

**KERAGAMAN LAJU FOTOSINTESIS DAN PENGISIAN BIJI PADA
ENAM GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)**

(Tesis)

Oleh

**Negrita Rizki Anggraini
2024011012**



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KERAGAMAN LAJU FOTOSINTESIS DAN PENGISIAN BIJI PADA ENAM GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench).

Oleh

NEGRITA RIZKI ANGGRAINI

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi laju fotosintesis dan pengisian biji pada enam genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu. Kemudian, pengujian kadar pati dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2021 hingga Oktober 2022. Penelitian ini disusun menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan dua ulangan sebagai kelompok atau blok dan enam perlakuan. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah enam genotipe sorgum yaitu Numbu, Bioguma-1, Pahat, Samurai-2, Samurai-1, dan Kawali. Analisis data menggunakan software RStudio. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju fotosintesis daun bendera tertinggi pada 9 minggu setelah tanam (MST) adalah genotipe Pahat dan terendah adalah genotipe Numbu. Kemudian genotipe dengan laju fotosintesis daun bendera tertinggi pada 13 MST adalah Samurai-2 dan terendah adalah genotipe Bioguma-1. Genotipe dengan laju fotosintesis daun di bawah daun bendera tertinggi pada 9 MST adalah Samurai-1 dan terendah adalah genotipe Numbu. Sebaliknya genotipe dengan laju fotosintesis daun di bawah daun bendera tertinggi pada 13 MST adalah Samurai-1 dan terendah adalah genotipe Pahat. Kemudian, laju pengisian biji tertinggi hingga terendah pada periode 20-25 hari setelah polinasi (HSP) adalah Samurai-1, Samurai-2, Bioguma-1, Pahat, Kawali, dan Numbu.

Kata Kunci: Genotipe, laju fotosintesis, laju pengisian biji.

ABSTRACT

DIVERSITY OF PHOTOSYNTHESIS RATE AND SEED FILLING IN SIX GENOTYPES OF SORGHUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench).

By

NEGRITA RIZKI ANGGRAINI

*This study aims to evaluate the rate of photosynthesis and seed filling in six genotypes of sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). The research was conducted in the Integrated Field Laboratory, with starch content testing carried out at the Agricultural Product Quality Testing Laboratory. The research period was from June 2021 to October 2022. The study was structured using a randomized complete block design (RCBD) with two replications as groups or blocks and six treatments. The treatments used in this research were six genotypes of sorghum, namely Numbu, Bioguma-1, Pahat, Samurai-2, Samurai-1, and Kawali. Data analysis was performed using RStudio software. The results showed that the genotype with the highest flag leaf photosynthesis rate at 9 weeks after planting (WAP) was Pahat, while the lowest was Numbu. At 13 WAP, the genotype with the highest flag leaf photosynthesis rate was Samurai-2, and the lowest was Bioguma-1. The genotype with the highest photosynthesis rate of the leaf below the flag leaf at 9 WAP was Samurai-1, while the lowest was Numbu. Conversely, at 13 WAP, the genotype with the highest photosynthesis rate of the leaf below the flag leaf was Samurai-1, and the lowest was Pahat. The seed filling rates from highest to lowest in the period 20-25 days after pollination (DAP) were Samurai-1, Samurai-2, Bioguma-1, Pahat, Kawali, and Numbu.*

Keywords: *Genotype, photosynthesis rate, seed filling rate.*

**KERAGAMAN LAJU FOTOSINTESIS DAN PENGISIAN BIJI PADA
ENAM GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)**

Oleh

Negrita Rizki Anggraini

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN

Pada

Program Studi Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Tesis

: KERAGAMAN LAJU FOTOSINTESIS DAN
PENGISIAN BIJI PADA ENAM GENOTIPE
SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)

Nama Mahasiswa

: **Negrita Rizki Anggraini**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2024011012

Program Studi

: Magister Agronomi

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc.
NIP 196102181985031002

Dr. Ir. Paul B. Timotiwi, M.S.
NIP 196209281987031001

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.
NIP 196108031986032002

MENGESAIHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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

Sekretaris

: Dr. Ir. Paul B. Timotiwiu, M.Sc.

Penguji I

Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.

Penguji II

Bukan Pembimbing : Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.

2. Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP.19653111989021002

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP.196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 15 Mei 2024

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul **“KERAGAMAN LAJU FOTOSINTESIS DAN PENGISIAN BIJI PADA ENAM GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)”** merupakan hasil karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas hasil karya orang lain, dengan cara tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme. Semua hasil yang tertuang dalam tesis ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.
2. Pembimbing penulis tesis ini berhak mempublikasi sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya.
3. Hal intelektual karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terbukti ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Mei 2024
Penulis,



Negrita Rizki Anggraini
NPM 2024011012

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak A. Hadi Budiono dan Ibu Suparmi. Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada 14 Mei 1997. Jenjang pendidikan yang ditempuh penulis adalah pendidikan sekolah Taman Kanak-Kanak Taruna Jaya Bandar Lampung tahun 2001. Kemudian, melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 2 Perumnas Way Halim tahun 2003. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 29 Bandar Lampung tahun 2009, lalu melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas Negeri 12 Bandar Lampung tahun 2012.

Pada tahun 2015 penulis diterima sebagai Mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan sebagai Mahasiswa Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung tahun 2020. Penulis menjadi salah satu author pada Seminar Nasional Lahan Kering Ke-5 Universitas Lampung tahun 2019 di Bandar Lampung dengan judul “Karakterisasi Pertumbuhan, Kadar Pati, dan HCN Berbagai Klon Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz)”.

Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji Syukur kepada Allah SWT., saya persembahkan karya ini kepada:

Diri saya sendiri Negrita

yang telah berhasil menyelesaikan salah satu tanggung jawab. Terima kasih, karena sudah melewati waktu yang cukup panjang dengan penuh suka maupun duka dengan berbagai tekanan yang diterima secara fisik maupun mental.

Keluargaku tercinta

A. Hadi Budiono dan Suparmi, selaku orang tua dan Gilbran Kadafi selaku adik yang saya sayangi.

Almamater tercinta, Universitas Lampung

Allah does not charge a soul except [with that within] its capacity.

(QS. Al-Baqarah (2) : 286)

And I entrust my affairs to Allah. Indeed, Allah is seeing of [His] servants.

(QS. Al-Ghafir (40) : 44)

I gave my blood, sweat, and tears for this.

(Taylor Swift, 2022)

Maybe I made a mistake yesterday. But yesterday's me is still me.

Today I am who I am with all of my faults and my mistakes.

Tomorrow, I might be a tiny bit wiser and that'd be me too.

*These faults and mistakes are what I'm making up the brightest stars in the
constellation of my life.*

*I have come to love myself for who I am for who I was and for who I hope to
become.*

(Kim Namjoon, 2018)

SANWACANA

Puji syukur selalu penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT., yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**KERAGAMAN LAJU FOTOSINTESIS DAN PENGISIAN BIJI PADA ENAM GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)**”. Selama penyusunan dan penyelesaian tesis ini, penulis dibantu oleh berbagai pihak dalam pelaksanaan, pengambilan data, dan bimbingan yang mendukung penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi.
5. Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc., selaku Pembimbing pertama yang telah membimbing, memberikan ide, ilmu, nasihat, dan motivasi kepada penulis.
6. Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.S., selaku Pembimbing kedua yang telah membimbing, memberikan ide, ilmu, nasihat, dan motivasi kepada penulis.
7. Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., selaku Pembahas pertama yang telah memberikan ilmu, saran, nasihat, dan motivasi kepada penulis.
8. Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc., selaku Pembahas kedua yang telah memberikan ilmu, saran, nasihat, dan motivasi kepada penulis.
9. Dr. Ir. Trikoesoemaningtyas, M.Si., Bapak Khairul Yusuf Nasution, S.P., dan Bapak Sugiardi, yang telah membantu dalam pengadaan benih untuk menunjang terlaksananya penelitian ini.

10. Kedua orang tuaku tercinta, Ayah A. Hadi Budiono dan Ibu Suparmi, serta adikku Gilbran Kadafi, yang menjadi motivasi penulis untuk menyelesaikan studi ini.
11. Kak Putra, Cicilia, Mba Restu, Sonia, Indah, Devy, Gianni, Rahmat, dan Baim, yang telah membantu penulis dalam perencanaan, pelaksanaan, hingga terbentuknya tesis ini.
12. Tema-teman penulis Gita, Tria, Laila, Gina, Meisyi, Anggra, Almira, Dini, dan Zora yang senantiasa membantu, menghibur, menyemangati, dan siap sedia menampung cerita penulis.
13. Teman-teman Program Studi Magister Agronomi 2020, Fera, Muna, Emi, Adi, Mba Ria, Mba Alen, Mba Tyas, Mba Mitha, Mba Rindang, Mba Sugi, Mba Ayu, Bang Ade, Pak Adi, Pak Maman, Pak Didik, Pak Muaddin, dan Pak Abidin.
14. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang secara langsung dan tidak langsung telah memberikan bantuan, dukungan, dan motivasi.

Dalam penulisan tesis ini, penulis menyadari bahwa tesis ini belum sempurna. Akhir kata, penulis ucapkan terima kasih dan semoga tesis ini bermanfaat bagi khalayak umum.

Bandar Lampung, 14 Mei 2024

Penulis,

Negrita Rizki Anggraini

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran	4
1.4 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tanaman Sorgum	7
2.2 Laju Fotosintesis dan Transpirasi Tanaman Sorgum	9
2.3 Laju Pengisian Biji Tanaman Sorgum	11
2.4 Pengujian Kadar Pati dengan Menggunakan Metode Luff Schoorl	14
III. BAHAN DAN METODE	17
3.1 Tempat dan Waktu	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Metode Penelitian	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian	18
3.4.1 Persiapan lahan	18
3.4.2 Penanaman	18
3.4.3 Pemeliharaan	18
3.5 Variabel Pengamatan	19
3.5.1 Komponen utama	20
3.5.2 Komponen pendukung	21
3.6 Analisis Uji Stabilitas	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian	27
4.2 Pembahasan	44
V. SIMPULAN DAN SARAN	51

5.1 Simpulan	51
5.2 Saran	51
VI. DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penentuan glukosa, fruktosa, dan gula invert dalam suatu bahan pangan dengan metode luff schoorl	23
2. Nilai kuadrat tengah data utama pada enam genotipe sorgum	28
3. Nilai kuadrat tengah data pendukung pada enam genotipe sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> [L.] Moench)	29
4. Laju fotosintesis dan transpirasi pada 9 dan 13 MST	32
5. Komponen hasil laju pengisian biji pada enam genotipe sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> [L.] Moench)	33
6. Panjang batang 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	37
7. Jumlah daun 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	37
8. Diameter batang 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	38
9. Komponen hasil panjang malai 5 hingga 25 HSP enam genotipe Sorgum	39
10. Komponen hasil bobot kering batang 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	39
11. Komponen hasil bobot kering daun 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	40
12. Komponen hasil bobot kering malai 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	41
13. Komponen hasil kadar pati per tanaman 15 hingga 25 HSP enam Genotipe sorgum	41
14. Komponen hasil bobot pati per tanaman 15 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	42

15.	Peringkat stabilitas komponen hasil bobot kering biji 100 butir, bobot kering dompolan per tanaman, bobot kering batang, bobot kering daun, dan bobot kering malai	43
16.	Laju fotosintesis daun bendera pada 9 MST	60
17.	Analisis ragam laju fotosintesis daun bendera pada 9 MST	60
18.	Laju fotosintesis daun bendera pada 13 MST	60
19.	Analisis ragam laju fotosintesis daun bendera pada 13 MST	60
20.	Laju fotosintesis daun di bawah daun bendera pada 9 MST	61
21.	Analisis ragam laju fotosintesis daun di bawah daun bendera 9 MST	61
22.	Laju fotosintesis daun di bawah daun bendera pada 13 MST	61
23.	Analisis ragam laju fotosintesis daun di bawah daun bendera 13 MST	61
24.	Transpirasi daun bendera pada 9 MST	62
25.	Analisis ragam transpirasi daun bendera pada 9 MST	62
26.	Transpirasi daun bendera pada 13 MST	62
27.	Analisis ragam transpirasi daun bendera pada 13 MST	62
28.	Transpirasi daun di bawah daun bendera pada 9 MST	63
29.	Analisis ragam transpirasi daun di bawah daun bendera pada 9 MST	63
30.	Transpirasi daun di bawah daun bendera pada 13 MST	63
31.	Analisis ragam transpirasi daun di bawah daun bendera pada 13 MST	63
32.	Data destruktif laju pengisian biji periode 5-10 HSP	64
33.	Analisis ragam laju pengisian biji periode 5-10 HSP	64
34.	Data destruktif laju pengisian biji periode 10-15 HSP	64
35.	Analisis ragam laju pengisian biji periode 10-15 HSP	64

36.	Data destruktif laju pengisian biji periode 15-20 HSP	65
37.	Analisis ragam laju pengisian biji periode 15-20 HSP	65
38.	Data destruktif laju pengisian biji periode 20-25 HSP	65
39.	Analisis ragam laju pengisian biji periode 20-25 HSP	65
40.	Data destruktif bobot segar biji 100 butir pada 5 HSP	66
41.	Analisis ragam bobot segar biji 100 butir pada 5 HSP	66
42.	Data destruktif bobot segar biji 100 butir pada 10 HSP	66
43.	Analisis ragam bobot segar biji 100 butir pada 10 HSP	66
44.	Data destruktif bobot segar biji 100 butir pada 15 HSP	67
45.	Analisis ragam bobot segar biji 100 butir pada 15 HSP	67
46.	Data destruktif bobot segar biji 100 butir pada 20 HSP	67
47.	Analisis ragam bobot segar biji 100 butir pada 20 HSP	67
48.	Data destruktif bobot segar biji 100 butir pada 25 HSP	68
49.	Analisis ragam bobot segar biji 100 butir pada 25 HSP	68
50.	Data destruktif bobot kering biji 100 butir pada 5 HSP	68
51.	Analisis ragam bobot kering biji 100 butir pada 5 HSP	68
52.	Data destruktif bobot kering biji 100 butir pada 10 HSP	69
53.	Analisis ragam bobot kering biji 100 butir pada 10 HSP	69
54.	Data destruktif bobot kering biji 100 butir pada 15 HSP	69
55.	Analisis ragam bobot kering biji 100 butir pada 15 HSP	69
56.	Data destruktif bobot kering biji 100 butir pada 20 HSP	70
57.	Analisis ragam bobot kering biji 100 butir pada 20 HSP	70
58.	Data destruktif bobot kering biji 100 butir pada 25 HSP	70
59.	Analisis ragam bobot kering biji 100 butir pada 25 HSP	70

60.	Data destruktif bobot segar dompolan per tanaman pada 5 HSP	71
61.	Analisis ragam bobot segar dompolan per tanaman pada 5 HSP	71
62.	Data destruktif bobot segar dompolan per tanaman pada 10 HSP	71
63.	Analisis ragam bobot segar dompolan per tanaman pada 10 HSP	71
64.	Data destruktif bobot segar dompolan per tanaman pada 15 HSP	72
65.	Analisis ragam bobot segar dompolan per tanaman pada 15 HSP	72
66.	Data destruktif bobot segar dompolan per tanaman pada 20 HSP	72
67.	Analisis ragam bobot segar dompolan per tanaman pada 20 HSP	72
68.	Data destruktif bobot segar dompolan per tanaman pada 25 HSP	73
69.	Analisis ragam bobot segar dompolan per tanaman pada 25 HSP	73
70.	Data destruktif bobot kering dompolan per tanaman pada 5 HSP	73
71.	Analisis ragam bobot kering dompolan per tanaman pada 5 HSP	73
72.	Data destruktif bobot kering dompolan per tanaman pada 10 HSP	74
73.	Analisis ragam bobot kering dompolan per tanaman pada 10 HSP	74
74.	Data destruktif bobot kering dompolan per tanaman pada 15 HSP	74
75.	Analisis ragam bobot kering dompolan per tanaman pada 15 HSP	74

76.	Data destruktif bobot kering dompolan per tanaman pada 20 HSP	75
77.	Analisis ragam bobot kering dompolan per tanaman pada 20 HSP	75
78.	Data destruktif bobot kering dompolan per tanaman pada 25 HSP	75
79.	Analisis ragam bobot kering dompolan per tanaman pada 25 HSP	75
80.	Data destruktif jumlah biji per tanaman pada 5 HSP	76
81.	Analisis ragam jumlah biji per tanaman pada 5 HSP	76
82.	Data destruktif jumlah biji per tanaman pada 10 HSP	76
83.	Analisis ragam jumlah biji per tanaman pada 10 HSP	76
84.	Data destruktif jumlah biji per tanaman pada 15 HSP	77
85.	Analisis ragam jumlah biji per tanaman pada 15 HSP	77
86.	Data destruktif jumlah biji per tanaman pada 20 HSP	77
87.	Analisis ragam jumlah biji per tanaman pada 20 HSP	77
88.	Data destruktif jumlah biji per tanaman pada 25 HSP	78
89.	Analisis ragam jumlah biji per tanaman pada 25 HSP	78
90.	Data destruktif panjang batang pada 5 HSP	78
91.	Analisis ragam panjang batang pada 5 HSP	78
92.	Data destruktif panjang batang pada 10 HSP	79
93.	Analisis ragam panjang batang pada 10 HSP	79
94.	Data destruktif panjang batang pada 15 HSP	79
95.	Analisis ragam panjang batang pada 15 HSP	79
96.	Data destruktif panjang batang pada 20 HSP	80
97.	Analisis ragam panjang batang pada 20 HSP	80

98.	Data destruktif panjang batang pada 25 HSP	80
99.	Analisis ragam panjang batang pada 25 HSP	80
100.	Data destruktif jumlah daun pada 5 HSP	81
101.	Analisis ragam jumlah daun pada 5 HSP	81
102.	Data destruktif jumlah daun pada 10 HSP	81
103.	Analisis ragam jumlah daun pada 10 HSP	81
104.	Data destruktif jumlah daun pada 15 HSP	82
105.	Analisis ragam jumlah daun pada 15 HSP	82
106.	Data destruktif jumlah daun pada 20 HSP	82
107.	Analisis ragam jumlah daun pada 20 HSP	82
108.	Data destruktif jumlah daun pada 25 HSP	83
109.	Analisis ragam jumlah daun pada 25 HSP	83
110.	Data destruktif diameter batang pada 5 HSP	83
111.	Analisis ragam diameter batang pada 5 HSP	83
112.	Data destruktif diameter batang pada 10 HSP	84
113.	Analisis ragam diameter batang pada 10 HSP	84
114.	Data destruktif diameter batang pada 15 HSP	84
115.	Analisis ragam diameter batang pada 15 HSP	84
116.	Data destruktif diameter batang pada 20 HSP	85
117.	Analisis ragam diameter batang pada 20 HSP	85
118.	Data destruktif diameter batang pada 25 HSP	85
119.	Analisis ragam diameter batang pada 25 HSP	85
120.	Data destruktif panjang malai pada 5 HSP	86
121.	Analisis ragam panjang malai pada 5 HSP	86

122. Data destruktif panjang malai pada 10 HSP	86
123. Analisis ragam panjang malai pada 10 HSP	86
124. Data destruktif panjang malai pada 15 HSP	87
125. Analisis ragam panjang malai pada 15 HSP	87
126. Data destruktif panjang malai pada 20 HSP	87
127. Analisis ragam panjang malai pada 20 HSP	87
128. Data destruktif panjang malai pada 25 HSP	88
129. Analisis ragam panjang malai pada 25 HSP	88
130. Data destruktif bobot kering batang pada 5 HSP	88
131. Analisis ragam bobot kering batang pada 5 HSP	88
132. Data destruktif bobot kering batang pada 10 HSP	89
133. Analisis ragam bobot kering batang pada 10 HSP	89
134. Data destruktif bobot kering batang pada 15 HSP	89
135. Analisis ragam bobot kering batang pada 15 HSP	89
136. Data destruktif bobot kering batang pada 20 HSP	90
137. Analisis ragam bobot kering batang pada 20 HSP	90
138. Data destruktif bobot kering batang pada 25 HSP	90
139. Analisis ragam bobot kering batang pada 25 HSP	90
140. Data destruktif bobot kering daun pada 5 HSP	91
141. Analisis ragam bobot kering daun pada 5 HSP	91
142. Data destruktif bobot kering daun pada 10 HSP	91
143. Analisis ragam bobot kering daun pada 10 HSP	91
144. Data destruktif bobot kering daun pada 15 HSP	92
145. Analisis ragam bobot kering daun pada 15 HSP	92

146. Data destruktif bobot kering daun pada 20 HSP	92
147. Analisis ragam bobot kering daun pada 20 HSP	92
148. Data destruktif bobot kering daun pada 25 HSP	93
149. Analisis ragam bobot kering daun pada 25 HSP	93
150. Data destruktif bobot kering malai pada 5 HSP	93
151. Analisis ragam bobot kering malai pada 5 HSP	93
152. Data destruktif bobot kering malai pada 10 HSP	94
153. Analisis ragam bobot kering malai pada 10 HSP	94
154. Data destruktif bobot kering malai pada 15 HSP	94
155. Analisis ragam bobot kering malai pada 15 HSP	94
156. Data destruktif bobot kering malai pada 20 HSP	95
157. Analisis ragam bobot kering malai pada 20 HSP	95
158. Data destruktif bobot kering malai pada 25 HSP	95
159. Analisis ragam bobot kering malai pada 25 HSP	95
160. Data destruktif kadar pati pada 15 HSP	96
161. Analisis ragam kadar pati pada 15 HSP	96
162. Data destruktif kadar pati pada 20 HSP	96
163. Analisis ragam kadar pati pada 20 HSP	96
164. Data destruktif kadar pati pada 25 HSP	97
165. Analisis ragam kadar pati pada 25 HSP	97
166. Data destruktif bobot pati pada 15 HSP	97
167. Analisis ragam bobot pati pada 15 HSP	97
168. Data destruktif bobot pati pada 20 HSP	98
169. Analisis ragam bobot pati pada 20 HSP	98

170. Data destruktif bobot pati pada 25 HSP	98
171. Analisis ragam bobot pati pada 25 HSP	98
172. Waktu pengambilan sampel	99
173. Komponen hasil bobot segar biji 100 butir 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	99
174. Komponen hasil bobot kering biji 100 butir 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	99
175. Komponen hasil bobot segar dompolan per tanaman 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	100
176. Komponen hasil bobot kering dompolan per tanaman 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	100
177. Komponen hasil jumlah biji per tanaman 5 hingga 25 HSP enam genotipe sorgum	100
178. Deskripsi genotipe Numbu	101
179. Deskripsi genotipe Bioguma-1	101
180. Deskripsi genotipe Pahat	101
181. Deskripsi genotipe Samurai-2	102
182. Deskripsi genotipe Samurai-1	102
183. Deskripsi genotipe Kawali	102
184. Deskripsi komponen pertumbuhan tanaman sorgum	103
185. Deskripsi komponen hasil tanaman sorgum	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema Kerangka Pemikiran	4
2. Tahap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Sorgum (United Sorghum Checkoff Program, 2016)	12
3. A. Malai pada Fase Booting dan B. Malai pada Fase Polinasi	20
4. Diagram Alur Pengujian Sampel Kadar Pati Tepung Sorgum	24
5. Diagram Pembuatan Blanko Pengujian Kadar Pati tepung Sorgum.....	25
6. Laju Fotosintesis Daun Bendera Umur 9 dan 13 MST	30
7. Laju Fotosintesis Daun di Bawah Daun Bendera Umur 9 dan 13 MST	30
8. Transpirasi Daun Bendera Umur 9 dan 13 MST	31
9. Transpirasi Daun di Bawah Daun Bendera Umur 9 dan 13 MST ..	31
10. Laju Pengisian Biji Periode 5-25 HSP	33
11. Bobot Segar Biji 100 Butir pada 5-25 HSP	34
12. Bobot Kering Biji 100 Butir pada 5-25 HSP	34
13. Bobot Segar Dompolan per Tanaman pada 5-25 HSP	35
14. Bobot Kering Dompolan per Tanaman pada 5-25 HSP	35
15. Jumlah Biji per Tanaman pada 5-25 HSP	36
16. Penyiraman Tanaman Sorgum	109
17. Pengukuran Laju Fotosintesis dan Transpirasi Dengan LI-6800 <i>Photosyntetic System</i>	109

18.	Pembentukan Malai (A. Kerah Daun Bendera Sudah Terlihat dan Malai Mulai Terdorong Keluar, dan B. Malai Mulai Terlihat Keluar)	109
19.	Malai Tanaman Sorgum dari Pembungaan Hingga Pembentukan Biji (A. Pembungaan Tanaman Sorgum, B. Malai Sorgum 5 HSP, C. Malai Sorgum 10 HSP, D. Malai Sorgum 15 HSP, E. Malai Sorgum 20 HSP, dan F. Malai Sorgum 25 HSP)	110
20.	Biji Tanaman Sorgum Setelah Pengovenan (A. Biji Sorgum 5 HSP, B. Biji Sorgum 10 HSP, C. Biji Sorgum 15 HSP, D. Biji Sorgum 20 HSP, dan E. Biji Sorgum 25 HSP)	111
21.	Penyaringan Tepung Sorgum dengan <i>Test Sieve Mesh</i> 100	112
22.	Tepung Sorgum 15, 20, dan 25 HSP	112
23.	Penimbangan Sampel Tepung Sorgum dengan Timbangan	112
24.	Penyaringan Residu Larutan Sampel	113
25.	Larutan Sampel yang Telah Dinetralkan Dengan Larutan NaOH ..	113
26.	Pengenceran Larutan Sampel	113
27.	Larutan Sampel yang Telah Ditambahkan Larutan Luff Schoorl ..	113
28.	Penghidrolisisan Larutan Sampel	114
29.	Larutan Sampel yang Telah Ditambahkan Oleh Larutan KI 20% dan H ₂ SO ₄	114
30.	Pentitrasian Larutan Sampel dengan Larutan Na ₂ S ₂ O ₃	114
31.	Hasil Titrasi Larutan Sampel dengan Larutan Na ₂ S ₂ O ₃	114

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) adalah salah satu tanaman yang mulai banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia (Yayasan Keanekaragaman Hayati Indonesia, 2019). Sorgum mudah dikembangkan karena memiliki kemampuan adaptasi yang luas. Selain itu, sorgum memiliki beberapa kelebihan lain seperti memiliki produksi biji dan biomassa yang tinggi; tahan terhadap kekeringan, salinitas, dan genangan air; kebutuhan air yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan tanaman pangan lain; laju fotosintesis dan pertumbuhannya lebih cepat; kebutuhan benih hanya sekitar 4,5-5 kg/ha; umur panen lebih cepat yaitu tiga hingga empat bulan; dan dapat diratun sehingga dapat dipanen beberapa kali untuk sekali tanam; serta memiliki kadar protein yang tinggi (Talanca, 2016).

Menurut Aqil *et al.* (2013), tanaman sorgum penghasil biji memiliki umur genjah, ukuran batang pendek, dan bobot biji yang berat. Biji merupakan perkembangan lanjut dari bakal biji yang telah dibuahi dan berfungsi sebagai alat perkembangbiakan (Novianti, 2012). Secara agronomis, biji merupakan hasil budidaya yang digunakan sebagai bahan konsumsi manusia dan sebagai pakan ternak. Namun, secara biologis biji memiliki fungsi sebagai alat perbanyakan tanaman (Pranoto, 1990).

Perkembangan biji sorgum ditandai dengan perubahan warna. Fase pembentukan biji sorgum berlangsung dalam tiga tahap yaitu, biji matang susu, pengerasan biji, dan biji masak fisiologis (Aryani *et al.*, 2022). Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tiap tahap bergantung pada genotipe. Laju pengisian biji merupakan pertambahan bobot biji selama periode tertentu. Laju ini menjadi faktor penting yang memengaruhi produksi biji dan kualitas hasil panen. Laju pengisian biji

yang berlangsung lama akan menghasilkan bobot biji yang tinggi, selama biji mampu menampung hasil asimilat (Sutoro *et al.*, 2008). Berdasarkan Santoso *et al.* (2017), pola pertambahan bobot biji sorgum terjadi sangat cepat mulai dari 5 hingga 15 hari setelah polinasi (HSP), kemudian pertambahan bobot biji mulai melambat hingga 25 HSP, selanjutnya bobot biji akan mengalami penurunan hingga 35 HSP. Sylvester *et al.* (1990), menjelaskan bahwa daun bendera memberikan kontribusi 30-50% asimilat untuk pengisian biji. Hal tersebut yang menjadikan daun bendera sebagai dasar penting dalam pembentukan biji. Pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum ditentukan oleh genetik dan lingkungannya. Setiap genotipe memiliki pertumbuhan dan hasil yang berbeda-beda, hal ini dapat dilihat dari karakter agronomi. Pertumbuhan tanaman ditentukan oleh aliran massa hasil fotosintesis ke organ tanaman (Fourcaud *et al.*, 2008). Aliran massa energi produk fotosintesis yang dihasilkan akan dialokasikan menuju organ tanaman. Fitter dan Hay (1994), menyatakan bahwa 90% berat kering tanaman adalah hasil fotosintesis.

Fotosintesis merupakan proses biokimia yang dilakukan oleh tanaman yang memiliki klorofil dengan memanfaatkan energi cahaya matahari untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi senyawa organik (Hopkins dan Huner, 2008). Fotosintesis bermanfaat untuk menghasilkan oksigen, membentuk buah dan ubi, menghasilkan glukosa, dan melembabkan udara sekitar. Dalam proses fotosintesis, *source* dan *sink* saling berinteraksi. *Source* merupakan organ tanaman yang dapat menghasilkan asimilat dan *sink* merupakan organ tanaman yang menggunakan dan mengakumulasi asimilat.

Laju fotosintesis tentu akan berbeda-beda pada tiap tanaman. Laju fotosintesis juga dipengaruhi oleh genetik, lingkungan, atau interaksi antara genetik dan lingkungan. Menurut Kristanto *et al.* (2014), terdapat perbedaan laju fotosintesis pada lima genotipe sorgum. Laju fotosintesis pada tanaman ratun sorgum memiliki rata-rata sebesar $15,61 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$ (Sabeti dan Aishah, 2014). Penelitian lain menjelaskan bahwa laju fotosintesis pada tanaman sorgum genotipe Numbu memiliki nilai yang tinggi yaitu $31,45 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$ dan Kawali sebesar $26,67 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$ (Meliala *et al.*, 2017).

Secara umum sorgum dibagi menjadi tiga yaitu *grain sorghum*, *sweet sorghum*, dan *broom sorghum*. *Grain sorghum* merupakan sorgum penghasil biji yang digunakan sebagai bahan pangan. Biji sorgum dikonsumsi dalam bentuk olahan roti, nasi, bubur, brondong, dan kripik (Dicko *et al.*, 2006). Selain dapat digunakan sebagai bahan pangan, sorgum juga dapat digunakan sebagai bahan pakan ternak dan bahan industri untuk pembuatan minuman beralkohol melalui fermentasi, yang biasanya menggunakan *sweet sorghum*. *Sweet sorghum* memiliki batang yang mengandung kadar gula tinggi, biasanya digunakan sebagai bahan untuk membuat gula sorgum, sirup, minuman beralkohol, dan sebagai bahan pembuatan biofuel, serta sebagai pakan ternak (Food Security Department, 2003). Kemudian, *broom sorghum* biasanya digunakan sebagai pakan ternak dan bahan baku industri seperti pembuatan sapu, hiasan, dan industri tekstil (Sirappa, 2003).

Penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan oleh Hadi (2020). Pada penelitian tersebut diuji 34 genotipe sorgum yang terdiri dari *grain sorghum*, *sweet sorghum* dan *broom sorghum*. Sehingga pada penelitian ini dipilih enam genotipe sorgum yaitu Numbu, Bioguma-1, Pahat, Samurai-1, Samurai-2, dan Kawali. Berdasarkan uraian tersebut, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

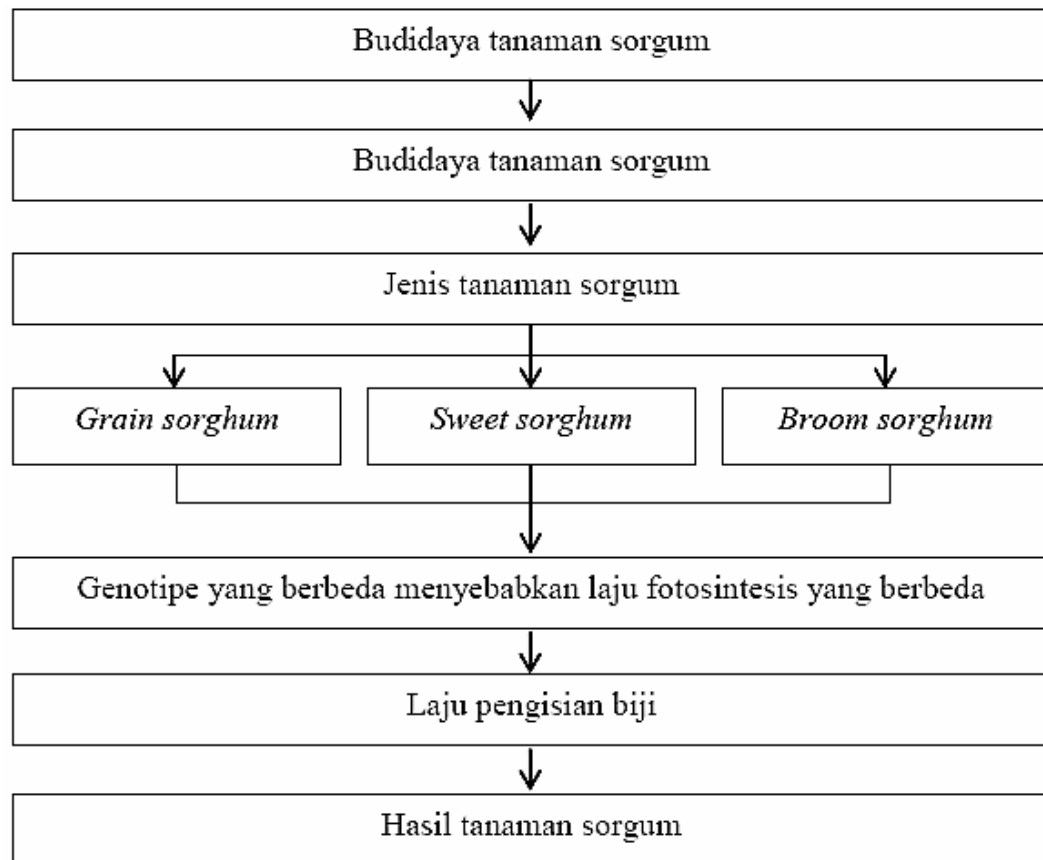
1. Bagaimana laju fotosintesis daun bendera dan daun di bawah daun bendera enam genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)?
2. Bagaimana laju pengisian biji enam genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi laju fotosintesis daun bendera dan daun di bawah daun bendera enam genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench).
2. Mengevaluasi laju pengisian biji enam genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench).

1.3 Kerangka Pemikiran



Gambar 1. Skema Kerangka Pemikiran

Tanaman sorgum adalah tanaman yang memiliki banyak manfaat. Secara umum sorgum dibagi menjadi tiga yaitu *grain sorghum*, *sweet sorghum*, dan *broom sorghum*. Tanaman sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan (Suarni dan Patong, 2002), pakan, produksi bioetanol, bahan tambahan untuk kosmetik (Food Security Department, 2003), dan bahan-bahan turunan untuk kebutuhan komersil. Dalam penelitian terkait sorgum, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum, termasuk laju fotosintesis dan pengisian biji. Beberapa faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis pada tanaman sorgum adalah suhu udara, kelembaban udara, dan intensitas cahaya (Hidayati *et al.*, 2016). Suhu udara yang tinggi cenderung akan meningkatkan laju transpirasi pada tanaman sorgum, sehingga dapat mempengaruhi laju fotosintesis tanaman (Sugiartno *et al.*, 2020). Laju fotosintesis juga dipengaruhi oleh faktor internal. Faktor internal yang

mempengaruhi fotosintesis adalah kadar fotosintat, tahap pertumbuhan dan perkembangan, umur daun, kandungan klorofil (Hidayati *et al.*, 2016), dan gen.

Proses pengisian biji pada tanaman sorgum adalah tahap kritis dalam siklus hidup tanaman yang langsung berhubungan dengan hasil akhir. Faktor-faktor seperti ketersediaan air, nutrisi, dan lingkungan dapat mempengaruhi keberhasilan pengisian biji. Atmaja *et al.* (2020), menjelaskan bahwa pola pengisian biji tiap varietas tanaman kedelai itu berbeda. Laju pengisian biji kedelai meningkat pada fase awal pembentukan polong hingga tahap kematangan awal polong (Zaidani *et al.*, 2014). Tanaman sorgum mulai berbunga dari atas hingga ke bawah malai, yang artinya pada satu malai laju pengisian biji pada posisi biji berbeda-beda.

Kadar pati dalam biji sorgum bukan hanya menampilkan nilai nutrisi tanaman, namun menjadi indikator kualitas dan nilai ekonomi. Faktor genetik dan lingkungan memainkan peran penting dalam menentukan kadar pati (Rachmadi, 2002). Pemahaman lebih lanjut tentang regulasi kadar pati pada tingkat molekuler dan respon tanaman terhadap variabilitas lingkungan dapat membuka peluang untuk pengembangan varietas sorgum yang lebih unggul. Melalui analisis yang lebih mendalam, dapat diketahui hubungan kompleks antara laju fotosintesis, proses pengisian biji, dan kadar pati pada tanaman sorgum. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis tidak hanya berdampak pada pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, namun juga dapat merespon proses pengisian biji dan akhirnya dapat memperbarui akumulasi kadar pati. Memahami keterkaitan ini dapat membantu dalam merancang strategi yang holistik untuk meningkatkan produksi sorgum.

Karakter agronomi dan fisiologis tiap sorgum berbeda-beda. Karakter agronomi dapat dilihat berdasarkan pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum, sedangkan karakter fisiologis dapat dilihat berdasarkan laju fotosintesis, laju transpirasi, dan laju pengisian biji sorgum. Berdasarkan Putri *et al.* (2021), GH-13 merupakan genotipe dengan laju fotosintesis dan transpirasi tertinggi, sedangkan Super-2 merupakan genotipe dengan laju fotosintesis dan transpirasi terendah. Berdasarkan laporan Hadi (2020), dari 34 genotipe sorgum yang telah diuji sejak

tahun 2015 didapatkan tiga genotipe potensial unggulan yaitu Super-1, UPCA, dan Mandau pada tahun 2023. Berdasarkan penelitian sebelumnya, dapat diketahui bahwa laju fotosintesis tanaman sorgum dipengaruhi oleh genotipe dan faktor eksternal lainnya.

1.4 Hipotesis

Dari kerangka pemikiran yang telah dikemukakan dapat diambil hipotesis sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan laju fotosintesis daun bendera dan daun di bawah daun bendera enam genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench).
2. Terdapat perbedaan laju pengisian biji enam genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) pertama kali ditemukan di wilayah Timur Laut Afrika yang terdiri dari Etiopia, Sudan, dan Afrika Timur (Doggett, 1988 dalam Food and Agriculture Organization, 1995). Sorgum merupakan makanan pokok di daerah tropis semi kering seperti Asia dan Afrika. Tanaman sorgum menempati peringkat kelima di dunia tahun 2023 setelah jagung, beras, gandum, dan barley sebagai tanaman penghasil biji-bijian, saat ini Nigeria, Amerika Serikat, dan Sudan merupakan produsen sorgum terbesar di dunia (Food and Agriculture Organization, 2023). Produksi barley dan sorgum cukup stabil dari waktu ke waktu, jika dibandingkan dengan produksi jagung yang sangat tinggi, karena penggunaannya yang lebih luas pada sektor biofuel dan pakan ternak pada tahun tersebut (Food and Agriculture Organization, 2022).

Tanaman sorgum masuk ke Indonesia diperkirakan melalui proses penyebaran perdagangan. Wilayah Indonesia memiliki kondisi iklim dan tanah yang mendukung pertumbuhan sorgum. Daerah sub-tropis dan tropis seperti Indonesia dapat ditumbuhi tanaman sorgum. Tanaman sorgum banyak ditemukan di Pulau Jawa, Nusa Tenggara Timur, dan Nusa Tenggara Barat (Yayasan Keanekaragaman Hayati Indonesia, 2019). Sorgum menjadi tanaman sereal pangan ketiga setelah padi dan jagung. Tanaman sorgum memiliki daya adaptasi yang tinggi, toleran terhadap kekeringan, dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit. Sorgum dapat tumbuh pada daerah dengan iklim tropis kering maupun daerah dengan iklim tropis basah, juga dapat tumbuh pada daerah dataran rendah dan dataran tinggi. Selanjutnya, sorgum dapat tumbuh pada lahan marginal terutama pada lahan kering, di mana tidak semua jenis tanaman dapat tumbuh (Ruchjaniningsih dan Thamrin, 2011). Tanaman sorgum memiliki daya adaptasi

yang tinggi, toleran terhadap kekeringan, dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit.

Tanaman sereal adalah kelompok tanaman pangan yang memiliki produktivitas paling banyak pada tahun 2021, diikuti oleh tanaman gula, sayur-sayuran, tanaman penghasil minyak, buah-buahan, dan ubi-ubian. Tanaman sereal yang biasanya hanya digunakan sebagai bahan pangan dan pakan mulai diubah menjadi produk biofuel dan kosmetik (Food and Agriculture Organization, 2022). Secara umum sorgum dibagi menjadi tiga yaitu *grain sorghum*, *sweet sorghum*, dan *broom sorghum*. Masyarakat biasanya menjadikan tanaman *grain sorghum* sebagai makanan pokok sehari-hari sebagai sumber pangan pengganti karbohidrat alternatif (Suarni dan Patong, 2002), yang diolah menjadi bubur, roti, nasi, kripik, dan makanan bayi (Dicko *et al.*, 2006). Berdasarkan Ambarsari *et al.* (2020), sorgum juga diketahui memiliki kandungan lemak yang cukup tinggi, bahkan lebih tinggi dibandingkan gandum dan beras. Namun berdasarkan Maulida *et al.* (2019), kadar protein pada roti sorgum lebih rendah dibandingkan roti komersil karena kadar protein tepung sorgum lebih rendah dibandingkan kadar protein terigu.

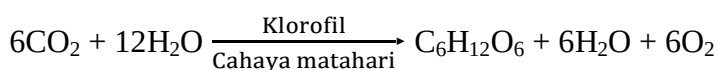
Beberapa genotipe sorgum memiliki produksi kadar gula yang tinggi pada batangnya yang kemudian disebut sebagai *sweet sorghum*. Amerika Serikat, Argentina, dan Brazil telah memanfaatkan sorgum sebagai tanaman komersial untuk pembuatan sirup gula, produksi alkohol melalui fermentasi, kosmetik, dan biofuel (Food Security Department, 2003). *Sweet sorghum* juga digunakan sebagai pakan ternak. Sorgum yang digunakan biasanya sorgum putih atau sorgum yang memiliki kandungan tanin yang rendah. Menurut Bidura (2020), ransum yang mengandung >0,50% tanin dapat menekan pertumbuhan ayam, Rayudu *et al.* (1970), dan jika mencapai 20% tanin, maka akan menyebabkan kematian. Kandungan tanin dalam jumlah rendah dapat meningkatkan pertumbuhan ternak dan produksi susu, namun jika kandungan tanin tinggi maka akan memberikan efek toksik pada mikroba rumen (Jayanegara *et al.*, 2019), namun kandungan tanin dapat diturunkan dengan cara menghilangkan kulit pada biji (Suarni, 2004), selain itu penyosohan dan perendaman dalam larutan sodium

bikarbonat juga dapat menurunkan kandungan tanin pada biji sorgum (Widowati *et al.*, 2010). Selanjutnya *broom sorghum* biasanya digunakan sebagai bahan industri seperti pembuatan sapu, hiasan pada interior rumah (Aryani *et al.*, 2022), perekat, bahan pengental, dan aditif pada industri tekstil (Sirappa, 2003).

Produksi tanaman sorgum dunia terus meningkat dari tahun 2018 yaitu sebesar 57,5 juta ton (Food and Agriculture Organization, 2018), dan pada tahun 2023 produksi sorgum dunia menjadi 60,2 juta ton (Food and Agriculture Organization, 2023). Meksiko menetapkan program untuk mendorong konsumsi sorgum dalam negeri dengan menjual 12.500 ton sorgum ke petani Oaxaca di Meksiko pada Februari 2018, sedangkan Bolivia mengumumkan bahwa petani jagung dan sorgum telah bergabung dengan proyek pemerintah untuk memproduksi dan menjual etanol sebagai bahan bakar alternatif. Masih di tahun yang sama pada bulan Mei, India meluncurkan kebijakan tentang bahan bakar nabati yaitu dengan memanfaatkan kelebihan hasil panen sorgum menjadi biofuel (Food and Agriculture Organization, 2018). Indonesia mendukung produksi sorgum dengan merumuskan peta jalan pembangunan tanaman sorgum di NTT sebagai bagian dari program diversifikasi pangan dan peningkatan gizi di tahun 2023 (Food and Agriculture Organization, 2023).

2.2 Laju Fotosintesis dan Transpirasi Tanaman Sorgum

Fotosintesis merupakan proses biokimia yang dilakukan oleh tanaman yang memiliki klorofil dengan memanfaatkan energi cahaya matahari untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi senyawa organik (Hopkins dan Huner, 2008), dengan reaksi sebagai berikut:



Laju fotosintesis dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi fotosintesis adalah kadar fotosintat, tahap pertumbuhan dan perkembangan, umur daun dan kandungan klorofil (Hidayati *et al.*, 2016), dan gen. Selain faktor internal tersebut, berikut adalah beberapa faktor eksternal yang mempengaruhi laju fotosintesis adalah intensitas cahaya, suhu,

konsentrasi CO₂, O₂, air, dan kandungan hara. Laju fotosintesis berkorelasi positif terhadap kandungan N tanaman (Husna *et al.*, 2021). Tanaman yang kekurangan air akan mengalami perubahan fisiologis seperti penurunan fotosintesis, transpirasi, dan konduksi stomata (Mudhor *et al.*, 2022).

Fotosintesis adalah proses terpenting untuk mempertahankan pertumbuhan dan perkembangan produksi tanaman (Ai dan Banyo, 2011). Laju fotosintesis bergantung pada fungsi fisiologis dan morfologi suatu tanaman. Boy *et al.* (2022), menjelaskan bahwa laju fotosintesis pada tanaman padi dipengaruhi oleh interaksi kultivar dengan kadar air. Pada kultivar padi gogo tahan kekeringan seperti Habo dan Sunggul yang memiliki laju fotosintesis yang lebih tinggi pada kadar air tanah yang lebih rendah, jika dibandingkan dengan kultivar padi gogo tidak tahan kekeringan seperti Hiwanggu dan Lambara. Berdasarkan Putri *et al.* (2021), laju fotosintesis daun bendera dan daun di bawah daun bendera pada tanaman sorgum dipengaruhi oleh genotipe. GH-13 merupakan genotipe dengan laju fotosintesis dan transpirasi tertinggi. Sedangkan Super-2 merupakan genotipe dengan laju fotosintesis dan transpirasi terendah. Hal ini diduga karena Super-2 memiliki kemampuan yang lebih baik dalam hal mendistribusikan fotosintat. Pola distribusi fotosintat bergantung dengan kemampuan sumber (*source*) untuk memproduksi dan kemampuan (*sink*) untuk menampung fotosintat. Terdapat perbedaan laju fotosintesis antara daun bendera dan daun yang berada di bawah daun bendera. Laju fotosintesis ini menurut Putri *et al.* (2021), menunjukkan bahwa daun yang berada di bawah daun bendera memiliki laju fotosintesis yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan laju fotosintesis pada daun bendera. Mansur (2011), menjelaskan bahwa daun yang lebih dahulu tumbuh akan memiliki warna yang lebih hijau. Warna daun berkaitan dengan jumlah klorofil yang akan mempengaruhi laju fotosintesis.

Laju transpirasi adalah jumlah air yang hilang per satuan waktu dari suatu tanaman. Transpirasi adalah proses pergerakan air dalam tubuh tanaman dan hilang menjadi uap air ke atmosfer (Desborough, 1997). Proses transpirasi dimulai dari penyerapan air tanah oleh akar tanaman yang kemudian dialirkan melalui batang menuju daun dan dilepaskan sebagai uap air ke atmosfer (Priyono

dan Laksmana, 2016). Suhu yang tinggi akan meningkatkan laju transpirasi, sedangkan kelembaban udara yang rendah dan intensitas cahaya yang tinggi akan meningkatkan laju transpirasi (Setiawan *et al.*, 2015).

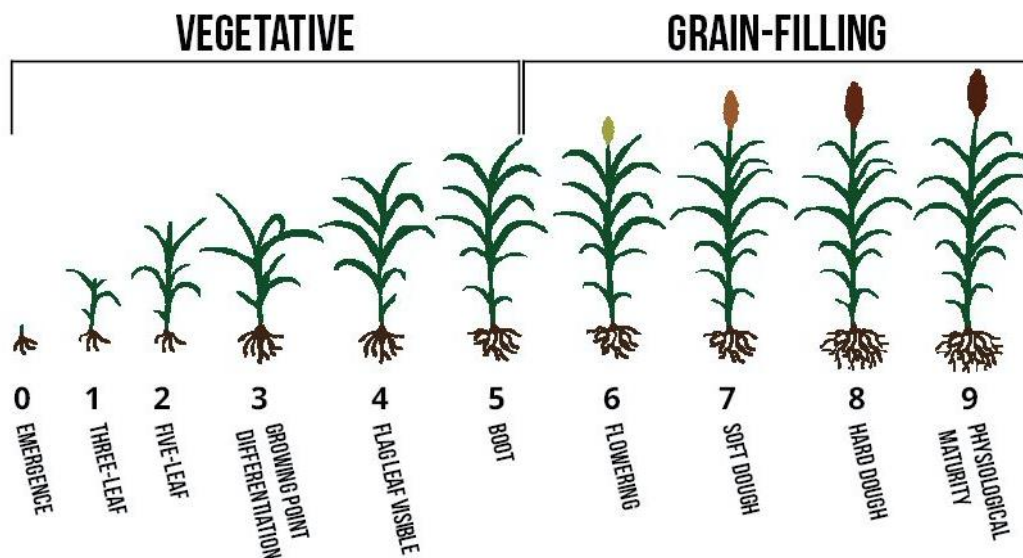
Laju fotosintesis pada tanaman padi sebesar $24,50 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Husna *et al.*, 2021), pada penelitian lain rata-rata fotosintesis pada tanaman padi sebesar $21,67 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$ dengan transpirasi sebesar $2,10 \text{mmolH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Dulbari *et al.*, 2018). Laju fotosintesis pada tanaman jagung umur 30 HST memiliki rata-rata sebesar $12,53 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ dan pada umur 60 HST menurun menjadi $3,84 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, kemudian pada laju transpirasi umur 30 HST sebesar $2,50 \text{mmolH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$ dan pada umur 60 HST sebesar $1,62 \text{mmolH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Lestari *et al.*, 2023).

Laju fotosintesis pada tanaman ratun sorgum memiliki rata-rata sebesar $15,61 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$ (Sabeti dan Aishah, 2014). Penelitian lain menjelaskan bahwa laju fotosintesis pada tanaman sorgum genotipe Numbu memiliki nilai yang paling tinggi yaitu $31,45 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$, disusul oleh N/UP-118-3 sebesar $30,63 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$, UPCA sebesar $29,31 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$, Mandau sebesar $28,67 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$, dan Kawali sebesar $26,67 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$, dengan rata-rata laju fotosintesis dari kelima genotipe tersebut sebesar $29,22 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$ (Meliala *et al.*, 2017). Selain itu Meliala *et al.* (2017), menguji laju transpirasi pada kelima genotipe tersebut dan didapatkan hasil bahwa genotipe UPCA memiliki laju transpirasi yang paling tinggi sebesar $4,65 \text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$ disusul oleh Numbu sebesar $4,14 \text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$, N/UP-188-3 sebesar $4,00 \text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$, Mandau $3,94 \text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$, dan Kawali sebesar $3,54 \text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$, dengan rata-rata laju transpirasi $4,05 \text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$.

2.3 Laju Pengisian Biji Tanaman Sorgum

United Sorghum Checkoff Program (2016), menjelaskan bahwa tanaman sorgum memiliki 10 tahap resmi pertumbuhan dan perkembangan. Tahap awal dimulai dengan tahap nol, ketika daun pertama (daun koleoptil) menembus ke permukaan tanah, berkisar 3-14 hari. Daun ini berukuran lebih pendek dan berbentuk agak membulat pada bagian ujung. Kemudian tahap satu, ketika kerah daun ketiga

terlihat, yang terjadi berkisar 10-15 hari setelah kemunculannya. Tahap satu terjadi ketika tanaman biasanya berukuran 7,62-10,16 cm. Selanjutnya tahap dua, ketika kerah daun kelima terlihat penuh dan titik tumbuh tepat berada di bawah permukaan tanah, yang terjadi berkisar 20-25 hari setelah kemunculannya. Tahap dua terjadi ketika tanaman biasanya berukuran 17,78-22,86 cm. Kemudian tahap tiga, tanaman memasuki masa pertumbuhan yang cepat dan titik tumbuh tepat di atas permukaan tanah, yang terjadi berkisar 30-40 hari setelah kemunculannya. Tahap tiga terjadi ketika tanaman berukuran 30,48-38,1 cm. Selanjutnya tahap empat, ketika daun bendera mulai terlihat, biasanya membutuhkan waktu lima hingga tujuh hari sampai terbentuknya malai.



Gambar 2. Tahap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Sorgum (United Sorghum Checkoff Program, 2016)

Tahap lima, malai berada di pelepah daun bendera. Semua kerah daun terlihat dan malai mulai terdorong keluar, dari tahap ini hingga *heading* terjadi berkisar tiga hingga lima hari setelah kemunculannya. Tanaman sorgum dianggap sudah memasuki tahap *heading* ketika 50% tanaman sudah muncul malai. Tanaman akan berkembang dengan sangat cepat hingga bunga mulai mekar. Kemudian tahap enam, terjadinya pembungaan. Tanaman sorgum mulai berbunga dari atas hingga ke bawah malai. Sorgum dianggap berbunga ketika 50% bunga dari populasi sudah mekar. Biasanya dibutuhkan waktu empat hingga sembilan hari untuk malai menyelesaikan proses pembungaan, setelah itu mulai terbentuk butir

biji masak susu yang berlangsung 7-10 hari. Tahap tujuh, biji sorgum memasuki tahap *soft dough* ketika biji dapat dihancurkan dengan jari namun sudah tidak mengandung cairan putih seperti susu, tahap ini berlangsung 7-10 hari. Tahap delapan, biji sudah mengalami pengerasan dan biji mulai berubah warna dari hijau menjadi putih, merah, coklat, atau perunggu tergantung dari genotipenya yang berlangsung sekitar 10-14 hari. Tahap Sembilan, ketika masuk masak fisiologis biji telah mencapai kadar pati maksimum. Waktu pembungaan hingga masak fisiologis terjadi sekitar 40-45 hari.

Umumnya tanaman sereal memiliki ukuran biji yang kecil dan bervariasi. Secara fisiologis, ukuran biji menentukan hasil tanaman dan merupakan fungsi antara kecepatan pengisian biji dengan lamanya waktu pengisian biji. Komponen penyusun ukuran biji tersebut ditentukan selama biji berkembang pada tanaman yang dimulai saat penyerbukan hingga biji siap panen. Menurut Santoso *et al.* (2017), biji menentukan produktivitas. Ukuran biji berkorelasi positif dengan mutu benih. Biji yang memiliki ukuran lebih besar umumnya memiliki mutu benih yang tinggi, karena memiliki cadangan makanan yang lebih banyak.

Fase pembentukan biji terdiri dari tiga tahap yaitu biji masak susu, pengerasan biji, dan biji masak fisiologis. Fase biji masak susu terjadi pada umur ± 70 hari setelah tanam (HST), saat akumulasi pati mulai terbentuk dalam biji, yang jika ditekan dengan jari akan keluar cairan putih seperti susu. Tahap selanjutnya adalah pengerasan biji yang terjadi pada umur ± 85 HST, biji sudah terbentuk secara sempurna sehingga sudah tidak dapat ditekan dengan jari. Menurut Santoso *et al.* (2017), ketika kadar air menurun, maka biji mencapai masak fisiologis. Pertumbuhan biji tidak terjadi lagi karena sudah mencapai ukuran maksimum. Tahap terakhir adalah biji masak fisiologis terjadi pada umur ± 95 HST, pada fase ini tanaman telah mencapai bobot kering maksimum.

Sutoro *et al.* (2008), menjelaskan bahwa bobot biji per tanaman berkorelasi nyata dengan laju pengisian biji. Nurmauli *et al.* (2019), membuktikan bahwa jumlah biji per tanaman berpengaruh langsung dan positif terhadap laju pengisian biji kedelai. Hal ini mungkin saja terjadi jika muncul cabang bunga dan biji pada ruas

batang, kemudian diikuti dengan laju pengisian biji yang cepat sehingga jumlah biji per tanaman akan meningkat. Jumlah polong dan laju pengisian biji pada tanaman kedelai varietas Grobogan mempunyai pengaruh yang sangat besar pada hasil tanaman (Nurmauli *et al.*, 2019). Laju pengisian biji kedelai meningkat pada fase awal pembentukan polong hingga tahap kematangan awal polong (Zaidani *et al.*, 2014), namun laju pengisian biji akan terhambat jika tanaman mengalami cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan mempengaruhi jumlah fotosintat yang dibutuhkan dalam proses pengisian biji (Sa'diyah *et al.*, 2016).

Atmaja *et al.* (2020), menjelaskan bahwa pola pengisian biji tiap varietas tanaman kedelai itu berbeda. Pola pengisian biji kedelai varietas Anjasmoro, Tanggamus, dan Grobogan selalu meningkat, sedangkan varietas Biosoy-1 mengalami penurunan laju pengisian biji setelah 14 hari fase pengisian biji dimulai. Sama halnya dengan pola pengisian biji yang berbeda tiap varietas, bobot biji 100 butir tiap varietas juga berbeda, hal ini sesuai dengan Pandiangan dan Rasyad (2017), yang mungkin dipengaruhi oleh faktor genetik. Ukuran biji tidak berkorelasi terhadap laju pengisian biji (Atmaja *et al.*, 2020). Sonjaya *et al.* (2016), menjelaskan bahwa laju pengisian biji tanaman jagung lebih maksimal jika ditanam pada pola monokultur jika dibanding dengan pola tumpangsari. Laju pengisian biji yang baik menentukan bobot biji yang berpengaruh terhadap hasil benih jagung per hektar (Bustamam, 2004). Laju pengisian biji yang berlangsung lama akan menghasilkan bobot biji yang tinggi, selama biji mampu menampung hasil asimilat (Sutoro *et al.*, 2008). Laju pengisian biji tanaman jagung sebesar 0,004 g/hari (Sonjaya *et al.*, 2016).

2.4 Pengujian Kadar Pati dengan Menggunakan Metode Luff Schoorl

Pati merupakan bentuk polisakarida yang tersimpan dalam jaringan tanaman seperti daun, batang, biji, buah, dan akar (Sajilata *et al.*, 2006). Sorgum juga mengandung pati, jenis karbohidrat yang lama dicerna oleh tubuh sehingga dapat memberikan efek kenyang yang lebih lama (Erica *et al.*, 2015), Sorgum memiliki kandungan pati berkisar 56-73% dengan rata-rata 69,5%, dengan kandungan amilosa 20-30% dan amilopektin 70-80%. Kandungan pati pada sorgum lebih

rendah jika dibandingkan dengan jagung yang memiliki kandungan pati dengan rata-rata sebesar 65-75%, dengan kandungan amilosa 24-26% dan amilopektin 74-76% (Mudjisihono dan Darmadjati, 1987). Meskipun kadar pati sorgum lebih rendah dari jagung, sorgum memiliki banyak nutrisi seperti karbohidrat, protein, vitamin B1, magnesium, zat besi, fosfor, kalium, selenium, seng, dan senyawa antioksidan seperti flavonoid, asam fenolik, dan tannin (Anshory *et al.*, 2023), selain itu sorgum memiliki indeks glikemik yang rendah, sehingga aman untuk dikonsumsi (Taylor dan Duodu, 2019). Sorgum sudah sesuai sebagai bahan pangan karena beberapa komponen gizinya sangat baik (Sungkono *et al.*, 2009).

Nurdjanah *et al.* (2007) mengatakan bahwa perbedaan varietas, lingkungan tempat tumbuh, dan umur panen dapat mempengaruhi perbedaan kadar pati. Handershott *et al.* (1972), menegaskan bahwa waktu panen merupakan salah satu yang menentukan untuk memperoleh kadar pati yang tinggi. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk uji kadar pati adalah sebagai berikut:

- a. Metode Pengeringan (Thermogravimetri)
- b. Metode Luff Schoorl
- c. Metode Fehling dan Moore
- d. Metode Enzimatis
- e. Metode Kromatografi

Berdasarkan beberapa metode tersebut, metode yang lebih sering digunakan adalah Metode Pengeringan (Thermogravimetri), Metode Luff Schorl, dan Metode Fehling dan Moore, karena proses pengujiannya yang sederhana dan tidak memerlukan peralatan yang spesifik (Ifmaily, 2018). Nelson (2013), menjelaskan bahwa Metode Luff Schoorl merupakan metode terbaik dengan kesalahan sebesar 10%, dengan prinsip iodometri. Ion iodida menjadi dasar penentuan kadar gula dengan merubah pati menjadi gula dengan cara hidrolisis. Gula yang dihasilkan akan melepaskan I_2 yang dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ (Underwood, 2014). Avif dan Aptika (2020), melakukan pengujian pada tepung dari dua genotipe sorgum yang berbeda yaitu Bioguma dan Sorgum Lokal Malaka di NTT. Berdasarkan analisis kimia yang dilakukan, sorgum dengan genotipe Bioguma memiliki kandungan kadar pati sebesar 65,86%, dengan kandungan amilosa

sebesar 19,59% dan kandungan amilopektin sebesar 46,27%. Sedangkan pada genotipe Lokal Malaka memiliki kandungan pati sebesar 51,32%, dengan kandungan amilosa sebesar 17,34% dan kandungan amilopektin sebesar 33,98%. Kadar pati yang terkandung dalam genotipe Numbu sebesar 18% (Sitanggang *et al.*, 2018).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Lampung. Penanaman tanaman sorgum dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu. Kemudian, pengujian bobot kering dilakukan di Laboratorium Bioteknologi. Selanjutnya, pengujian kadar pati biji sorgum dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2021 hingga Oktober 2022.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkul, gunting, kamera, ember, tali rapia, label sampel, jangka sorong, stapler, meteran, LI-6800 *photosyntetic system*, oven, *seed counter*, *hot plate*, *magicom*, *magnetic stirrer*, *beaker glass*, neraca analitik, lemari asam, buret, pipet ukur, pipet tetes, erlenmeyer, labu ukur, kertas saring, dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah 6 genotipe sorgum (Numbu dan Samurai-2 yang didapat dari Balitbangtan Serealia, Bioguma-1 yang berasal dari petani lokal di Lampung Selatan, Pahat dan Samurai-1 berasal dari PAIR BATAN, dan Kawali didapat dari IPB), pupuk (urea, TSP, dan KCl), tepung sorgum yang sudah disaring dengan kerapatan 100 mesh, aquades, HCl (hidrogen klorida), indikator PP (fenolftalein), NaOH (natrium hidroksida), larutan luff schoorl, KI, H₂SO₄ (asam sulfat), Na₂S₂O₃ (natrium tiosulfat), dan indikator amilum.

3.3 Metode Penelitian

Perlakuan disusun secara faktor tunggal yaitu menggunakan genotipe Numbu, Kawali, Pahat, Bioguma-1, Samurai-1, dan Samurai-2 dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua ulangan. Homogenitas ragam diuji

dengan Uji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan Uji Tukey. Jika kedua asumsi terpenuhi maka dilakukan analisis ragam yang dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%, analisis data menggunakan program RStudio dan pengujian stabilitas keenam genotipe sorgum dengan stabilitysoft. Bentuk umum dari model linier rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

- Y_{ij} = Nilai pengamatan dari blok ke-i dan klon ke-j
- μ = Nilai tengah umum
- β_i = Pengaruh blok ke-i
- τ_j = Pengaruh genotipe ke-j
- ϵ_{ij} = Nilai galat pada blok ke-i dan genotipe ke-j

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan lahan

Persiapan lahan dilakukan dengan cara mengolah tanah. Pengolahan tanah dilakukan untuk membalik dan menggemburkan struktur tanah sehingga memudahkan perakaran untuk masuk ke dalam tanah dan memudahkan akar tanaman menyerap unsur hara. Pengolahan tanah dilakukan secara mekanik menggunakan cangkul, kemudian dibuat dua petakan sebagai ulangan yang masing-masing berukuran 2.300 cm x 300 cm dengan jarak antarpetak ulangan adalah 60 cm.

3.4.2 Penanaman

Penanaman benih sorgum dilakukan dengan cara ditugal. Lubang tanam dibuat sedalam 5 cm dengan tiap lubang tanam diisi 5 benih sorgum. Jarak tanam yang digunakan adalah 20 cm x 60 cm, sehingga didapatkan populasi sebanyak 300 tanaman tiap ulangan.

3.4.3 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman sorgum melibatkan serangkaian kegiatan untuk memastikan pertumbuhan dan hasil yang optimal. Pemeliharaan terdiri dari:

a. Pemupukan

Pemupukan awal dilakukan dengan memberikan pupuk dasar sebelum penanaman atau saat persiapan lahan dengan pupuk kandang sebanyak 60 kg tiap petak ulangan. Pemupukan menggunakan pupuk anorganik dilakukan sebanyak dua kali dengan dosis 200 kg urea ha⁻¹, 100 kg TSP ha⁻¹, dan 100 kg KCl ha⁻¹. Pemupukan pertama yaitu dengan 100 kg urea ha⁻¹, 100 kg TSP ha⁻¹, dan 100 kg KCl ha⁻¹ pada 4 minggu setelah tanam (MST) dan pemupukan kedua yaitu dengan 100 kg urea ha⁻¹ pada 9 MST.

b. Penyiraman

Penyiraman dilakukan untuk menjaga agar tanaman tidak mengalami kekeringan, meskipun pada dasarnya tanaman sorgum merupakan tanaman yang tahan terhadap kekeringan. Penyiraman dilakukan sebanyak dua kali yaitu pagi dan sore hari.

c. Penyiangan

Penyiangan dilakukan untuk mengurangi persaingan antara tanaman sorgum dengan gulma dalam hal kebutuhan unsur hara maupun cahaya matahari. Penyiangan dilakukan tiap sore hari sebelum dilakukan penyiraman tanaman.

d. Penjarangan

Penjarangan dilakukan dengan mencabut tunas muda tanaman sorgum yang tumbuh dan menyisakan dua tunas yang terbaik. Penjarangan dilakukan pada 3 MST dan 8 MST.

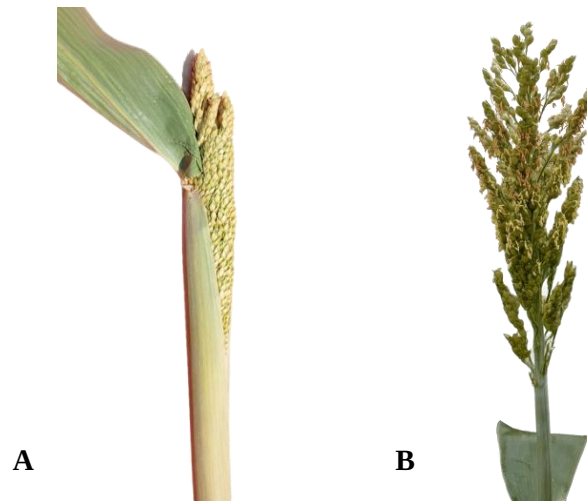
e. Penyungkupan

Penyungkupan merupakan pembungkusan malai sorgum dengan menggunakan kain strimin dengan tujuan untuk melindungi biji sorgum dari serangan hama terutama burung yang dilakukan saat tanaman sorgum mulai mengalami pengisian biji pada malai. Ukuran kain strimin yang digunakan untuk tiap malai yaitu 30 cm x 20 cm.

3.5 Variabel Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan adalah pengamatan destruktif. Sampling atau pelabelan dilakukan ketika 50% tanaman sorgum pada suatu genotipe telah memasuki fase *booting* (Gambar 3A). Kemudian, sebanyak tiga tanaman yang

telah diberi label diamati dengan interval waktu yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25 hari. Pengamatan ini dilakukan setelah malai tanaman sorgum mengalami polinasi (Gambar 3B) (Gambar 3A dan 3B merupakan dokumentasi pribadi).



Gambar 3. A. Malai pada Fase *Booting* dan B. Malai pada Fase Polinasi

3.5.1 Komponen Utama

a. Laju Fotosintesis ($\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dan Transpirasi ($\text{molH}_2\text{O dm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

Pengukuran laju fotosintesis dan transpirasi dilakukan secara bersamaan, sebanyak dua kali pengamatan yaitu pada 9 dan 13 MST. Pengamatan dilakukan di Laboratorium Lapangan Terpadu pada pukul 10.00 WIB. Bagian tanaman yang diamati yaitu daun bendera dan daun yang berada di bawah daun bendera, dengan mengukur tiga titik bagian daun yaitu ujung, tengah, dan pangkal daun pada masing-masing daun menggunakan *LI-6800 Portable Photosynthesis System*.

b. Laju Pengisian Biji (g/hari)

Laju pengisian biji dihitung berdasarkan selisih bobot kering biji 100 butir pada tiap interval waktu pengamatan. Pengukuran bobot dan interval waktu yang digunakan harus konsisten untuk mendapatkan hasil yang akurat. Laju pengisian biji dihitung dengan rumus:

$$\text{Laju pengisian biji} = \frac{(\text{BK biji ke } n - \text{BK biji ke}(n - 1))}{\text{selang waktu}}$$

c. Bobot Biji 100 Butir (g)

Penghitungan bobot biji 100 butir dilakukan dengan cara memilih 100 butir biji secara acak pada tiap pengamatan destruktif. Meskipun biji dipilih secara acak, namun ada beberapa kriteria yaitu dengan memastikan kondisi fisik biji. Biji yang dipilih adalah biji yang memiliki ukuran dan bentuk yang seragam, lalu bentuk biji tidak boleh rusak. Kemudian 100 butir biji tersebut ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui bobot segar biji 100 butir. Kemudian biji dikeringanginkan selama 24 jam. Selanjutnya, 100 butir biji dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 72 jam, kemudian 100 butir biji diukur bobot keringnya menggunakan timbangan. Dicatat bobot segar dan bobot kering yang sudah didapatkan.

d. Bobot Dompolan per Tanaman (g)

Penghitungan bobot dompolan per tanaman dilakukan dengan cara dompolan ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui bobot segar dompolan per tanaman. Kemudian dompolan dikeringanginkan selama 24 jam. Selanjutnya, dompolan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 72 jam, kemudian dompolan diukur bobot keringnya menggunakan timbangan. Dicatat bobot segar dan bobot kering yang sudah didapatkan.

e. Jumlah Biji per Tanaman (butir)

Jumlah biji per tanaman diperoleh dengan menghitung banyaknya biji pada tiap tanaman sampel. Pengukuran jumlah biji per tanaman dilakukan saat tanaman sorgum sudah dipanen dengan terlebih dahulu merontokkan biji dari dompolan (*head*). Dicatat jumlah biji yang telah didapatkan.

3.5.2 Komponen Pendukung

a. Panjang Batang (cm)

Panjang batang tiap sampel diukur dari buku batang terbawah sampai dengan pangkal daun teratas yang daunnya sudah membuka sempurna (*culler*) yang diukur menggunakan alat ukur panjang. Dicatat panjang batang tiap sampel yang telah didapatkan.

b. Diameter Batang (cm)

Diameter batang diukur pada 3 titik yaitu bagian atas, tengah, dan bawah batang yang kemudian hasilnya dirata-rata. Dicatat diameter batang tiap sampel yang telah didapatkan.

c. Jumlah Daun (helai)

Penghitungan dilakukan dengan menghitung jumlah daun yang telah membuka sempurna per tanaman. Daun yang dihitung adalah daun yang masih berwarna hijau dan masih melekat pada batang tanaman sorgum, kemudian catat jumlah daun tiap sampel yang telah didapatkan.

d. Panjang Malai (cm)

Panjang malai diukur dari ujung atas hingga ke pangkal yang diukur menggunakan alat ukur panjang. Dicatat ukuran panjang malai yang telah didapatkan.

e. Bobot Kering Batang (g)

Bobot kering batang didapatkan dari batang tanaman sampel yang telah dipanen. Batang sorgum dibersihkan dari daun-daun yang masih menempel lalu dipotong menjadi bagian yang lebih kecil. Selanjutnya batang dikeringanginkan selama 24 jam dan dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 72 jam, kemudian batang diukur bobot keringnya menggunakan timbangan.

f. Bobot Kering Daun (g)

Bobot kering daun diperoleh dari daun tanaman sampel yang telah dipanen. Daun tanaman dipisahkan dari batang lalu dikering anginkan selama 24 jam. Selanjutnya daun dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 72 jam, kemudian daun diukur bobot keringnya menggunakan timbangan.

g. Bobot Kering Malai (g)

Malai yang telah dipanen dikeringanginkan terlebih dahulu selama 24 jam. Setelah itu biji dipisah dari malai dengan cara dipipil. Kemudian malai dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 72 jam, kemudian malai diukur bobot keringnya menggunakan timbangan.

f. Kadar Pati per Tanaman (%)

Analisis kadar pati dilakukan dengan menghaluskan biji sorgum yang telah dikeringkan dengan oven. Hasil gilingan biji sorgum tersebut diayak menggunakan *test sieve mesh* 100, yang kemudian hasilnya akan menjadi tepung sorgum. Sebelum dilakukan analisis kadar pati pada tepung sorgum, dilakukan pembuatan blanko terlebih dahulu. Blanko mengacu pada sampel kontrol yang tidak mengandung bahan yang sedang diuji. Penggunaan blanko adalah praktik yang sangat umum dalam metode analisis laboratorium untuk memastikan keakuratan dan kendala hasil. Kadar pati dianalisis dengan titrasi asam basa menggunakan metode Luff Schoorl. Kadar pati dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar pati (\%)} = \frac{\text{Vol. labu}}{\text{Vol pipet}} \times \frac{\text{mg gula produksi}}{\text{mg sampel}} \times 100\% \times 0,9$$

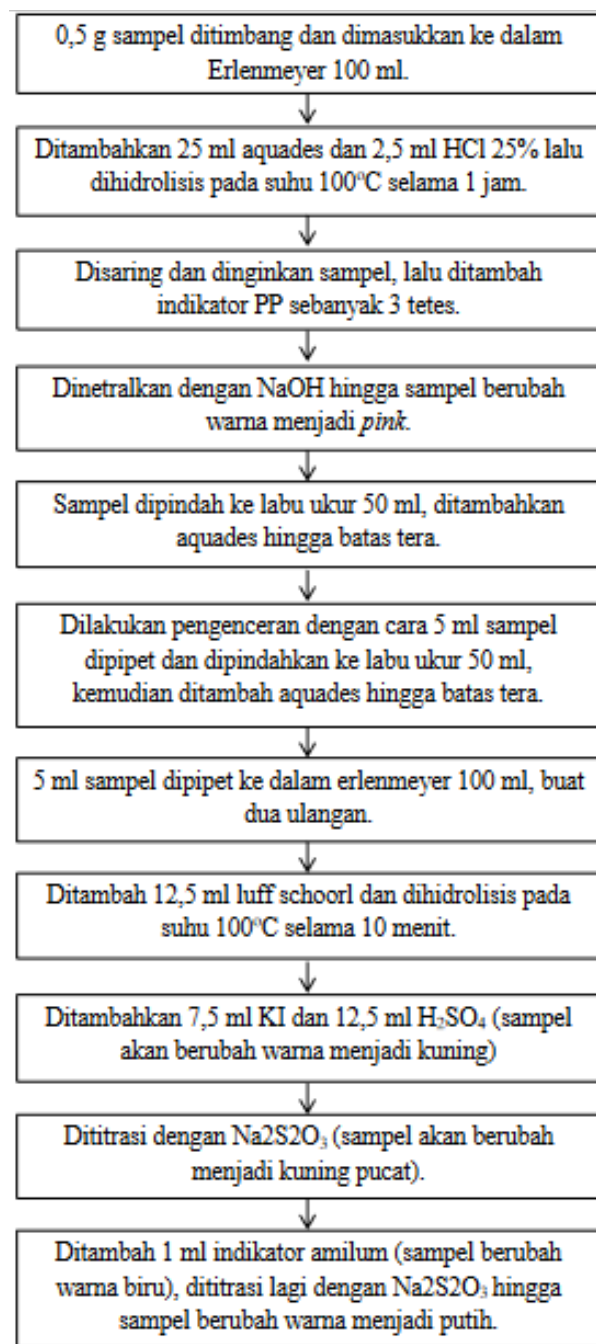
Sebelum melakukan perhitungan kadar pati, perlu diketahui volume dari larutan natrium tiosulfat terlebih dahulu. Setelah volume natrium tiosulfat diketahui maka dapat ditentukan mg gula produksi berdasarkan Tabel 1 menurut Sudarmadji *et al.* (1997). Penentuan volume natrium tiosulfat dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Volume tiosulfat} = (\text{Vol. blanko} - \text{Vol. titrasi}) \times \frac{\text{N natrium tiosulfat}}{0,1}$$

Tabel 1. Penentuan glukosa, fruktosa, dan gula invert dalam suatu bahan pangan dengan metode luff schoorl

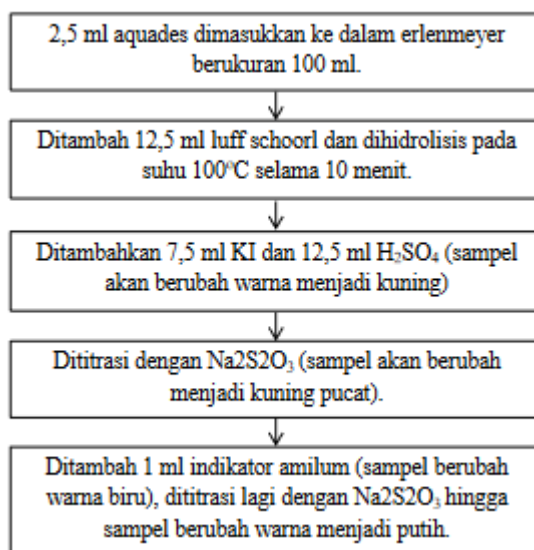
Konsentrasi Pelarut 0,1 N Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Glukosa, Fruktosa, dan Gula Invert (mg)	Konsentrasi Pelarut 0,1 N Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Glukosa, Fruktosa, dan Gula Invert (mg)
1	2,4	13	33,0
2	4,8	14	35,7
3	7,2	15	38,5
4	9,7	16	41,3
5	12,2	17	44,2
6	14,7	18	47,1
7	17,2	19	50,0
8	19,2	20	53,0
9	22,4	21	56,0
10	25,0	22	59,1
11	27,6	23	62,2
12	30,3	24	-

Langkah-langkah pengujian sampel adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Alur Pengujian Sampel Kadar Pati Tepung Sorgum

Berikut adalah cara pembuatan blanko untuk pengujian kadar pati dengan metode luff schoorl:



Gambar 5. Diagram Pembuatan Blanko Pengujian Kadar Pati Tepung Sorgum

g. Bobot Pati (g)

Bobot pati didapatkan dari hasil perkalian antara bobot sampel tepung sorgum yang akan digunakan untuk pengujian kadar pati dengan hasil kadar pati yang telah dianalisis.

3.6 Analisis Uji Stabilitas

Program Stabilitysoft adalah perangkat lunak online berbasis JavaScript dan R untuk menghitung beberapa statistik parametrik dan non-parametrik univariat untuk berbagai sifat tanaman budidaya. Statistik ini mencakup komponen varians rata-rata (θ_i) Plaisted dan Peterson, komponen varians GE ($\theta(i)$) Plaisted, indeks stabilitas ecovalence Wricke (Wi^2), koefisien regresi (bi), deviasi dari regresi (S^2_{di}), varians stabilitas Shukla (σ^2_i), koefisien variasi lingkungan (CV_i), statistik Nassar dan Huhn ($S^{(1)}$, $S^{(2)}$), persamaan Huhn ($S^{(3)}$ dan $S^{(6)}$), statistik non-parametrik Thennarasu ($NP^{(i)}$), dan peringkat-sum Kang. Statistik ini penting dalam identifikasi genotipe yang stabil. Program ini dapat membandingkan dan memilih genotipe di berbagai percobaan. Akurasi hasil yang diperoleh dari perangkat lunak ini telah diuji pada beberapa tanaman budidaya.

Penelitian ini menggunakan data enam genotipe sorgum dan dua ulangan yang diasumsikan sebagai multilokasi. Stabilitas suatu genotipe adalah kemampuan suatu genotipe yang memiliki fenotipe yang tidak banyak mengalami perubahan pada berbagai lingkungan yang beragam. Plaisted dan Peterson (1959) mengusulkan komponen varian interaksi lingkungan genotipe untuk interaksi antara masing-masing kemungkinan pasangan genotipe dan mempertimbangkan rata-rata perkiraan semua kombinasi dengan genotipe yang sama sebagai ukuran stabilitas. Oleh karena itu, genotipe yang menunjukkan nilai θ_i lebih rendah dianggap lebih stabil. Komponen varians interaksi genotipe dengan lingkungan (GE) Plaisted merupakan modifikasi dari parameter stabilitas. Dalam pendekatan ini, genotipe ke- i dihapus dari seluruh set data dan varians GEI dari subset ini adalah indeks stabilitas untuk genotipe ke- i . Menurut statistik ini, genotipe yang menunjukkan nilai yang lebih tinggi untuk $\theta(i)$ dianggap lebih stabil. Genotipe yang lebih stabil dianggap sebagai genotipe yang layak untuk penerbitan varietas unggul.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Laju fotosintesis daun bendera tertinggi pada 9 MST adalah genotipe Pahat ($30,79 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dan terendah adalah genotipe Numbu ($25,84 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Kemudian genotipe dengan laju fotosintesis daun bendera tertinggi pada 13 MST adalah Samurai-2 ($29,38 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dan terendah adalah genotipe Bioguma-1 ($20,39 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Genotipe dengan laju fotosintesis daun di bawah daun bendera tertinggi pada 9 MST adalah Samurai-1 ($34,91 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dan terendah adalah genotipe Numbu ($23,95 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Sebaliknya genotipe dengan laju fotosintesis daun di bawah daun bendera tertinggi pada 13 MST adalah Samurai-1 ($24,61 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dan terendah adalah genotipe Pahat ($18,81 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$).
2. Terdapat perbedaan laju pengisian biji pada enam genotipe sorgum, laju pengisian biji tertinggi hingga terendah pada periode 20-25 HSP adalah Samurai-1 (0,22 g/hari), Samurai-2 (0,14 g/hari), Bioguma-1 (0,11 g/hari), Pahat (0,10 g/hari), Kawali (0,04 g/hari), dan Numbu (0,01 g/hari).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk melakukan pengukuran karakter daun mencakup luas daun, kehijauan daun, dan jumlah stomata pada daun bendera.

DAFTAR PUSTAKA

- Ai, N.S., dan Banyo, Y. 2011. Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11(2):166-173.
- Ambarsari, I., Endrasari, R., dan Hidayah, R. 2020. Kandungan nutrisi dan kualitas sensori produk minuman sereal sarapan berbasis flakes jagung, jali, dan sorgum. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 17(1):108-116.
- Anshory, J., Elisa, D.J., Ummi, K., Ika, W.W., Nuzul, A.A.S., Irlina, R.I., Yunita, D.S., Andi, T.K., Chaidir, M.M., Syefira, S., dan Fahrul, R. 2023. *Ilmu Bahan Makanan*. PT. Global Eksekutif Teknologi. Sumatera Barat.
- Atmaja, I.S.F., Lubis, I., dan Heni. P. 2020. Laju pengisian biji pada beberapa varietas kedelai dengan berbagai ukuran biji. *Jurnal Agronomi. Indonesia*. 48(2):142-149.
- Aqil, M., Zubachtrodin., dan Rafar. 2013. *Deskripsi Varietas Unggul Jagung, Sorgum, dan Gandum*. Balai Penelitian Tanaman Sereal. Malang. 22p.
- Aryani, N., Khusnul, K., Faiqatun, N.T., Aliyah, I.K., Nur, M., dan Nurfadillah, W.A. 2022. *Budidaya Tanaman Sorgum (Sorghum bicolor [L.] Moench)*. FMIPA UNM dan Balai Penelitian Tanaman Sereal. Makassar. 57p.
- Avif, A.N., dan Aptika, O. 2020. Analisis sifat kimia tepung dan pati sorgum dari varietas bioguma dan lokal di provinsi nusa tenggara timur, Indonesia. *Lantanida Journal*. 8(2):96-188.
- Bidura, I.G.N.G. 2020. *Bahan Makan Ternak*. Bahan Ajar Program Studi Peternakan Universitas Udayana. Denpasar. 133p.
- Boy, R., Didik, I.D., Eka, T.S.P., dan Budiastuti, K. 2022. Tanggapan fisiologis dan hasil empat kultivar padi gogo lokal sulawesi tengah terhadap cekaman kekeringan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 24(2):132-144.
- Bustamam, T. 2004. Pengaruh posisi daun jagung pada batang terhadap pengisian dan mutu benih. *Jurnal Stigma*. 12(2):205-208.
- Dermawan, R. 2011. *Respon Genotipe Sorgum (Sorghum bicolor L. Moench) Terhadap Pemupukan P pada Berbagai Taraf Kejenuhan Aluminium di Tanah Masam*. Pascasarjana. IPB. Bogor. 106p.

- Desborough, C.E. 1997. The impact of root weighting on the response of transpiration to moisture stress in land surface schemes. *Monthly Weather Review*. 125:1920-1930.
- Dicko, M.H., Gruppen, H., Traore, A.S., Voragen, A.G.J., dan Van, W.J.H. 2006. Sorghum grain as human food in Africa, relevance of content of starch and amylase activities. *Afr. J. Bioetchnology*. 5(5):384-395.
- Doggett, H. 1988. Sorghum Londres, Longman Scientific and Technical. dalam Food and Agriculture Organization. 1995. Sorghum and Millets in Human Nutrition. *FAO Food and Nutrition Series, no.27*. Roma, Italia.
- Dulbari., Edi, S., Eko, S., dan Yonny, K. 2018. Mekanisme morfologi dan fisiologi tanaman padi pada kondisi rebah dan strategi adaptasinya. *Jurnal Ilmiah Inovasi*. 18(3):119-126.
- Erica, R.S.M., Sabrina, A.L., Caroline, J.S., Cicero, B.M., dan Valeria, A. 2015. Sorghum flour fractions: correlations among polysaccharides, phenolic compounds, antioxidant activity, and glycemic index. *Elsevier*. 180:116-123.
- Food and Agriculture Organization. 2018. *Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 169p.
- Food and Agriculture Organization. 2022. *Agricultural Production Statistics: 2000-2021*. Analytical Brief Series No. 60. Roma Italia. 17p.
- Food and Agriculture Organization. 2023. *Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 160p.
- Fitter, A.H., dan Hay, R.K.M. 1994. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Food Security Department. 2003. Sorghum: Post-harvest operations. Dalam Reddy, B.V.S., Ramesh, S., Borikar, S.T., dan Sahib, H. 2007. ICRISAT-Indian NARS partnership sorghum improvement research: strategies and impacts. *Curr. Sci*. 92(7):909-915.
- Fourcaud, T., Zhang, X., Stoe, A., Lambers, H., and Komer, C. 2008. Plant growth modeling and application: the increasing importance of plant architecture in growth models. *Ann. Bot*. 101:1053-1063.
- Gomes, F.P., Olivia, M.A., Mielke, M.S., Almeida, A.A.F., and Aquino, L.A. 2010. Osmotic adjustment proline accumulation, and cell membrane stability in leaves of *Cocos nucifera* submitted to drought stress. *Scientia Horticulturae*. 126:379-384.

- Hadi, M.S. 2020. *Karakter genotipe sorgum (Sorghum bicolor [L.] Moench) pada Sistem Tumpangsari Dengan Ubikayu Berdasarkan Sifat Agronomi, Produksi Bioetanol, dan Keberadaan Serangga*. Program Doktor Ilmu Pertanian. Universitas Lampung. Lampung.
- Handershott, C.N., Ayres, J.C., Brannen, S.J., Dempsey, A.H., Lehman, P.S., Obioha, F.C., Seley, D.J., and Tan, K.H. 1972. *a Literature Review and Research Recommendation on Cassava (Manihot esculenta Crantz)*. Aidcontract csd. University of Georgia. Georgia.
- Hidayati, N., Triadiati., and Anas, I. 2016. Photosynthesis and transpiration rates of rice cultivated under the system of rice intensification and the effects on growth and yield. *Hayati J. Biosci.* 23:67-72.
- Hopkins, W.G., and Huner, N.P.A. 2008. *Introduction to Plant Physiology Fourth Edition*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken. 503p.
- Husna, M., Sugiyanta., dan Etty, P. 2021. Respons hasil padi dan hara tanah sawah terhadap bakteri pelarut fosfat dan pemfiksasi nitrogen. *Agrotechnology Research Journal*. 5(2):91-96.
- Ifmaily. 2018. Penetapan kadar pati buah sukun (*Artocarpus altilis* L) dengan metode luff school. *Chempublish Journal*. 3(1):1-10.
- Jayanegara, A., Ridla, M., Erika, B.L., dan Nahrowi. 2019. *Komponen Antinutrisi pada Pakan*. Ipb Press. Bogor. 108p.
- Kamil, J. 1979. *Teknologi Benih*. Angkasa Raya Padang. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2023. Bioguma-1. <https://dpkp.jogjaprovo.go.id/detail-benih/Sorgum+Varietas+Bioguma+1+Agritan/190523/4212af0b595933d7098d75750a4b713dc2326dee2ceb483bcd557662557332ef735>. Diakses 23 Februari 2024.
- Kementerian Pertanian. 2023. Kawali. <https://dpkp.jogjaprovo.go.id/detail-benih/Shorgum+Varietas+Kawali/280523/02fe158d7e3850fc0effa4abede545081be8e8ace4070576e49b951782fee129755>. Diakses 23 Februari 2024.
- Kristanto, B.A., Indradewa, D., Ma'as., dan Sutrisno, R.D. 2014. Penuaan daun, kandungan klorofil daun dan hasil biji sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) di bawah kondisi cekaman kekeringan. *Jurnal Agro UPY*. 6(1):38-49.
- Lestari, D., Fitri, K., Rizal, P., Mira, A., dan Theo, M.S. 2023. Karakteristik fisiologis tanaman jagung (*Zea mays* L. Var. *Saccharata* Sturt) pada kondisi kekurangan air dan aplikasi pupuk kalium. *Jurnal Ilmiah Inovasi*. 23(2):152-156.

- Mansur, M. 2011. Laju fotosintesis jenis-jenis pohon pionir hutan sekunder di taman nasional gunung halimun salak jawa barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 12(1): 35-42.
- Maulida, Z., Aini, N., Sustriawan., dan Sumarmono, J. 2019. Formulasi roti bebas gluten berbasis tepung sorgum dengan penambahan pati garut dan gum arab. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 16(2):90-98.
- Meliala, M.G., Trikoesoemaningtyas., dan Didy, S. 2017. Keragaman dan kemampuan meratun lima genotipe sorgum. *J. Agron. Indonesia*. 45(2):154-161.
- Mudhor, M.A, Dewanti, P., Handoyo, T., dan Ratnasari, T. 2022. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi hitam varietas jeliteng. *Jurnal Agrikultura*. 33(3):247-256.
- Mudjisihono, R., dan Damardjati, D.D. 1987. Prospek kegunaan sorgum sebagai sumber pangan dan pakan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 6(1):1-5.
- Nelson, D. 2018. *Lehninger Principles of Biochemistry*, 6th ed., W.H. Freeman and Company. 819p.
- Novianti, R. 2012. *Pengaruh Umur Panen dan Kualitas Fisiologis Biji Jagung (Zea mays L.)*. Undergraduate thesis. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Nurdjanah, S., Susilawati., dan Maya, R.S. 2007. Prediksi kadar pati ubikayu (*Manihot esculenta*) pada berbagai umur panen menggunakan penetrometer. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 2:65-73.
- Nurmauli, N., Timotiwu, P.B., Agustiansyah., dan Ermawati. 2019. Hubungan karakter agronomi terhadap hasil dua varietas tanaman kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Hortikultura Indonesia*. 1:532-537.
- Pandiangan, N.D., dan Rasyad, A. 2017. Komponen hasil biji beberapa varietas tanaman kedelai (*Glycine max* L.Merril) yang ditanam pada empat waktu aplikasi pupuk nitrogen. *JOM FAPERTA*. 4(2):1-14.
- Paresta, R. 2022. *Variasi Genetik, Fenotipe, dan Analisis Jalur pada Tiga Klon Unggulan Ubikayu (Manihot esculenta Crantz)*. Jurusan Magister Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. 102p.
- Plaisted, R.I., and Peterson, L.C. 1959. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*. 36:381–385.
- Pranoto, H. 1990. *Biologi Benih*. IPB Press. Bogor.

- Pratiwi, G.A. 2021. *Pertumbuhan dan Komponen Hasil Beberapa Genotipe Sorghum (Sorghum bicolor [L.] Moench) Akibat Pemotongan Daun Bendera*. Universitas Lampung. Lampung.
- Prijono, S., dan Teguh, S.L. 2016. Studi laju transpirasi *Peltophorum dassyrachis* dan *Gliricidia sepium* pada sistem budidaya tanaman pagar serta pengaruhnya terhadap konduktivitas hidrolik tidak jenuh. *J-PAL*. 7(1):15-24.
- Puspitarini, C.N. 2022. *Respon Pertumbuhan dan Hasil Sorghum (Sorghum bicolor L.) Terhadap Olah Tanah dan Dosis Pupuk pada Musim Tanam Ke-7 di Gedung Meneng*. Universitas Lampung. Lampung. 86p.
- Putri, I.Y., Hadi, M.S., Setiawan, K., dan Kamal, M. 2021. Evaluasi karakter agronomi dan laju fotosintesis empat genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). *Jurnal Kelitbangan-Inovasi Pembangunan*. 9(1):1-14.
- Rachmadi, M. 2002. *Pengantar Pemuliaan Tanaman Membiak Vegetatif*. Universitas Padjajaran. Bandung. 159p.
- Rayudu, G.V.N., Cadrival, R., Vohra., dan Kratzer, F.H. 1970. Toxicity of tannic acid and its metabolites of chickens. *Poultry Sci*. 49.
- Rizal, S. 2017. Pengaruh nutrisi yang diberikan terhadap pertumbuhan tanaman sawi pakchoy (*Brassica rapa* L.) yang ditanam secara hidroponik. *Jurnal Sainmatika*. 14(1):38-44.
- Ruchjaniningsih., dan Thamrin, M. 2011. *Penampilan fenotipik karakter penting pada genotipe jagung toleran N rendah dan berumur genjah di lahan kering bantaeng sulawesi selatan*. *Seminar Nasional. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian*. Sulawesi Selatan.
- Saberi, A.R., dan Aishah, H.S. 2014. Physiological effects on regrowth of forage sorghums ratoon crop under varying salinity and irrigation frequency. *British Journal Appl. Science Tech*. 4:2277-2289.
- Sa'diyah, N., Christian R.S., dan Maimun, B. 2016. Korelasi dan analisis lintas karakter agronomi kedelai (*Glycine max* L.) keturunan persilangan wills x mlg 2521. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 16(1):45-53.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S., dan Kulkarni, P.R. 2006. Resistant starch: a review. *Comp Rev Food Sci Food*. 5:1-17. dalam Rosida, Dedin Finatsiyatull. 2021. *Pati Termodifikasi dari Ubi-Umbian Lokal dan Aplikasinya untuk Produk Pangan*. PMN. Surabaya.
- Santoso, A., Rasyad, A., dan Zuhry, E. 2017. Pola perkembangan biji dan perubahan mutu benih berbagai kultivar sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). *Jom Faperta*. 4(1):1-11.

- Santoso, B.B., dan Parwata. 2017. Viabilitas biji dan pertumbuhan bibit tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lam). *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*. 3(2):1-8.
- Sari, D.I. 2009. *Studi Laju Fotosintesis Hasil pada Kedelai (Glycine max L. Merrill) F2 I Persilangan Var. Brawijaya dengan Var. Argomulyo*. Universitas Brawijaya. Malang. 153p.
- Setiawan, A.B., Sri, W.B.R., dan Cahyo, W. 2015. Hubungan kemampuan transpirasi dengan dimensi tumbuh bibit tanaman *Acacia decurrens* terkolonisasi *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita*. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 6(2):107-113.
- Setyawan, D.E., Denna, E.M., dan Setiyono. 2015. Pengaruh perbedaan naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tiga varietas jagung (*Zea mays* L.) komposit. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1(1):1-6.
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia sebagai Komoditas Alternatif untuk Pangan, Pakan, dan Industri. *Jurnal Litbang Pertanian*. 22(4):133-140.
- Sitanggang, A.B., Budijanto, S., dan Marisa. 2018. Physicochemical characteristics of starch from Indonesian numbu and genjah sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). *Cogent Food and Agriculture*. 4(1).
- Sitompul, M., dan Guritno, B. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Gajah Mada Press. Yogyakarta. 412p.
- Sitorus, U.K.P., Siagian, B., dan Rahmawati, N. 2014. Respons pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian abu boiler dan pupuk urea pada media pembibitan. *Jurnal Online Agroteknologi*. 2(3):1021-1029.
- Sonjaya, T., Herawati, H., dan Niar, N. 2016. Efisiensi pemupukan urea dan lahan pada tumpangsari jagung dan kacang tanah dalam meningkatkan hasil jagung. *J. Agrotek Tropika*. 4(3):198-204.
- Suarni., dan Patong. 2002. Tepung sorgum sebagai bahan substitusi terigu. *Jurnal Penelitian Pertanian*. 21(1):43-47.
- Suarni. 2004. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. *Jurnal Litbang Pertanian*. 23(4):145-151.
- Sudarmadji, S., Bambang, H., dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian Ed. IV*. Alberti. Yogyakarta.
- Sugiartno, A., Marisa, H., dan Sarno. 2020. Pemodelan pengaruh peningkatn suhu udara terhadap laju transpirasi bibit *Lansium domesticum* Corr

menggunakan metode photometer yang dimodifikasi. *Sribios:Sriwijaya Bioscientia*. 1(1):31-34.

- Sungkono., Trikoesoemaningtyas., Wirnas, D., Sopandie, S., Human., dan Yudianto, M.A. 2009. Pendugaan parameter genetik dan seleksi galur mutan sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) di tanah masam. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 37(3):220-225.
- Suroso, B., dan Ahmad, J.S. 2016. Potensi hasil dan kontribusi sifat agronomi terhadap hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.) pada sistem pertanaman monokultur. *Agritrop Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 10(3):124-33.
- Sutoro., Dewi, N., dan Setyowati, N. 2008. Hubungan sifat morfofisiologis tanaman dengan hasil kedelai. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 27(3):185-190.
- Sylvester, B., Scott, R.K., dan Wright, C.E. 1990. Physiology in the production and improvement of cereals. *Home Grown Cereals Authority Research Review*. 18:15-23.
- Talanca, A.H., dan Andayani, N.N. 2016. *Perkembangan Perakitan Varietas Sorghum Di Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Jakarta. 1-13.
- Taylor, J.R.N., dan Duodu, K.G. 2019. *Sorghum and millets: chemistry, technology, and nutritional*. AACC International. France.
- Underwood. 2014. *Analisis Kimia Kuantitatif Ed. III*. Erlangga. Jakarta.
- United Sorghum Checkoff Program. 2016. *Growth and Development*. <https://www.sorghumcheckoff.com/our-farmers/grain-production/growth-and-development/>. 4201 N. Interstat 27 Lubbock. TX 79403. USA. Diakses pada 26 September 2021 pukul 23.48 WIB.
- Widowati, S. 2010. Karakteristik mutu gizi dan diversifikasi pangan berbasis sorgum (*Sorghum vulgare*). *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian*. 19(4):373-382.
- Yayasan Keanekaragaman Hayati Indonesia. 2019. *Membangun Kedaulatan Berbasis Komunitas Lokal Sumber Makanan*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Jakarta Selatan.
- Zaidani, H., Puteh, A.B., Mondal, M.M.A., Selamat, A., Ahmad, Z.A., dan Shalgam, M.M. 2014. Seed growth rate, seed filling period and yield responses of soybean (*Glycine max*) to plant densities at specific reproductive growth stages. *J. Agric. Biol*. 16:923-928.