

FENOLOGI, PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN *GROWING DEGREE DAYS* (GDD) TANAMAN SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) di DATARAN RENDAH: STUDI ADAPTASI TANAMAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

(Skripsi)

Oleh

Ghofindo Raffly Wijaya
2154161004



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

FENOLOGI, PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN *GROWING DEGREE DAYS* (GDD) TANAMAN SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) di DATARAN RENDAH: STUDI ADAPTASI TANAMAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

OLEH

GHOFINDO RAFFLY WIJAYA

Perubahan iklim, khususnya kenaikan suhu udara, berpotensi mengubah fenologi yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman sorgum. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji fenologi, pertumbuhan, produksi, dan kebutuhan akumulasi energi panas (*Growing Degree Days*/GDD) pada tiga varietas sorgum yaitu Mandau, Super-2, dan Numbu yang dibudidayakan di dataran rendah serta mengetahui pengaruh penambahan bahan organik pada media tanam. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca LTPD Universitas Lampung dari April hingga Agustus 2025 menggunakan rancangan strip-plot dengan dua faktor dan tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan nyata antar varietas dalam kecepatan perkembangan fase tanaman, respons pertumbuhan, dan beberapa komponen produksi. Varietas Mandau mencapai fase generatif dan matang fisiologis paling cepat dengan total GDD yaitu 1680 DD, diikuti Numbu dengan nilai 1698 DD, sedangkan Super-2 membutuhkan akumulasi energi panas paling tinggi yaitu 1809 DD. Penambahan bahan organik mampu mempercepat pertumbuhan pada sebagian besar fase, meskipun pada fase matang fisiologis nilai GDD justru umur tanaman meningkat pada media tanpa bahan organik. Varietas Super-2 menunjukkan hasil produksi relatif tinggi pada bobot biji per malai dan bobot 1.000 butir, sedangkan varietas Mandau dan Numbu unggul pada bobot malai serta parameter akar tertentu. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan genetik dan kondisi media tanam memengaruhi efisiensi pertumbuhan dan akumulasi panas, sehingga pemilihan varietas dan pengelolaan media menjadi faktor penting dalam adaptasi sorgum terhadap peningkatan suhu di dataran rendah.

Kata kunci: *sorgum, fenologi, GDD, pertumbuhan, produksi, bahan organik, dataran rendah*

ABSTRACT

PHENOLOGY, GROWTH, PRODUCTION, AND GROWING DEGREE DAYS (GDD) OF SORGHUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) IN LOWLAND AREAS: A STUDY OF PLANT ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

By

GHOFINDO RAFFLY WIJAYA

Climate change, particularly rising air temperatures, has the potential to alter phenology, which can affect sorghum growth. This study aims to examine the phenology, growth, production, and heat accumulation requirements (Growing Degree Days/GDD) of three sorghum varieties, namely Mandau, Super-2, and Numbu, cultivated in lowlands, as well as to determine the effect of adding organic matter to the planting medium. The study was conducted at the LTPD Greenhouse of the University of Lampung from April to August 2025 using a strip-plot design with two factors and three replicates. The results showed significant differences between varieties in the speed of plant phase development, growth response, and several production components. The Mandau variety reached the generative and physiological maturity phases the fastest with a total GDD of 1680 DD, followed by Numbu with a value of 1698 DD, while Super-2 required the highest heat energy accumulation of 1809 DD. The addition of organic matter was able to accelerate growth in most phases, although in the physiological maturity phase, the GDD value actually increased the age of the plant in media without organic matter. The Super-2 variety showed relatively high production yields in terms of seed weight per panicle and 1.000-grain weight, while the Mandau and Numbu varieties excelled in panicle weight and certain root parameters. These results indicate that genetic differences and growing medium conditions affect growth efficiency and heat accumulation, making variety selection and medium management important factors in sorghum adaptation to rising temperatures in lowland areas.

Keywords: sorghum, phenology, GDD, growth, production, organic matter, lowlands

FENOLOGI, PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN *GROWING DEGREE DAYS* (GDD) TANAMAN SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) di DATARAN RENDAH: STUDI ADAPTASI TANAMAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

Oleh

Ghofindo Raffly Wijaya

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agronomi dan Hortikultura
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Skripsi : **FENOLOGI, PERTUMBUHAN, PRODUKSI,
DAN *GROWING DEGREE DAYS* (GDD)
TANAMAN SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.]
Moench) di DATARAN RENDAH: STUDI
ADAPTASI TANAMAN TERHADAP
PERUBAHAN IKLIM**

Nama Mahasiswa : **Ghofindo Raffly Wijaya**

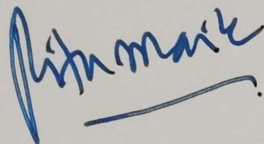
Nomor Pokok Mahasiswa : **2154161004**

Program Studi : **Agronomi**

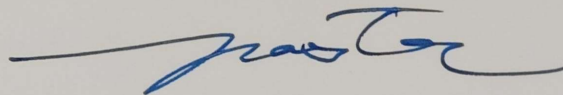
Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

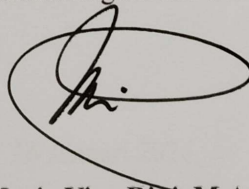


Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc.
NIP 196302021987032001



Prof. Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.S.
NIP 196209281987031001

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura

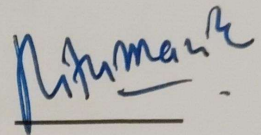


Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001

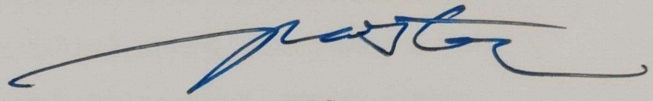
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

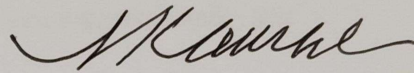
Ketua : Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc.



Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S.

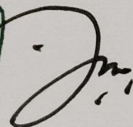


Penguji : Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.
bukan
pembimbing



2. Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 Januari 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **"Fenologi, Pertumbuhan, Produksi, dan *Growing Degree Days* (GDD) Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) di Dataran Rendah: Studi Adaptasi Tanaman Terhadap Perubahan Iklim"** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 Januari 2026



Ghofindo Raffly Wijaya
NPM 2154161004

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Kayuagung, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Provinsi Sumatera Selatan pada tanggal 30 September 2002 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Darus Gunawan dan Ibu Titik Harnita. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Cintamanis pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama di SMP Cintamanis pada tahun 2018, dan Sekolah Menengah Kejuruan di SMKPP Negeri Sembawa pada tahun 2021. Tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN (Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama kuliah penulis aktif di organisasi HIMAGRHO sebagai anggota Bidang Akademik dan Profesi periode kepengurusan 2023 dan Sekretasi Bidang Akademik dan Profesi periode kepengurusan 2024. Penulis juga aktif dalam kegiatan non-akademik seperti cabang olahraga futsal, bergabung dengan tim dari HIMAGRHO dan sering mengikuti berbagai event kejuaraan baik didalam maupun diluar kampus.

Penulis memiliki pengalaman kegiatan di luar kampus seperti menjadi Koordinator Humas pada program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Labuhan Jaya, Kecamatan Gunung Labuhan, Kabupaten Way Kanan pada bulan Januari hingga Februari 2024. Penulis juga memiliki pengalaman mengikuti Praktik Umum yang diselenggarakan oleh pihak Fakultas Pertanian, Universitas Lampung di CV. Pendawa Kencana Multifarm yang bertempat di Desa

Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman. Kegiatan ini berlangsung selama 40 hari yang dilaksanakan pada bulan Juli hingga Agustus tahun 2024.

“Ya Tuhanku, tambahkanlah ilmu kepadaku”
(Q.S. Ta-Ha 20:114)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Dan janganlah kamu mengikuti sesuatu yang tidak kamu ketahui
(kebenarannya)”
(Q.S. Al-Isra 17:36)

Bismillahirrahmannirrohim

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan skripsi ini kepada :

Kedua orang tua ku Bapak Darus Gunawan dan Ibu Titik Harnita yang selalu memberikan doa, nasihat, dukungannya baik secara moral maupun material.

Terima kasih kepada Bapak/Ibu Dosen AGH FP UNILA telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, nasihat, dan saran yang membangun.

Keluarga besar HIMAGRHO yang selalu memberikan doa, nasihat, dukungannya baik secara moral maupun material.

Rekan-rekan seperjuangan Agronomi dan Hortikultura angkatan 2021

Almamater Tercinta
Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang selalu memberikan kelimpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan masa studi dan penulisan skripsi ini yang berjudul "Fenologi, Pertumbuhan, Produksi, dan *Growing Degree Days* (GDD) Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) di Dataran Rendah: Studi Adaptasi Tanaman Terhadap Perubahan Iklim"

Selama masa studi dan proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak. Rasa terima kasih yang mendalam ditujukan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi dan mengarahkan dalam proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi dan mengarahkan dalam proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan, nasihat, ilmu, bimbingan, dukungan, masukan, kritik dan saran selama penyusunan skripsi.
5. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

6. Ibu Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran dan motivasi selama bimbingan perkuliahan.
7. Kedua orang tua yaitu Bapak Darus Gunawan dan Ibu Titik Harnita yang selalu memberikan kasih sayang dan semangat baik dari segi moral dan materil.
8. Sahabat-sahabat penulis Chandra Aditya, Muhammad Erdaffa Prayoga, Dea Amanda Putri Melati, Rahma Julianna, Nadhilla Annisa Zahwa, Nurul Hanifah, Syifa Karlin, Abel Kurniawan, Asri Irmawati, Rendika Ramadhandy, Ahmad Sidiq, Yusuf Ihsan Al-Farizi yang selalu memberikan semangat, dorongan, saran, nasihat dan menemani penulis selama menyelesaikan studi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
9. Rekan-rekan Gelora Muhammad Faisal Rafli, Muhammad Fharaz Ramadan, Derby Rosadi, Syavitra Agis Pratama, Alvi Tri Anwari, Garda Alfitra Gumay, I Gede Govinda Jagadhita, Ra'uf Aprillian, Rafli Zhidni Alamsyah, Fahrul Azzahmi, Lingga Imam Taughit, dan Raihan Nouval Aditya yang telah membantu dalam kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
10. Mba dan Abang penelitian iklim (Mba Dwi Rahayu, dan Bang Dimas Ferdiansyah) yang telah membantu dan memberikan semangat serta saran selama proses penelitian
11. Teman-teman seperjuangan Jurusan Agronomi dan Hortikultura 2021 yang telah memberikan bantuan dan semangat selama menyelesaikan studi.

Semoga Allah SWT memberikan balasan terbaik kepada Bapak, Ibu, dan semua pihak. Meskipun skripsi ini masih jauh dari sempurna, Penulis berharap skripsi ini dapat memberi manfaat, baik bagi Penulis sendiri maupun bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 26 Januari 2026
Penulis,

Ghofindo Raffly Wijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Landasan Teori	4
1.5 Kerangka Pemikiran	7
1.6 Hipotesis	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Perubahan Iklim	11
2.1.1 Dampak Kenaikan Suhu Udara dan Perubahan Musim Tanam	14
2.1.2 Dampak Curah Hujan Terhadap Ketersediaan Air	15
2.1.3 Dampak Cuaca Ekstrem	15
2.2 Tanaman Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> [L.] Moench)	16
2.2.1 Jenis dan Klasifikasi Tanaman	16
2.2.2 Morfologi Tanaman	19
2.2.2.1 Akar	19
2.2.2.2 Batang	19
2.2.2.3 Daun	20
2.2.2.4 Tunas	20

2.2.2.5 Bunga	20
2.2.2.6 Biji.....	21
2.2.3 Syarat Tumbuh.....	21
2.3 Fase Pertumbuhan Tanaman.....	23
2.3.1 Fase Pertumbuhan Vegetatif	24
2.3.1.1 Tahap 0.....	24
2.3.1.2 Tahap 1	25
2.3.1.3 Tahap 2.....	26
2.3.1.4 Tahap 3	27
2.3.2 Fase Pertumbuhan Generatif	28
2.3.2.1 Tahap 4.....	29
2.3.2.2 Tahap 5	29
2.3.2.3 Tahap 6.....	30
2.3.3 Fase Pembentukan dan Pemasakan Biji	31
2.3.3.1 Tahap 7.....	31
2.3.3.2 Tahap 8.....	32
2.3.3.3 Tahap 9.....	33
2.4 Fenologi Tanaman	34
2.5 <i>Growing Degree Days</i> (GDD).....	35
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	36
3.1 Waktu dan Tempat	36
3.2 Alat dan Bahan	36
3.3 Metode Penelitian.....	37
3.3.1 Rancangan Percobaan.....	37
3.3.2 Tata Letak Percobaan.....	37
3.3.3 Pelaksanaan Penelitian	38
3.3.3.1 Persiapan Media Tanam	38
3.3.3.2 Penanaman	38
3.3.3.3 Dosis Pemupukan.....	38
3.3.3.4 Pemeliharaan.....	39
3.3.3.5 Pemanenan	40

3.3.4 Variabel Pengamatan	40
3.3.4.1 Unsur Cuaca.....	40
3.3.4.2 Pengamatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman	40
3.3.4.3 Pengamatan Fenologi.....	41
3.3.5 Pengolahan Data	41
3.3.5.1 Perhitungan <i>Growing Degree Days</i> (GDD).....	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Hasil.....	42
4.1.1 Unsur Iklim.....	42
4.1.1.1 Suhu Udara Lokasi Penelitian.....	42
4.1.2 Fenologi	43
4.1.3 <i>Growing Degree Days</i> (GDD)	44
4.1.3.1 Fase Awal Pertumbuhan.....	49
4.1.3.2 Fase Vegetatif Lanjutan.....	49
4.1.3.3 Fase Generatif.....	50
4.1.3.4 Fase Matang Fisiologis	50
4.1.4 Pertumbuhan dan Produksi Tanaman	51
4.1.4.1 Tinggi Tanaman.....	52
4.1.4.6 Bobot Malai	53
4.1.4.7 Bobot Biji per Malai	54
4.1.4.8 Bobot 1.000 Butir.....	54
4.1.4.10 Bobot Basah Akar	55
4.2 Pembahasan	57
4.2.1 Fenologi dan GDD.....	57
4.2.2 Membandingkan Nilai GDD di Lokasi Penelitian dengan Literatur	60
4.2.3 Produksi dari Ketiga Varietas	62
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	64

DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rekapitulasi rata-rata suhu udara kota Bandar Lampung dalam 10 tahun terakhir (2014-2023)	13
2. Luas kerusakan lahan pertanian akibat bencana terkait iklim.....	16
3. Komposisi gizi sorgum dan sereal lain (per 100g, kadar air 12%).....	18
4. Kandungan nutrisi tanaman sorgum	18
5. Kriteria lahan tanaman sorgum.....	22
6. Identifikasi dan karakteristik fase pertumbuhan tanaman	23
7. Rata-rata waktu tercapainya tahapan pertumbuhan tanaman sorgum.....	44
8. Nilai <i>cumulative degree days</i> (GDD) dari hari ke-1 sampai hari ke-50	45
9. Nilai <i>cumulative degree days</i> (GDD) dari hari ke-51 sampai hari ke-100	46
10. Nilai <i>cumulative degree days</i> (GDD) dari hari ke-101 sampai hari ke-105	47
11. Nilai GDD per varietas tanaman sorgum	48
12. Rekapitulasi analisis ragam setiap variabel pengamatan	51
13. Pengaruh media tanam terhadap rata-rata tinggi tanaman (cm) sorgum berumur 7 MST	53
14. Pengaruh media tanam terhadap rata-rata bobot malai (g) tanaman sorgum.....	53
15. Pengaruh media tanam terhadap bobot biji per malai (g) tanaman sorgum.....	54

16. Pengaruh media tanam dan varietas terhadap bobot 1.000 butir (g) tanaman sorgum	55
17. Pengaruh media tanam terhadap bobot basah akar (g) tanaman sorgum	56
18. Perbandingan Nilai GDD di Lokasi Penelitian dengan Literatur.....	60
19. Nilai rata-rata tinggi tanaman dan jumlah daun	74
20. Nilai rata-rata bobot basah brangkasan dan bobot kering brangkasan.....	75
21. Nilai rata-rata panjang malai, bobot malai dan bobot biji per malai.....	76
22. Nilai rata-rata bobot 1.000 butir.....	77
23. Nilai rata-rata kadar air benih	78
24. Nilai rata-rata bobot basah akar	79
25. Nilai rata-rata bobot kering akar	80
26. Hasil uji Shapiro untuk kenormalan data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel tinggi tanaman	81
27. Hasil uji Barlett untuk homogenitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanaman (M) dan varietas (V) pada variabel tinggi tanaman	81
28. Hasil uji Tukey untuk aditivitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel tinggi tanaman	81
29. Hasil analisis ragam antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel tinggi tanaman.....	81
30. Nilai koefisiensi keragaman antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel tinggi tanaman	82
31. Hasil uji lanjut LSD antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel tinggi tanaman.....	82
32. Hasil uji Shapiro untuk kenormalan data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot malai	82

33. Hasil uji Barlett untuk homogenitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot malai	82
34. Hasil uji Tukey untuk aditivitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot malai	83
35. Hasil analisis ragam antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot malai.....	83
36. Nilai koefisiensi keragaman antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot malai	83
37. Hasil uji lanjut LSD antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot malai.....	83
38. Hasil uji Shapiro untuk kenormalan data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot biji per malai	84
39. Hasil uji Barlett untuk homogenitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot biji per malai	84
40. Hasil uji Tukey untuk aditivitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot biji per malai	84
41. Hasil analisis ragam antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot biji per malai	84
42. Nilai koefisiensi keragaman antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot biji per malai	85
43. Hasil uji lanjut LSD antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot biji per malai	85
44. Hasil uji Shapiro untuk kenormalan data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot 1.000 butir biji	85
45. Hasil uji Barlett untuk homogenitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot 1.000 butir biji	85

46. Hasil uji Tukey untuk aditivitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot 1.000 butir biji	85
47. Hasil analisis ragam antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot 1.000 butir biji.....	86
48. Nilai koefisiensi keragaman antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot 1.000 butir biji.....	86
49. Hasil uji lanjut LSD antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot 1.000 butir biji.....	86
50. Hasil uji Shapiro untuk kenormalan data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot basah akar	86
51. Hasil uji Barlett untuk homogenitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot basah akar	87
52. Hasil uji Tukey untuk aditivitas data antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot basah akar	87
53. Hasil analisis ragam antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot basah akar	87
54. Nilai koefisiensi keragaman antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot basah akar.....	87
55. Hasil uji lanjut LSD antarperlakuan kombinasi pengaruh media tanam (M) dan varietas (V) pada variabel bobot basah akar	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran.....	9
2. Perubahan suhu permukaan rata-rata global secara historis dan Proyeksi.....	12
3. Tahap 0 pertumbuhan tanaman sorgum	25
4. Tahap 1 pertumbuhan tanaman sorgum	26
5. Tahap 2 pertumbuhan tanaman sorgum	27
6. Tahap 3 pertumbuhan tanaman sorgum	28
7. Tahap 4 perkembangan tanaman sorgum.....	29
8. Tahap 5 perkembangan tanaman sorgum.....	30
9. Tahap 6 perkembangan tanaman sorgum.....	31
10. Tahap 7 pengisian biji sorgum	32
11. Tahap 8 pengerasan biji sorgum.....	33
12. Tahap 9 biji sorgum.....	33
13. Tata Letak Percobaan	37
14. Suhu maksimum dan minimum harian di Bandar Lampung	43
15. Akumulasi Nilai GDD tanaman sorgum berdasarkan fase Pertumbuhan.....	57
16. Rumah kaca LTPD Unila	89
17. Persiapan media tanam.....	89
18. Tiga varietas sorgum yang mulai berkecambah.....	89

19. Kemunculan <i>coleoptile</i>	89
20. Pengurangan jumlah tanaman menjadi satu tanaman per polybag	89
21. Kemunculan daun ke-5	89
22. Terjadi diferensiasi titik tumbuh pada tanaman	90
23. Kemunculan daun bendera.....	90
24. Daun bendera mulai menggebung atau <i>booting</i>	90
25. Bunga mulai mekar dan memasuki fase berbunga 50%	90
26. Biji mulai terisi/masak susu (<i>soft dough</i>).....	90
27. Biji mulai mengeras (<i>hard dough</i>)	90
28. Memasuki fase matang fisiologis.....	91
29. Pemanenan tanaman sorgum.....	91
30. Alat pengukur suhu dan kelembaban	91
31. Pengukuran tinggi tanaman.....	91
32. Pemupukan tanaman dengan pupuk NPK.....	91
33. Tanaman yang terserang penyakit bulai	91
34. Penjemuran tanaman satu minggu	92
35. Pengukuran bobot brangkasan kering	92
36. Brangkasan dioven pada suhu 80 °C selama 3 hari	92
37. Pengukuran bobot 1000 butir	92
38. Pengukuran bobot biji per malai	92
39. Pengukuran kadar air biji	92
40. Benih dioven pada suhu 105 °C selama 1 hari untuk kadar air	93
41. Benih diletakkan pada desikator setelah dioven	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Rekapitulasi nilai rata-rata variabel pengamatan	74
2. Hasil uji statistik variabel pengamatan	81
3. Gambar kegiatan penelitian	89

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sorgum (*Sorgum bicolor* [L.] Moench) merupakan salah satu tanaman yang termasuk dalam sereal yang dapat menghasilkan pangan, pakan dan bioethanol yang dapat dikembangkan di Indonesia (Sari, 2016). Saat ini, produksi sorgum di Indonesia masih tergolong rendah sehingga tidak masuk dalam daftar negara penghasil sorgum di dunia. Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Budi Daya Sereal (2013), produksi tanaman sorgum di Indonesia dalam 5 tahun terakhir yaitu pada tahun 2005-2011 hanya mengalami peningkatan dari 6.114 ton menjadi 7.695 ton dan produktivitas 1,3 ton/ha. Namun, hal ini menjadi perhatian bahwa produksi sorgum di Indonesia sampai saat ini masih sedikit sehingga data produksi dan produktivitas terbaru belum terhitung dalam skala nasional seperti dari Badan Pusat Statistik (BPS) maupun dari Balai Penelitian Tanaman Sereal tidak tersedia (Susilo *et al.*, 2021).

Perubahan iklim yang disebabkan oleh peningkatan gas rumah kaca sangat mempengaruhi produksi tanaman sehingga mengganggu ketersediaan pangan. IPPC (*International Panel for Climate Change*) memproyeksikan tahun kedepan yaitu pada tahun 2100 akan mengalami kenaikan suhu 1.8 sampai 4°C, sehingga produksi tanaman dapat juga diproyeksikan menurun saat kenaikan suhu 1-2°C di wilayah tropis pada musim kering (IPPC, 2007). Perubahan iklim karena pemanasan global dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman salah satunya dengan menghambat fotosintesis dan keragaman biomas pada tanaman. Pada saat tekanan suhu tinggi, tanaman dapat mengalami kerusakan fisik sehingga dapat

diperkirakan penurunan hasil panen sampai rata-rata 17% untuk tiap kenaikan suhu udara 1 derajat celcius (Lobel *et al.*, 2003).

Terjadinya perubahan suhu yang bisa mempengaruhi ukuran dan berat daun tanaman tropis serta kenaikan suhu dapat mengubah ketergantungan termal dari laju fotosintesis (Garrun *et al.*, 2014). Beberapa peneliti memproyeksikan perubahan iklim khususnya suhu udara akan memberikan dampak negatif terhadap hasil panen. Dalam simulasi global hasil panen sorgum menurut (Lobel and Field, 2007) menyatakan bahwa terjadi penurunan hasil panen sorgum sebesar 8,4% untuk setiap kenaikan suhu sebesar 1°C. Akan tetapi, pada tanaman sorgum sebagai tanaman C4 dapat dipastikan tidak terlalu dipengaruhi oleh peningkatan CO₂ yang diakibatkan oleh kenaikan suhu, karena sorgum memiliki kemampuan untuk bertahan dalam kondisi kekeringan dan tahan terhadap periode suhu tinggi (Liu *et al.*, 2008).

Sorgum dipandang sebagai komoditas strategis yang dapat mengurangi ketergantungan pada padi sebagai sumber karbohidrat utama. Sorgum memiliki keunggulan dalam beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrem. Hal ini dikarenakan sorgum merupakan bagian dari tanaman C4 yang memiliki daya adaptasi fotosintesis dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan serapan CO₂, serta membuat tanaman lebih toleran terhadap suhu tinggi, kekeringan, dan kondisi saat CO₂ yang rendah. Mekanisme kerja tanaman C4 yaitu dapat menutup sebagian stomata selama terjadinya kenaikan suhu dan mengurangi kehilangan simpanan air (Zaib *et al.*, 2023). Oleh karena itu, komoditi sorgum dapat dijadikan alternatif penting dibandingkan komoditi padi dalam upaya mendukung ketahanan pangan di masa depan.

Perubahan iklim khususnya kenaikan suhu udara memiliki pengaruh yang kuat terhadap fisiologis tanaman yang pada akhirnya mempengaruhi pertumbuhan, dan produksi tanaman belum banyak dilakukan. Tingkat kesulitan yang dialami para peneliti terutama karena rumitnya teknik mengubah suhu udara di lapangan pada

hamparan luas. Oleh sebab itu, pengaruh suhu udara dilakukan dengan melalui penelitian terhadap ketinggian tempat yang berbeda. Penelitian pengaruh perubahan iklim terhadap tanaman dimulai dengan mempelajari bagaimana pengaruh kenaikan suhu udara terhadap proses dalam tanaman dan pada produksi, sehingga dapat dikembangkan teknik bagaimana tanaman beradaptasi terhadap perubahan iklim (Timotiwu *et al.*, 2021).

Selain itu, perubahan iklim tidak hanya memberikan dampak terhadap penurunan produksi, melainkan juga mempengaruhi siklus hidup tanaman melalui pergeseran fenologi. Dengan berubahnya fenologi tanaman terjadi pergeseran waktu pencapaian fase tumbuh tanaman. Perpindahan lokasi tempat tumbuh tanaman karena menyesuaikan suhu udara dapat berubah morfologi, reproduksi serta genetika tanaman yang dapat menyebabkan tanaman menjadi punah (Workie *et al.*, 2018). Pada saat kenaikan suhu, tanaman sorgum memberikan respons seperti menurunkan pertumbuhan akar yang dapat terjadinya penyusutan diameter batang, tinggi batang, dan malai sorgum. Kenaikan suhu juga dapat menghambat konversi fase vegetatif ke fase reproduksi dan pada akhirnya menyebabkan penurunan hasil produksi sorgum (Prasad *et al.*, 2008).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana tahap fenologi, laju pertumbuhan, dan hasil produksi pada 3 varietas tanaman sorgum yang ditanam di dataran rendah.
2. Berapakah nilai *Growing Degree Days* pada 3 varietas tanaman sorgum yang ditanam di dataran rendah.
3. Apakah pemberian bahan organik dapat mempengaruhi nilai *Growing Degree Days* pada 3 varietas tanaman sorgum yang ditanam di dataran rendah.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui tahap fenologi, laju pertumbuhan, dan hasil produksi 3 varietas tanaman sorgum yang ditanam di dataran rendah.
2. Mengetahui dan menghitung nilai *Growing Degree Days* pada 3 varietas sorgum yang ditanam di dataran rendah.
3. Mengetahui apakah pemberian bahan organik dapat mempengaruhi nilai *Growing Degree Days* pada 3 varietas sorgum yang ditanam di dataran rendah.

1.4 Landasan Teori

Perubahan iklim saat ini memberikan ancaman global bagi ketahanan pangan dan gizi di dunia. Peningkatan emisi gas rumah kaca di atmosfer yang berasal dari industri, transportasi, dan deforestasi menyebabkan terjadinya kenaikan suhu melalui efek rumah kaca. Rata-rata suhu global terus naik dan diperkirakan akan meningkat sekitar 2°C hingga tahun 2100, yang dapat menimbulkan kerugian ekonomi besar secara global (Malhi *et al.*, 2021). Perubahan iklim ditandai dengan adanya perubahan unsur iklim yang meliputi pola curah hujan, suhu udara, dan peningkatan kejadian iklim ekstrem yang menyebabkan banjir dan kekeringan. Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), mengenai suhu global saat ini telah meningkat sekitar 1,2 °C sejak era pra-industri dan diperkirakan akan terus meningkat jika emisi gas rumah kaca tidak dikendalikan. Peningkatan suhu ini berdampak langsung terhadap sektor pertanian yaitu pada produktivitas pertanian, ketersediaan air, dan stabilitas ekosistem, yang semuanya berkontribusi terhadap ketahanan pangan. Perubahan iklim dapat mengancam ketahanan pangan karena fenologi tanaman yang berubah sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga pada akhirnya dapat menurunkan hasil panen (Rusmayadi *et al.*, 2024).

Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan salah satu tanaman pangan dengan potensi besar sebagai solusi alternatif dalam menghadapi perubahan iklim. Sorgum dikenal karena kemampuannya menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan ekstrem seperti kekeringan dan suhu tinggi, sehingga menjadikannya pilihan ideal untuk dibudidayakan di wilayah yang terpengaruh oleh perubahan iklim (Borrell, 2014). Tanaman ini memiliki efisiensi fotosintesis yang tinggi dan memerlukan lebih sedikit air dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya seperti padi dan jagung, sehingga dapat mengurangi tekanan pada sumber daya air yang semakin terbatas. Dengan demikian, pengembangan dan peningkatan produksi sorgum tidak hanya menyediakan sumber pangan yang berkelanjutan tetapi juga membantu mitigasi dampak perubahan iklim yang sejalan dengan upaya global dalam menciptakan ketahanan pangan dan lingkungan yang lebih baik (Chadalavada *et al.*, 2021).

Perubahan iklim seperti terjadinya kenaikan suhu dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Salah satu dampak kenaikan suhu yaitu terjadinya pergeseran waktu pola tanam bagi tanaman yaitu dengan cara mempersingkat waktu tanam sehingga akhirnya mempengaruhi tahap pertumbuhan atau biasa disebut dengan fenologi tanaman. Fenologi adalah studi yang mengkaji kaitan antara perkembangan tanaman dengan perubahan iklim dan musim, seperti suhu dan lamanya pencahayaan per hari, terutama terhadap perubahan dalam bentuk fenomena yang periodik seperti proses pembentukan daun, bunga, dan dormansi. Fenologi dalam cabang ilmu ekologi meliputi variasi lama penyinaran, presipitasi, suhu dan faktor pengatur lainnya. Dari beberapa faktor, suhu adalah salah satu faktor lingkungan yang menentukan perkembangan fenologi tanaman (Monteith *et al.*, 2013). Faktor suhu dapat menjelaskan perkembangan fenologi apabila melibatkan lingkungan dan genotipe. Suhu dapat dinyatakan dalam antara lain: derajat harian (*degree days*), masa termal (*thermal unit*) atau unit panas (*heat unit*), jumlah suhu rata-rata harian ($^{\circ}\text{C h}$) selama waktu semai hingga masak fisiologis. Konsep satuan panas (*degree days*) yaitu konsep yang sering digunakan saat berkaitan dengan fenologi tanaman. Konsep umum digunakan untuk

menjelaskan pengaruh suhu terhadap perkembangan tanaman (fenologi) disebut pula *thermal unit* atau *heat unit* (Handoko, 1994).

Tanaman secara fisiologis "bekerja" tidak dengan menggunakan kalender hari tapi menggunakan "*degree days*". Setiap tanaman membutuhkan sejumlah satuan panas untuk menyelesaikan satu fase pertumbuhannya. *Growing Degree Days* (GDD) adalah cara menghitung perkembangan fisiologis tanaman. Dengan hasil penelitian tersebut dapat menunjukkan bahwa banyaknya satuan panas yang diperlukan tanaman mulai dari tanam sampai panen dapat diduga. *Growing Degree Days* (GDD) merupakan indikator berbasis cuaca untuk menilai perkembangan tanaman, dengan asumsi keadaan ekstrem tidak terjadi (Farmwest, 2025).

Ketinggian tempat tumbuh tanaman berpengaruh kuat terhadap kondisi suhu udara. Semakin rendahnya tempat tumbuh tanaman, maka semakin tinggi suhu udara sehingga menyebabkan tanah mengalami kekeringan. Dalam hal tersebut diperlukan upaya yang dapat mengatasi kekeringan pada tanah yang diakibatkan oleh kenaikan suhu yaitu dengan cara melibatkan penambahan bahan organik langsung ke dalam tanah yang berguna untuk meningkatkan kualitas fisik, kimia, dan biologi tanah. Pupuk organik ini biasanya diberikan sebelum atau sesudah proses penanaman. Bahan organik dari pupuk kandang ayam memiliki kemampuan untuk menahan atau mengikat unsur hara serta air. Penerapan pemupukan dengan menggunakan pupuk kandang ayam tidak hanya meningkatkan struktur tanah, tetapi juga memperkuat kapasitas tanah dalam menahan air. Pupuk organik dari kotoran ayam mudah menyerap dan menyimpan air, sehingga sangat mendukung pertumbuhan awal tanaman sorgum (Dalimunthe *et al.*, 2022).

1.5 Kerangka Pemikiran

Perubahan iklim atau *climate change* adalah peristiwa berubahnya kondisi fisik atmosfer bumi antara lain suhu dan distribusi curah hujan yang membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia. Perubahan iklim merupakan fenomena global yang muncul akibat meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Kondisi ini menyebabkan sebagian sektor kehidupan manusia khususnya sektor pertanian yang mempengaruhi kondisi lingkungan pertumbuhan tanaman, yakni kekeringan tanah dan kenaikan suhu udara.

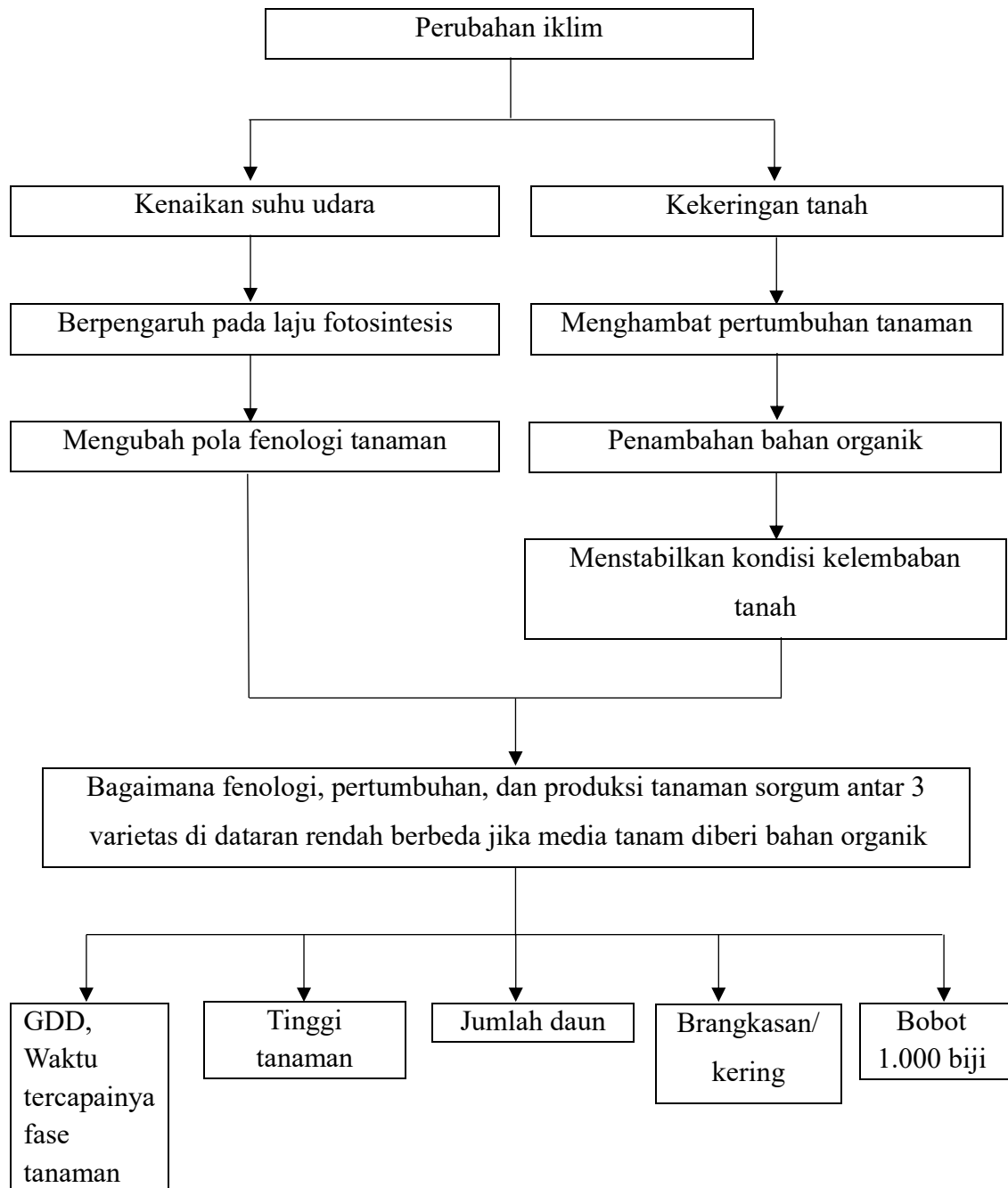
Pada faktor kekeringan tanah diproyeksikan dapat mempengaruhi pertumbuhan vegetatif dan generatif pada beberapa jenis tanaman pangan sehingga ketahanan pangan terancam di masa yang akan mendatang. Hal tersebut menimbulkan berbagai intervensi bahwa penambahan bahan organik diusulkan untuk memperbaiki sifat fisik dan kapasitas penahan air tanah sehingga kelembaban tanah lebih stabil. Sedangkan faktor kenaikan suhu udara berpotensi mengubah laju fotosintesis dan memodifikasi pola fenologi tanaman, termasuk percepatan atau pergeseran waktu pencapaian tahapan perkembangan.

Dalam situasi tersebut, diperlukan alternatif tanaman pangan sebagai upaya menjaga ketahanan pangan di masa depan seperti tanaman sorgum. Tanaman sorgum merupakan tanaman pangan yang dianggap paling efektif dalam menghadapi perubahan iklim khususnya kenaikan suhu udara sebab tanaman sorgum termasuk jenis tanaman C4. Tanaman C4 mempunyai kemampuan bertahan hidup dalam kondisi naiknya suhu udara karena klorofil pada permukaan daunnya dapat mengontrol masuknya sumber cahaya yang diterima dan akan difotosintesis sebagai energi bagi tanaman. Tidak hanya mengontrol penyerapan sinar matahari, tanaman C4 seperti sorgum diharapkan dapat tumbuh dengan baik meskipun terjadi kenaikan suhu udara yang ekstrem.

Pada kedua faktor sebelumnya, yakni kekeringan tanah dan kenaikan suhu udara saling berkaitan sehingga menjadi dasar hipotesis bahwa pengaplikasian bahan

organik serta perbedaan varietas akan mempengaruhi fenologi, laju pertumbuhan, dan komponen produksi sorgum pada kondisi dataran rendah. Melalui pengujian tersebut, kita bisa mengevaluasi dengan mengamati respons tanaman, yaitu akumulasi *Growing Degree Days* (GDD) dan waktu pencapaian fase pertumbuhan, tinggi tanaman, jumlah daun, bobot brangkasan kering (biomassa) serta bobot 1.000 biji, sehingga dapat ditarik kesimpulan terkait adaptasi varietas sorgum terhadap perubahan iklim dan efektivitas perbaikan media tanam melalui penambahan bahan organik.

Ringkasan kerangka pemikiran dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

1.6 Hipotesis Penelitian

1. Terdapat perbedaan tahapan fenologi, pertumbuhan dan produksi tanaman dari 3 varietas tanaman sorgum yang ditanam di dataran rendah.
2. Terdapat perbedaan tahapan fenologi, pertumbuhan dan produksi tanaman pada masing-masing media tanam yang digunakan dari 3 varietas tanaman sorgum yang ditanam di dataran rendah.
3. Terdapat perbedaan nilai *Growing Degree Days* terhadap masing-masing media tanam pada 3 varietas tanaman sorgum yang ditanam di dataran rendah.

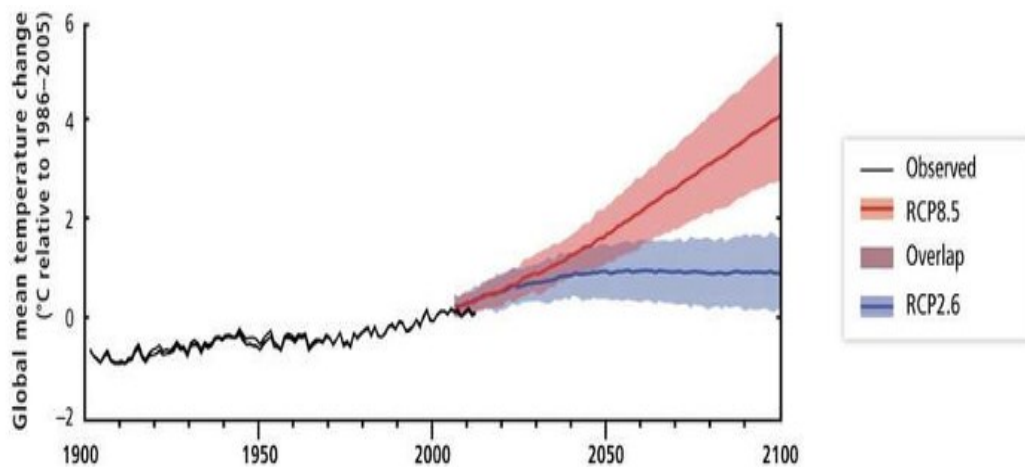
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perubahan Iklim

Fenomena meningkatnya gas rumah kaca menimbulkan dampak perubahan iklim yang mengakibatkan beberapa faktor khususnya kenaikan suhu bumi. Hal ini menyebabkan terjadinya beberapa bencana mulai dari kekeringan, ketidakstabilan curah hujan, peningkatan temperatur dan kelembaban, dan lainnya yang akan mengakibatkan kerusakan dan kegagalan pada setiap sektor produksi, terutama pada sektor pertanian. Menurut IPPC (*International Panel for Climate Change*), diproyeksikan kenaikan suhu kedepannya terus terjadi hingga 1,8 - 4°C. Konsentrasi CO₂ mengalami kenaikan yang diakibatkan kenaikan suhu sehingga berpengaruh terhadap segala aspek fungsi seperti pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan cara berbeda tergantung jenis tanaman dan lokasi geografis. Pada sektor pertanian, produksi tanaman dapat diproyeksikan menurun dalam keadaan kenaikan suhu 1 - 2°C pada wilayah tropis saat memasuki musim kering (Chakrabarti *et al.*, 2012).

Laporan IPCC (*International Panel for Climate Change*) memiliki beberapa bukti mengenai perubahan iklim yang terjadi, berdasarkan laporan pada tahun 2014 suhu permukaan bumi meningkat sebesar 0,8° C selama 3 abad terakhir. Pada 3 abad dalam dekade terakhir, suhu permukaan bumi semakin menghangat secara terus-menerus. Hal ini sejalan dengan skenario pemodelan yang diperkirakan pada akhir 2100 suhu global menjadi lebih hangat sebesar 1,8 – 4°C dibandingkan rata – rata suhu 1980 – 1999 (Arham *et al.*, 2022). Proses pemanasan global pada umumnya disebabkan oleh masuknya energi panas ke lautan sebesar 90%

dari total pemanasan global hal ini dapat dibuktikan dengan grafik berikut ini:



Gambar 2. Perubahan suhu permukaan rata-rata global secara historis dan proyeksi (Sumber: IPCC, 2014)

Gambar di atas menunjukkan terdapat bukti kuat bahwa kondisi suhu ekstrim, termasuk pada hari-hari panas dan gelombang panas menjadi lebih umum terjadi sejak tahun 1950. Tren kekeringan secara global sulit diidentifikasi, namun sejumlah wilayah jelas menunjukkan kekeringan yang lebih parah dan lebih sering. Badai tropis skala 4 dan 5 diperkirakan akan meningkat frekuensinya secara global pada masa depan (Ridha *et al.*, 2016).

Berdasarkan hasil laporan Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa rata-rata suhu udara di Indonesia khususnya wilayah Provinsi Lampung, Kota Bandar Lampung mengalami peningkatan selama 1 dekade. Selain itu, rata-rata suhu udara sangat bervariasi sehingga memberikan dampak negatif terhadap beberapa aspek kehidupan akibat perubahan iklim. Perubahan iklim juga berdampak pada ketahanan pangan karena dapat berdampak buruk bagi sektor pertanian khususnya terjadinya gagal panen. Sektor pertanian merupakan sektor yang rentan terhadap perubahan iklim. Perubahan iklim yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya gagal panen akibat kekeringan yang panjang dan juga akibat banjir yang terjadi dapat merusak tanaman pangan. Maka berdampak pada produksi pangan mengalami penurunan dan mengancam ketahanan pangan. Indonesia merupakan

salah satu negara terdampak akibat perubahan iklim. Sebagai negara agraris, tentu sektor pertanian tidak hanya berkontribusi dalam pemenuhan kebutuhan pangan namun juga berperan penting terhadap pertumbuhan Produk Domestik Bruto (PDB) dan juga menyediakan lapangan kerja (Rozci, F., 2024).

Tabel 1. Rekapitulasi rata-rata suhu udara kota Bandar Lampung dalam 10 tahun terakhir (2014-2023)

Bulan	Rata-rata Suhu Udara (°Celcius)									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Januari	25,8	26,2	27,5	26,6	26,6	27	27,2	26,2	34,3	27,8
Februari	26,6	26,6	27,1	26,4	26,1	26,9	27,2	26,5	34,4	27,9
Maret	27,1	26,9	27,6	26,8	26,4	26,9	27,4	27,1	34,6	28,3
April	27,4	27,1	27,4	27,2	26,9	27	27,3	27,5	35,2	29,6
Mei	27,5	27,4	27,1	27,1	26,8	27,3	27,6	27,8	35	30
Juni	27,2	27,2	26,7	26,7	26,6	27	26,7	27,2	34,2	29,1
Juli	27	27	26,5	26,5	26,2	26,4	26,4	26,8	33,4	28,9
Agustus	26,8	27,3	26,5	26,5	26,9	26,5	27	27	34,2	29,6
September	27,7	27,7	27,4	27,4	26,6	27,2	27,4	27,1	34	30,9
Oktober	28,2	28,7	27,7	27,7	27,9	27,9	27,5	27,9	34,4	32,2
November	27,2	28,2	27,3	27,3	27,5	28,6	27,4	27,3	35	30,4
Desember	26,6	27,2	26,7	26,7	27,2	27,7	26,7	27,2	33,6	29,9
Rata-rata	27,1	27,3	27,1	26,9	26,8	27,2	27,2	27,1	34,4	29,6

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Oleh sebab itu, perubahan iklim telah menjadi isu global karna mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, termasuk ketahanan pangan. Perubahan iklim ditandai dengan adanya perubahan unsur iklim yang meliputi suhu udara, pola curah hujan dan peningkatan kejadian iklim ekstrem yang akan dijelaskan sebagai berikut:

2.1.1 Dampak Kenaikan Suhu Udara dan Perubahan Musim Tanam

Pemanasan global khususnya kenaikan suhu udara mempengaruhi pertumbuhan tanaman pangan, seperti dampak yang terjadi saat fase vegetatif tanaman sorgum akan mengalami hambatan ketika kecambah akan muncul ke atas permukaan tanah sehingga menyebabkan tanaman menjadi kerdil. Selain itu, dampak yang terjadi fase generatif tanaman juga akan mengalami penyusutan pada batang dan buah yang akhirnya menurunkan bobot buah, sehingga menimbulkan penurunan pada hasil produksi (Rinaldi *et al.*, 2025).

Namun, pada tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) sebagai tanaman golongan C4 yang memiliki daya adaptasi fotosintesis dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan serapan CO₂, serta membuat tanaman lebih toleran terhadap suhu tinggi, kekeringan, dan kondisi saat CO₂ yang rendah. Tanaman golongan C4 memiliki mekanisme kerja yaitu dapat menutup sebagian stomata selama terjadinya kenaikan suhu dan mengurangi kehilangan simpanan air (Zaib *et al.*, 2023), sehingga tanaman sorgum mampu bertahan pada kondisi lapang bersuhu tinggi meskipun mempengaruhi fenologinya.

Dengan demikian, perubahan musim tanam sangat ditentukan oleh berbagai unsur-unsur iklim seperti suhu udara. Akan tetapi, suhu udara saat ini mempengaruhi aktivitas kehidupan tanaman pangan lainnya, antara lain pada proses fotosintesis, respirasi, transpirasi, pertumbuhan, penyerbukan, pembuahan, dan keguguran buah. Besar kecilnya pengaruh ini sangat berkaitan dengan faktor lain, seperti kelembaban, ketersediaan air, dan jenis tanaman (Herlina *et al.*, 2020). Kenaikan suhu seperti intensitas radiasi yang sangat tinggi terhadap tanaman golongan C4 akan mempercepat laju fotosintesis karena semakin banyak energi yang diterima daun, maka energi yang tersedia untuk mensintesis karbohidrat semakin banyak. Oleh sebab itu, tanaman akan mempersingkat musim tanamnya (Humoen *et al.*, 2020).

2.1.2 Dampak Curah Hujan Terhadap Ketersediaan Air

Perubahan iklim juga menyebabkan terjadinya perubahan curah hujan khususnya pola hujan yang mengakibatkan pergeseran awal musim. Musim kemarau berlangsung lebih lama sehingga menimbulkan bencana kekeringan seperti kurangnya ketersediaan air, menurunkan produktivitas, dan luas areal lahan. Ketersediaan air akan berkurang jika musim kemarau yang semakin panjang saat pada kondisi bersamaan dengan kenaikan udara. Kekeringan terjadi ketika musim hujan berlangsung lebih singkat dengan kecenderungan intensitas curah hujan yang lebih tinggi dari curah hujan normal (Meiviana *et al.*, 2004). Intensitas hujan berubah makin tinggi akibat jumlah hari hujan semakin pendek dalam setahun, dan diprediksi akan terus berlanjut di masa mendatang. Dampak pola hujan dan pergeseran awal musim juga mengakibatkan perubahan waktu dan pola tanam. Hal ini sangat menyulitkan petani yang telah terbiasa dengan pola *Pranata mangsa* (Wiriadiwangsa, 2005).

2.1.3 Dampak Cuaca Ekstrem

Di masa depan, kejadian iklim ekstrem akan lebih sering terjadi dengan durasi dan intensitas yang lebih tinggi sehingga memberikan dampak negatif terhadap beberapa sektor penting di wilayah Indonesia (Surmaini *et al.*, 2016). Kejadian bencana alam akibat iklim ekstrem yang menyebabkan kerugian terbesar pada sektor pertanian adalah banjir, kekeringan dan tanah longsor. Menurut Lassa (2012) dapat mengkuantifikasi dampak berbagai jenis bencana alam khususnya cuaca ekstrem pada sektor pertanian melalui tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Luas kerusakan lahan pertanian akibat bencana terkait iklim

Jenis bencana	Jumlah kejadian	Luas kerusakan ha	Luas kerusakan/ kejadian
Banjir (1970-2011)	3.980	1.187.349	298
Kekeringan (2003-2010)	1.141	1.667.766	1.182
Tanah longsor (1999-2011)	1.596	52.273	33
Tanah longsor + banjir (1970-2011)	305	287.046	941
OPT	17	191.601	11.271
Jumlah	7.576	3.446.708	13.952

Sumber: Lassa, 2012

Berdasarkan data periode tahun 1970-2010, terdapat kerusakan 3,44 juta ha akibat puso dan gagal panen berbagai jenis komoditas akibat kejadian lebih dari 7500 kejadian bencana alam. Selain kehilangan hasil langsung akibat dari peristiwa ekstrem seringkali melibatkan periode pemulihan yang berkepanjangan terhadap areal lahan. Cuaca ekstrem juga dapat membatasi pergerakan petani dalam melakukan pemeliharaan tanaman di areal lahan (Hartono, 2023).

2.2 Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)

2.2.1 Jenis dan Klafisikasi Tanaman

Sorgum merupakan komoditas serealia dengan urutan ketiga setelah padi dan jagung di wilayah Indonesia. Hal ini disebabkan masyarakat Indonesia yang sudah bergantung pada komoditas padi sebagai sumber pangan utama, sehingga sorgum belum banyak diminati oleh masyarakat Indonesia. Padahal nilai gizi sorgum tidak kalah dengan beras dan jagung (Widowati, 2010). Sorgum mempunyai nilai gizi yang cukup tinggi dengan kalori sebesar 332 (kal), karbohidrat 73%, protein 11%/100 (g), kalsium 28 mg/100 g, fosfor 287 mg, dan zat besi 4,4 mg.

Kandungan zat besi pada sorgum sangat tinggi dibandingkan pada beras yang hanya 0,8 mg. Kandungan mineral khususnya unsur Fe cukup memadai yaitu 4-5,5 mg/100 g. Kandungan protein dan mineral yang tinggi ini menunjukkan kelayakan sorgum sebagai bahan pangan (Endang, 2022). Sorgum memiliki malai tunggal yang dapat menghasilkan 800-30.000 butir biji, dan batangnya yang mengandung sukrosa sekitar 10,0-14,4% sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan dan bioethanol (Pabendon *et al.*, 2012).

Berdasarkan USDA (2020), tanaman sorgum terbagi menjadi 5 spesies yaitu *Sorghum alnum* Parodi, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Sorghum propongum* (Kunth) Hitchc., serta sorgum hasil dari persilangan (*hybrid*) antara *Sorghum bicolor* var. *bicolor* dengan *Sorghum bicolor* var. *sundanense*. Diantara 5 spesies sorgum tersebut, *Sorghum bicolor* (L.) Moench merupakan spesies sorgum yang umum dijumpai dan paling sering digunakan dalam budidaya tanaman sorgum. Dikutip dari USDA (2020), tanaman sorgum memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Subkelas	: Commelinidae
Ordo	: Cyperales
Famili	: Poaceae/Gramineae
Genus	: <i>Sorghum</i> Moench
Species	: <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.

Sorgum memiliki kandungan karbohidrat yang terdiri dari amilosa yaitu polimer glukosa rantai lurus (tanpa cabang) dan amilopektin yaitu polimer glukosa yang memiliki cabang. Kandungan karbohidrat sorgum sedikit lebih rendah (70,7%) dibandingkan sereal lain (Tabel 2.1) dan yang paling tinggi ialah beras pecah kulit (76,0%). Kadar pati sorgum berkisar antara 56-73%, dengan rata-rata 69,5%.

Pati sorgum terdiri atas amilosa (20-30%) dan amilopektin (70-80%), kadar ini dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Berikut Tabel 2.1 memaparkan perbandingan komposisi gizi sorgum dengan sereal lain (Widowati, 2000).

Tabel 3. Komposisi gizi sorgum dan sereal lain (per 100g, kadar air 12%)

Komoditas (g)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbohidrat (g)	Serat Kasar (g)	Abu (g)	Energi (Kcal)
Sorgum	10,4	3,1	70,7	2,0	1,6	329
Beras Pecah	7,9	2,7	76,0	1,0	1,3	362
Jagung	9,2	4,6	73,0	2,8	1,2	358
Gandum	11,6	2,0	71,0	2,0	1,6	342
Juwawut	7,7	1,5	72,6	3,6	2,6	336

Sumber : Widowati, (2000).

Selain itu, sorgum memiliki kandungan nutrisi yang baik, bahkan kandungan proteinnya lebih tinggi dari pada beras. Kandungan nutrisi sorgum dibanding sumber pangan/pakan lain disajikan dalam Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Kandungan nutrisi tanaman sorgum

Unsur Nutrisi	Kandungan/100 g				
	Beras	Jagung	Singkong	Sorgum	Kedele
Kalori (cal)	360	361	146	332	286
Protein (g)	6,80	8,70	1,20	11,10	30,20
Lemak (g)	0,70	4,50	0,30	3,30	15,60
Karbohidrat (g)	78,90	7,40	34,70	73,0	30,10
Kalsium (mg)	6,0	9,0	33,0	28,0	196,0
Besi (mg)	0,80	4,60	0,70	4,40	6,90
Posfor (mg)	140	380	40	287	506
Vit. B1 (mg)	0,12	0,27	0,06	0,38	0,93

Sumber : Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (1992).

2.2.2 Morfologi Tanaman

Morfologi tanaman sorgum mencakup beberapa bagian penting seperti akar, batang, daun, tunas, bunga, dan biji (Andriani *et al.*, 2013)

2.2.2.1 Akar

Tanaman sorgum memiliki sistem perakaran yang terdiri atas akar-akar seminal (akar-akar primer) pada dasar buku pertama pangkal batang, akar-akar koronal (akar 11 akar pada pangkal batang yang tumbuh ke arah atas) dan akar udara (akar-akar yang tumbuh dipermukaan tanah). Tanaman sorgum membentuk perakaran sekunder 2 kali lipat dari jagung sehingga faktor utama penyebab toleransi sorgum terhadap kekeringan (Siregar, 2021).

2.2.2.2 Batang

Tanaman sorgum mempunyai batang yang merupakan rangkaian berseri dari ruas (*internodes*) dan buku (*nodes*). Bentuk batangnya silinder dengan ukuran diameter 12 batang pada bagian pangkal antara 0,5-5,0 cm. Tinggi batang tanaman sorgum bervariasi yaitu antara 0,5-4,0 m tergantung pada varietas. Batang sorgum manis berbentuk silindris, beruas-ruas, dan mengandung gula, yaitu 55% sukrosa (berat kering) dan 3,2% glukosa (berat kering), juga mengandung selulosa 12,4% dan hemiselulosa 10,2%. Kandungan sukrosa, glukosa, dan fruktosa akan meningkat setelah bunga mekar 13. Panen batang dilakukan pada saat kemasakan optimal, pada umumnya terjadi pada umur 16-18 minggu (112-126 hari), sedangkan pada biji umumnya matang pada kisaran umur 90-100 hari. Oleh karena itu biji dipanen terlebih dahulu (Siregar, 2021).

2.2.2.3 Daun

Daun pada sorgum bentuknya mirip seperti daun pada jagung, tetapi daun sorgum dilapisi oleh sejenis lilin yang agak tebal dan berwarna putih. Lapisan lilin berfungsi untuk mengurangi atau menahan penguapan air dari dalam tubuh tanaman sorgum sehingga resistensi atau tahan terhadap kekeringan. Ukuran daun meningkat (pertama ketika mulai tumbuh) ke atas umumnya sampai dengan daun ketiga atau daun keempat kemudian menurun sampai daun bendera (Sulistyowati *et al.*, 2019).

2.2.2.4 Tunas

Batang sorgum memiliki ruas-ruas yang bersifat gemmiferous, artinya setiap ruas mengandung satu mata tunas. Tunas yang muncul dari ruas-ruas di permukaan tanah berkembang menjadi anakan, sementara yang tumbuh pada bagian atas batang akan berkembang menjadi cabang. Umumnya, cabang-cabang pada tanaman sorgum muncul ketika batang utama mengalami kerusakan, misalnya setelah proses panen (ratun). Pertumbuhan jumlah cabang dan anakan dipengaruhi oleh varietas, jarak tanam, serta kondisi lingkungan pertumbuhan sorgum. Selain itu, suhu di bawah $\leq 180^{\circ}\text{C}$ merangsang timbulnya anakan pada fase pertumbuhan daun ke-4 hingga ke-6 (Andriani *et al.*, 2013).

2.2.2.5 Bunga

Bunga sorgum muncul dalam bentuk malai dan terletak di ujung tanaman. Bentuk bunganya termasuk tipe panikel, yakni susunan bunga yang tersusun pada tangkai. Secara keseluruhan, struktur bunga sorgum meliputi tangkai malai (*peduncle*), malai (*panicle*), rangkaian bunga (*raceme*), dan bunga (*spikelet*). Kondisi curah hujan yang tinggi pada fase ini akan menyebabkan pembungaan sedikit lebih lambat sehingga umur panen menjadi lebih lama. Sehingga pada proses pembungaan ini terjadi karena adanya periode penyinaran yang singkat dan suhu

tinggi, mengingat sorgum merupakan tanaman hari pendek (Rohmatika *et al.*, 2023).

2.2.2.6 Biji

Biji sorgum memiliki bentuk bulat dengan ujung yang mengerucut, dan memiliki diameter sekitar 2 mm. Kulit bijinya ada yang memiliki warna putih, merah, atau pun warna cokelat muda, bergantung pada varietas. Bentuk biji sorgum bulat dan terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu lapisan luar (8%), embrio (10%), dan endosperma (82%), dengan ukuran sebesar 4,0 x 2,5 x 3,5 mm, dan berat biji 100 butir berkisar antara 8 mg sampai 50 mg dengan rata-rata 28 mg. Berdasarkan bentuk dan ukurannya, biji sorgum dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok yaitu kecil (8-10 mg), sedang (12-24 mg), dan besar (25-35 mg) (Mudjisihono *et al.*, 2002).

2.2.3 Syarat Tumbuh

Pada umumnya, persyaratan tumbuh tanaman merupakan kondisi penting yang menjadi syarat tanaman untuk tumbuh dan berkembang secara optimal. Beberapa kondisi yang menjadi syarat tumbuh tanaman sorgum adalah faktor iklim dan kondisi tanah. Tanaman sorgum dapat berproduksi walaupun dibudidayakan di lahan kurang subur, air yang terbatas dan masukkan (*Input*) yang rendah, serta pada lahan yang berpasir tanaman sorgum dapat dibudidayakan (Ismail, 2012).

Menurut hasil penelitian (Balai Penelitian Tanah, 2013) pertumbuhan yang optimum untuk pertanaman sorgum di lahan yang cocok adalah lahan yang memiliki suhu optimum 23 - 27°C dengan kelembaban relatif kurang dari 75% dan ketinggian ≤ 200 m dpl, serta curah hujan berkisar 400-900 mm/th. Kriteria kesesuaian lahan dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 5. Kriteria Lahan Tanaman Sorgum

Penciri lahan yang dikelompokkan berdasarkan kualitas	Kelas kesesuaian lahan			
	Sangat sesuai (S1)	Sesuai (S2)	Kurang sesuai (S3)	Tidak sesuai (S4)
Suhu				
Rata-rata suhu tahunan (°C)	27-32	33-37 26-18	38-40 17-15	>40 <15
Ketersediaan air				
Bulan-bulan kering (< 75 mm)	4-8	8,1-8,5 4,1-2,5	8,6-9,5 2,4-1,5	>9,5 <1,5
Rata-rata curah hujan tahunan (mm)	600-1500	1500-2000 600-400	2000-4000 400-250	>4000 <250
Perakaran				
Kelas drainase tanah	cukup baik, baik	cukup berlebihan	buruk, cukup buruk	sangat buruk, berlebihan
Tekstur tanah (permukaan)	lempung, liat-berpasir, lempung berdebu, debu, lempung berliat, lempung-liat berdebu	lempung berpasir, liat berpasir	pasir berlempung, liat berdebu, liat (berstruktur)	berkerikil, liat (<i>massive</i>)-berpasir, liat
Kedalaman perakaran (cm)	>66	40-59	20-39	<20
Daya serap hara				
KTK me/100 g tanah	>sedang	rendah	sangat rendah	sangat rendah
pH lapisan bawah	6,0-7,5	7,6-8,0	8,1-9,0	>9,0
pH lapisan atas	5,9-5,5	5,4-5,0	<5,0	
Ketersediaan unsur hara				
Total K (lapisan permukaan)	>sedang	rendah	sangat rendah	sangat rendah
P ₂ O ₅ (lapisan permukaan)	>tinggi	sedang	rendah	sangat rendah

Sumber: Tabri & Zubachtirodin, 2013.

2.3 Fase Pertumbuhan Tanaman

Fase pertumbuhan pada tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) mempunyai pola pertumbuhan yang sama seperti jagung, namun interval waktu antara tahap pertumbuhan dan jumlah daun yang berkembang antar kedua tanaman dapat berbeda. Waktu yang tepat antara tahap pertumbuhan sorgum dapat bervariasi tergantung pada kualitas benih yang digunakan, populasi tanaman, kondisi lingkungan, kondisi pertumbuhan, dan ketinggian tempat (Andriani *et al.*, 2013). Karakteristik mengenai identifikasi dan perkiraan interval waktu antara tahap pertumbuhan sorgum dapat ditunjukkan, sebagai berikut:

Tabel 6. Identifikasi dan Karakteristik Fase Pertumbuhan Tanaman

Tahap Pertum- buhan	Perkiraan Hari Setelah Kemunculan	Mengidentifikasi Karakteristik
0	0	Kemunculan koleoptila terlihat di permukaan tanah (daun pertama terlihat dengan ujung bulat.
1	6	Daun ketiga menunjukkan kerah daun ke-3 terlihat.
2	16	Daun kelima menunjukkan kerah daun ke-5 terlihat.
3	32	Diferensiasi titik tumbuh (inisiasi malai): pada saat daun ke- 9.
4	50	Daun bendera terlihat: Ujung daun yang muncul terakhir
5	60	<i>Booting</i> : Menggelembungnya pelepah daun bendera
6	68	Berbunga 50%: Setengah dari tanaman telah menyelesaikan penyerbukan dari ujung hingga ke bawah.
7	80	Biji lunak (<i>Soft dough</i>): Biji tanaman mulai mengisi malai dan jika biji ditekan dengan jari akan mengeluarkan cairan seperti susu.
8	96	Biji keras (<i>Hard dough</i>): Biji semakin keras dan jika ditekan dengan jari maka kadar air biji yang berkurang sekitar 25-30%.
9	106	Matang Fisiologis: Lapisan hitam (<i>Black layer</i>) muncul pada <i>hilum</i> yaitu di pangkal benih.

Sumber: Rao, *et al.*, 2007.

Menurut du Plessis (2008), menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman sorgum dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu fase vegetatif, fase generatif, dan fase pembentukan biji. Adapun tahapan dari masing-masing fase, sebagai berikut:

2.3.1 Fase Pertumbuhan Vegetatif

Fase vegetatif pada bagian tanaman yang aktif berkembang adalah bagian-bagian vegetatif seperti daun dan tunas/anakan. Fase ini menjadi faktor penting bagi tanaman karena pada fase ini seluruh daun harus terbentuk sempurna karena berfungsi memproduksi fotosintat untuk pertumbuhan dan pembentukan biji. Fase vegetatif berlangsung pada saat tanaman berumur antara 1-30 hari. Tahap-tahap pertumbuhan pada fase vegetatif meliputi 4 tahap (House, 1985) yaitu:

2.3.1.1 Tahap 0

Merupakan tahap yang terjadi saat kecambah muncul di atas permukaan tanah, maka tahap ini dapat disebut tahap 0 karena umur tanaman adalah 0 hari setelah berkecambah (HSB). Pada kondisi yang optimum, tahap ini terjadi antara 3- 10 hari setelah tanam (HST). Munculnya kecambah dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, kedalaman posisi benih, dan vigor benih. Pada suhu tanah 20°C atau lebih, tunas pucuk (*Coleoptile*) muncul di atas tanah setelah 3-4 HST, dan akan lebih lama jika suhu semakin rendah. Sedangkan akar skunder akan mulai berkembang 3-7 HST. Selama tahap ini, pertumbuhan bergantung pada nutrisi dan cadangan makanan dari benih (Vanderlip, 1993).



Gambar 3. Tahap 0 Pertumbuhan Tanaman Sorgum (Sumber: Sorghumcheckoff, 2025)

2.3.1.2 Tahap 1

Pada saat pelepah daun ke-3 terlihat, daun dihitung setelah pelepah daun mulai terlihat atau tidak lagi tertutup oleh pelepah daun sebelumnya, namun titik tumbuh masih berada di tanah. Laju pertumbuhan relatif lambat. Tahap ini berlangsung pada umur sekitar 10 HST. Kecepatan pertumbuhan pada tahap ini bergantung pada suhu yang hangat. Penyiangan yang baik membantu tanaman untuk tumbuh secara optimal sehingga mampu memberikan hasil yang optimal. Namun penyiangan harus hati-hati supaya tidak merusak titik tumbuh, karena kemampuan sorgum untuk tumbuh kembali tidak sebaik tanaman jagung (Vanderlip *et al.*, 1972).



Gambar 4. Tahap 1 Pertumbuhan Tanaman Sorgum (Sumber: Rao *et al.*, 2007; Sorghumcheckoff, 2025)

2.3.1.3 Tahap 2

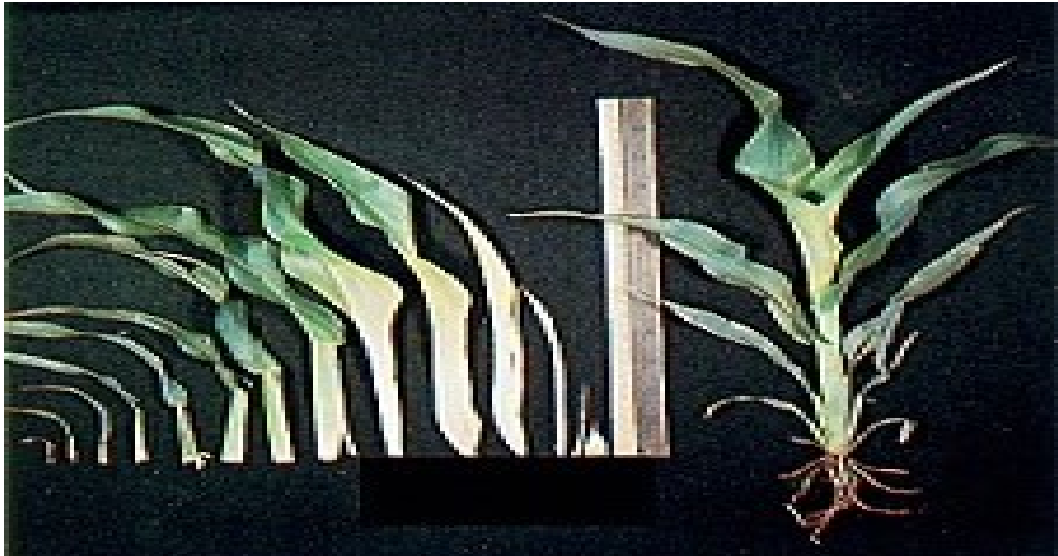
Munculnya daun ke-5 pada tahap ini sebab tanaman memasuki umur sekitar 20 HST dan memasuki fase pertumbuhan cepat. Daun dan sistem perakaran berkembang dengan cepat, sehingga pertumbuhan yang cepat memerlukan penyiangan, pupuk, pengairan, dan pengendalian hama dan penyakit yang optimal. Laju akumulasi bahan kering akan konstan hingga saat memasuki masak fisiologis bila kondisi pertumbuhan baik. Titik tumbuh masih berada di bawah permukaan tanah. Pada fase ini, batang belum memanjang, yang terlihat di permukaan tanah adalah lapisan pelepah daun, namun vigor tanaman lebih tinggi dibanding pada tahap 1 (Stephens, 1934).



Gambar 5. Tahap 2 Pertumbuhan Tanaman Sorgum (Sumber: Rao *et al.*, 2007; Sorghumcheckoff, 2025)

2.3.1.4 Tahap 3

Tahap ini merupakan tahap terjadinya deferensiasi titik tumbuh. Deferensiasi titik tumbuh berlangsung pada saat tanaman berumur sekitar 30 HST. Pada fase ini titik tumbuh mulai membentuk primordial bunga. Setidaknya sepertiga jumlah daun sudah benar-benar berkembang, dan total jumlah daun optimal sudah terdeferensiasi. Batang tumbuh dengan cepat mengikuti pertumbuhan titik tumbuh. Penyerapan unsur hara secepat pertumbuhan tanaman, sehingga kebutuhan hara dan air juga cukup tinggi, penambahan pupuk sangat membantu tanaman untuk tumbuh optimal. Waktu yang diperlukan dari penanaman hingga deferensiasi titik tumbuh umumnya menghabiskan sepertiga dari umur tanaman (Vanderlip, 1993).



Gambar 6. Tahap 3 Pertumbuhan Tanaman Sorgum (Sumber: Rao *et al.*, 2007; Sorghumcheckoff, 2025)

2.3.2 Fase Pertumbuhan Generatif

Fase generatif umumnya berlangsung pada saat tanaman berumur 30-60 HST.

Pada suhu panas, sorgum akan berbunga lebih cepat, dan pada kondisi suhu yang lebih rendah pembungaan sedikit lebih lambat. Inisiasi bunga menandai akhir fase vegetatif dan dimulainya fase reproduktif/generatif. Pada fase ini terbentuk struktur malai (*panicle*) dan jumlah biji yang bisa terbentuk dalam satu malai.

Fase ini sangat penting bagi produksi biji karena jumlah biji yang akan diproduksi maksimum 70% dari total bakal biji yang tumbuh periode ini. Jika pertumbuhan

malai terganggu akan menurunkan jumlah biji yang akan terbentuk (du Plessis, 2008). Tahap-tahap pertumbuhan fase generatif meliputi:

2.3.2.1 Tahap 4

Tahap ini terjadi saat munculnya daun bendera, daun bendera muncul pada saat tanaman berumur sekitar 40 HST yang ditandai oleh terlihatnya daun bendera yang masih menggulung. Setelah diferensiasi titik tumbuh, perpanjangan batang dan daun terjadi secara cepat bersamaan sampai daun bendera (daun akhir). Pada tahap ini semua daun sudah terbuka sempurna, kecuali 3-4 daun terakhir.

Intersepsi cahaya mendekati maksimal. Tanaman sorgum pada fase ini cukup kompetitif dengan gulma, namun pengendalian gulma tetap harus diperhatikan. Sekitar seperlima dari total pertumbuhan telah tercapai (Vanderlip *et al.*, 1972).



Gambar 7. Tahap 4 Perkembangan Tanaman Sorgum (Sumber: Rao *et al.*, 2007; Sorghumcheckoff, 2025)

2.3.2.2 Tahap 5

Tahap ini terjadi menggelembungnya pelepah daun bendera Pada 6-10 HSB, pelepah daun bendera menggelembung, atau terjadi pada saat tanaman berumur

sekitar 50 HSB. Pada fase ini seluruh daun telah berkembang sempurna, sehingga luas daun dan intersepsi cahaya mencapai maksimal (House, 1985).



Gambar 8. Tahap 5 Perkembangan Tanaman Sorgum (Sumber: Rao *et al.*, 2007; Sorghumcheckoff, 2025)

2.3.2.3 Tahap 6

Tanaman 50% berbunga, pada tahap pertumbuhan 5, tangkai malai tumbuh cepat dan muncul dari pelepah daun bendera. Tangkai malai ada yang memajang dan ada yang tidak memanjang dari sebelum malai keluar dari pelepah daun bendera, bergantung varietas. Pada fase ini bagian vegetatif tanaman seperti batang mengalami sedikit peningkatan, dan telah mencapai produksi biomas maksimum, sekitar 50% dari total bobot kering tanaman (House, 1985).



Gambar 9. Tahap 6 Perkembangan Tanaman Sorgum (Sumber: Rao *et al.*, 2007; Sorghumcheckoff, 2025)

2.3.3 Fase Pembentukan dan Pemasakan Biji

Fase pembentukan dan pemasakan biji merupakan tahap akhir pertumbuhan tanaman sorgum, yang berlangsung pada saat tanaman mencapai umur 70-95 HSB (Vanderlip, 1993). Fase ini diawali dengan proses pembuahan, hingga akumulasi bahan kering pada biji terhenti yang ditandai oleh munculnya lapisan hitam (black layer) pada bagian bawah biji yang menempel di tangkai (Gerik *et al.*, 2003). Perkembangan biji sorgum ditandai oleh perubahan warna, pada awal pembentukan berwarna hijau muda, dan setelah sekitar 10 hari akan semakin besar dan berwarna hijau gelap, setelah 30 hari biji akan mencapai bobot kering maksimal (matang fisiologis) (House, 1985). Adapun tahap-tahap dari fase ini antara lain:

2.3.3.1 Tahap 7

Tahap ini merupakan tahap pengisian polong biji. Saat biji lunak (*Soft dough*) ditekan dengan menggunakan jari maka akan mengeluarkan cairan seperti susu.

Pada tahap ini, kandungan pati terakumulasi dengan cepat yaitu 50% dari berat akhir biji-bijian telah tercapai dan kadar air biji akan meningkat sekitar 65-68%. Saat tanaman mengalami stres akan menurunkan hasil panen melalui pengurangan kadar air batang hingga biji. Tahap biji lunak (*Soft dough*) akan berlangsung selama 7 hingga 10 hari atau sampai biji mulai mengeras hingga tidak dapat ditekan dengan menggunakan jari (Vanderlip, 1993).



Gambar 10. Tahap 7 Pengisian Biji Sorgum (Sumber: Rao *et al.*, 2007; Sorghumcheckoff, 2025)

2.3.3.2 Tahap 8

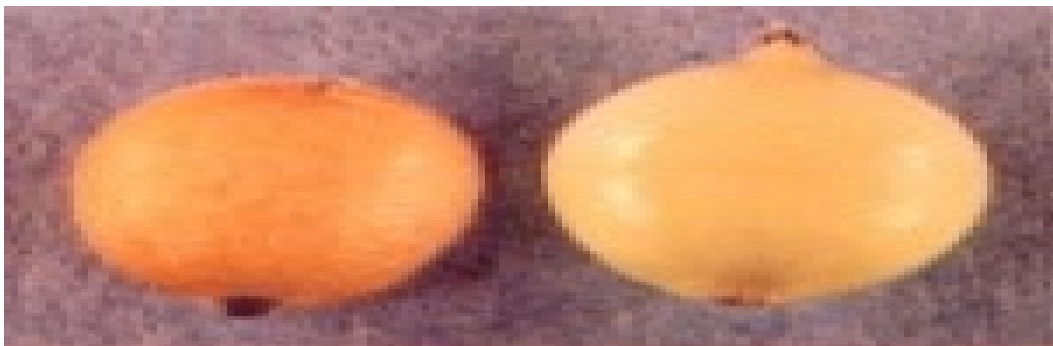
Pada tahap biji keras (*Hard dough*), biji-bijian sorgum telah mencapai akhir bobot kering 75% dan penyerapan nutrisi hampir selesai, sehingga biji-bijian ini tidak dapat lagi ditekan dengan menggunakan jari. Kulit biji tidak lagi berwarna hijau dan telah berubah warna yang bisa menjadi putih, cokelat, atau merah tua. Total kadar air pada tahap ini mulai menurun setiap hari, dan stres air selama waktu ini cenderung terjadi. Tahap biji keras biasanya berlangsung 10 hingga 14 hari menuju matang fisiologis (House, 1985).



Gambar 11. Tahap 8 Pengerasan Biji Sorgum (Sumber: Rao *et al.*, 2007; Sorghumcheckoff, 2025)

2.3.3.3 Tahap 9

Pada tahap ini, gabah telah mencapai berat kering (matang fisiologis) maksimumnya setelah 30 hari (House, 1985). Matang fisiologis pada biji dapat dikenali dari lapisan hitam (*black layer*) pada bagian bawah biji. Kadar air pada biji matang fisiologis berkisar 25-35%. Di dalam biji juga terdapat endosperm berkembang lebih cepat daripada embrio (Kladnik *et al.*, 2006).



Gambar 12. Tahap 9 Biji Sorgum (Sumber: Rao *et al.*, 2007; Sorghumcheckoff, 2025)

2.4 Fenologi Tanaman

Fenologi merupakan ilmu yang mempelajari tahap-tahap pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara ilmiah sebagai tanggapan terhadap iklim atau musim, dan kondisi terhadap lingkungan (Ziello *et al.*, 2009). Pemahaman mengenai fenologi dapat membantu para ilmuwan memahami perubahan pada tanaman khususnya di daerah dataran rendah karena pengaruh perubahan iklim dan pengamatan fenologis sekarang menjadi faktor penting dalam mengamati dampak perubahan iklim (Menzel, 2002). Meskipun suhu dianggap faktor penting dalam fisiologi tanaman, hal ini yang berkaitan dengan penambahan ketinggian tempat seperti penurunan luasan penanaman yang terus terjadi, penurunan tekanan udara dan tekanan parsial (konsentrasi) dari beberapa gas (Defila *et al.*, 2005), O² dan CO² penting untuk vegetasi dan kehidupan binatang, dan penambahan radiasi matahari pada siang hari yang cerah dengan komponen UV-B (Körner, 2007).

Selain itu, topografi menjadi faktor utama sebagai pengatur pertumbuhan tanaman melalui tipe tanah dan curah hujan (O'Longhlin, 1981; Wood *et al.*, 1988; Dawes *et al.*, 1994). Ketinggian, arah, dan kemiringan suatu lahan pertanian merupakan tiga faktor dari topografi yang dapat mengatur distribusi dan pola tanaman di pegunungan dan juga iklim mikro tanaman (Titshall *et al.*, 2000). Oleh karena itu, diantara ketiga faktor tersebut ketinggian tempat yang paling penting (Day *et al.*, 1974; Busing *et al.*, 1992).

Pemanasan global seringkali menghasilkan pergeseran dalam fenologi tanaman di seluruh dunia (Root *et al.*, 2003; Parmesan, 2006; Ahmad *et al.*, 2017). Kondisi iklim yang lebih hangat akan mempercepat fenologi tanaman dan mempengaruhi hasil panen (Madan *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2013; Ahmed *et al.*, 2016).

Berdasarkan pernyataan dari Craufurd and Wheeler (2009) bahwa terjadi pembungaan dan kemasakan lebih awal pada tempat yang bersuhu tinggi. Suhu yang lebih tinggi menghasilkan musim tanam yang lebih pendek, sehingga mempercepat penuaan daun serta mengurangi biomas karena pembungaan yang awal (Tao *et al.*, 2013; Figueiredo *et al.*, 2015). Suhu tinggi memiliki efek

negatif terhadap biomas, Panjang spike, hasil bulir dan indeks panen (Plaut *et al.*, 2004).

Penggunaan benih yang berkualitas bagus perlu dilakukan dalam menyesuaikan kondisi lahan yang akan digunakan. Faktor lingkungan seperti suhu, pH, dan kelembaban dapat mempengaruhi keserempakan benih saat berkecambah.

Menurut (Purnomohadi, 2006), temperatur suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman sorgum berkisar 23-31°C dengan kelembaban udara 56-80%. Kondisi tersebut masih termasuk optimal untuk pertumbuhan sorgum. Kecepatan berkecambah memiliki hubungan yang erat dengan ciri vigoritas benih.

Penggunaan benih dengan vigoritas tinggi akan mampu tumbuh normal pada kondisi sub-optimum dan di atas kondisi normal, memiliki kemampuan tumbuh serempak dan cepat. Kecepatan tumbuh mengindikasikan vigor kekuatan tumbuh benih, karena benih yang cepat tumbuh lebih mampu menghadapi kondisi lapang yang sub-optimal (Nugraheni *et al.*, 2019).

2.5 Growing Degree Days (GDD)

Dalam mengamati fenologi suatu tanaman terdapat sebuah prasyarat untuk membuat model tanaman yaitu pendugaan yang tepat waktu perkembangan tanaman dengan suhu udara yang dikenal sebagai regulator utama dari perkembangan (Bewik *et al.*, 1988). Nilai *Growing Degree Days* (GDD) dapat digunakan untuk memprediksi pertumbuhan tanaman (Yang *et al.*, 1995; McMaster, *et al.*, 1997), biasanya dengan cara menjumlahkan nilai suhu harian. Dengan meningkatnya suhu global, maka semakin cepat akumulasi *Growing Degree Days* (GDD). Apabila suhu telah diketahui, GDD dapat dianalisis dan dipetakan menggunakan Sistem Informasi Geografis, sehingga dapat membantu mengetahui daerah yang lebih berpotensi untuk ditanami sorgum agar produktivitas efektif dan efisien (Delvi *et al.*, 2023).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada 29 April 2025 sampai 11 Agustus 2025 di Rumah Kaca, Lapangan Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Rumah Kaca (LTPD) ini terletak di Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung (-5,36° LS; 105,24° BT; 92,38 mdpl).

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu data *logger model* GM1365, ring sampel, timbangan, penggaris, sprayer, alat tulis, drum air, gembor, selang air, *polybag*, cangkul, dan gelas ukur. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan, yaitu benih tanaman sorgum 3 varietas (Varietas Mandau, Varietas Super 2, Varietas Numbu), Ken-fas 100 EC (PT Kenso Indonesia), Regent 50 SC (BASP *Crop Solutions* Indonesia), bahan organik (pupuk kandang kotoran ayam), dan pupuk NPK Mutiara 16-16-16.

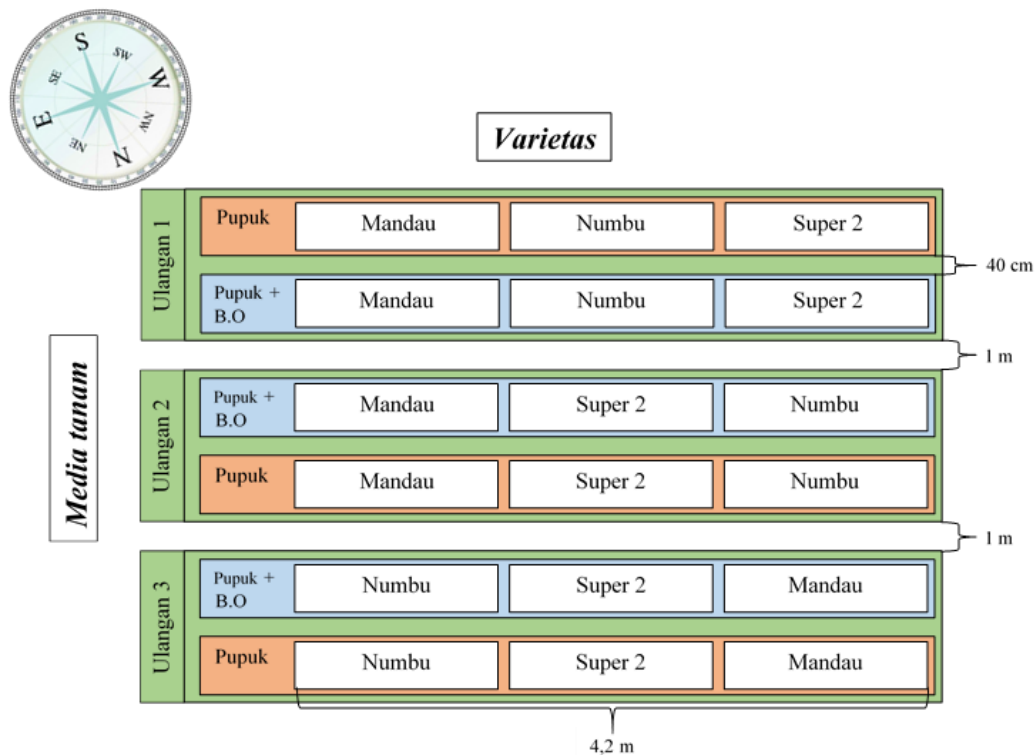
3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini digunakan rancangan *Strip-Plot* dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua perlakuan (varietas sorgum dan bahan organik) yang diulang sebanyak 3 kali pengulangan sehingga memiliki $((2 \times 3) \times 4) \times 3 = 72$ satuan percobaan. Varietas sorgum yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 3 varietas, yaitu Varietas Mandau, Varietas Super 2, dan Varietas Numbu. Analisis data yang digunakan adalah uji *Bartlett* yang dilanjutkan dengan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) menggunakan taraf 5%.

3.3.2 Tata Letak Percobaan

Berikut ini tata letak antar perlakuan yang diterapkan pada tanaman sorgum.



Gambar 13. Tata Letak Percobaan

3.3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.3.1 Persiapan Media Tanam

Media tanah yang digunakan yaitu berupa tanah yang diambil menggunakan cangkul di sekitar lahan lapangan terpadu, FP Univesitas Lampung. Setelah diambil sebagian tanah kemudian dicampur dengan bahan organik (kotoran ayam) serta perbandingan antara bahan organik dan tanah yaitu 1:4 yang akan digunakan sebagai media perlakuan penambahan bahan organik. Media tanam perlu disiapkan 10 hari sebelum penanaman dan dilakukan penjemuran agar memastikan tidak ada hama dan gulma dalam media yang akan digunakan.

3.3.3.2 Penanaman

Penanaman dilakukan secara serempak pada polybag berukuran 50x50 cm yang berisi 18 kg media tanam dengan jumlah bibit yang ditanam sebanyak 3 benih untuk setiap polybag. Penanaman dilakukan secara langsung pada pagi hari tanggal 19 Juni 2025 di rumah kaca Lapangan Terpadu, FP Universitas Lampung. Penanaman dilakukan dengan jarak antar polybag yang digunakan yaitu 30x30 cm.

3.3.3.3 Dosis Pemupukan

Dosis pupuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 kg NPK Mutiara/200 L air, dengan waktu pengaplikasian dilakukan sebanyak 3 kali yaitu saat memasuki fase tumbuh tanaman muncul daun ke- 3/4 (10-15 HST), Fase P1 (30-35 HST), dan fase pembungaan (60-65 HST). Pengaplikasian pupuk dilakukan dengan cara dikocor dan pada saat sore hari.

Pemupukan pada masing-masing petak percobaan dilakukan dengan perhitungan persamaan dibawah ini:

a. Dosis Pupuk

- Dosis pupuk NPK Mutiara = 4 kg per 200 L air.
- Berdasarkan hasil penelitian Susilo *et al.*, (2021), bahwa dosis pupuk NPK optimal bagi tanaman sorgum yaitu berkisar antara 400-600 kg/ha atau 40-60 g/m².

b. Luas Polybag

$$\text{Luas polybag (m}^2\text{)} = 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,25 \text{ m}^2.$$

c. Perhitungan Dosis per Polybag

- Dosis per polybag:

$$\text{Dosis per polybag (g)} = \text{Dosis optimal} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2} \right) \times \text{luas polybag (m}^2\text{)}$$

$$\text{Dosis per polybag (g)} = 40 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2} \right) \times 0,25 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Dosis per polybag (g)} = 10 \text{ g}$$

- Dengan dosis 4 kg untuk 200 L air, maka jumlah larutan yang diperlukan untuk 10 g pupuk NPK sebanyak:

$$\text{Jumlah larutan} = 10 \text{ g} = \frac{10 \text{ (g)}}{4000 \text{ (g)}} \times 200 \text{ L} = 0,5 \text{ L}$$

Sehingga aplikasi pemupukan untuk setiap tanaman sorgum dalam polybag berukuran 50 × 50 cm memerlukan sekitar 0,5 L larutan pupuk NPK mutiara 16-16-16 untuk mencapai dosis yang optimal.

3.3.3.4 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan untuk tanaman sorgum pada penelitian ini adalah penyiraman, penyiangan gulma, serta penanganan hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan sebanyak 2 kali sehari yaitu saat pagi hari dan sore hari. Penyiangan gulma akan dilakukan secara mekanis setelah tanaman berumur 1

MST dan selanjutnya akan dilakukan tergantung banyaknya populasi gulma per polybag. Hama yang menyerang tanaman sorgum umumnya adalah lalat bibit (*Atherigona exiqua* stein), ulat tanah (*Agrotis* sp.), kutu daun, kepik malai yang dapat diatasi dengan menggunakan insektisida Ken-fas 100 EC dan Regent 50 SC. Sedangkan untuk penyakit yang menyerang tanaman sorgum umumnya adalah hawar daun dan bercak daun yang dapat diatasi dengan fungisida Antracol 70 WP.

3.3.3.5 Pemanenan

Tanaman sorgum dapat dipanen ketika buah sudah berwarna kuning kecoklatan dan terdapat retakan, sebagian besar daun menguning, batang berwarna coklat. Setelah itu, tanaman sorgum akan dijemur dibawah sinar matahari langsung selama 3-5 hari dengan dilakukan pembalikan berulang kali dan biji sorgum akan dijemur secara terpisah hingga mendapatkan kadar air 10-15%.

3.3.4 Variabel Pengamatan

3.3.4.1 Unsur Cuaca

Unsur cuaca yang diamati pada penelitian ini yaitu suhu dan kelembaban udara harian yang diukur setiap selang 1 jam dengan menggunakan alat pengukur suhu dan kelembaban yang disertai dengan Flashdisk temperature & humidity data logger model GM1365.

3.3.4.2 Pengamatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman

Tanaman diamati setiap hari untuk mengetahui kapan tanaman tersebut mencapai setiap fase pertumbuhan dan perkembangannya. Pengamatan fenologi ini dilakukan dengan mendokumentasikan foto perkembangan tanaman setiap hari sebagai data deskriptif. Selain itu, terdapat juga variabel pengamatan budidaya yang diamati yaitu sebagai berikut:

- 1) Jumlah daun (2 MST sampai tanaman berbunga).
- 2) Tinggi tanaman (2 MST sampai tanaman berbunga) diukur dari permukaan tanah sampai ujung tanaman.
- 3) Bobot kering tanaman (tanaman berbunga)
- 4) Panjang dan bobot malai
- 5) Bobot biji pertanaman
- 6) Bobot basah 1.000 butir biji sorgum
- 7) Bobot kering 1.000 butir biji sorgum.

3.3.4.3 Pengamatan Fenologi

Pengamatan dilakukan dengan mengamati waktu perubahan fase-fase yang terjadi pada tanaman sorgum baik itu fase vegetatif maupun fase generatif, mulai dari tanaman berkecambah hingga menghasilkan biji.

3.3.5 Pengolahan Data

3.3.5.1 Perhitungan *Growing Degree Days* (GDD)

Perkembangan fenologi tanaman sangat bergantung pada suhu yang diterima tanaman dan indeks suhu yang umum digunakan untuk menduga fase perkembangan tanaman adalah nilai *Growing Degree Days* (GDD) yang dihitung dari suhu maksimum dan minimum harian dengan rumus sebagai berikut.

$$GGD (^{\circ}C) = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base}$$

Keterangan:

T_{max} : suhu maksimum ($^{\circ}C$)

T_{min} : suhu minimum ($^{\circ}C$)

T_{base} : suhu dasar ($^{\circ}C$).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan tahap fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi pada masing-masing varietas sorgum yang berbeda yang ditanam di dataran rendah. Dari ke-3 varietas menunjukkan tahapan fenologi dan laju pertumbuhan yang serempak selama tahap berkecambah hingga munculnya daun ke-3. Kemudian terjadi perubahan dalam tahapan fenologi saat memasuki tahap munculnya daun ke- 5 pada varietas Numbu yang lebih awal, dan diikuti oleh varietas Mandau serta Super-2. Pada saat memasuki tahap ke-4 (inisiasi malai) hingga ke-10 (matang fisiologis), varietas Mandau menunjukkan perubahan terhadap tahap fenologi yang lebih cepat dibandingkan dua varietas lainnya. Varietas Super-2 menunjukkan hasil produksi yang baik pada bobot basah brangkasan, bobot kering brangkasan, bobot biji per malai. Selain itu, varietas Numbu memberikan hasil produksi terbaik hanya pada bobot 1.000 butir.
2. Tanaman sorgum yang ditanam di dataran rendah memerlukan waktu dan energi yang berbeda-beda dalam menyelesaikan fase pertumbuhannya, seperti varietas Mandau memerlukan rata-rata 95 hari dengan GDD sebesar 1661,85 DD, varietas Super-2 memerlukan rata-rata 102 hari dengan GDD sebesar 1777,75 DD dan varietas Numbu memerlukan rata-rata 96 hari dengan GDD sebesar 1680,00 DD.
3. Penambahan bahan organik secara serempak menurunkan nilai GDD dari ketiga varietas sorgum yang ditanam, artinya proses fenologi tidak membutuhkan akumulasi panas dan waktu yang lebih panjang pada media dengan penambahan bahan organik. Namun, pada ketiga varietas saat

memasuki fase matang fisiologis tanpa penambahan bahan organik justru meningkatkan nilai GDD. Sedangkan dalam hal laju pertumbuhan dan hasil produksi, penambahan bahan organik pada media tanam terdapat beberapa yang berpengaruh nyata pada 3 varietas sorgum yang ditanam di dataran rendah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Penggunaan varietas Mandau menjadi pilihan yang terbaik jika akan membudidayakan sorgum di dataran rendah, karena varietas Mandau tidak membutuhkan banyak waktu dan nilai GDD sebanyak varietas Numbu dan Super-2. Namun dalam hal hasil produksi, varietas Super-2 lebih unggul sedikit dibandingkan varietas Mandau dan Numbu,
2. Perlu dilakukannya perbandingan lanjutan dengan dataran tinggi terhadap tahap fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi yang berbeda sebagai data pembandingan.
3. Perlu diadakannya penelitian lanjutan terkait dosis penambahan bahan organik dan pupuk NPK yang diberikan pada media tanam untuk mengetahui apakah tahap fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi akan lebih unggul dibandingkan dengan media pupuk yang ditambah bahan organik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., M. N. Akram, M. Asim, M. Aslam, F. U. Hassan and S. Higgins. 2016. Calibration and validation of APSIM-Wheat and CERES-Wheat for spring wheat under rainfed conditions: models evaluation and application. *Comput. Electron. Agric.* 123: 384-401. doi: 10.1016/j.compag.2016.03.015.
- Ahmad, S., G. Abbas, Z. Fatima, R. J. Khan, M. A. Anjum and M. Ahmed. 2017. Quantification of the impacts of climate warming and crop management on canola phenology in Punjab, Pakistan. *J. Agron. Crop Sci.* 203: 442-452. doi: 10.1111/jac.12206
- Alkhairi, M., Suwardji, S., dan Aryabakti, L. A. 2024. Respon pertumbuhan tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) terhadap penggunaan cocopeat, pupuk kandang sapi dan pupuk silikat di lahan kering Lombok utara. *Journal of Soil Quality and Management*. 3(1): 23-31.
- Andriani, A., dan Isnaini, M. 2013. *Morfologi dan Fase Pertumbuhan Sorgum*. Inovasi Teknologi dan Pengembangan.
- Arham, I. L., dan Adiwibowo, S. 2022. Pengaruh kemarau panjang 2019 sebagai indikasi perubahan iklim terhadap kesejahteraan rumah tangga petani padi desa Tenajar kidul, Indramayu. *Jurnal Sains Komunikasi Dan Pengembangan Masyarakat [JSKPM]*. 6(1): 86–100.
- Balai Penelitian Tanah. 2003. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian*. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Bewick, T. A., L. K. Binning, B. Yandell. 1988. A degree-day model for predicting the emergence of swamp dodder in cranberry. *J. Am. Soc. Hort. Sci* 113: 839-841.
- Boer, R. and A.P. Subbiah. 2003. *Agricultural drought in Indonesia, Agriculture and Drought*. Oxford University Press, UK.

- Borrell, A.K., Mullet, J., Jaeggli, B., Erik J., Hammer, G., Klein, P., and Jordan, D. 2014. Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth, and water uptake. *Journal of Experimental Botany*. 1(1): 1-13.
- Busing, R.T., P.S.White and M. D. MacKende. 1992. Gradient analysis of old spruce-fir forest of the Great Smokey Mountains circa 1935. *Canadian Journal of Botany*. 71: 951-958.
- Damayanti, and D. Pentiana. 2013. Global Warming in the Perspective of Environmental Management Accounting (EMA). *J. Ilm*. 7(1): 1—14.
- Chadalavada, K., Kumari, B.D.R., and Kumar, S. 2021. *Sorghum mitigates climate variability and change on crop yield and quality*.
- Chakrabarti, B., Jain, N., Bhatia, A., Gupta, S. K., and Pathak, H. 2012. Impact of climate change on soil fertility. *Climate Change Impact, Adaptation and Mitigation in Agriculture: Methodology for Assessment and Application*.
- Dalimunthe, A., Hartini, K. S., dan Tampubolon, G. I. 2022. *Peningkatan Pertumbuhan Semai Alpukat (Persea americana) dengan Aplikasi Berbagai Dosis Pupuk Kandang Ayam dan Interval Penyiraman*. In Prosiding Seminar Nasional Silvikultur Ke-VIII.
- Day, F. P., and Monk, C. D., 1974, *Vegetation patterns on a Southern Appalachian watershed*. *Ecology*. 55: 1064-1074.
- Dawes, W. R. and D. Short. 1994. The significance of topology for modelling the Surface hydrology of fluvial landscapes. *Water Resources Research*. 30: 1045- 1055.
- Defila, C. and B. Clot .2005. Phytophenological trends in the Swiss Alps, 1951 2002. *Meteorol Z*. 14: 191—196.
- Direktorat Budi Daya Serealia. 2013. Laporan tahunan direktorat budi daya serealia. *Sistem Auntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah Pertanian*. 53 (9): 1689–1699.
- Du Plessis, J. 2008. Sorghum production. *Department of Agriculture: Republic of South Africa*.

- Farmwest. 2025. Calculator information of Growing Degree Days (GDD). <https://farmwest.com/climate/calculator-information/gdd/>. Diakses pada 15 Maret 2025.
- Figueiredo, N., C. Carranca, H. Trindade, J. Pereira, P. Goufo and J.Coutinho. 2015. Elevated carbon dioxide and temperature effects on rice yield, leaf greenness, and phenological stages duration. *Padd. Wat. Environ.* 13: 313—324. doi: 10.1007/s10333-014-0447-x.
- Garrun~ a-Herna'ndez, R., Orellana, R., Larque-Saavedra, A., Canto, A. 2014. Understanding the Physiological Responses of a Tropical Crop (*Capsicum chinense* Jacq.) at High Temperature. *PLoS ONE* 9(11): e111402 doi:10.1371/ journal.pone. 0111402.
- Gerik, T., B. Bean., and R.L. Vanderlip. 2003. *Sorghum Growth and Development*. Texas Cooperative Extension Service: United Stated (AS).
- Handoko, I. 1994. *Dasar Penyusunan dan Aplikasi Model Simulasi Computer untuk Pertanian*. Jurusan Geofisika dan Meteorologi.
- Hartono, D. 2023. Perubahan iklim dan dampaknya pada Indonesia. *Jurnal Mirai Management*. 8(2).
- Herlina, N., dan Prasetyorini, A. 2020. Pengaruh perubahan iklim pada musim tanam dan produktivitas jagung (*Zea mays* L.) di Kabupaten Malang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 25(1): 118-128.
- House, L.R. 1985. A guide to sorghum breeding. 2ndEd. *International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics* (ICRISAT): India.
- Humoen, M. I., dan Yahya, S. 2020. Tanggap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung terhadap waktu tanam yang berbeda. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 48(2): 127-134.
- IPCC. 2007. The synthesis report of the Intergovernmental Panel on climate change. Cambridge: *Cambridge University Press*.
- Ismail, A. 2012. Zonasi kesesuaian lahan untuk pengembangan tanaman sorgum manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) di kabupaten sumedang berdasar analisis geologi, penggunaan lahan, iklim, dan topografi. *Bionatura*. 14(3).

- Kladnik, A., P.S. Chourey, D.R. Pring, and M. Dermastia. 2006. Development of the endosperm of *Sorghum bicolor* during the endore duplication associated growth phase. *Journal of Cereal Science*. Vol. 43.
- Körner, C. 2007. *The use of altitude in ecological research. Trends Ecol Evol* 22: 569—574.
- Lassa, J.A. 2012. *Emerging Agricultural Involution in Indonesia: Impact of Natural Hazards and Climate Extremes on Agricultural Crops and Food System*, in Sawada, Y. and S. Oum (eds.), *Economic and Welfare Impacts of Disasters in East Asia and Policy Responses*. ERIA Research Project Report 2011-8, Jakarta: ERIA. pp.601-640.
- Lobell, D.B. and G.P. Asner. 2003. Climate and management contributions to recent trends in U.S. agricultural yields. *Science*. 299: 1032.
- Lobell, D. B., and C. B. Field. 2007. Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environ. Res. Lett.* 2: 014002.
- Liu, J., S. Fritz, C. F. A. Van Wesenbeeck, M. Fuchs, L. You, M. Obersteiner, et al. 2008. A spatially explicit assessment of current and future hotspots of hunger in sub-Saharan Africa in the context of global change. *Global Planet. Change*. 64: 222 – 235.
- Madan, P., S. Jagadish, P. Craufurd, M. Fitzgerald, T. Lafarge and T. Wheeler. 2012. Effect of elevated CO₂ and high temperature on seed-set and grain quality of rice. *J. Exp. Bot.* 63: 3843-3852. doi: 10.1093/jxb/ers077.
- Malhi, G. S., Kaur, M., and Kaushik, P. 2021. Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*. 13(3): 1318.
- Menzel, A. 2002. Phenology: its importance to the global change community. *Clim Change*. 54: 379–385.
- McMaster, S. G. and W. W. Wilhelm .1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agric. Forest Meteorol.* 87: 291-300. doi: 10.1016/S0168-1923(97)00027-0.
- Monteith, J. and Unsworth, M. 2013. *Principles of Environmental Physics: Plants, Animals, and the Atmosphere*. Academic Press, USA.

- Mudjisiho dan Suprpto. 2002. *Budidaya Dan Pengolahan Sorgum*. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Naylor, R., Falcon, W., Wada, N., and Rochberg, D. 2002. Using El Niño Southern Oscillation climate data to improve food policy planning in Indonesia. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*. 38(1): 75-91.
- Nugraheni, F. T., Haryanti, S., and Prihastanti, E. 2019. Pengaruh perbedaan kedalaman tanam dan volume air terhadap perkecambahan dan pertumbuhan benih sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 3(2): 223-232.
- OLoughlin, E. M. 1981. Saturation regions in catchments and their relations to soil and topographic properties. *Journal of Hydrology*. 53: 229-246.
- Parmesan, C. and G.Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impact across natural systems. *Nature*. 421: 37-42; doi:10.1038/nature01286.
- Plaut, Z., B. J. Butow, C. S. Blumenthal and C. W. Wrigley. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under postanthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crop Res.* 86: 185-198. doi: 10.1016/j.fcr.2003.08.005.
- Prasad, P. V., Staggenborg, S. A., & Ristic, Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. Response of crops to limited water: *Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes*. 1, 301-355.
- Purwanto, P., Kharisun, K., Rifan, M., Prakoso, B., Noorhidayah, R., Kurniawan, R. E. K., dan Khafiah, L. 2024. Respon agronomi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* sturt) terhadap aplikasi bahan organik bekas maggot (Kasgot). *Jurnal Agrotek Tropika*. 12(2): 327-335.
- Ridha, D. M., Purbo, A., Wibowo, A., Tobing, L. B., Widyaningtyas, N., Widayati, T., dan Farid, M. 2016. *Perubahan Iklim, Perjanjian Paris, dan Nationally Determined Contribution*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan.
- Rinaldi, A. B. F., Noer, I., Anggraini, N., dan Zaini, M. 2025. Analisis risiko produksi sorgum (*Sorghum bicolor*) sebagai pakan alternatif di PT juang jaya abdi alam. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*. 11(1): 992-1003.

- Rohmatika, A., Jumadi, R., dan Redjeki, E. S. 2023. Uji dosis pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tiga varietas unggul baru (VUB) sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *TROPICROPS (Indonesian Journal of Tropical Crops)*. 6 (2): 78-92.
- Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig and J. A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animal and plants. *Nature*. 421: 57-60. doi:10.1038/nature01333.
- Rozci, F. 2024. Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian padi. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis*. 23(2): 108-116.
- Rusmayadi, G., Silamat, E., Abidin, Z., Anripa, N., Rubijantoro, S., dan Sitopu, J. W. 2024. Analisis dampak perubahan iklim terhadap produktivitas tanaman pangan. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*. 7 (3): 9488-9495.
- Sari, I. Y. 2016. *Pengaruh Tingkat Kemasakan pada Produksi, Mutu Fisik dan Mutu Fisiologis Benih Sorgum (Sorghum bicolor [L.] Moench.) Varietas Numbu dan Samurai-2*.
- Siregar., Z, A. 2021. *Kajian Sorgum: Kajian Potensi sebagai Alternatif Pangan*.
- Stephens, J.C. 1934. Anthesis, pollination, and fertilization in sorghum. *Journal of Agricultural Research*. 49 (2).
- Sudarma, I. M., dan As-syakur, A. R. 2018. Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian di Provinsi Bali. *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*. 12(1): 87–98.
- Sugianto dan Jayanti, K.D. 2021. Pengaruh komposisi media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah. *Agrotechnology Research Journal*. 5(1): 38–43.
- Sulistiyowati, D. D., Widiyono, W., Insaniy, G. F. A., dan Desmawati, I. 2022, September. Morfologi daun tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L) sebagai respon terhadap cekaman kekeringan. In *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*. 3, 1, pp. 643-654).

- Surmaini, E., dan Faqih, A. 2016. Kejadian iklim ekstrem dan dampaknya terhadap pertanian tanaman pangan di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 10(2). 10-12.
- Susilo, E., Pujiwati, H., dan Husna, M. 2021. Pertumbuhan dan hasil sorgum pada pemberian beberapa dosis pupuk NPK majemuk di lahan pesisir. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 23(1): 15-22.
- Sutopo, L. 2002. *Teknologi Benih*. Rajawali Pers. Jakarta.
- Sutrisna, N., N. Sunandar, A. Zubair. 2013. Uji adaptasi beberapa varietas sorgum (*Sorghum bicolor*) pada lahan kering. *J. Lahan Suboptimal*. 2(2): 137-143.
- Tao, F., Z. Zhang, W. Shi, Y. Liu, D. Xiao and S. Zhang. 2013. Single rice growth period was prolonged by cultivars shifts, but yield was damaged by climate change during 1981—2009 in China, and late rice was just opposite. *Glob. Chang. Biol.* 19: 3200—3209. doi: 10.1111/gcb.12250.
- Timotiwu, P. B., Manik, T. K., dan Ginting, Y. 2021. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap pertumbuhan dan kualitas Selada Merah (*Lactuca sativa* L.). *J. Agrotek Tropika*. 9(1): 153-159.
- Titshall, L.W., T.G. OConnor and C.D. Morris. 2000. Effect of long-term exclusion of fire and herbivory on the soils and vegetation of sour grassland. *African Journal of Range and Forage Science*. 17: 70-80.
- Vanderlip, R.L. 1993. *How a Grain Sorghum Plant Develops*. Kansas State University.
- Vanderlip, R.L. and H.E. Reeves. 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Agriculture Journal*. 64(1). 13-16.
- White, J.W., G. Alagarswamy, M.J. Ottman, C.H. Porter, U. Singh, and G. Hoogenboom. 2015. An overview of CERES-sorghum as implemented in the cropping system model version 4.5. *Agronomy Journal*. 107(6): 1987-2002.
- Widowati, S. 2010. Karakteristik mutu gizi dan diversifikasi pangan berbasis sorgum (*Sorghum vulgare*). *Jurnal Pangan*. 19(4): 373-382.
- Wiriadiwangsa, D. 2005. Pranata Mangsa, Masih Penting untuk Pertanian. *Tabloid Sinar Tani*, Periode 9-15 Maret 2005.

- Wood, E. F., M. Sinpalan, K. Beven, and L. Band .1988. Effects of spatial variability and scale with implications to hydrological modelling. *Journal of Hydrology*. 102: 29-47.
- Workie, T. G. and H. J. Debella. 2018. Climate change and its effects on vegetation phenology across ecoregions of Ethiopia. *Global Ecology and Conservation*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.e00366>.
- Yang, S., J. Logan, and D. L Coffey. 1995. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. *Agric. Forest Meteor.* 74: 61-74. doi: 10.1016/0168-1923(94)02185-M.
- Zaib, M., Zeeshan, A., Akram, H., Amjad, W., Aslam, S., and Qasim, S. 2023. Impact of climate change on crop physiology and adaptation strategies: A review. *Int Res J Educ Technol (IRJEdT)*. 5(08), 17.
- Ziello, C., N. Estrella and M. Kostova. 2009. Influence of altitude on phenology of selected plant species in the alpine region (1971– 2000). *Climate Res.* 39: 227–234.