

MANDIRI

**LAPORAN
PENELITIAN DASAR
UNIVERSITAS LAMPUNG**



**STUDI “GRAIN FILLING PERIOD” DAN DISTRIBUSI BAHAN
KERING PADA RATOON SORGUM BIJI (*GRAIN SORGHUM*)
DAN SORGUM MANIS (*SWEET SORGHUM*)**

TIM PENELITI

Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.

Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc.

Dr. Ir. Erwin Yuliadi, M.Sc.

Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.

**PROGRAM STUDI AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian	: Studi Periode Pengisian Biji Dan Translokasi Bahan Kering Pada Ratoon Sorgum Biji (Grain Sorghum) Dan Bioethanol (Sweet Sorghum)
kode/ Nama Rumpun Ilmu	: 154/Budidaya pertanian dan Perkebunan
Bidang Unggulan PT Topik Unggulan	: Penelitian Terapan
Ketua Peneliti Narna Lengkap	: Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.
a. NIDN	: 0013066104
b. Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
c. Program Studi	: Agronomi dan Hortikultura
d. Nomor HP	:
e. Alamat (e-mail)	: msyamshadi@yahoo.co.id
Anggota Peneliti (1)	: Prof Dr. Ir. Kukul Setiawan. M.Sc.
a. NIDN	: 0018026102
b. Program Studi	: Agronomi dan Hortikultura
Anggota Peneliti (2)	: Prof Dr. Ir. M. Kamal. M.Sc.
a. NIDN	: 0001016103
b. Program Studi	: Agronomi dan Hortikultura

Bandar Lampung, 10 November 2021

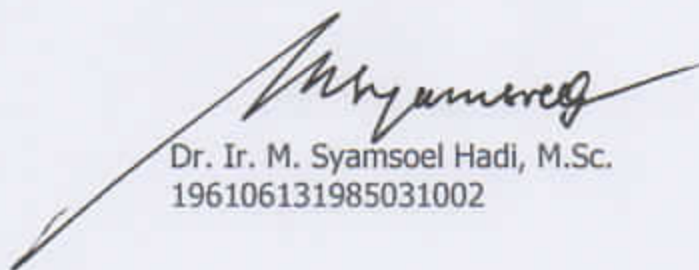
Mengetahui

Sekretaris Jurusan Agronomi dan Hortikultura

Ketua Tim



Dr. Hidayat Pujiswanto, S.P, M.P.
197512172005011004



Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.
196106131985031002

Menyetujui



RINGKASAN

Periode pengisian biji pada sorgum sudah banyak diteliti dan diinformasikan namun perbedaan periode pengisian biji untuk sorgum etanol, pakan, dan biji masih sangat jarang diteliti. Oleh karena itu tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi perbedaan periode pengisian biji pada enam genotipe sorgum hingga ratoon dan menganalisis hubungan pengaruh langsung periode pengisian biji dengan komponen fotosintesis. Penelitian akan dilaksanakan di dua lokasi yaitu Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian Unila dan Laboratorium Agronomi Fakultas Pertanian Unila. Penelitian ini dilaksanakan mulai Maret 2021 sampai dengan akhir September 2021. Bahan penelitian yang akan digunakan adalah enam varietas sorgum yang terdiri dari sorgum biji (Kawali dan Pahat), sorgum bioetanol (Super 2 dan Numbu), dan sorgum bioetanol, pakan, dan biji hasil seleksi Hadi (2020), yaitu UPCA dan Super 1. Selanjutnya, pupuk yang digunakan adalah makro (Urea, TSP, KCl), pupuk lengkap mikro cair dan pestisida. Alat-alat utama yang dibutuhkan meliputi cangkul, koret, meteran, pengukur proses fotosintesis, Li-Cor 6400 Portable Photosynthesis System. Awal pengisian biji atau polinasi dihitung berdasarkan 50% jumlah tanaman per petak sudah mengeluarkan malai atau satu minggu dari awal munculnya malai. Perhitungan minggu setelah polinasi (MSP) berdasarkan pengeluaran malai dari separuh populasi per petak. Variabel pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering daun, bobot kering batang, bobot kering biji, jumlah biji per dompolan, bobot biji per dompolan yang diamati pada 2, 3, 4, 6, 8, dan 10 MSP. Data diolah dengan menggunakan sidik ragam jika sudah memenuhi asumsi bahwa homogenitas ragam (uji Bartlett) dan sifat data aditif (uji Tukey). Jika ada variasi pada nilai F maka dilanjutkan menghitung perbedaan nilai rata-rata perlakuan (klon) dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%

BAB I. PENDAHULUAN

Sorghum (Sorghum bicolor [L.] Moench) merupakan salah satu jenis rumputan yang tergolong C4. Tanaman ini mengakumulasi gula terlarut dengan konsentrasi tinggi (10–15%) dalam nira batang tanaman. Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik di berbagai daerah baik tropika, sub tropis, ataupun semi-arid. Berbagai manfaat dapat diambil dari tanaman ini baik dari biji, batang, daun maupun niranya. Dengan demikian tanaman ini dapat menjadi andalan alternatif untuk penyediaan bahan pangan, pakan ternak, ataupun sebagai penghasil bioetanol.

Sorgum merupakan tanaman serealia yang sebetulnya cukup potensial untuk dikembangkan sebagai penyedia karbohidrat. Hampir seluruh bagian tanaman sorgum dapat dimanfaatkan, mulai dari akar, batang, daun, sampai dengan bijinya. Bahkan, untuk beberapa daerah yang mempunyai wilayah kering cukup luas, sorgum menjadi makanan pokok yang bahkan dianggap lebih baik daripada jagung, seperti yang ditemui di Afrika Selatan (Plessis, 2008).

Di Indonesia, pertanaman sorgum baru mencapai sekitar 8.000 ha yang tersebar di beberapa daerah (Supriyanto, 2010), jauh di bawah negara-negara lain seperti Amerika Serikat, India,

Australia, dan China yang luas pertanamannya telah mencapai di atas 2 juta ha. Menurut Sirappa (2003), masalah utama pengembangan sorgum adalah nilai keunggulan komparatif dan kompetitif sorgum yang rendah, penanganan pascapanen yang masih sulit, dan usahatani sorgum di tingkat petani belum intensif. Karena berbagai kendala dan persepsi masyarakat ini, membuat sorgum kurang mendapat perhatian serius untuk dikembangkan.

Dibandingkan dengan tanaman biji-bijian lain seperti jagung, padi, gandum, dan barley, sorgum membutuhkan air paling sedikit untuk menghasilkan 1 kg bahan kering. Ini berarti bahwa sorgum merupakan komoditas yang paling sesuai digunakan untuk meningkatkan produktivitas lahan kering.

Tanaman sorgum dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan pangan, pakan, dan industri. Adanya kandungan tanin yang cukup tinggi (0,40 – 3,60%) pada biji sorgum menjadi masalah utama dalam penggunaan biji sorgum sebagai bahan pangan. Hasil penelitian Suarni (2004) menunjukkan bahwa tepung sorgum dapat digunakan sebagai bahan substitusi terigu 50 sampai 80%. Sedangkan menurut Beti *et al.* (1990) dan ICRISAT (1994) dalam Sirappa (2003), sorgum dapat mengganti seluruh jagung dalam ransum pakan ayam, itik, kambing, babi, dan sapi tanpa menimbulkan efek samping.

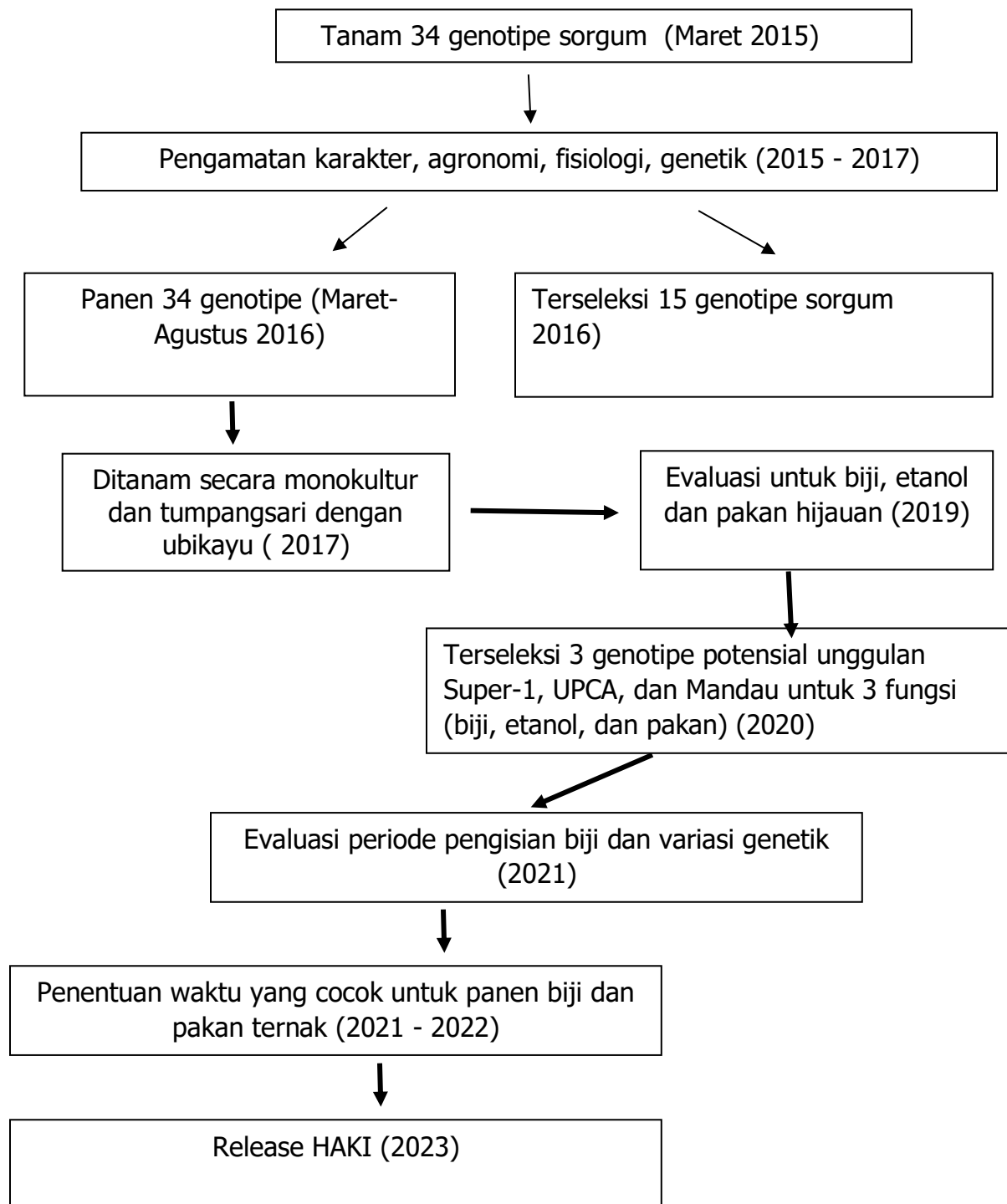
Ghani *et al.* (2015) menyatakan bahwa kemampuan sorgum untuk menghasilkan produksi biji yang tinggi bervariasi antarvarietas. Hasil sorgum tertinggi yang pernah tercatat adalah 20,1 ton/ha dalam kondisi optimum (Boyer, 1982). Banyak penelitian di Amerika Serikat melaporkan hasil di atas 8 ton/ha untuk sorgum dengan sepenuhnya diirigasi. Hasil rata-rata untuk sorgum lahan kering adalah sekitar setengah dari sorgum yang beririgasi (Assefa dan Staggenborg, 2010). Ibrahim *et al.* (2013) menyatakan bahwa tanaman sorgum menunjukkan kemampuan untuk mentolerir dan bertahan dalam kondisi stress kekeringan berkelanjutan atau terputus. Namun demikian, stress kekeringan juga dapat menurunkan hasil. Stress air selain mempengaruhi laju fotosintesis juga akan berakibat pada penurunan kadar pati (*starch*). Hasil penelitian Yi *et al.* (2014) menunjukkan bahwa stress kekeringan selama fase pembungaan menurunkan aktivitas enzim *starch synthase*, sehingga menurunkan laju akumulasi pati di biji. Pola serupa juga ditemui pada laju akumulasi komponen pati, yaitu amilosa dan amilopektin.

Karakter pati sorgum dapat berbeda tergantung dari tipe sorgum. Ahmed *et al.* (2016) menyatakan bahwa pati yang berasal dari sorgum manis (*sweet sorghum*) biasanya mempunyai butiran (*granule*) lebih besar daripada sorgum biji (*grain sorghum*). Sedangkan kadar amilosa

pada sorgum manis lebih rendah daripada sorgum biji. Masa pengisian biji sorghum dimulai ketika pembentukan bunga sorgum sudah lengkap. Biasanya masa pengisian biji merentang dari 30 sampai 45 hari sampai kadar pati biji mencapai maksimum. Yang *et al.* (2010) dalam Roozeboom dan Prasad (2016) mengidentifikasi tiga fase berbeda dari pengisian biji-bijian berdasarkan laju perubahan kadar air biji, volume, dan berat kering. Ketiga parameter tersebut meningkat dengan cepat selama fase pertama, dan tingkat peningkatan volume pada individu biji dan kadar air mencapai maksimum. Selama fase kedua, bahan kering terakumulasi pada laju maksimumnya, volume meningkat dengan sedikit pengurangan laju dibandingkan dengan fase satu, dan kadar air cukup konstan. Bahan kering akumulasi terus berlanjut, tetapi pada tingkat yang lebih lambat, sementara volume menjadi stabil, dan kadar air menurun selama fase ketiga. Akhir dari fase ketiga didefinisikan sebagai titik ketika akumulasi bahan kering berhenti dan berhubungan dengan masak fisiologis. Pada kondisi ini kadar dan volume air biji menurun hingga saat panen yang ditunjukkan oleh kestabilan kadar air (tidak ada penurunan). Penurunan kadar air biji sangat bervariasi terutama saat periode pengisian biji dan hal ini tergantung juga pada genotipe.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan lama periode atau pengisian biji pada enam genotipe sorgum pada ratoon dan mengevaluasi laju fotosintesis ke enam genotipe sorgum yang berhubungan dengan periode pengisian biji.

BAB II. ROADMAP RESEARCH



Gambar 1: Skema singkat *Road map* program pemuliaan untuk enam genotipe sorgum (2021)

BAB III. TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Tinjauan Ekofisiologis untuk pengembangan Tanaman sorgum

Secara umum lahan kering seringkali diidentikkan dengan ketertinggalan atau kemiskinan. Faktor pembatas di lahan kering adalah masalah ketersediaan air yang semata-mata mengandalkan curah hujan. Keberadaan lahan kering yang masih sangat luas (lebih dari 10 juta ha) (Mulyani dan Las, 2008) sebetulnya adalah merupakan suatu potensi yang sangat besar untuk dikembangkan sebagai penyedia pangan dan energi. Secara khusus, di Lampung, berdasarkan BPS (2011) terdapat 829.009 ha lahan kering yang 7,27% (60.294 ha) diantaranya tidak diusahakan. Pemanfaatan lahan marjinal yang sebetulnya cukup luas, masih sangat dimungkinkan dengan pengelolaan yang baik. Pengusahaan tanaman tahan kekeringan dapat menjadi salah satu solusi untuk peningkatan produktivitas lahan kering.

Tidak seperti halnya daerah sub-tropis, di daerah tropis seperti Indonesia, hampir tidak pernah terjadi masalah kekurangan energi matahari. Di Indonesia, masalah yang mungkin terjadi justru terjadinya musim kering saat air cenderung terbatas. Dengan memperhatikan sifat tanaman sorgum yang relatif tahan kering dan membutuhkan cahaya matahari tinggi, maka tanaman sorgum sangat potensial dikembangkan di lahan kering di Indonesia tanpa harus mengorbankan kepentingan untuk pengembangan tanaman pangan lainnya. Atau dengan kata lain, tanaman sorgum memiliki sedikit benturan kepentingan dengan tanaman lain.

3.2. Fotosintesis

Peningkatan permintaan untuk bahan pangan utama telah banyak diakui melampaui peningkatan hasil. Meningkatnya kesenjangan ini menunjukkan potensi kekurangan pangan yang besar di pertengahan abad nanti. Ini akan terjadi saat peningkatan hasil melambat atau stagnan pertanda pendekatan Revolusi Hijau mencapai batas biologis. Fotosintesis adalah merupakan kunci untuk meningkatkan potensi hasil berdasarkan sifat genetis pada tanaman-tanaman pangan utama. Dengan demikian, saat ini diperlukan percepatan pemahaman kita tentang proses fotosintesis pada tanaman dalam rangka pengembangan tanaman tertentu berbasis efisiensi fotosintesis.

Sorgum adalah tanaman C₄, dengan demikian tanaman ini mempunyai sistem fotosintesis yang lebih efisien dibanding spesies tanaman C₃. Dalam keadaan penyinaran matahari penuh dan tanpa kondisi stress, laju fotosintesis sekitar 177 mg CO₂ (g.bobot kering.jam)⁻¹ berdasarkan bobot

kering daun. Penurunan ketersediaan oksigen tidak menurunkan laju fotosintesis, selain itu sejauh ini juga tidak terdapat pengaruh langsung peningkatan CO₂ terhadap laju fotosintesis (Assefa *et al.*, 2014).

Secara garis besar, fotosintesis terbagi menjadi dua, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap yang keduanya saling berkaitan. Long *et al.* (2015) menyatakan bahwa dalam fotosintesis, reaksi gelap mempunyai suatu keterbatasan. Pada kondisi jenuh cahaya, secara *in vivo* proses fotosintesis juga dibatasi oleh kapasitas molekul *acceptor* RuBP (*ribulose-1:5 bisphosphate*) untuk proses karboksilasi dan kapasitasnya untuk melakukan regenerasi.

Pada tanaman C₃, kapasitas karboksilasi ditentukan oleh aktivitas sebuah enzim tunggal yang disebut Rubisco (*RubP carboxylase/oxgenase*). Rubisco umumnya merupakan 50% dari protein terlarut di dalam daun, dan enzim ini adalah merupakan protein yang terbanyak di permukaan bumi. Rubisco dapat mengkatalis baik karboksilasi maupun oksigenasi RuBP. Ketika RuBP dioksidasi, kemudian sebuah senyawa 2-C, *phosphoglycolate*, terbentuk. Tanaman memetabolisme produk ini melalui suatu jalur kompleks yang melibatkan *peroxisomes* dan *mitochondria* untuk menghasilkan kembali PGA (*phospho-glycerate*). PGA adalah merupakan intermediate C₃ dalam siklus Kalvin, tetapi diproduksi disini dengan kompensasi hilangnya sebuah molekul CO₂ dan penggunaan sejumlah kapasitas reduksi dan fosforilasi yang diakibatkan oleh reaksi terang. Proses konsumsi oksigen dan pelepasan CO₂ ini disebut fotorespirasi. Fotorespirasi sangat menurunkan efisiensi fotosintesis, yang meningkat dengan meningkatnya suhu. Kehilangan efisiensi fotosintesis akibat fotorespirasi dapat mencapai 30% (di daerah yang beriklim dingin) sampai 50% (di daerah yang beriklim panas), hal ini disebabkan oleh menurunnya spesifitas Rubisco terhadap CO₂ menurun dengan meningkatnya suhu (Long *et al.*, 2015). Ini berarti pada tanaman C₃ yang ditanam di daerah beriklim tropis seperti di Indonesia akan mengalami penurunan efisiensi fotosintesis yang nyata.

Pada tanaman C₄ seperti jagung, sorgum, tebu, dan bayam, Rubisco terisolasi di dalam suatu seludang pembuluh (*bundle sheath*) yang mengelilingi tulang daun. Pada tanaman-tanaman ini, karbondioksida pertama kali diikat dalam proses karboksilasi oleh PEP (*phosphoenolpyruvate*) untuk membentuk sebuah C₄ dikarboksilat di sebuah jaringan luar fotosintesis (mesofil) dan selanjutnya ditransfer menuju jaringan dalam yang dikelilinginya, yaitu seludang pembuluh. Di jaringan seludang pembuluh terjadi proses dekarboksilasi, yang melepaskan *pyruvate* dan

kemudian selanjutnya didaur ulang kembali ke jaringan luar, tempat senyawa ini mengalami fosforilasi ke PEP untuk melengkapi siklus.

Pada intinya, siklus C4 ini berfungsi sebagai mekanisme pengumpulan CO₂ yang digerakkan energi cahaya, yang sebagian besar menghilangkan fotorespirasi (Sage *et al.*, 2012). Energi tambahan yang diperlukan oleh siklus C4 adalah, dalam sebagian besar keadaan, lebih kecil dari yang akan hilang dalam metabolisme fotorespirasi (Long dan Spence, 2013). Tanaman C4 umumnya memiliki laju fotosintesis yang lebih tinggi dan termasuk tanaman yang paling produktif dari tanaman yang selama ini dikenal (DeLucia *et al.*, 2014). Memang, salah satu pendekatan untuk meningkatkan efisiensi fotosintesis pada tanaman C3 seperti gandum dan padi adalah dengan mengkonversikannya menjadi tanaman C4. Sebuah upaya besar sedang dilakukan untuk mencapai hal ini adalah pada tanaman padi. Namun, hal ini memerlukan banyak perubahan di kedua anatomi dan ekspresi enzim siklus Calvin, selain juga memasukkan dan mengekspresikan gen fotosintesis C4 (von Caemmerer *et al.*, 2012). Sehubungan dengan upaya memaksimalkan fotosintesis, teknik budidaya di lapang juga dapat dioptimalkan sesuai spesifik lokasi, misal pengaturan jarak tanam atau pengaturan populasi tanaman. Karakter fotosintesis dari daun tanaman yang sedang berkembang dalam kondisi lingkungan *artificial* adalah, sampai batas tertentu, secara sistematis diatur oleh daun dewasa. Namun demikian, pengaturan itu juga berlaku dalam kondisi lapang masih belum jelas. Tao *et al.* (2015) membuktikan bahwa penanaman sorgum dengan jarak rapat mengakibatkan terjadinya penurunan intensitas cahaya di kanopi bagian bawah karena pengurangan intensitas oleh daun-daun di atasnya. Tanaman sorgum yang ditanam dengan kerapatan tinggi mempunyai laju fotosintesis, konduktansi stomata, dan laju transpirasi yang lebih rendah dibanding ketika tanaman ditanam dengan kerapatan rendah. Lebih dari itu, jika tidak terjadi defisiensi mineral, penanaman rapat sedikit meningkatkan konsentrasi nitrogen daun.

Penurunan fotosintesis daun-daun di bagian bawah kanopi dengan kerapatan tinggi terutama disebabkan oleh cahaya rendah. Namun demikian pada kerapatan tanaman yang tinggi, daun-daun baru yang telah berkembang di bagian atas kanopi yang terekspos terhadap cahaya menunjukkan penurunan fotosintesis yang nyata dibanding pada tanaman yang ditanam dengan kerapatan rendah. Berdasarkan hasil ini, fungsi fotosintesis daun-daun baru yang telah berkembang (*newly developed leaves*) di bagian atas kanopi ternyata tidak sepenuhnya ditentukan oleh kondisi cahaya yang tinggi di lingkungannya. Ini berarti bahwa untuk tanaman sorgum yang

ditanam di lapang, daun-daun di bagian bawah kanopi dapat secara sistemik mengatur fungsi fotosintesis dari daun-daun yang baru berkembang di bagian atas kanopi, dan kandungan nitrogen daun mungkin bukan faktor kunci dalam pengaturan fungsi fotosintesis.

3.3. Sorgum sebagai penyedia bahan pangan

Sorgum merupakan tanaman serealia yang sebetulnya cukup potensial untuk dikembangkan sebagai penyedia karbohidrat. Hampir seluruh bagian tanaman sorgum dapat dimanfaatkan, mulai dari akar, batang, daun, sampai dengan bijinya. Bahkan, untuk beberapa daerah yang mempunyai wilayah kering cukup luas, sorgum menjadi makanan pokok yang bahkan dianggap lebih baik daripada jagung, seperti yang ditemui di Afrika Selatan (Plessis, 2008).

Di Indonesia, pertanaman sorgum baru mencapai sekitar 8.000 ha yang tersebar di beberapa daerah (Supriyanto, 2010), jauh di bawah negara-negara lain seperti Amerika Serikat, India, Australia, dan China yang luas pertanamannya telah mencapai di atas 2 juta ha. Menurut Sirappa (2003), masalah utama pengembangan sorgum adalah nilai keunggulan komparatif dan kompetitif sorgum yang rendah, penanganan pascapanen yang masih sulit, dan usahatani sorgum di tingkat petani belum intensif. Karena berbagai kendala dan persepsi masyarakat ini, membuat sorgum kurang mendapat perhatian serius untuk dikembangkan.

Dibandingkan dengan tanaman biji-bijian lain seperti jagung, padi, gandum, dan barley, sorgum membutuhkan air paling sedikit untuk menghasilkan 1 kg bahan kering. Ini berarti bahwa sorgum merupakan komoditas yang paling sesuai digunakan untuk meningkatkan produktivitas lahan kering.

Tanaman sorgum dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan pangan, pakan, dan industri. Adanya kandungan tanin yang cukup tinggi (0,40 – 3,60%) pada biji sorgum menjadi masalah utama dalam penggunaan biji sorgum sebagai bahan pangan. Hasil penelitian Suarni (2004) menunjukkan bahwa tepung sorgum dapat digunakan sebagai bahan substitusi terigu 50 sampai 80%. Sedangkan menurut Beti *et al.* (1990) dan ICRISAT (1994) dalam Sirappa (2003), sorgum dapat mengganti seluruh jagung dalam ransum pakan ayam, itik, kambing, babi, dan sapi tanpa menimbulkan efek samping.

Ghani *et al.* (2015) menyatakan bahwa kemampuan sorgum untuk menghasilkan produksi biji yang tinggi bervariasi antarvarietas. Hasil sorgum tertinggi yang pernah tercatat adalah 20,1 ton/ha dalam kondisi optimum (Boyer, 1982). Banyak penelitian di Amerika Serikat melaporkan hasil di atas 8 ton/ha untuk sorgum dengan sepenuhnya diirigasi. Hasil rata-rata untuk sorgum

lahan kering adalah sekitar setengah dari sorgum yang beririgasi (Assefa dan Staggenborg, 2010). Ibrahim *et al.* (2013) menyatakan bahwa tanaman sorgum menunjukkan kemampuan untuk mentolerir dan bertahan dalam kondisi stress kekeringan berkelanjutan atau terputus. Namun demikian, stress kekeringan juga dapat menurunkan hasil. Stress air selain mempengaruhi laju fotosintesis juga akan berakibat pada penurunan kadar pati (*starch*). Hasil penelitian Yi *et al.* (2014) menunjukkan bahwa stress kekeringan selama fase pembungaan menurunkan aktivitas enzim *starch synthase*, sehingga menurunkan laju akumulasi pati di biji. Pola serupa juga ditemui pada laju akumulasi komponen pati, yaitu amilosa dan amilopektin.

Karakter pati sorgum dapat berbeda tergantung dari tipe sorgum. Ahmed *et al.* (2016) menyatakan bahwa pati yang berasal dari sorgum manis (*sweet sorghum*) biasanya mempunyai butiran (*granule*) lebih besar daripada sorgum biji (*grain sorghum*). Sebaliknya kadar amilosa pada sorgum manis lebih rendah daripada sorgum biji. Namun informasi ini masih dalam perdebatan karena sorgum genotipe Super 1 yang termasuk dalam sorgum manis dan pakan mampu menghasilkan produksi biji yang berat dibandingkan dengan yang sorgum biji.

3.4 Periode Pengisian Biji Sorgum

Metode pengisian biji dihitung berdasarkan saat polinasi yang ditentukan sekitar 50% jumlah populasi tanaman per petak sudah mulai berbunga. Selanjutnya, ukuran biji pada kedelai merupakan salah satu komponen hasil yang penting. Hal ini telah dilaporkan oleh (Egli, 1999) bahwa ukuran biji kedelai ada hubungan dengan periode pengisian biji dan laju pertumbuhan biji. Begitu juga Zeadani dkk. (2014) melaporkan bahwa ukuran biji berkorelasi positif dengan periode pengisian biji dan laju pertumbuhan biji. Mereka juga menyarankan bahwa faktor pengendali hasil biji kedelai tergantung pada jumlah biji dan ukuran biji namun tidak pada laju pengisian biji. Periode pengisian biji sorgum telah diteliti sejak 1986 oleh Done (1986) yang melaporkan bahwa harvest indeks (HI) berhubungan dengan laju pertumbuhan vegetatif sebelum antesis dan periode pengisian biji sehingga ada variasi pada periode pengisian biji. Dengan demikian periode pengisian biji sorgum juga bergantung pada genotipe. Kondisi ini menunjukkan bahwa produksi biji pada jenis sorgum baik itu untuk pakan, etanol maupun biji dipengaruhi juga oleh periode pengisian biji. Sayangnya, informasi tentang periode pengisian biji yang berhubungan dengan produksi biji dari berbagai jenis sorgum masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui periode pengisian biji yang sesuai untuk hijauan pakan ternak atau

pemanfaatan sorgum untuk biji. Pada disertasi Hadi (2020) melaporkan bahwa dari 34 genotipe sorgum pilihan telah diseleksi tiga genotipe sorgum yang mempunyai tiga sifat atau fungsi yang bagus untuk biji, hijauan pakan ternak, dan etanol, yaitu genotipe sorgum Super-1. UPCA, dan Mandau.

BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di dua lokasi yaitu Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian Unila dan Laboratorium Agronomi Fakultas Pertanian Unila. Penelitian ini dilaksanakan mulai Maret 2021 sampai dengan akhir September 2021. Persiapan penulisan dan pengiriman makalah ke jurnal nasional atau internasional yang terfokus pada akhir Agustus 2021 atau informasi submitted pada awal September 2021. Penanaman sorgum akan dilaksanakan pada awal maret 2021 sehingga panen pada Juni 2021. Setelah pemanenan, dilakukan ratoon dan pemeliharaan tanaman.

4.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian yang akan digunakan adalah enam varietas sorgum yang terdiri dari sorgum biji (Kawali dan Pahat), sorgum bioetanol (Super 2 dan Numbu), dan sorgum bioetanol, pakan, dan biji hasil seleksi Hadi (2021), yaitu UPCA dan Super 1. Selanjutnya, pupuk yang digunakan adalah makro (Urea, TSP, KCl), pupuk lengkap mikro cair dan pestisida. Alat-alat utama yang dibutuhkan meliputi cangkul, koret, meteran, pengukur proses fotosintesis, Li-Cor 6400 Portable Photosynthesis System.

4.3 Rancangan Percobaan

Perlakuan disusun secara faktorial (6x2) dalam rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS) dengan tiga ulangan sebagai kelompok (blok). Faktor pertama adalah enam varietas sorgum, terdiri atas dua sorgum biji, dua sorgum biji dan bioetanol, dan dua sorgum bioetanol. Faktor kedua adalah enam varietas sorgum, yaitu dua varietas sorgum biji (Kawali dan Pahat), dua varietas sorgum bioetanol (Super 2 dan Numbu), dan dua varietas sorgum bioetanol dan biji hasil seleksi Hadi (2021), yaitu UPCA dan Super 1 dengan jarak tanam 80 x 60 cm. Selanjutnya, faktor kedua adalah dua kondisi tanam, yaitu kondisi tanam awal dan kondisi tanam ratoon.

Pengamatan kondisi tanam awal dan kondisi tanam ratoon sama, yaitu komponen pertumbuhan yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah hari keluar dompolan setelah tanam, bobot kering bagian tanaman atas (batang dan daun). Pengamatan destruktif diambil dari tanaman yang tersampel dengan ciri pertumbuhan yang optimum. Selanjutnya, pengamatan komponen hasil yang meliputi bobot dompolan, bobot biji per tanaman, jumlah biji per dompolan, bobot 1000 butir. Jika jumlah biji per dompolan tidak memenuhi 1000 butir maka dilakukan perhitungan kompilasi berdasarkan jumlah biji 1000 butir.

Ada dua penelitian untuk studi ini adalah: 1) Evaluasi produksi biji, periode pengisian biji dan komponen fotosintesis tiga jenis sorgum dan 2) Evaluasi karakter kuantitatif, variasi genetik dan sidik lintas pada tiga jenis sorgum.

Penelitian 1. Evaluasi Produksi Biji, Periode Pengisian Biji Dan Komponen Fotosintesis Tiga Jenis Sorgum

Produksi biji sangat dipengaruhi oleh lama pengisian biji melalui perhitungan bobot bahan kering seperti bobot kering daun, bobot kering batang, dan bobot kering biji. Dengan demikian laju pengisian biji sangat memerlukan informasi pendukung tentang laju fotosintesis, transpirasi dan efisiensi penggunaan air (*water use efficiency, WUE*). Oleh karena itu, tujuan pada penelitian I ini adalah:

- a. Mengevaluasi laju pengisian biji melalui partisi bahan kering yang diukur saat 2, 3, 4, 6, 8, dan 10 minggu setelah polinasi (MSP).
- b. Mengevaluasi komponen fotosintesis saat 4, 8 dan 10 MSP pada ke enam genotipe sorgum hingga ratoon.
- c. Menghubungkan komponen fotosintesis dan *WUE* dengan laju pengisian biji ke enam genotipe sorgum.

Bahan penelitian yang akan digunakan adalah enam varietas sorgum yang terdiri dari sorgum biji (Kawali dan Pahat), sorgum bioetanol (Super 2 dan Numbu), dan sorgum bioetanol, pakan, dan biji hasil seleksi Hadi (2020), yaitu UPCA dan Super 1. Variabel pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering daun, bobot kering batang, bobot kering biji, jumlah biji per dompolan, bobot biji per dompolan yang diamati pada 2, 3, 4, 6, 8, dan 10 MSP.

Data diolah dengan menggunakan sidik ragam jika sudah memenuhi asumsi bahwa homogenitas ragam (uji Bartlett) dan sifat data aditif (uji Tukey). Jika ada variasi pada nilai F

maka dilanjutkan menghitung perbedaan nilai rata-rata perlakuan (klon) dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Model linier yang digunakan adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + K_j + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = pengamatan variabel

μ = nilai rata-rata umum

β_i = nilai pengamatan pada blok ke i

K_j = nilai pengamatan pada klon ke j

ϵ_{ijk} = nilai galat pada blok ke i dan klon ke j

Data laju pertumbuhan atau *vegetative growth rate* berdasarkan bahan kering ditampilkan dengan menggunakan grafik histogram. Begitu juga periode pengisian biji berdasarkan bobot basah dan kering 1000 butir pada setiap dompolan (head). Selanjutnya, data dianalisis dengan menggunakan program *SAS for University (free download)* untuk uji nilai F. Jika ada variasi pada perlakuan maka dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah (rata-rata) antar-perlakuan.

Penelitian 2. Evaluasi karakter kuantitatif, variasi genetik dan sidik lintas pada tiga jenis sorgum

Berdasarkan penelitian pendahuluan oleh Setiawan dkk. (2019) diperoleh informasi bahwa terdapat variasi genetik pada variabel tinggi tanaman dan bobot biji beberapa genotipe sorgum. Namun observasi variasi genetik ini belum dihubungkan dengan laju pengisian biji, terutama pada ratoon. Oleh karena itu perlu diamati variasi genetik lama pengisian biji dan agar seleksi awal bisa dilakukan. Begitu juga analisis antar variabel untuk mengamati pengaruh langsung bobot biji berhubungan dengan lama pengisian biji dilakukan agar variabel yang mempunyai pengaruh langsung bisa digunakan sebagai kriteria seleksi. Perbedaan variasi genetik dengan analisis kuantitatif genetik ke enam genotipe sorgum perlu didukung dengan menghitung keragaman genetik, keragaman fenotipik, kemajuan genetik (genetik advance value), dan nilai heritabilitas. Selanjutnya, evaluasi untuk menghitung pengaruh langsung antara variabel laju fotosintesis dengan variabel lama pengisian biji sebagai karakter yang unggul dalam indikator seleksi.

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah enam varietas sorgum yang terdiri dari sorgum biji (Kawali dan Pahat), sorgum bioetanol (Super 2 dan Numbu), dan sorgum bioetanol, pakan, dan biji hasil seleksi Hadi (2020), yaitu UPCA dan Super 1. Variabel pengamatan meliputi tinggi

tanaman, jumlah daun, bobot kering daun, bobot kering batang, bobot kering biji, jumlah biji, bobot biji, nilai heritabilitas arti luas (Heritabilitas *broad sense*), *genetic advance* (GA). Komponen fotosintesis seperti transpirasi, indeks luas daun dan kanopi dilakukan pada 4, 8, dan 12 MSP.

Data diolah dengan menggunakan sidik ragam jika sudah memenuhi asumsi bahwa adanya homogenitas ragam (diuji dengan Bartlett) dan sifat data aditif (diuji dengan Tukey). Jika ada variasi pada nilai F maka dilanjutkan menghitung perbedaan nilai rata-rata perlakuan (klon) dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Partisi nilai keragaman genetik berdasarkan nilai kuadrat tengah. Model linier yang digunakan adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + K_j + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = pengamatan variabel

μ = nilai rata-rata umum

β_i = nilai pengamatan pada blok ke i

K_j = nilai pengamatan pada klon ke j

ϵ_{ijk} = nilai galat pada blok ke i dan klon ke j

Tabel 1. Sumber keragaman, derajat bebas, kuadrat tengah, dan nilai harapan kuadrat tengah

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Nilai Harapan Kuadrat Tengah
Blok (B)	b-1	N1	-
Klon (K)	k-1	N2	$\sigma^2e + \sigma^2k$
Galat	(b-1)(k-1)	N3	σ^2e
Total	bk-1	N4	

σ^2e = variasi lingkungan (σ^2l)

$\sigma^2e + \sigma^2k$ = variasi fenotipik (σ^2p)

$\sigma^2p = \sigma^2e + \sigma^2l$

$H_{bs} = \sigma^2k / \sigma^2p$ (Heritabilitas broad sense)

GA (*genetic advance*) = $k \times \sigma^2p \times H_{bs}$, k adalah standar perbedaan seleksi, pada taraf 5% bernilai 2,06 (Amaefula dkk., 2014 dan Setiawan dkk., 2019).

Korelasi antar variabel dihitung berdasarkan data pengamatan dengan analisis korelasi sederhana. Selanjutnya, hubungan langsung dan tidak antar variabel dengan kandungan pati, amilopektin sebagai faktor Y dihitung dengan analisis sidik lintas.

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Lahan penelitian dibagi menjadi tiga kelompok atau blok dengan masing-masing blok ditanam enam genotipe sorgum, sorgum biji (Kawali dan Pahat), sorgum bioetanol (Super 2 dan Numbu), dan sorgum bioetanol, pakan, dan biji hasil seleksi Hadi (2020), yaitu UPCA dan Super 1. Penanaman dilakukan dengan menggunakan biji yang diletakkan dalam lubang tugal sedalam 5-6 cm dengan jarak tanam 60 cm x 20 cm.

Pemupukan 100 kg urea/ha dan 200 kg KCl /ha dilakukan 2 kali masing-masing $\frac{1}{2}$ dosis, yaitu yang pertama pada umur 1 dan yang kedua pada umur 4 MSP. Selanjutnya 150 kg SP-36/ha diberikan sekaligus pada saat tanaman umur 1 MSP bersamaan dengan pupuk urea dan KCl yang pertama. Pupuk diaplikasikan dengan cara memasukan ke dalam lubang tugal lalu ditutup tanah memakai kaki sambil berjalan sejarak 10 cm dari tanaman.

Pemeliharaan tanaman meliputi pengendalian gulma yang dilakukan secara manual dan penyemprotan herbisida. Pengendalian hama maupun penyakit dengan menggunakan insektisida atau fungisida berdasarkan kondisi lapangan. Pemanenan dilakukan secara berjenjang dan sampel destruktif pada saat tanaman umur 4-12 MSP. Polinasi dihitung berdasarkan jumlah tanaman sebanyak 50% atau lebih sudah berbunga atau satu minggu setelah muncul dompolan. Perhitungan bobot biji yang diamati secara berjenjang dari sampel destruktif berdasarkan minggu setelah polinasi. Jadi awal pengamatan bobot biji dihitung mulai 9-10 MSP. Pengamatan berjenjang mulai 11, 12, 13, 14, dan 15 MSP.

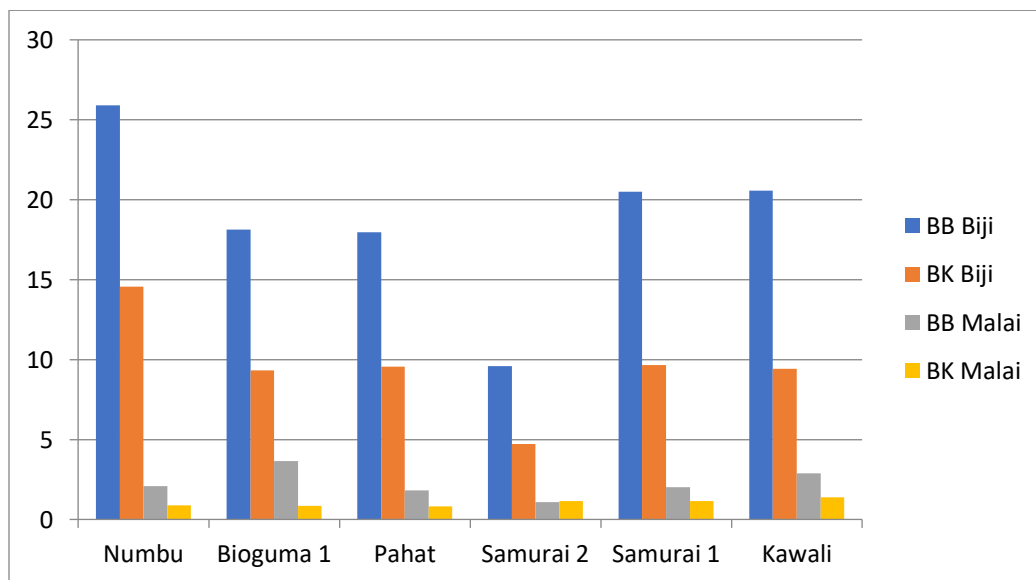
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotipe Numbu mengindikasikan sebagai penghasil biji terbaik di antara genotipe yang diujikan (Tabel 1).

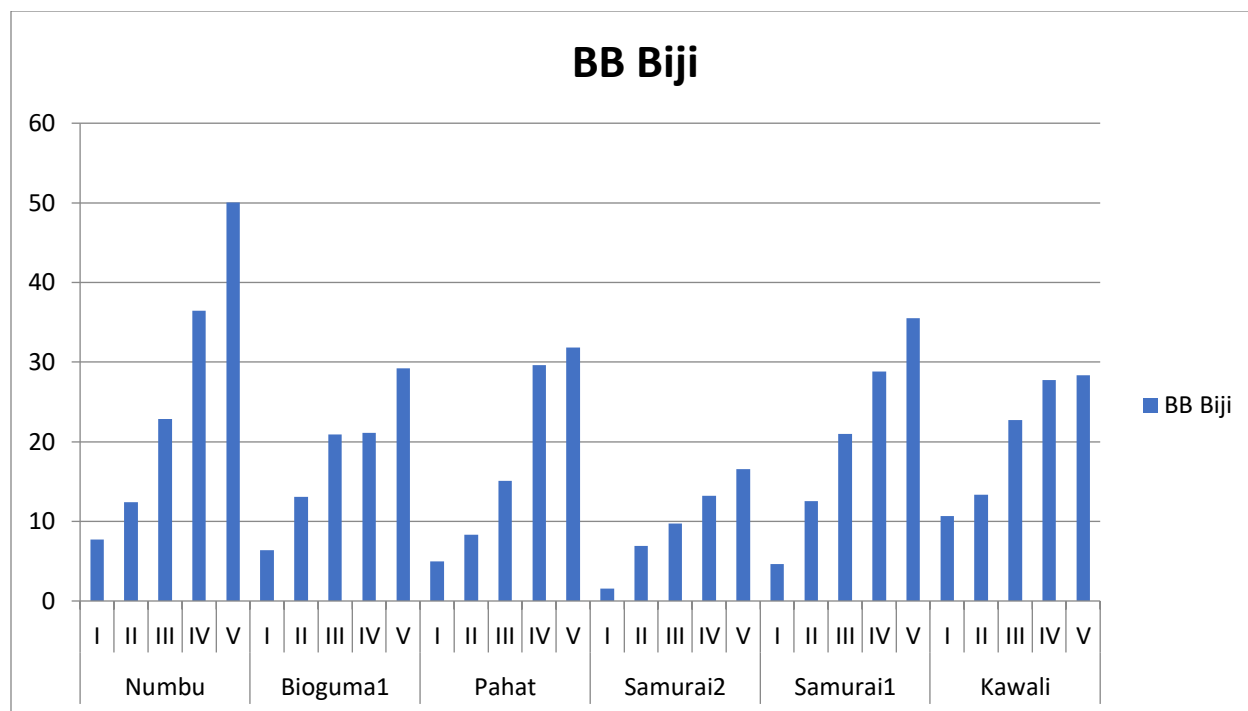
Tabel 1. Komponen hasil biji beberapa genotipe sorgum.

Genotipe	BB Biji	BK Biji	BB Malai	BK Malai
Numbu	25,897	14,551	2,079	0,871
Bioguma 1	18,146	9,332	3,645	0,839
Pahat	17,966	9,561	1,81	0,827
Samurai 2	9,602	4,719	1,073	1,136
Samurai 1	20,508	9,661	2,028	1,136
Kawali	20,571	9,425	2,87	1,387

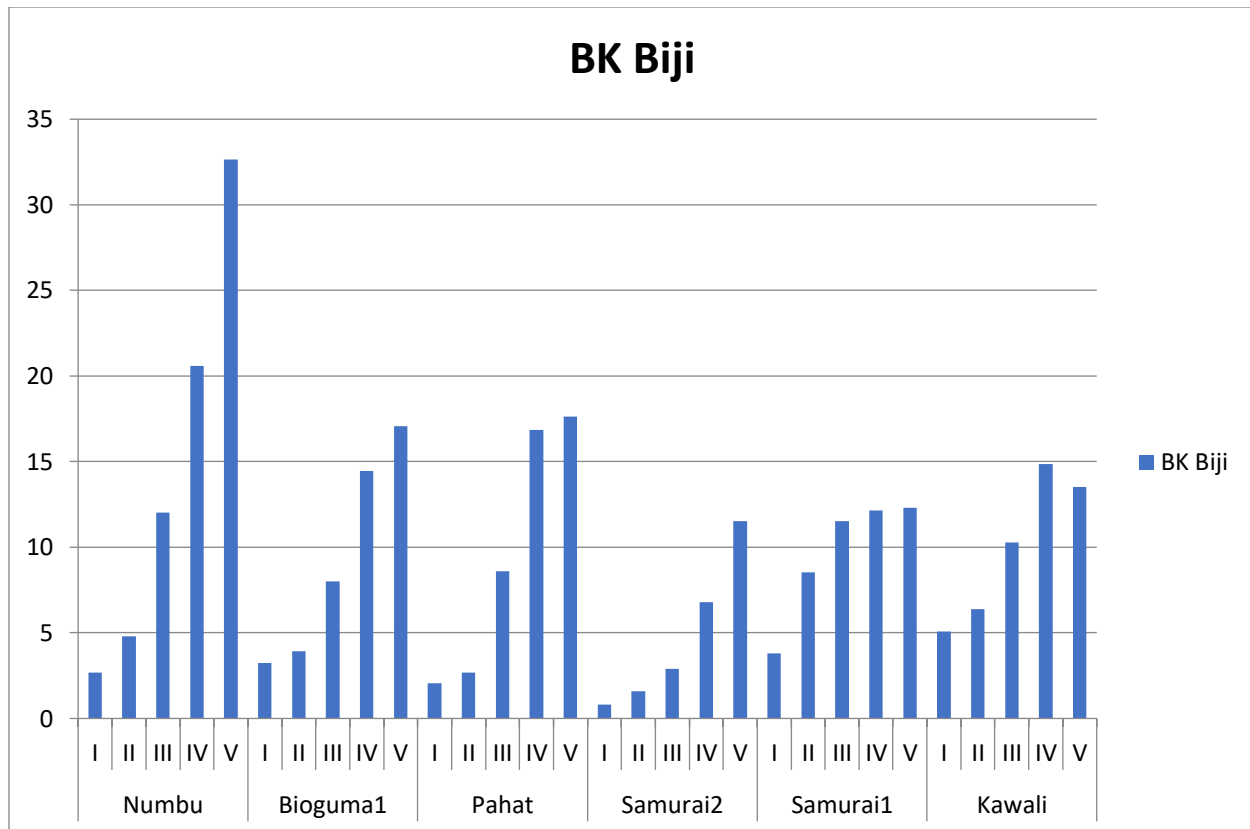
Walaupun genotipe Numbu sebetulnya adalah tergolong sorgum manis (sweet sorghum) namun genotipe ini juga nampak lebih tinggi dalam menghasilkan biji dibanding genotipe lainnya.



Gambar 1. Komponen hasil biji beberapa genotipe sorgum.



Gambar 2. Bobot segar biji pada berbagai fase panen beberapa genotipe sorgum.



Gambar 2. Bobot kering biji pada berbagai fase panen beberapa genotipe sorgum.

Hasil yang disajikan pada Gambar 2 menunjukkan adanya perbedaan waktu kapan bobot kering biji sudah mulai stabil, tidak ada peningkatan bobot kering. Genotipe Pada periode 4 dan 5 Numbu dan Bioguma1 masih menunjukkan adanya peningkatan bobot kering biji. Ini berarti bahwa kedua genotipe cenderung mempunyai fase pengisian biji lebih lama dibanding genotipe lainnya.

KESIMPULAN

Genotipe sorgum Numbu dan Bioguma1 memberikan indikasi fase pengisian lebih panjang dibanding genotipe lainnya. Hal ini didukung oleh stabilnya peningkatan bobot kering biji pada berbagai fase panen. Di lain pihak bobot kering biji sudah nampak mulai konstan dari mulai fase ke 4 sampai ke 5.

REFERENSI

- Ahmed, A.M., Zhang, C. and Liu, Q. 2016. Comparison of Physicochemical Characteristics of Starch Isolated from Sweet and Grain Sorghum. *Journal of Chemistry*. Volume 2016, Article ID 7648639, 15 pages. DOI: 10.1155/2016/7648639.
- Amaefula, C., Agbo1, C.U., Nwofia, G.E. 2014. Hybrid vigour and genetic control of some quantitative traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J. of Genetics*. 4: 30-39.
- Assefa, Y. and Staggenborg, S.A. 2010. Grain Sorghum Yield with Hybrid Advancement and Changes in Agronomic Practices from 1957 through 2008. *Agron. J.* 102: 703 – 706.
- Assefa, Y., Roozeboom, K., Thompson, C., Schlegel, A., Stone, L. and Lingenfelter, J.E. 2014. Corn and Grain Sorghum Comparison. Acad. Press, 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA. 116p.
- Badan Pusat Statistik. 2011. Luas Lahan Menurut Jenis Pengairan dan Penggunaannya di Propinsi Lampung, 2006 – 2010. www.pertanian.go.id/sdl2011/lampung.pdf.
- Boyer, J. S. 1982. Plant productivity and environment. *Science* 218: 443 - 448.
- DeLucia, E.H., Gomez-Casanovas, N., Greenberg, J.A., Hudiburg, T.W., Kantola, I.B., Long, S.P., Miller, A.D., Ort, D.R. and Parton, W.J. 2014. The Theoretical Limit to Plant Productivity. *Environ. Sci. Technol.* 48: 9471–9477.
- Done, A.A. 1986. Duration of grain filling and yield of grain sorghum. DSIR PLANT BREEDING SYMPOSIUM 1986. 175-180.
- Egli, D.B., 1999. Variation in leaf starch and sink limitations during seed filling in soybean. *Crop Sci.*, 39: 1361-1368,
- Ghani, A., Saeed, M., Hussain, D., Shafique, M.M., Arshad, M. and Shah, S.A.S. 2015. Evaluation of different sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) varieties for grain yield and related characteristics. *Science Letters* 3(2): 72-74.
- Hadi, M.S. 2020. Karakterisasi Genotipe Sorgum [*Sorghum Bicolor* (L.) Moench] pada Sistem Tumpangsari dengan Ubikayu Berdasarkan Sifat Agronomi, Produksi Bioetanol dan Keberadaan Serangga. Disertasi. Universitas Lampung. 200 hlm.
- Ibrahim, A.H., El-Shahaby, O.A., Abo-Hamed, S.A. and Younis, M.E. 2013. Parental drought and defoliation effect on yield, grains biochemical aspects and drought performance of sorghum progeny. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 9(1): 258 – 272.
- Long, S.P., Marshall-Colon, A. and Zhu., X.G. 2015. Meeting the Global Food Demand of the Future by Engineering Crop Photosynthesis and Yield Potential. *Cell* 161: 56 – 66.

- Long, S.P. and Spence, A.K. 2013. Toward Cool C4 Crops. *Annu. Rev. Plant Biol.* 64:31.1–31.22. DOI: 10.1146/annurev-arplant-050312-120033.
- Mulyani, A. dan Las, I. 2008. Potensi Sumber Daya Lahan dan Optimalisasi Pengembangan Komoditas Penghasil Bioenergi di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 27(1): 31 – 41.
- Plessis, J. du. 2008. Sorghum Production. Dept. Agriculture. Republic of South Africa. 21p.
- Roozeboom, K.L. and Prasad, P.V.V. 2016. Sorghum Growth and Development. Sorghum: State of the Art and Future Perspectives. Agronomy Monograph 58. (Editors: I. Ciampitti and P.V.V. Prasad). ASA and CSSA, 5585 Guilford Road, Madison, WI 53711, USA. DOI:10.2134/agronmonogr58.2014.0062.
- Sage, R.F., Sage, T.L. and Kocacinar, F. 2012. Photorespiration and the Evolution of C4 Photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63:19–47.
- Setiawan, K., Restiningtias, F.R., Utomo, S.D., Ardian, Hadi, M.S., Sunyoto, dan Yuliadi, E. 2019. Keragaman genetik, fenotip, dan heritabilitas beberapa genotip sorgum pada kondisi tumpangsari dan monokultur. *Jurnal Agro.* 6 (2): 95-109.
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia sebagai Komoditas Alternatif untuk Pangan, Pakan, dan Industri. *Jurnal Litbang Pertanian* 22(4): 133 – 140.
- Suarni. 2004. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. *Jurnal Litbang Pertanian* 23(4): 145-151.
- Supriyanto. 2010. Pengembangan Sorgum di Lahan Kering untuk Memenuhi Kebutuhan Pangan, Pakan, Energi dan Industri. *Simposium Nasional 2010: Menuju Purworejo Dinamis dan Kreatif.* Hlm: 45 – 51.
- Tao, L., Liu, Y., Shi, L. and Jiang, C. 2015. Systemic regulation of photosynthetic function in field-grown sorghum. *Plant Physiology and Biochemistry* 94: 86-94.
- von Caemmerer, S., Quick, W.P. and Furbank, R.T. 2012. The Development of C4 Rice: Current Progress and Future Challenges. *Science* 336: 1671–1672.
- Yi, B., Zhou, Y.F., Gao, M.Y., Zhuang, Z., Yi, H., Yang, G.D, Xu ,W.J. and Huang, R.D. 2014. Effect of drought stress during flowering stage on starch accumulation and starch synthesis enzymes in sorghum grains. *Journal of Integrative Agriculture* 13(11): 2399-2406.
- Zeadani, H. El, A.B. Puteh, M.M.A. Mondal, A. Selamat, Z.A. Ahmad, and M.M. Shalgam. 2014. Seed growth rate, seed filling period and yield responses of soybean (*Glycine max*) to plant densities at specific reproductive growth stages. *Int. J. Agric. Biol.*, 16 (5): 923-928