2015) bahwa tidak ada perbedaan diameter batang pada fase perkembangan tanaman sorgum. Diameter batang pada penelitian berkisar 10,27 mm -15,97 mm, lebih rendah dibanding Li *et al.* (2015) yaitu 16,6 mm - 17,4 mm. Hal ini disebabkan pada

Tabel 3. Panjang dan lebar daun (cm).

Galur	Waktu Panen			Rataan
	Berbunga	<i>Soft dough</i>	<i>Hard dough</i>	
Panjang Daun (cm)				
Patir 3.1	78,83 ± 3,67	83,33 ± 2,10	72,17 ± 2,12	78,11 ± 2,63 <sup>A</sup>
Patir 3.2	69,07 ± 4,44	74,97 ± 4,74	60,53 ± 5,38	68,19 ± 4,85 <sup>B</sup>
Patir 3.3	73,53 ± 5,62	70,97 ± 7,92	63,23 ± 2,30	69,24 ± 5,28 <sup>B</sup>
Patir 3.5	68,18 ± 6,50	75,15 ± 2,77	60,58 ± 6,23	67,97 ± 5,17 <sup>B</sup>
Patir 3.6	69,38 ± 2,11	72,20 ± 3,36	59,70 ± 5,14	67,09 ± 3,54 <sup>B</sup>
Patir 3.7	69,37 ± 3,56	69,27 ± 3,06	58,37 ± 1,00	65,67 ± 2,54 <sup>B</sup>
Rataan	71,39 ± 4,32 <sup>B</sup>	74,31 ± 3,99 <sup>A</sup>	62,43 ± 3,70 <sup>C</sup>	
Lebar Daun (cm)				
Patir 3.1	5,34 ± 0,21	6,52 ± 0,37	5,99 ± 0,40	5,95 ± 0,33
Patir 3.2	5,78 ± 0,17	6,02 ± 0,58	5,47 ± 1,02	5,76 ± 0,59
Patir 3.3	5,52 ± 0,10	5,84 ± 0,30	5,93 ± 0,58	5,76 ± 0,33
Patir 3.5	5,32 ± 0,24	6,18 ± 0,30	5,80 ± 0,45	5,77 ± 0,33
Patir 3.6	5,42 ± 0,24	6,16 ± 0,68	6,30 ± 1,13	5,96 ± 0,68
Patir 3.7	5,19 ± 0,86	6,31 ± 0,57	5,60 ± 0,49	5,70 ± 0,64
Rataan	5,43 ± 0,30 <sup>B</sup>	6,17 ± 0,47 <sup>A</sup>	5,85 ± 0,68 <sup>A</sup>	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf besar pada baris dan kolom yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ).

fase awal pertumbuhan sorgum merupakan musim kemarau dengan rata-rata curah hujan sangat rendah yaitu 15 mm, diduga tanaman mengalami stres air yang berpengaruh pada karakteristik pertumbuhannya antara lain diameter batang. Da Silva dan Da Costa (2004) menyatakan bahwa stres air pada periode awal pertumbuhan berpengaruh negatif terhadap diameter batang pada tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.).

#### Panjang dan Lebar Daun

Rataan panjang dan lebar daun pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada interaksi ( $P > 0.05$ ) antara jenis galur dan waktu panen terhadap panjang daun dan lebar daun. Faktor tunggal jenis sorgum memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ) hanya terlihat pada parameter panjang daun. Faktor tunggal waktu panen memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ) baik pada parameter panjang daun maupun

lebar daun.

Pada penelitian ini, daun terpanjang dihasilkan oleh galur sorgum mutan non BMR Patir 3.1 (78,11 cm), sedangkan semua galur sorgum mutan BMR menghasilkan panjang daun lebih rendah berkisar 65,67 cm – 69,24 cm. Hasil penelitian ini hampir sama dengan Sriagtula *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa secara umum galur sorgum mutan non BMR memiliki panjang daun lebih panjang dibanding galur sorgum mutan BMR. Panjang daun pada penelitian ini berkisar 58,37 cm - 83,33 cm, hampir sama dengan yang diperoleh Li *et al.* (2015) bahwa rata-rata panjang daun adalah 69 cm - 73 cm. Lebar daun pada penelitian ini bervariasi antara 5,19 cm - 6,52 cm sesuai dengan Li *et al.* (2015) bahwa lebar daun sorgum adalah 5-9 cm.

#### Proporsi Daun, Batang dan Malai

Proporsi daun, batang dan malai disajikan pada Tabel 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi

Tabel 4. Proporsi daun, batang dan malai (% berat kering)

Galur	Waktu Panen			Rataan
	Berbunga	<i>Soft dough</i>	<i>Hard dough</i>	
Proporsi Daun				
Patir 3.1	31,62 ± 1,03	32,62 ± 1,83	30,09 ± 2,26	31,45 ± 1,70
Patir 3.2	32,61 ± 3,47	31,39 ± 0,45	31,85 ± 1,49	31,95 ± 1,80
Patir 3.3	33,32 ± 1,46	30,70 ± 2,97	30,20 ± 0,33	31,41 ± 1,59
Patir 3.5	33,49 ± 1,47	28,92 ± 0,80	27,83 ± 1,14	30,08 ± 1,13
Patir 3.6	31,54 ± 1,57	30,33 ± 4,43	26,33 ± 0,60	29,40 ± 2,20
Patir 3.7	33,70 ± 3,28	31,03 ± 4,55	29,18 ± 2,13	31,30 ± 3,32
Rataan	32,71 ± 2,05 <sup>A</sup>	30,83 ± 2,50 <sup>B</sup>	29,25 ± 1,33 <sup>B</sup>	
Proporsi Batang				
Patir 3.1	24,20 ± 0,89	25,05 ± 1,04	19,23 ± 1,08	22,82 ± 1,00
Patir 3.2	24,97 ± 1,05	25,25 ± 1,95	19,21 ± 0,53	23,14 ± 1,17
Patir 3.3	23,23 ± 1,54	25,32 ± 4,14	18,99 ± 1,71	22,51 ± 2,46
Patir 3.5	23,73 ± 1,24	26,26 ± 2,27	18,23 ± 0,69	22,74 ± 1,40
Patir 3.6	25,47 ± 4,59	25,14 ± 1,91	19,46 ± 1,16	23,35 ± 2,55
Patir 3.7	23,95 ± 0,74	24,56 ± 3,59	19,59 ± 0,44	22,70 ± 1,59
Rataan	24,26 ± 1,68 <sup>A</sup>	25,26 ± 2,48 <sup>A</sup>	19,12 ± 0,93 <sup>B</sup>	
Proporsi Malai				
Patir 3.1	44,19 ± 0,90	42,33 ± 0,80	50,67 ± 3,31	45,73 ± 1,43
Patir 3.2	43,41 ± 5,31	43,36 ± 1,54	48,94 ± 1,08	45,24 ± 2,32
Patir 3.3	43,45 ± 0,12	43,98 ± 3,98	50,80 ± 1,92	46,08 ± 1,92
Patir 3.5	42,78 ± 1,28	44,82 ± 1,47	53,94 ± 1,68	47,18 ± 0,20
Patir 3.6	42,98 ± 3,03	44,53 ± 4,37	54,21 ± 1,53	47,24 ± 1,42
Patir 3.7	44,20 ± 1,69	44,41 ± 0,97	51,23 ± 2,41	46,62 ± 0,72
Rataan	43,50 ± 1,86 <sup>B</sup>	43,91 ± 1,57 <sup>B</sup>	51,63 ± 0,78 <sup>A</sup>	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf besar pada baris yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ).

( $P > 0.05$ ) antara jenis galur sorgum dan waktu panen terhadap proporsi batang, daun, maupun malai. Faktor tunggal waktu panen memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap proporsi batang, daun maupun malai, sedangkan faktor tunggal jenis sorgum memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ( $P > 0.05$ ).

Proporsi daun tertinggi pada penelitian ini terdapat pada fase berbunga (32,71%), sedangkan pada fase *soft dough* dan *hard dough* terjadi penurunan proporsi daun berturut-turut 30,83% dan 29,25%. Lebih rendah proporsi

daun pada fase *soft dough* dan *hard dough* disebabkan beberapa daun pada fase-fase ini telah mengering dan mati, sehingga berat daun berkurang dan proporsinya terukur lebih rendah. Ball *et al.* (2001) menyatakan semakin meningkat umur tanaman maka proporsi daun pada hijauan akan menurun.

Proporsi batang terendah pada penelitian ini terjadi pada fase *hard dough* (19,12%), sedangkan pada fase berbunga dan *soft dough* proporsi batang memberikan pengaruh berbeda tidak nyata ( $P > 0.05$ ) dan terukur lebih tinggi dengan nilai berturut-



Tabel 5. Kandungan gula batang (% Brix)

Galur	Waktu Panen			Rataan
	Berbunga	<i>Soft dough</i>	<i>Hard dough</i>	
Patir 3.1	18,57 ± 0,47	15,23 ± 0,74	17,23 ± 0,74	17,01 ± 0,65
Patir 3.2	15,47 ± 2,57	14,57 ± 1,12	16,60 ± 0,56	15,54 ± 1,42
Patir 3.3	17,57 ± 1,54	15,80 ± 5,23	16,80 ± 1,15	16,72 ± 2,64
Patir 3.5	17,43 ± 2,33	18,70 ± 1,80	16,97 ± 2,27	17,70 ± 2,14
Patir 3.6	18,24 ± 1,77	16,80 ± 1,44	17,00 ± 1,37	17,34 ± 1,53
Patir 3.7	16,73 ± 0,55	16,90 ± 1,91	17,93 ± 0,30	17,19 ± 0,92
Rataan	17,33 ± 0,54	16,33 ± 2,04	17,09 ± 1,07	

Keterangan: Perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda tidak nyata ( $P > 0.05$ ).

turut 24,26% dan 25,26%. Terjadinya penurunan bobot batang pada fase *hard dough* berhubungan dengan fase pengisian biji pada tanaman sorgum. Pada fase pengisian biji terjadi translokasi asimilat ke bagian generatif (malai). Sesuai dengan Vanderlip (1993) yang menyatakan bahwa sekitar 10% dari bobot biji berasal dari pengurangan bobot batang. Penurunan proporsi daun dan batang pada fase generatif lanjut (*hard dough*) ini juga disebabkan terjadinya pergerakan senyawa nutrisi dari daun dan batang ke bagian biji (Gerik *et al.*, 2003; Vanderlip, 1993).

Berbeda dengan daun dan batang, malai justru menunjukkan hal sebaliknya. Proporsi malai meningkat seiring meningkatnya fase pertumbuhan tanaman. Proporsi malai terendah terdapat pada fase berbunga (43,50%), kemudian meningkat menjadi 43,91% pada fase *soft dough* dan proporsi tertinggi terdapat pada fase *hard dough* 51,63%. Fase *hard dough* menghasilkan proporsi malai paling tinggi, karena pada fase ini umur tanaman paling tua (125 hari) sehingga akumulasi bahan kering juga paling tinggi. Proporsi malai merupakan manifestasi dari berat biji, yang dipengaruhi oleh laju akumulasi bahan kering pada biji, lamanya fase akumulasi tersebut dipengaruhi oleh umur tanaman saat panen. Laju akumulasi bahan kering antar varietas sorgum tidak terlalu beragam (Vanderlip 1993; Rao *et al.*, 2004), sehingga jenis sorgum tidak mempengaruhi proporsi malai.

Proporsi malai pada penelitian ini lebih rendah dibanding Sriagtula *et al.* (2016) yaitu 60% pada fase *hard dough*. Hal ini disebabkan penanaman benih dan fase pertumbuhan awal sorgum terjadi pada musim kemarau (Gambar 1). Keterbatasan air akibat curah hujan yang rendah mengakibatkan pertumbuhan dan produksi tanaman lebih rendah. Hasil yang sama juga diperoleh Jabereldar *et al.* (2017) bahwa terjadi penurunan berat malai yang mendapat perlakuan stres air. Stres air adalah salah satu faktor lingkungan yang paling penting terhadap penurunan pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman (Moosavi *et al.*, 2011).

#### Kandungan Gula Batang

Rataan kadar gula batang sorgum (%Brix) dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada interaksi ( $P > 0.05$ ) antara jenis galur dan waktu panen terhadap kadar gula batang. Faktor tunggal jenis sorgum maupun waktu panen juga memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ( $P > 0.05$ ) terhadap kadar gula batang. Hasil penelitian ini berbeda dengan yang didapatkan Sriagtula *et al.* (2017) bahwa kandungann gula berkisar antara 10,67 – 16,7 %Brix. Pada penelitian ini, kadar gula batang terukur lebih tinggi dengan kisaran 14,57 %Brix - 18.57 %Brix. Hasil yang sama juga diperoleh oleh Pabendon *et al.* (2017) pada sorgum varietas Super-1 dan Super-2 kandungan brix gula lebih tinggi pada musim kering dibanding musim hujan dengan nilai

Tabel 6. Produksi segar dan produksi BK tebon sorgum (batang, daun, malai) (ton ha<sup>-1</sup>)

Galur	Waktu Panen			Rataan
	Berbunga	<i>Soft dough</i>	<i>Hard dough</i>	
Patir 3.1	14,03 ± 1,85	25,04 ± 3,60	17,01 ± 1,05	18,69 ± 1,31 <sup>A</sup>
Patir 3.2	15,14 ± 2,51	21,03 ± 5,20	13,02 ± 5,87	16,40 ± 1,78 <sup>AB</sup>
Patir 3.3	15,00 ± 3,24	17,43 ± 2,71	15,24 ± 4,14	15,89 ± 0,72 <sup>AB</sup>
Patir 3.5	15,19 ± 3,59	20,23 ± 0,84	15,87 ± 3,03	17,09 ± 1,46 <sup>AB</sup>
Patir 3.6	12,50 ± 2,03	18,32 ± 5,51	16,65 ± 6,23	15,82 ± 2,25 <sup>AB</sup>
Patir 3.7	12,50 ± 1,79	17,33 ± 3,54	12,49 ± 2,45	14,11 ± 0,89 <sup>B</sup>
Rataan	14,06 ± 0,76 <sup>B</sup>	19,89 ± 1,71 <sup>A</sup>	15,04 ± 2,01 <sup>B</sup>	
Produksi BK				
Patir 3.1	3,56 ± 0,51	6,21 ± 0,99	9,77 ± 1,12	6,52 ± 0,32 <sup>A</sup>
Patir 3.2	3,41 ± 0,43	5,46 ± 1,09	8,87 ± 1,37	5,91 ± 0,48 <sup>AB</sup>
Patir 3.3	3,81 ± 0,74	4,69 ± 0,17	8,50 ± 0,56	5,67 ± 0,29 <sup>AB</sup>
Patir 3.5	3,72 ± 0,58	5,58 ± 0,70	9,30 ± 1,12	6,20 ± 0,28 <sup>A</sup>
Patir 3.6	2,80 ± 0,90	4,99 ± 1,37	7,79 ± 0,48	5,19 ± 0,44 <sup>B</sup>
Patir 3.7	3,84 ± 0,58	5,20 ± 0,94	9,04 ± 1,52	6,02 ± 0,47 <sup>AB</sup>
Rataan	3,52 ± 0,17 <sup>C</sup>	5,35 ± 0,41 <sup>B</sup>	8,89 ± 0,42 <sup>A</sup>	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf besar pada baris dan kolom yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ).

berturut-turut 17-21 % Brix dan 13-15 % Brix. Hal ini disebabkan pengaruh iklim dan rendahnya kandungan air tanah akibat curah hujan yang rendah. Kekurangan air menyebabkan batang kekurangan cairan yang berdampak terhadap tingginya konsentrasi gula (sukrosa) pada batang sehingga kadar brix terukur lebih tinggi pada batang. Balole (2001) menyatakan akibat kondisi iklim panas dan kering, menyebabkan terjadi perbedaan kandungan air pada batang sehingga menghasilkan kualitas jus yang buruk. Sebaliknya, kandungan air yang tinggi pada batang cenderung mengencerkan konsentrasi sukrosa, penurunan nilai brix dan kemurnian jus. Selaras dengan pernyataan Tamang *et al.* (2011) bahwa faktor yang mempengaruhi kadar brix adalah konsumsi air melalui hujan atau pengairan selama penanaman.

#### Produksi Segar dan Produksi Bahan Kering

Produksi segar dan produksi bahan kering tebon sorgum (batang, daun dan malai) menunjukkan kemampuan tanaman

dalam menghasilkan biomasa sebagai bahan pakan. Tabel 6 menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara galur dan waktu panen terhadap produksi biomasa segar dan produksi bahan kering. Produksi biomasa segar tanaman sorgum mutan dipengaruhi oleh galur ( $P < 0.01$ ). Galur sorgum mutan non BMR menghasilkan produksi biomasa segar tertinggi, namun berbeda tidak nyata ( $P > 0.05$ ) dengan galur sorgum mutan BMR Patir 3.2, Patir 3.3, Patir 3.5 dan Patir 3.6. Sedangkan produksi biomasa terendah dihasilkan oleh galur sorgum mutan BMR Patir 3.7 yang disebabkan rendahnya pertumbuhan terutama pada diameter batang dan panjang daun. Hasil penelitian ini berbeda dengan Sriagtula *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa produksi biomasa galur sorgum mutan BMR Patir 3.7 paling tinggi dibanding galur sorgum mutan BMR lainnya.

Waktu panen juga mempengaruhi produksi biomasa segar tanaman sorgum mutan ( $P < 0.01$ ). Produksi biomasa segar tertinggi dihasilkan pada fase *soft dough* 19,89

ton ha<sup>-1</sup> dibandingkan dengan fase *hard dough* 15,04 ton ha<sup>-1</sup> dan fase berbunga 14,06 ton ha<sup>-1</sup>. Lebih rendah produksi biomasa segar pada fase *hard dough* disebabkan terjadi penurunan pertumbuhan tanaman yang terlihat pada parameter diameter batang, panjang daun, proporsi batang dan daun. Rataan produksi biomasa segar galur sorgum mutan ini berkisar 12,50 - 25,05 ton ha<sup>-1</sup>, nilai ini lebih rendah dari yang diperoleh Shoemaker *et al.* (2010) bahwa produksi biomasa sorgum manis adalah 20-50 ton ha<sup>-1</sup>. Lebih rendah produksi biomasa pada penelitian ini disebabkan rendahnya curah hujan saat penelitian, mengakibatkan rendahnya pertumbuhan tanaman yang dimanifestasikan dalam bentuk penurunan produksi biomasa. Jabereldar (2017) menyatakan stres kekeringan merupakan salah satu faktor lingkungan terpenting yang dapat menurunkan pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman.

Selain itu, lebih rendah produksi biomasa juga disebabkan kemasaman tanah. Pada penelitian ini, lahan yang digunakan merupakan tanah masam dengan pH 4,7. Ishak *et al.* (2012) menyatakan zona kesesuaian lahan untuk tanaman sorgum berada pada kelas satu (sangat sesuai) apabila pH tanah berkisar 5,5 – 8,5, kesesuaian lahan diperoleh dari hasil perbandingan tingkat kesesuaian lahan dan persyaratan tumbuh tanaman. pH yang masam (4,7) pada penelitian ini dapat mempengaruhi ketersediaan unsur hara terutama P dan N yang berperan dalam pertumbuhan dan produksi tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hardjowogeno (2003); Sopandie (2014) yang menyatakan bahwa pada pH masam sering terjadi kahat hara terutama unsur P, Ca, Mg, N dan K sehingga penyerapannya terhambat serta menjadi faktor pembatas terhadap pertumbuhan tanaman.

Selain itu, pada pH < 5,5 mikroorganisme tanah terutama bakteri tanah yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik tanah perkembangannya terhambat sehingga mempengaruhi ketersediaan hara dalam tanah. Sesuai dengan Hardjowigeno (2003) yang menyatakan pada pH kurang dari 5,5

perkembangan bakteri tanah sangat terhambat. Berbeda dengan Sopandie *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa tanaman sorgum tergolong moderat toleran terhadap tanah masam (4,0-4,3). Kriteria tanaman yang toleran terhadap pH masam antara lain mampu meningkatkan pH tanah di sekitar perakaran yang dapat mengatasi defisiensi unsur hara terutama P, sehingga lebih mampu mempertahankan pertumbuhan dibanding tanaman yang peka.

Walaupun produksi bahan kering terendah pada penelitian ini dihasilkan oleh galur sorgum mutan BMR Patir 3.6, namun secara umum, produksi bahan kering galur sorgum mutan non BMR dan galur sorgum mutan BMR tidak berbeda nyata. Sesuai dengan Miron *et al.* (2005); Kurniawan (2014) bahwa galur sorgum BMR menghasilkan produksi bahan kering yang tidak berbeda dengan sorgum non BMR. Produksi bahan kering juga dipengaruhi oleh waktu panen ( $P < 0.01$ ), fase *hard dough* menghasilkan produksi bahan kering tertinggi kemudian diikuti fase *soft dough* dan fase berbunga dengan nilai berturut-turut 8,89 ton ha<sup>-1</sup>, 5,35 ton ha<sup>-1</sup> dan 3,52 ton ha<sup>-1</sup>. Hal ini disebabkan meningkatnya kedewasaan tanaman akan meningkatkan produksi segar dan produksi bahan kering tanaman sorgum (Atis *et al.* 2012). Namun, berbeda dengan Miron *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa produksi bahan kering menurun dengan meningkatnya penuaan tanaman. Fase *hard dough* dan *soft dough* menghasilkan produksi segar lebih tinggi dibanding fase berbunga. Hal ini disebabkan semakin lama waktu panen maka semakin lama tanaman berfotosintesis sehingga semakin banyak akumulasi hasil fotosintesis dalam jaringan tanaman. Gardner *et al.* (2008) menyatakan bahwa makin lama terjadinya asimilasi, makin tinggi berat kering tanaman. Selain itu, fase *soft dough* dan *hard dough* merupakan fase pengisian biji sehingga bobot biji akan semakin bertambah dan secara umum akan meningkatkan bobot segar tanaman (*Pacific seeds yearbook* 2009; Vanderlip, 1993).

Rataan produksi bahan kering pada

penelitian ini berkisar 2,8 ton ha<sup>-1</sup> - 9.77 ton ha<sup>-1</sup>, lebih rendah dari Sriagtula *et al.* (2016) yaitu 5,97 ton ha<sup>-1</sup> - 16,74 ton ha<sup>-1</sup>, namun hampir sama dengan Kurniawan (2014) yaitu 8,19 ton ha<sup>-1</sup> - 7,87 ton ha<sup>-1</sup> yang melakukan penanaman galur sorgum mutan BMR Patir 3.2 dan Patir 3.5 pada lahan masan dengan pH 4.5 pada tanah sedimentasi ultisol. Lebih rendah produksi bahan kering pada penelitian ini disebabkan tanaman mengalami stres air akibat curah hujan yang rendah pada saat penelitian (Gambar 1A). Cekaman kekeringan akan menyebabkan terjadinya penurunan produksi tanaman lebih dari 50% (Boyer, 1982).

### KESIMPULAN

Pertumbuhan tanaman galur sorgum mutan BMR hampir sama dengan galur sorgum mutan non BMR, terutama pada tinggi tanaman, diameter batang, lebar daun, proporsi daun:batang:malai, kandungan gula batang, produksi segar dan produksi bahan kering. Waktu panen *hard dough* menghasilkan pertumbuhan tertinggi terutama untuk tinggi tanaman, proporsi malai dan produksi BK.

Pertumbuhan dan produksi biomasa (tinggi tanaman, diameter batang, produksi biomasa segar dan produksi bahan kering) galur sorgum mutan BMR yang ditanam pada musim kemarau lebih rendah dibanding pada musim hujan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Yth. Bapak Dr. Ir. Supriyanto atas bantuan benih materi penelitian dan arahan selama penulis melakukan penelitian di lapangan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Atis, I., O.Konuskan., M. Duru., H.Gozubenli and S. Yilmaz. 2012. Effect of harvesting time on yield, position and forage quality of some forage sorghum cultivars. *Int. J. Agric. Biol.*, 14: 879-886.
- Ayub, M., M.A.Nadeem., A. Tanveer and A. Husnain. 2002. Effect of different levels of nitrogen and harvesting times on the growth, yield and quality of sorghum fodder. *Asian Journal of Plant Science*. Vol 1 No 4: 304-307.
- Ball, D.M., M. Collins., G.D. Lacefield., N.P. Martin., D.A. Mertens., K.E. Olson., D.H. Putnam., D.J. Undersander and M.W. Wolf. 2001. Understanding Forage Quality. American Farm Bureau Federation Publication 1 -01, Park Ridge, IL.
- Balole, T. V. 2001. Strategies to improve yield and quality of sweet sorghum as a cash crop for small scale farmers in Bostwana. Phd Thesis, Dept. Of plant production and soil science, University of Pretoria, p.128
- Beck, P.A., S.Hutchison., S.A. Gunter., T.C. Losi., C.B. Stewart., P.K. Capps and J.M. Phillips. 2007. Chemical composition and in situ dry matter and fiber disappearance of sorghum × Sudangrass hybrids. *J. Anim. Sci.* 85:545-555.
- Boyer, J.S. 1982. Plant protective and environment. *Science* 218:443-448.
- Carmi A, Y. Aharon., M. Edelstein., N. Umiel., A. Hagiladi., E. Yosef., M. Nikbacha., A. Zenou and J. Miron. 2006. Effects of irrigation and plant density on yield, composition and *in vitro* digestibility of a new forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. *Animal Feed Science and Technology*. 131 : 120-132.
- Da Silva, A.L.C and W.A.J.M. Da Costa. 2004. Varietal variation in growth, physiology and yield of sugarcane under two contrasting water regimes. *Trop. Agri. Res.* 16:1-12.
- Fracasso, A., L.M. Trindade and S. Amaducci. 2016. Drought stress tolerance

- strategies revealed by RNA-Seq in two sorghum genotypes with contrasting WUE. *BMC Plant Biology* 16:115.
- Gardner, F.P, R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 2008. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Terjemahan. UI Press, Jakarta.
- Gerik, T., B. Bean and R. Vanderlip. 2003. *Sorghum Growth and Development*. Texas Cooperative Extension Service.
- Goenadi. 2003. Konservasi lahan terpadu daerah rawan bencana longsor di kabupaten kulonprogo daerah istimewa yogyakarta. Laporan Penelitian. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Penerbit Akademia Presindo, Jakarta.
- Hoeman, S. 1998. Pemuliaan mutasi pada sorghum (*Sorghum bicolor* L.) untuk perbaikan tanaman sebagai pakan ternak ruminansia. Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi. BATAN.
- Human, S and Sihono. 2010. Sorghum breeding for improved drought tolerance using induced mutation with gamma irradiation. *J. Agron. Indonesia* 38:95-99.
- Human, S. 2011. Riset dan pengembangan sorgum dan gandum untuk ketahanan pangan. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Jakarta Selatan.
- Ishak, M., Sudirja, R and Ismail, A. 2012. Zonasi kesesuaian lahan untuk pengembangan tanaman sorgum (*Sorghum bicolour* (L) Moench) di Kabupaten Sumedang berdasar analisis geologi, penggunaan lahan, iklim dan topografi. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik* . Vol. 14, No. 3, November : 173 – 183.
- Li, Y., P. Mao., W. Zhang., X. Wang., Y. You., H. Zhao., L. Zhai and G. Liu. 2015. Dynamic expression of the nutritive values in forage sorghum populations associated with white, green and brown midrid genotypes. *Field Crops Research*. 184 (2015) 112–122.
- Ouda, J.O., G.K. Njehia., A.R. Moss., H.M. Omed. and I.V. Nsahlai. 2005. The nutritive value of forage sorghum genotypes developed for the dry tropical highlands of Kenya as feed source for ruminants. *South African Journal of Animal Science*. 35 (1).
- Pabendon, M.B., R. Efendi., S.B. Santoso and B. Prastowo. 2017. Varieties of sweet sorghum Super-1 and Super-2 and its equipment for bioethanol in Indonesia. International Conference on Biomass: Technology, Application, and Sustainable Development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 65:012054
- Pacific seeds yearbook*. 2009. Grain Sorghum Agronomy Guide 2008/2009. <http://cairo.directrouter.com> (Diakses 2015).
- Ishak. 2012. Agronomic traits, heritability and G x E interaction of upland rice (*Oryza sativa* L.) mutant lines. *J. Agron. Indonesia* 40:105-111.
- Jabereldar, AA., A.M. El Naim., A. A. Abdalla and Y. M. Dagash. 2017. Effect of Water Stress on Yield and Water Use Efficiency of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in Semi-Arid Environment. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 7(1): 1-6
- Kurniawan, W. 2014. Potensi sorgum numbu, CTY-33, dan *bmr* sebagai pakan pada beberapa level pupuk kandang di tanah sedimentasi ultisol. Tesis Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mastrorilli, M., N. Katerji and G. Rana. 1999. Productivity and water use efficiency of sweet sorghum as affected by soil water deficit occurring at different vegetative growth stages. *Eur. J. Agron.* 11:207–215.
- Miron. J., E. Zuckerman., D. Sadeh., G. Adin., M. Nikbachat., E. Yosef., D.

- Ben-Ghedali., A. Carmi., T. Kipnis and R. Solomon. 2005. Yield, composition and *in vitro* digestibility of new forage sorghum varieties and their ensilage characteristics. *Anim. Feed Sci. Tech*,120: 17–32.
- Miron, J., R. Solomon., G. Adin., U. Ni., M. Nikbacha., E. Yosef., A. Carmi., Z.G. Weinberg., T. Kipnis., E. Zuckerman and D. Ben-Ghedalia. 2006. Effects of harvest stage and re-growth on yield, composition, ensilage and *in vitro* digestibility of new forage sorghum varieties. *J.Sci. Food Agric.* 86: 140–147.
- Moosavi, S. G., M.J. Seghatoleslami., H. Javadi and E. Ansari-nia. 2011. Effect of irrigation intervals and planting patterns on yield and qualitative traits of forage Sorghum. *Advances in Environmental Biology*, 5(10):3363-3368.
- Mulyani, A dan M. Syarwani. 2013. Karakteristik dan potensi lahan sub-optimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Lahan Sub-optimal “Intensifikasi Pengelolaan Lahan Sub-optimal dalam Rangka Mendukung Kemandirian Pangan Nasional”, Palembang 20-21 September 2013. ISBN 979-587-501-9.
- Murray, S.C., A. Sharma., W.L. Rooney., P.E. Klein., J.E. Mullet., S.E. Mitchell and S. Kresovich. 2008. Genetic improvement of sorghum as a biofuel feedstock I: Quantitative loci for stem sugar and grain nonstructural carbohydrates. *Crop Sci.* 48:2165–2179.
- Pedersen, J.F and J.O. Fritz. 2000. Forages and Fodder. In: *Sorghum: origin, history, technology, and production.* Smith CW, Frederiksen RA. <http://books.google.fr/books?id=b7vxU44v794C> (Diakses 2014)
- Qu, H., X.B. Liu., C.F. Dong., X.Y. Lu and Y.X. Shen. 2014. Field performance and nutritive value of sweet sorghum in eastern China. *Field Crops Research.* 157 : 84–88.
- Rahayu, M., Samanhudi dan Wartoyo. 2012. Uji adaptasi beberapa varietas sorgum manis di lahan kering wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 27 (1), 1-10.
- Rao, S.S., N. Seetharama., K. Kumar., R.L. Vanderlip. 2004. Characterization of sorghum growth stages. National Research Center for Sorghum. Rajendragar Hyderabad India (Describes Growth Stages and Management Guide at each Stages of Sorghum Development).
- Suaydhi. 2016. Karakteristik awal dan panjang musim di Indonesia. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXX HFI Jateng & DIY, Salatiga 28 Mei 2016.
- Shoemaker, C.E and D.I. Bransby. 2010. Chapter 9: the role of sorghum as a bioenergy feedstock *in* Braun R, Karlen D, Johnson D. (Eds.) *Proceedings of the Sustainable Feedstocks for Advance Biofuels Workshop: Sustainable alternative fuel feedstock opportunities, challenges, and roadmaps for six U.S. regions.* Atlanta. Pp 149-160.
- Sobrizal. 2007. Rice mutation on candidate of restorer mutant lines. *J. Agron. Indonesia* 35:75-80.
- Sopandie, D., Trikoesoemaningtyas dan Ardie, S.W. 2012. Pengembangan sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) toleran defisiensi fosfor di lahan kering bertanah masam: fisiologi, genetika molekuler dan pemuliaan. Laporan Tahun I Hibah Penelitian Pascasarjana. LPPM-IPB.
- Sopandie, D. 2014. Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika. IPB Press, Bogor.
- Sriagtula, R., P. D. M. H. Karti., L. Abdullah., Supriyanto and D. A.. Astuti. 2016. Growth, biomass and nutrient

- production of brown midrib sorghum mutant lines at different harvest times. *Pak. J. Nutr.* 15: 524-531. <https://doi.org/10.3923/pjn.2016.524.531>
- Sriagtula R., P. D. M. H. Karti., L. Abdullah., Supriyanto and D. A. Astuti. 2017. Nutrient changes and *in Vitro* digestibility in generative stage of M10-BMR sorghum mutant lines. *Media Peternakan*, August 2017, 40(2):111-117
- Supriyanto. 2010. Pengembangan sorgum di lahan kering untuk memenuhi kebutuhan pangan, pakan, energi dan industri. Makalah Simposium Nasional 2010 : Menuju Purworejo Dinamis dan Kreatif. <http://dppm.uir.ac.id> (Diakses 2014)
- Supriyanto. 2014. Development of promising sorghum mutant lines for improved fodder yield and quality under different soil types, water availability and agroecological zones. Integrated Utilization of Cereal Mutant Varieties in Crop/Livestock Systems for Climate Smart agriculture (D2.30.30) and Workshop on Application of Nuclear Techniques for Increased Agricultural Production, 18-21 Agustus 2014, SEAMEO-BIOTROP, Bogor.
- Surya, M.I dan S. Hoeman. 2006. Pengaruh irradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan sorgum manis (*Sorghum bicolor* L.). Risalah Seminar Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, p 206-215.
- Steel, R.G.D dan J.H. Torrie. 1997. *Prinsip dan Prosedur Statistika: Suatu Pendekatan Biometrik*. Edisi II. Terjemahan : B. Sumantri PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- Tamang, P.L., K.F. Bronson., A. Malapati and R. Schwartz., J. Johnson., J. Moore-Kucera. 2011. Nitrogen requirements for ethanol production from sweet and photoperiod sensitive sorghums in the southern high plains. *Agronomy Journal*, 103 : 431 -440.
- Vanderlip, R.L. 1993. How a Sorghum Plant Develops. Kansas State University. <http://www.ksre.ksu.edu> (Diakses 2014).
- Xie, T., P. Sue., L. Shan and J. Mao. 2012. Yield, quality and irrigation water use efficiency of sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (Linn.) Moench] under different land types in arid regions. *AJCS*. 6(1):10-16.