

**TAHAP FENOLOGIS, PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN
SORGHUM (*Sorghum bicolor* L.) DITANAM PADA TEMPAT DENGAN
KETINGGIAN YANG BERBEDA SEBAGAI KAJIAN ADAPTASI
TANAMAN TERHADAP DAMPAK PERUBAHAN IKLIM**

(Tesis)

Oleh

**ABIDIN
NPM 2024012001**



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

ABSTRAK

TAHAP FENOLOGIS, PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN SORGHUM (*Sorghum bicolor* L.) DITANAM PADA TEMPAT DENGAN KETINGGIAN YANG BERBEDA SEBAGAI KAJIAN ADAPTASI TANAMAN TERHADAP DAMPAK PERUBAHAN IKLIM

Oleh

ABIDIN

Perubahan iklim seperti kenaikan suhu udara akibat peningkatan gas rumah kaca dapat mempengaruhi produksi tanaman dan ketersediaan pangan. Penelitian pengaruh perubahan iklim pada tanaman dapat dimulai dengan mempelajari pengaruh perbedaan suhu udara pada proses dalam tanaman, sehingga dapat diketahui bagaimana tanaman beradaptasi pada perubahan iklim. Reaksi tanaman terhadap perubahan suhu dapat dilihat pada tahap fenologis tanaman yang merupakan waktu tercapainya fase tumbuh tanaman dan dapat dikuantifikasikan melalui konsep yang disebut Growing Degree Days (GDD). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ketinggian tempat pada tahapan fenologi, pertumbuhan, dan produksi tanaman sorgum, mengetahui nilai GDD tanaman sorgum delapan varietas dengan ketinggian tempat yang berbeda, mengetahui apakah ada interaksi lokasi dan varietas terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum. Penelitian ini dilakukan pada 2 lokasi yaitu kebun percobaan Polinela, Bandar Lampung dengan ketinggian tempat 120 mdpl di daerah Rajabasa dan daerah Gisting 615 mdpl. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan ketinggian tempat mempengaruhi tahapan fenologi pertumbuhan dan produksi. Tanaman sorgum di dataran rendah Rajabasa tumbuh lebih tinggi, jumlah daun lebih banyak, dan malai yang lebih panjang tetapi biji sorgum per 1000 butir di dataran tinggi Gisting lebih tinggi bobotnya dari pada yang tumbuh di dataran rendah Rajabasa. Pengaruh interaksi antara lokasi dan varietas nyata pada bobot kering brankasan atas maupun bobot segar brankasan sorgum .ditunjukkan oleh saat muncul bunga sorgum yaitu di daerah Rajabasa membutuhkan 28,88 HST dengan GDD sebesar 99,71 hari C derajat dan untuk daerah Gisting membutuhkan waktu 32,71 HST dengan GDD sebesar 98,85 hari C derajat.

Kata kunci: sorgum, suhu, fenologi tanaman, *GDD*, ketinggian tempat

**TAHAP FENOLOGIS, PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN
SORGHUM (*Sorghum bicolor* L.) DITANAM PADA TEMPAT DENGAN
KETINGGIAN YANG BERBEDA SEBAGAI KAJIAN ADAPTASI
TANAMAN TERHADAP DAMPAK PERUBAHAN IKLIM**

Oleh

Abidin

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN**

Pada

**Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi
Fakultas Pertanian
Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Tesis : TAHAP FENOLOGIS, PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN SORGHUM (*Sorghum bicolor* L.) DITANAM PADA TEMPAT DENGAN KETINGGIAN YANG BERBEDA SEBAGAI KAJIAN ADAPTASI TANAMAN TERHADAP DAMPAK PERUBAHAN IKLIM

Nama Mahasiswa : Abidin

Nomor Pokok Mahasiswa : 2024012001

Program Studi : Magister Agronomi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

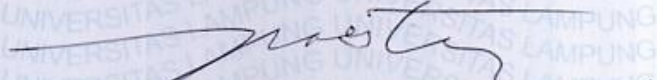
1. Komisi Pembimbing



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

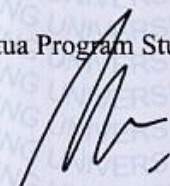


Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.
NIP 196108141986091001



Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., IPM.
NIP 196209281987031001

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

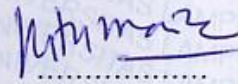


Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.
NIP 196108031986032002

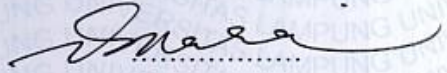
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

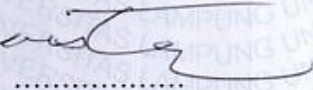
Pembimbing utama : **Dr. Ir. Tumiari K. Manik, M.Sc.**



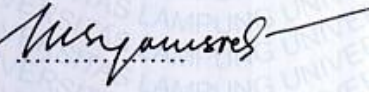
Pembimbing kedua : **Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.**



Pembimbing ketiga : **Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.S., IPM.**



Penguji Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. M. Syamsuel Hadi, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

3. Kepala Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 13 Februari 2024

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

Tesis dengan judul "**Tahap Fenologis, Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yang Ditanam pada Tempat dengan Ketinggian Yang Berbeda sebagai Kajian Adaptasi Tanaman terhadap Dampak Perubahan Iklim**" merupakan karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulisan lain dengan cara yang tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.

1. Pembimbing tesis berhak mempublikasikan sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal ilmiah dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya;
2. Hak intelektual atas karya ilmiah pernyataan ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 2 April 2024

Pembuat pernyataan



Abidin

NPM 2024012001

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Bakung Lor, Kec. Klangeran, Kab. Cirebon, Propinsi Jawa Barat pada 08 April 1967, sebagai anak ketiga dari sembilan bersaudara dari bapak Nasiban dan ibu Mastiri. Jenjang pendidikan yang pernah ditempuh Penulis adalah Sekolah Dasar (SD) Negeri Gempol, Bakung Lor, Kec. Klangeran, Kab. Cirebon lulus tahun tahun 1982, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Negeri 1 Klangeran, Kab. Cirebon diselesaikan tahun 1985, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Syarif Hidayatullah diselesaikan tahun 1988. Penulis diterima di Program Studi Agronomi (BDP) Sekolah Tinggi Surya Dharma Bandar Lampung pada tahun 2002, menyelesaikan pendidikan strata 1 dan mendapat gelar sarjana pertanian pada tahun 2007. Pada bulan Agustus tahun 2020, penulis diterima menjadi mahasiswa Magister Agronomi, Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Saat ini, penulis bekerja sebagai ASN Fungsional Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) Ahli Muda di Perguruan Tinggi Negeri Politeknik Negeri Lampung Provinsi Lampung.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wata'ala, yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini, Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wassallam.

Cita – cita adalah suatu mimpi, untuk menjadi Nyata maka perlu diperjuangkan. Cobaan, rintangan, dan ujian merupakan awal dari suatu keberhasilan, kesuksesan dan kebahagiaan.

Dengan cinta dan rasa syukur kupersembahkan karya ini untuk kedua orang tua ku, kakak – kakakku, adik – adikku, dan istriku Umi Kalsum serta anak-anakku terhebat: Mia Abi Nisa, Dinda Ruhul Huriyah dan Sultan

Irsyad Abiyyu

terimakasih atas do'a, pengorbanan serta kasih sayang yang diberikan kepada penulis.

serta

Almamater Tercinta

Magister Agronomi Fakultas Pertanian

Universitas Lampung

MOTTO

"Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga."

(HR Muslim, no. 2699)

"Jika seorang manusia mati, maka terputuslah darinya semua amalnya kecuali dari tiga hal; dari sedekah jariyah atau ilmu yang diambil manfaatnya atau anak shalih yang mendo'akannya."

(HR Muslim no. 1631)

SANWACANA

Puji syukur Penulis ucapkan kepada Allah *Subhanuhu wata'ala* yang telah melimpah segala kenikmatan baik lahir maupun bathin, sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **Tahap Fenologis, Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Sorghum (*Sorghum bicolor L.*) Ditanam Pada Tempat Dengan Ketinggian Yang Berbeda Sebagai Kajian Adaptasi Tanaman terhadap Dampak Perubahan Iklim** Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pertanian (S2) di Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan perhatian dan saran yang diberikan kepada Penulis;
5. Dr. Ir. Tumiar Katarina Manik, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I atas fasilitas penelitian, saran, kesabaran, motivasi, dan nasihat yang telah diberikan selama penelitian sampai penulisan tesis ini selesai
6. Dr. Ir. Eko Pramono, M.S., selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan, saran, nasihat dan motivasi yang diberikan kepada Penulis.

7. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., IPM., selaku Dosen Pembimbing III dan Pembimbing Akademik atas bimbingan, saran, nasihat dan motivasi yang diberikan kepada Penulis
8. Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc., selaku dosen penguji yang telah bersedia memberikan kritik, saran, nasehat, arahan dan bantuan selama penulisan tesis
9. Kedua orang tua tercinta bapak Nasiban (alm) dan ibu Mastiri (almh), kakak-kakakku, adik-adikku dan keluarga besar Nasiban atas segala motivasi dan dukungan yang diberikan kepada Penulis
10. Istriku tercinta Umi Kalsum dan anak-anak terhebatku: Mia Abi Nissa, Dinda Ruhul Huriyah dan Suthan Irsyad Abiyyu atas segala do'a, dan kasih sayang kepada Penulis;
11. Sahabat-sahabat Mahasiswa S2 Magister Agronomi Angkatan 2020, atas segala saran, motivasi dan dukungan yang diberikan kepada Penulis;
12. Rekan – rekan Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP), Operator dan Staf PLP Polinela atas segala bantuan, dukungan dan saran yang diberikan kepada Penulis;
13. Mba Rayi, Ibu Fitri dan semua staf Pasca Sarjana Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
14. Semua pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu per satu yang secara langsung telah membantu Penulis baik selama pelaksanaan penelitian maupun dalam proses penyelesaian tesis ini.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya, dan Penulis berharap semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Bandar Lampung, 2 April 2024

Penulis,

Abidin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Kerangka Pemikiran.....	4
1.5. Hipotesis Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Perubahan Iklim dan Pengaruhnya pada Tanaman	7
2.2 Taksonomi Tanaman Sorgum	8
2.3 Morfologi Tanaman Sorgum.....	8
2.4 Persyaratan Tumbuh Sorgum	11
2.5 Tahap Fenologi Tanaman.....	12
III. BAHAN DAN METODE	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Metode Penelitian	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian	16
3.4.1. Pengambilan Sampel Tanah	16
3.4.2 Pengolahan Tanah	17
3.4.3. Pembuatan Petak Percobaan.....	17
3.4.4. Penanaman	17

3.4.5. Dosis Pemupukan	18
3.4.6. Pemeliharaan	18
3.4.7. Penanganan Hama dan Penyakit	18
3.4.8. Pemanenan	19
3.5. Pengamatan	19
3.5.1. Cuaca.....	19
3.5.2. Pengamatan Pertumbuhan Tanaman.....	19
3.5.3. Tahap Fenologi Sorgum.....	20
3.6. Perhitungan GDD.....	23
3.7. Pengolahan Data	24
3.8. Diagram Alir Penelitian	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1. Hasil Pengukuran Karakteristik Agroklimat Pada Lokasi Penelitian	25
4.2. Fenologi dan <i>Growing Degree Days</i> (GDD)	27
4.3. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman	30
4.3.1. Tinggi Tanaman	30
4.3.2. Jumlah Daun	32
4.3.3. Panjang Malai	33
4.3.4. Bobot Segar Berangkasan (BBB)	34
4.3.5. Bobot Kering Berangkasan (BKB)	35
4.3.6. Bobot Segar 1000 Biji.....	36
4.3.7. Bobot Kering 1000 Biji.....	38
4.4. Pembahasan.....	39
V. KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Hasil analisis sifat fisik dan sifat kimia tanah pada dataran rendah Rajabasa (120 mdpl).....	16
Tabel 2. Hasil analisis sifat fisik dan sifat kimia tanah pada dataran tinggi Gisting (615 mdpl).....	17
Tabel 3. Rerata suhu maksimum, suhu minimum, kelembaban relatif, rerata suhu harian, dan curah hujan per bulan di Rajabasa dan Gisting	27
Tabel 4. Tahap pertumbuhan tanaman, waktu (hari) yang dibutuhkan dan jumlah <i>Growing Degree Days</i> tanaman sorghum pada penanaman di dataran rendah Rajabasa (120 mdpl)	28
Tabel 5. Tahap pertumbuhan tanaman, waktu (hari) yang dibutuhkan dan jumlah <i>Growing Degree Days</i> tanaman sorghum pada penanaman di dataran tinggi Gisting (615 mdpl).....	29
Tabel 6. Pengaruh lokasi pada rata-rata tinggi tanaman (cm) sorgum pada 8 waktu pengamatan (HST).....	30
Tabel 7. Pengaruh varietas pada rata-rata tinggi tanaman (cm) sorgum pada 8 waktu pengamatan (HST)	31
Tabel 8. Pengaruh lokasi pada rata-rata jumlah daun (helai) tanaman Sorgum pada 8 waktu pengamatan (HST).....	32
Tabel 9. Pengaruh varietas pada rata-rata jumlah daun (helai) tanaman sorgum pada 8 waktu pengamatan (HST).....	32

Tabel 10. Pengaruh lokasi pada rata-rata panjang malai (cm) tanaman sorgum .	33
Tabel 11. Pengaruh varietas pada rata-rata panjang malai (cm) tanaman sorgum.....	34
Tabel 12. Pengaruh lokasi pada rata-rata bobot segar berangkasan (g) tanaman sorgum	34
Tabel 13. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata bobot segar berangkasan (g) tanaman sorgum.....	35
Tabel 14. Pengaruh interaksi lokasi dan varietas pada bobot kering berangkasan (g) tanaman sorgum.....	36
Tabel 15. Pengaruh lokasi pada rata-rata bobot segar 1000 biji (g) Tanaman sorgum	36
Tabel 16. Pengaruh varietas pada rata-rata bobot segar 1000 biji (g) Tanaman sorgum	37
Tabel 17. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata bobot segar 1000 biji (g) tanaman sorgum.....	37
Tabel 18. Pengaruh lokasi pada rata-rata bobot kering 1000 biji (g) tanaman sorgum.....	38
Tabel 19. Pengaruh varietas pada rata-rata bobot kering 1000 biji (g) tanaman sorgum	38
Tabel 20. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata 1000 biji (g) tanaman sorgum	39
Tabel 21. <i>Growing Degree Days</i> tanaman sorgum dengan suhu dasar 23 – 30°C yang ditanam di dataran tinggi Gisting dan dataran rendah Rajabasa.....	39
Tabel 22. Data suhu, kelembaban dan GDD pada dataran rendah Rajabasa, GDD dihitung dengan suhu dasar 23°C.....	52
Tabel 23. Data suhu, kelembaban dan GDD pada dataran tinggi Gisting	54
Tabel 24. Data curah hujan lokasi Rajabasa dan Gisting selama penelitian.....	56
Tabel 25. Data kadar air biji dari Rajabasa dan Gisting (%)	58
Tabel 26. Data prediksi bobot segar berangkasan per hektar Rajabasa dan Gisting (g).....	58

Tabel 27. Data prediksi bobot kering berangkasan per hektar Rajabasa dan Gisting (g).....	59
Tabel 28. Data prediksi bobot kering biji hasil produksi per hektar Rajabasa dan Gisting (g).....	59
Tabel 29. Analisis ragam pengaruh lokasi dan varietas untuk variabel tinggi tanaman sorgum pada 50 HST	59
Tabel 30. Nilai kritis pengaruh lokasi pada rata-rata tinggi tanaman sorgum pada 50 HST	60
Tabel 31. Nilai pengaruh lokasi pada rata-rata tinggi tanaman sorgum pada 50 HST.....	60
Tabel 32. Nilai kritis pengaruh varietas pada rata-rata tinggi tanaman sorgum pada 50 HST	60
Tabel 33. Nilai pengaruh varietas pada rata-rata tinggi tanaman sorgum pada 50 HST.....	60
Tabel 34. Nilai kritis pengaruh interaksi lokasi x varietas pada rata-rata tinggi tanaman sorgum pada 50 HST	60
Tabel 35. Pengaruh interaksi lokasi x varietas pada nilai rata-rata tinggi tanaman sorgum.....	61
Tabel 36. Nilai kritis pengaruh interaksi lokasi x varietas pada Rata-rata tinggi tanaman sorgum pada 50 HST	61
Tabel 37. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata tinggi tanaman sorgum (cm).....	61
Tabel 38. Pemeriksaan asumsi anova dengan Uji Levene untuk kehomogenan ragam berdasarkan nilai simpangan mutlak dari grup rata-rata.....	61
Tabel 39. Pemeriksaan asumsi anova dengan uji kenormalan.....	62
Tabel 40. Analisis ragam pengaruh lokasi dan varietas untuk untuk variabel bobot segar berangkasan (BSB) tanaman sorgum.....	62
Tabel 41. Nilai kritis pengaruh lokasi pada rata-rata bobot segar berangkasan (BBB) tanaman sorgum	62
Tabel 42. Nilai pengaruh lokasi pada rata-rata bobot segar berangkasan (BBB) tanaman sorgum	62

Tabel 43. Nilai kritis pengaruh varietas pada rata-rata bobot segar berangkasan (BBB)tanaman sorgum	62
Tabel 44. Nilai pengaruh varietas pada rata-rata bobot segar berangkasan (BBB) tanaman sorgum	63
Tabel 45. Nilai kritis pengaruh interaksi lokasi x varietas pada rata-rata bobot segar berangkasan (BBB) tanaman sorgum.....	63
Tabel 46. Pengaruh interaksi lokasi x varietas pada nilai rata-rata bobot segar berangkasan (BBB)tanaman sorgum	63
Tabel 47. Nilai kritis pengaruh sederhana interaksi lokasi x varietas pada rata-rata bobot segar berangkasan (BBB) tanaman sorgum	63
Tabel 48. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata bobot segar berangkasan (BSB) tanaman sorgum (g)	64
Tabel 49. Pemeriksaan asumsi anova dengan Uji Levene untuk kehomogenan ragam berdasarkan nilai simpangan mutlak dari grup rata-rata.....	64
Tabel 50. Pemeriksaan asumsi anova dengan uji kenormalan.....	64
Tabel 51. Analisis ragam pengaruh lokasi dan varietas untuk untuk variabel bobot kering berangkasan (BKB) tanaman sorgum	64
Tabel 52. Nilai kritis pengaruh lokasi pada rata-rata bobot kering berangkasan (BKB) tanaman sorgum.....	65
Tabel 53. Nilai pengaruh lokasi pada rata-rata bobot kering berangkasan (BKB) tanaman sorgum.....	65
Tabel 54. Nilai kritis pengaruh varietas pada rata-rata bobot kering berangkasan (BKB) tanaman sorgum.....	65
Tabel 55. Nilai pengaruh varietas pada rata-rata bobot kering berangkasan (BKB) tanaman sorgum.....	65
Tabel 56. Nilai kritis pengaruh interaksi lokasi x varietas pada rata – rata bobot kering berangkasan (BKB) tanaman sorgum	65
Tabel 57. Pengaruh interaksi lokasi x varietas pada nilai rata-rata bobot kering berangkasan (BKB) tanaman sorgum.....	66
Tabel 58. Nilai kritis pengaruh sederhana interaksi lokasi x varietas pada rata-rata bobot kering berangkasan (BKB) tanaman sorgum	66

Tabel 59. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata bobot kering berangkasan (BKB) tanaman sorgum (g)	66
Tabel 60. Pemeriksaan asumsi anova dengan Uji Levene untuk kehomogenan ragam berdasarkan nilai simpangan mutlak dari grup rata-rata	67
Tabel 61. Pemeriksaan asumsi anova dengan uji kenormalan	67
Tabel 62. Analisis ragam pengaruh lokasi dan varietas untuk variabel panjang malai tanaman sorgum	67
Tabel 63. Nilai kritis pengaruh lokasi pada rata-rata panjang malai tanaman sorgum	67
Tabel 64. Nilai pengaruh lokasi pada rata-rata panjang malai tanaman sorgum	67
Tabel 65. Nilai kritis pengaruh varietas pada rata-rata panjang malai tanaman sorgum	67
Tabel 66. Nilai pengaruh mandiri varietas pada rata-rata panjang malai tanaman sorgum.....	68
Tabel 67. Nilai kritis pengaruh interaksi lokasi x varietas pada rata – rata panjang malai tanaman sorgum	68
Tabel 68. Pengaruh interaksi lokasi x varietas pada nilai rata-rata panjang malai tanaman sorgum.....	68
Tabel 69. Nilai kritis pengaruh sederhana interaksi lokasi x varietas pada rata-rata panjang malai tanaman sorgum	68
Tabel 70. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata panjang malai tanaman sorgum (cm).....	69
Tabel 71. Pemeriksaan asumsi anova dengan Uji Levene untuk kehomogenan ragam berdasarkan nilai simpangan mutlak dari grup rata-rata	69
Tabel 72. Pemeriksaan asumsi anova dengan uji kenormalan	69
Tabel 73. Analisis ragam pengaruh lokasi dan varietas untuk variabel jumlah daun tanaman sorgum pada 50 HST.....	69
Tabel 74. Nilai kritis pengaruh lokasi pada rata-rata jumlah daun Tanaman sorgum pada 50 HST	70
Tabel 75. Nilai pengaruh lokasi pada rata-rata jumlah daun tanaman sorgum pada 50 HST	70

Tabel 76. Nilai kritis pengaruh varietas pada rata-rata jumlah daun tanaman sorgum pada 50 HST	70
Tabel 77. Nilai pengaruh varietas pada rata-rata jumlah daun tanaman sorgum pada 50 HST	70
Tabel 78. Nilai kritis pengaruh interaksi lokasi x varietas pada rata-rata jumlah daun tanaman sorgum pada 50 HST	70
Tabel 79. Pengaruh interaksi lokasi x varietas pada nilai rata-rata jumlah daun tanaman sorgum.....	71
Tabel 80. Nilai kritis pengaruh sederhana interaksi lokasi x varietas pada rata-rata jumlah daun tanaman sorgum pada 50 HST.....	71
Tabel 81. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata jumlah daun tanaman (helai) sorgum.....	71
Tabel 82. Pemeriksaan asumsi anova dengan Uji Levene untuk kehomogenan ragam berdasarkan nilai simpangan mutlak dari grup rata-rata	71
Tabel 83. Pemeriksaan asumsi anova dengan uji kenormalan.....	78
Tabel 84. Analisis ragam pengaruh lokasi dan varietas untuk variabel bobot segar 1000 biji tanaman sorgum.....	72
Tabel 85. Nilai kritis pengaruh lokasi pada rata-rata bobot segar 1000 biji tanaman sorgum.....	72
Tabel 86. Nilai pengaruh lokasi pada rata-rata bobot segar 1000 biji tanaman sorgum.....	72
Tabel 87. Nilai kritis pengaruh varietas pada rata-rata bobot segar 1000 biji tanaman sorgum.....	72
Tabel 88. Nilai pengaruh varietas pada rata-rata bobot segar 1000 biji tanaman sorgum	79
Tabel 89. Nilai kritis pengaruh interaksi lokasi x varietas pada rata-rata bobot segar 1000 biji tanaman sorgum.....	73
Tabel 90. Pengaruh interaksi lokasi x varietas pada nilai rata-rata bobot segar 1000 biji tanaman sorgum	73
Tabel 91. Nilai kritis pengaruh sederhana interaksi lokasi x varietas pada rata-rata bobot segar 1000 biji tanaman sorgum.....	73

Tabel 92. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata bobot segar 1000 biji tanaman sorgum (g)	74
Tabel 93. Pemeriksaan asumsi anova dengan Uji Levene untuk kehomogenan ragam berdasarkan nilai simpangan mutlak dari grup rata-rata.....	74
Tabel 94. Pemeriksaan asumsi anova dengan uji kenormalan.....	74
Tabel 95. Analisis ragam pengaruh lokasi dan varietas untuk variabel bobot kering 1000 biji tanaman sorgum	75
Tabel 96. Nilai kritis pengaruh lokasi pada rata-rata bobot kering 1000 biji tanaman sorgum.....	75
Tabel 97. Nilai pengaruh lokasi pada rata-rata bobot kering 1000 biji tanaman sorgum	75
Tabel 98. Nilai kritis pengaruh varietas pada rata-rata bobot kering 1000 biji tanaman sorgum.....	75
Tabel 99. Nilai pengaruh mandiri varietas pada rata-rata bobot kering 1000 biji tanaman sorgum.....	75
Tabel 100. Nilai kritis pengaruh interaksi lokasi x varietas pada rata – rata bobot kering 1000 biji tanaman sorgum.....	76
Tabel 101. Pengaruh interaksi lokasi x varietas pada nilai rata-rata bobot kering 1000 biji tanaman sorgum.....	76
Tabel 102. Nilai kritis pengaruh sederhana interaksi lokasi x varietas pada rata-rata bobot kering 1000 biji tanaman sorgum	76
Tabel 103. Pengaruh lokasi dan varietas pada rata-rata 1000 biji tanaman sorgum (g)	76
Tabel 104. Pemeriksaan asumsi anova dengan Uji Levene untuk kehomogenan ragam berdasarkan nilai simpangan mutlak dari grup rata-rata	77
Tabel 105. Pemeriksaan asumsi anova dengan uji kenormalan	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran.....	5
Gambar 2. Tahapan pertumbuhan tanaman sorgum	13
Gambar 3. Tata letak percobaan lapang	16
Gambar 4. Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 5. Kondisi curah hujan pada dua lokasi penelitian.....	26
Gambar 6. Akumulasi GDD untuk tanaman Sorghum ditanam pada dataran tinggi Gisting dan dataran rendah Rajabasa.....	40
Gambar 7. Pengolahan tanah dengan menggunakan traktor tangan	78
Gambar 8. Pembentukan petakan plot tanam.....	78
Gambar 9. Pemasangan mulsa pada petakan lahan.....	78
Gambar 10. Kemunculan daun ke 5 (13 HST).....	78
Gambar 12. Daun berlubang akibat terserang hama	78
Gambar 13. Kemunculan daun bendera (29 HST).....	78
Gambar 14. Pelepah daun bendera mulai menggelembung (35 HST).....	78
Gambar 15. Daun sorgum menguning dan berlubang akibat terserang penyakit	79

Gambar 16. Bunga mulai mekar dan diikuti keluarnya kepala putik dan benang sari (50 HST)	79
Gambar 17. Biji mulai terisi/ masak susu (60 HST)	79
Gambar 18. Biji mulai mengalami pengerasan (70 HST).....	79
Gambar 19. Batang mengalami patah pada bagian pangkal	79
Gambar 20. Pengukuran tingkat kehijauan daun	79
Gambar 21. Biji memasuki matang fisiologis (80 HST).....	79
Gambar 22. Pemasangan plastik mulsa pada petakan lahan tanam	80
Gambar 23. Kemunculan daun ke 5 (15 HST).....	80
Gambar 25. Kemunculan daun ke 10 (26 HST).....	80
Gambar 26. Kemunculan kuncup/ daun bendera (33 HST).....	80
Gambar 27. Pengamatan variabel tinggi tanaman.....	80
Gambar 28. Hama ulat yang menyerang daun sorgum.....	80
Gambar 29. Kemunculan gejala penyakit pada daun sorgum.....	80
Gambar 30. Daun sorgum yang berlubang akibat serangan hama ulat.....	81
Gambar 31. Daun bendera mulai menggelembung (36 HST)	81
Gambar 32. Bunga mulai mekar dan diikuti keluarnya kepala putik dan benang sari (50 HST)	81
Gambar 33. Biji mulai terisi/ masak susu	81
Gambar 34. Batang mengalami patah pada bagian pangkal	81
Gambar 35. Biji mulai mengalami pengerasan (73 HST).....	81
Gambar 36. Biji memasuki matang fisiologis (80 HST).....	81

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim akibat peningkatan gas rumah kaca pasti mempengaruhi produksi tanaman dan akhirnya ketersediaan pangan. IPCC (International panel for climate change) memproyeksikan kenaikan suhu 1.8 sampai 4°C menjelang tahun 2021 (IPCC, 2007). Kenaikan suhu mempengaruhi aspek fungsi, pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan cara berbeda tergantung jenis tanaman dan lokasi geografis. Produksi tanaman diproyeksikan menurun dengan kenaikan suhu 1-2 °C di wilayah tropis pada musim kering (IPCC 2007 dalam Chakrabarti dkk., 2012).

Pengaruh perubahan iklim yang berpengaruh kuat pada pertumbuhan dan produksi tanaman adalah distribusi curah hujan dan kenaikan suhu (Hosang *et al.*, 2012). Penelitian tentang pengaruh tingkat ketersediaan air pada tanaman sudah lebih banyak dilakukan dibandingkan dengan penelitian tentang pengaruh perubahan suhu pada tanaman. Tingkat kesulitan yang dialami para peneliti terutama karena rumitnya teknik merubah suhu udara untuk hamparan luas dan dalam keadaan di alam (bukan laboratorium). Padahal, karena perubahan iklim diawali dan ditandai dengan kenaikan suhu udara, seharusnya penelitian pengaruh perubahan iklim pada tanaman dimulai dengan mempelajari bagaimana pengaruh kenaikan suhu udara pada tanaman.

Cara yang dapat langsung dilakukan adalah dengan apa yang disebut tahap fenologis tanaman. Fenologi adalah studi tentang waktu terjadinya tahap – tahap pertumbuhan tanaman seperti berapa lama suatu jenis tanaman mencapai fase pembungaan, pematangan dan panen. Fenologi tanaman adalah salah satu indikator

termudah dan paling efektif dari perubahan iklim. Fenologi tanaman dapat dikuantifikasikan melalui konsep yang disebut *Growing Degree Days* (GDD) yaitu hubungan linier antara suhu udara dengan laju pertumbuhan tanaman. GDD juga dapat digunakan untuk memprediksi umur tanaman sehingga waktu panen tidak lagi hanya berdasarkan hari setelah tanam tetapi memperhitungkan faktor cuaca (Timotiwu *et al.*, 2021).

Vegetasi bereaksi pada perubahan iklim dengan mengubah pola fenologinya seperti: bergesernya waktu pencapaian fase tumbuh tanaman, dengan berpindahnya lokasi / tempat tumbuh tanaman karena menyesuaikan dengan suhu udara; dengan berubahnya morfologi, reproduksi atau genetika tanaman atau tanaman akan punah (Workie dan Debella, 2018). Kenaikan suhu sangat merubah pola pertanian karena waktu panen mungkin berubah, pertanian akan merambah ke wilayah pegunungan yang berbahaya bagi keamanan lingkungan dan tingkat produksi juga berubah.

Tanaman sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) adalah tanaman serealia utama yang ditanam untuk pangan, pakan, serat dan energi. Sebagai bahan pangan, sorgum berada pada urutan ke-5 setelah gandum, jagung, padi, dan kedelai. Tanaman sorghum merupakan makanan pokok penting di Asia Selatan dan Afrika sub-sahara (Syamsuddin *et al.*, 2022). Di Indonesia masyarakat mulai memilih sorghum sebagai makanan pokok untuk diet karena tinggi serat dan memiliki kandungan berupa tambahan nutrisi yang tidak terdapat pada sumber karbohidrat biasa.

Tanaman sorgum termasuk tanaman semusim yang mudah dibudidayakan dan mempunyai kemampuan adaptasi yang luas. Tanaman ini dapat berproduksi walaupun diusahakan di lahan yang kurang subur, ketersediaan air terbatas, dan masukan (input) yang rendah (Tabri, F. dan Zubachtirodin, 2013). Dengan demikian tanaman sorghum dapat digunakan untuk meneliti pengaruh kondisi lingkungan khususnya suhu udara karena faktor-faktor pertumbuhan lain tidak mengganggu pertumbuhan tanaman sorghum.

Penelitian ini sangat penting dilakukan untuk memperkirakan bagaimana tumbuhan bereaksi pada perubahan iklim sehingga teknik adaptasi tanaman dapat dikembangkan dengan baik melalui kualitas benih dan pemuliaan. Adaptasi tanaman pada perubahan iklim seharusnya menjadi dasar kebijakan ketersediaan pangan. Secara keilmuan, penelitian pengaruh perubahan iklim pada tanaman sangat sedikit dilakukan di daerah tropis, karena dianggap bahwa suhu di daerah tropis tidak banyak berfluktuasi, tetapi banyak penelitian mengatakan bahwa daerah tropis akan lebih menderita untuk kenaikan suhu yang kecil sekalipun, karena tropis adalah daerah dengan suhu relatif tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk memecahkan masalah berikut ini :

1. Apakah pengaruh ketinggian lokasi pada fenologi, pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum?
2. Berapakah nilai GDD tanaman 8 varietas sorgum yang ditanam pada ketinggian tempat yang berbeda?
3. Apakah terdapat interaksi lokasi dan varietas terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh ketinggian lokasi pada fenologi, pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum
2. Untuk mengetahui nilai GDD 8 varietas sorgum pada ketinggian tempat yang berbeda
3. Untuk mengetahui adanya interaksi lokasi dan varietas terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum

1.4. Kerangka Pemikiran

Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan tanaman sereal yang berkerabat dekat dengan padi dan tanaman jagung. Selain itu, tanaman sorgum memiliki kemampuan adaptasi yang baik dengan berbagai kondisi lingkungan dan lahan marginal (Godoy & Tesso, 2013) sehingga berpotensi untuk dikembangkan. Tanaman sorgum mudah dibudidayakan dan mempunyai manfaat yang luas, antara lain untuk pakan ternak, pangan, dan bahan industry (Andriani dan Isnaini, 2013). Akhir-akhir ini Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pertanian melakukan program pengembangan sorgum sebagai upaya diversifikasi pangan dan menjadikan sereal ini potensial untuk menjadi substitusi beras.

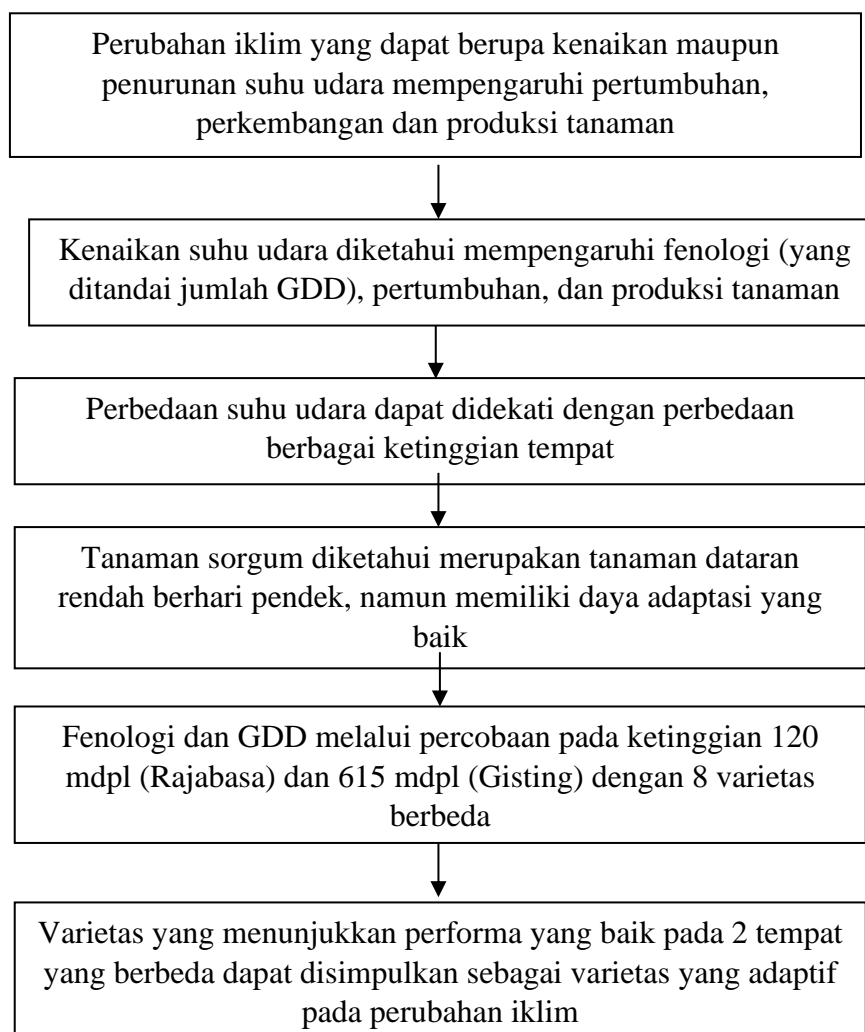
Dalam upaya pengembangan tanaman sorgum terutama di Provinsi Lampung masih terkendala pada ketersediaan benih yang bermutu. Selain itu ketersediaan informasi tentang varietas dari benih sorgum yang adaptif pada kondisi lingkungan juga belum banyak tersedia. Lingkungan (abiotik) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan produksi dari tanaman. Perbedaan komponen abiotik suatu lokasi seperti suhu dan kelembaban sangat ditentukan oleh ketinggian tempat (elevasi) yang menyebabkan tanaman akan memberikan respon dan adaptasi yang berbeda (Nurnasari & Djumali, 2010).

Perbedaan ketinggian tempat tumbuh tanaman mempengaruhi keadaan iklim mikro dan variasi ekologi. Semakin tinggi tempat menyebabkan suhu udara semakin rendah dan menyebabkan kelembaban semakin tinggi. Setiap kenaikan 100 mdpl, suhu akan turun sebesar 0,6 °C yang dikenal sebagai laju penurunan normal. Suhu dan kelembaban merupakan komponen yang berkaitan dalam mewujudkan pertumbuhan tanaman yang optimal. Selain itu, ketinggian tempat menyebabkan perbedaan distribusi cahaya yang diterima oleh tanaman dalam kaitannya keberlangsungan proses fotosintesis, sehingga pada lokasi dataran tinggi intersepsi cahaya matahari lebih sedikit bila dibandingkan pada lokasi dataran rendah (Istiawan & Kastono, 2019).

Ketinggian tempat berpengaruh kuat pada kondisi suhu udara. Suhu udara sebagai salah satu komponen iklim yang menjadi faktor pembatas pertumbuhan dan produksi

tanaman, maupun serangga penyerbuk (Khotimah *et al.*, 2022). Perbedaan suhu pada ketinggian tempat yang berbeda menyebabkan respon adaptasi yang berbeda terutama dalam fase pertumbuhan (fenologi) tanaman. Secara kuantifikasi tahapan fenologis tanaman dapat dilakukan dengan pendekatan *Growing Degree Days* (GDD) atau *heat unit*. GDD merupakan bentuk hubungan linier dengan asumsi laju pertumbuhan tanaman akan proporsional dengan suhu udara (Timotiwu *et al.*, 2021). Penelitian dilakukan untuk mempelajari tahapan fenologis, pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum sebagai kajian adaptasi perubahan iklim pada 8 varietas tanaman sorgum yang ditanam pada ketinggian tempat yang berbeda yaitu pada dataran rendah Rajabasa dan dataran tinggi Gisting.

Kerangka Pemikiran Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran

1.5. Hipotesis Penelitian

1. Perbedaan lokasi mempengaruhi tahapan fenologi, pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum.
2. Terdapat perbedaan nilai GDD Sorgum dengan varietas yang berbeda pada ketinggian tempat yang berbeda
3. Terdapat interaksi antara lokasi dan varietas pada pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perubahan Iklim dan Pengaruhnya pada Tanaman

Secara teori, pemanasan global mempengaruhi tanaman melalui hambatan fotosintesis dan keragaman biomas. Tanaman juga dapat mengalami kerusakan karena tekanan suhu tinggi, diperkirakan sampai rata - rata 17% penurunan hasil panen untuk tiap kenaikan suhu udara 1 derajat celsius (Lobel dan Asner, 2003). Perubahan suhu mempengaruhi ukuran dan berat daun tanaman tropis dan kenaikan suhu merubah ketergantungan thermal dari laju fotosintesis. Pada beberapa spesies, suhu optimal yaitu suhu untuk memaksimalkan laju fotosintesis meningkat dengan naiknya suhu (Garrun, dkk. 2014). Tanaman menghadapi berbagai tekanan abiotik termasuk kekeringan, kadar garam, suhu baik tinggi maupun rendah, banjir, dan kondisi aerobik yang membatasi pertumbuhan dan produksi tanaman (Lawlor dan Cornic, 2002).

Gibson and Paulsen (1999) melaporkan kehilangan panen sekitar 3% sampai 5% untuk setiap kenaikan suhu 1°C karena mempengaruhi proses fisiologi, pertumbuhan dan proses masak dari gandum. Suhu tinggi pada anthesis mengurangi banyaknya bulir setiap tongkol (Prasad *et al.* 2008) juga ukuran bulir (Viswanathan & Khanna-Chopra 2001), keduanya memberikan pengaruh nyata pada panen bulir. Tingginya suhu pada saat meiosis menurunkan panen gandum karena menurunnya jumlah bulir (Nagarajan dan Rane, 2002). Tingginya suhu pada fase pengisian bulir sangat buruk mempengaruhi panen bulir dengan cara mengurangi ukuran masing-masing bulir. Stone and Nicolas (1998) melaporkan bahwa suhu harian (40/21 °C siang/malam)

selama pengisian bulir menurunkan ukuran bulir sebanyak 14 % dibandingkan pada kontrol (21/16 °C siang/malam). Penurunan ini merupakan konsekuensi dari lebih pendeknya waktu pengisian bulir atau pertumbuhan bulir. Suhu tinggi sering meningkatkan laju pengisian bulir. tetapi tidak sanggup menyaingi penurunan waktu, pengisian bulir (Prasad dkk., 2008). Stres panas mendorong perubahan yang signifikan dalam proses fisiologis yang normal seperti fotosintesis, respirasi gelap kestabilan membran dan respon stomata. Suhu tinggi setelah anthesis menurunkan ukuran grain karena laju respirasi dan menurunnya laju sintesa tepung (Kushwaha dkk., 2011).

2.2. Taksonomi Tanaman Sorgum

Taksonomi tanaman sorgum menurut Iriani dan Mangkulawu (2013) yaitu

Kingdom	: Plantae
Division	: Spermtophyta
Class	: Liliopsida/Monocotyledons
Ordo	: Poales
Family	: Poaceae
Subfamily	: Panicoideae
Genus	: Sorghum
Species	: Sorghum bicolor

Sorghum termasuk kelas Monocotyledoneae (tumbuhan biji berkeping satu) dengan subclass: Liliopsida; ordo Poales yang dicirikan melalui bentuk tanaman terjal dengan siklus hidup semusim; famili Poaceae atau Gramineae, yaitu tumbuhan jenis rumput-rumputan dengan karakteristik batang berbentuk silinder dengan buku-buku yang jelas, dan genus Sorghum (Tjitrosoepomo, 2000).

2.3 Morfologi Tanaman Sorgum

Akar

Tanaman sorgum merupakan tanaman biji berkeping satu, tidak membentuk akar tunggang, perakaran hanya terdiri atas akar lateral. Sistem perakaran sorgum

terdiri atas akar-akar seminal (akar-akar primer) pada dasar buku pertama pangkal batang, akar skunder dan akar tunjang yang terdiri atas akar koronal (akar pada pangkal batang yang tumbuh ke arah atas) dan akar udara (akar tumbuh di permukaan tanah). Tanaman sorgum membentuk perakaran skunder dua kali lebih banyak dari pada jagung. Ruang tempat tumbuh akar lateral mencapai 1,3 – 1,8 m, dengan panjang mencapai 10,8 m. Sebagai tanaman yang termasuk kelas monokotiledone, sorgum mempunyai sistem perakaran serabut (USDA, 2018).

Batang

Batang tanaman sorgum merupakan rangkaian berseri dari ruas (internodus) dan buku (nodus), tidak memiliki kambium. Pada bagian tengah batang terdapat seludang pembuluh yang diselubungi oleh lapisan keras (sel-sel parenkim). Tipe batang bervariasi dari solid dan kering hingga sukulen dan manis. Jenis sorgum manis memiliki kandungan gula yang tinggi pada batang gabusnya, sehingga berpotensi dijadikan sebagai bahan baku gula sebagai mana halnya tebu. Bentuk batang tanaman sorgum silinder dengan diameter pada bagian pangkal berkisar antara 0,5 – 4,0 m, bergantung pada varietas. Permukaan ruas batang sorgum mirip dengan tanaman tebu, yaitu diselubungi oleh lapisan lilin yang tebal, kecuali pada ujung batang. Lapisan lilin paling banyak pada bagian atas dari pelepah daun, yang berfungsi mengurangi transpirasi sehingga sorgum toleran pada kekeringan. Buku pada batang sorgum rata dengan ruasnya, pada bagian ini tumbuh akar tunjang dan tunas. Pada kondisi kekeringan, bagian dalam batang sorgum bisa pecah. Tinggi tanaman sorgum bergantung pada jumlah dan ukuran ruas batang. Sorghum memiliki tinggi rata-rata 2,6 – 4 m. Pohon dan daun sorghum mirip dengan jagung. Tinggi batang sorgum manis yang dikembangkan di China dapat mencapai 5 m, dan struktur tanaman yang tinggi ideal dikembangkan untuk pakan ternak dan penghasil gula. Tinggi tanaman sorgum berhubungan erat dengan umur dan jumlah daun, pada tanaman berumur genjah tinggi dan jumlah daun lebih sedikit daripada tanaman berumur (USDA, 2018).

Tunas

Pada beberapa varietas sorghum, batangnya dapat menghasilkan tunas baru membentuk percabangan atau anakan dan dapat tumbuh menjadi individu baru selain batang utama. Ruas batang sorghum bersifat gemmiferous, setiap ruas terdapat satu mata tunas yang bisa tumbuh sebagai anakan atau cabang. Tunas yang tumbuh pada ruas yang terdapat dipermukaan tanah akan tumbuh sebagai anakan, sedangkan tunas yang tumbuh pada batang bagian atas menjadi cabang. Pertumbuhan tunas atau anakan bergantung pada varietas dan lingkungan tumbuh tanaman sorghum. Pada suhu kurang dari 18°C memicu munculnya anakan pada fase pertumbuhan daun ke-4 sampai ke-6. Tanaman sorghum tahunan mampu menghasilkan anakan 2-3 kali lebih banyak dari sorghum semusim. Cabang pada tanaman sorghum umumnya tumbuh bila batang utama rusak. Jumlah cabang dan anakan bergantung pada varietas, jarak tanam, dan kondisi lingkungan (USDA, 2018).

Daun

Sorghum mempunyai daun berbentuk pita, dengan struktur terdiri atas helai daun dan tangkai daun. Posisi daun terdistribusi secara berlawanan sepanjang batang dengan pangkal daun menempel pada ruas batang. Panjang daun sorghum rata-rata 1 m dengan penyimpangan 10 – 15 cm dan lebar 5 – 13 cm. Jumlah daun bervariasi antara 7 – 40 helai, bergantung pada varietas. Daun melekat pada buku-buku batang dan tumbuh memanjang, yang terdiri atas pelepah dan helaian daun terdapat liguna (ligule) dan kerah daun (dewalps). Helaian daun muda kaku dan tegak, kemudian menjadi cenderung melengkung pada saat tanaman dewasa. Helaian berbentuk lanset, lurus mendatar, berwarna hijau muda hingga hijau tua dengan permukaan mengkilap oleh lapisan lilin. Stomata berada pada permukaan atas dan bawah daun. Tulang daun lurus memanjang dengan warna bervariasi dari hijau muda, kuning hingga putih, bergantung pada variasi (USDA, 2018).

Bunga

Rangkaian bunga sorghum berada pada malai di bagian ujung tanaman. Sorghum merupakan tanaman hari pendek, pembungaan dipicu oleh periode penyinaran pendek dan suhu tinggi. Bunga sorghum merupakan bunga tipe panicle/malai (susunan bunga ditangkai). Bungan sorghum secara utuh terdiri atas tangkai malai (peducle), malai (panicle), rangkaian bunga (receme), dan bunga (spikelet) (USDA, 2018).

Biji

Biji sorghum yang merupakan bagian dari tanaman memiliki ciri-ciri fisik berbentuk bulat (*flattenedspherical*) dengan bobot 25-55 mg. Biji sorghum berbentuk butiran dengan ukuran 4,0 x 2,5 x 3,5 mm. Berdasarkan bentuk ukurannya, sorghum dibedakan menjadi tiga golongan, yaitu biji berukuran kecil (8-10 mg), sedang (12-24 mg), dan kecil (25-35 mg). Biji sorghum tertutup sekam dengan warna coklat muda, krem atau putih, bergantung pada varietas. Biji sorghum terdiri atas tiga bagian utama, yaitu lapisan luar (soat), embrio (germ), dan endosperm (USDA, 2018).

2.4 Persyaratan Tumbuh Sorgum

Sorgum dapat tumbuh hampir di semua jenis tanah seperti Vertisol, Aluvial, Andosol, Regosol, dan Mediteran, namun cenderung tidak dapat berkembang dengan baik di tanah Podsolik Merah Kuning. Sorgum memungkinkan untuk ditanam didaerah dengan kesuburan rendah sampai tinggi dengan solum yang agak dalam (15 cm), namun dapat berkembang dengan baik pada pH 6-7,5. Perkaran sorgum lebih menyebar dan lebih toleran termasuk pada kekurangan air, sehingga tetap dapat tumbuh dan berkembang pada kondisi cekaman seperti kekurangan air meskipun akan lebih baik pada kondisi optimal (Tabri & Zubachtirodin, 2013).

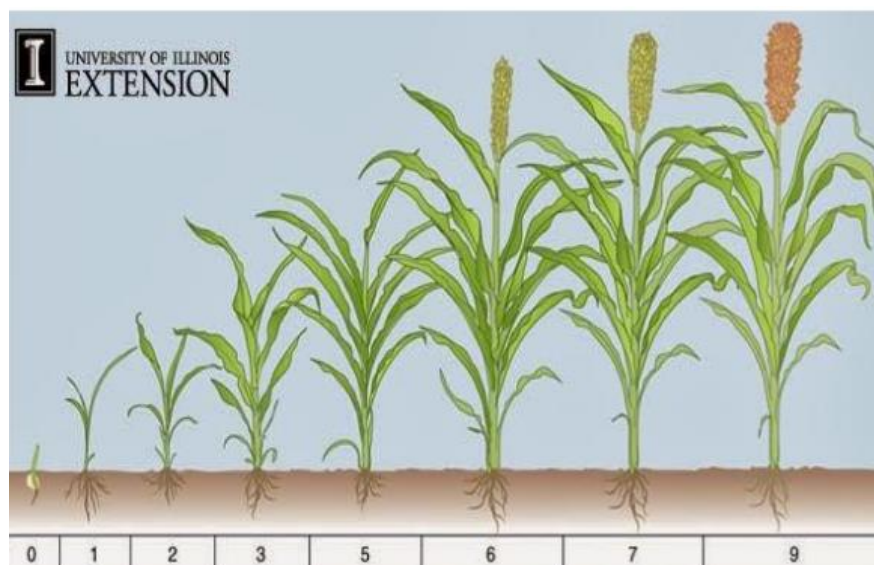
Tanaman sorgum tergolong sebagai tanaman berhari pendek (Wolabu & Tadege, 2016) dengan siklus fotoperiode 12/12 (Emendak *et al.*, 2021). Tanaman sorgum sesuai ditanam pada daerah dengan udara cenderung kering dan kelembaban rendah dengan suhu 25-34°C dan curah hujan 50-100 mm perbulan pada 2 -2,5 bulan sejak tanam. Daya adaptasi sorgum yang tinggi membuat tanaman sorgum dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada curah hujan tinggi sekalipun. Dataran rendah pada ketinggian 1-500 mdpl lebih sesuai untuk menanam tanaman sorgum, ketinggian > 500 mdpl umur panen sorgum menjadi lebih panjang (Tabri & Zubachtirodin, 2013).

2.5 Tahap Fenologi Tanaman

Fenologi adalah ilmu tentang tahap - tahap pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara alamiah sebagai tanggapan pada iklim, musim dan lingkungan (Ziello dkk, 2009). Suhu dianggap faktor penting dalam fisiologi tanaman, tetapi perubahan dengan perbedaan ketinggian tempat juga menyebabkan tekanan udara dan konsentrasi dari beberapa gas adalah: penurunan luasan penanaman yang terus terjadi, penurunan tekanan udara dan tekanan parsial (konsentrasi) dari beberapa gas (Defila & Clot, 2005), O₂ dan CO₂ juga bagian vegetasi dan kehidupan tanaman, dan penambahan radiasi matahari pada siang hari yang cerah dengan komponen UV-B (Körner, 2007). Pemanasan global menghasilkan pergeseran dalam fenologi tanaman di seluruh dunia (Root dkk., 2003; Parmesan, 2006; Ahmad dkk., 2017). Iklim dengan suhu lebih hangat mempercepat fenologi tanaman dan mempengaruhi saat panen (Madan dkk., 2012; Zhang dkk., 2013; Ahmed dkk., 2016). Craufurd and Wheeler (2009) melaporkan pembungaan dan kemasakan awal di tempat dengan suhu lebih tinggi. Suhu yang lebih tinggi menghasilkan musim tanam yang lebih pendek, mempercepat penuaan daun dan mengurangi biomas karena pembungaan yang awal (Tao dkk.,2013; Figueiredo dkk., 2015). Suhu tinggi mempunyai efek negatif pada biomas, panjang spike, hasil bulir dan indeks panen (Plaut dkk., 2004).

Topografi adalah faktor utama pengatur pertumbuhan tanaman juga tipe tanah dan curah hujan (O'Longhlin, 1981; Wood dkk., 1988; Dawes and Short, 1994). Ketinggian, arah dan kemiringannya adalah tiga faktor dari topografi yang mengatur distribusi dan pola tanaman di pegunungan dan juga iklim mikro tanaman (Titshall dkk., 2000), diantara ketiganya ketinggian tempat adalah paling penting (Day and Monk, 1974; Busing dkk., 1992).

Sebuah prasyarat untuk membuat model tanaman adalah pendugaan yang tepat waktu perkembangan tanaman dengan suhu udara dikenal sebagai regulator utama dari perkembangan (Bewick dkk., 1988). Nilai Growing degree day (GDD) digunakan untuk memprediksi pertumbuhan tanaman (Yang dkk., 1995; McMaster and Wilhelm, 1997), biasanya dengan cara menjumlahkan nilai suhu harian. Dengan meningkatnya suhu global makin cepat akumulasi GDD. Selain suhu fotoperiodisme juga faktor lingkungan utama yang menentukan waktu mencapai pembungaan dan munculnya bunga pertama pada tanaman (Daba dkk., 2016), Dengan demikian perkembangan tanaman adalah fungsi dari suhu dan panjang hari dan keduanya harus disertakan dalam algoritme prediksi (Aslam dkk., 2017).



Gambar 2. Tahapan pertumbuhan tanaman sorgum
(Sumber : University of Illinois, 2012.).

Penelitian-penelitian sebelumnya pun telah membuktikan bahwa ketinggian lokasi penanaman akan mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, bahkan hasil dan kandungan dari tanaman tersebut. Lelago *et al.* (2016) yang melakukan penelitian pada beberapa jenis tanaman termasuk jagung, kentang, dan sorgum pada 3 tempat dengan ketinggian berbeda (tinggi, sedang, rendah) menunjukkan bahwa hasil yang didapatkan cukup berbeda antar ketinggian lokasi, namun tergantung karakter dari masing-masing tanaman tersebut. Tanaman kentang yang memang sudah dikenal sebagai tanaman yang banyak ditanam di dataran tinggi, menunjukkan hasil yang lebih tinggi dan masih dapat menghasilkan di ketinggian sedang, namun tidak dapat menghasilkan di dataran rendah. Sedangkan, tanaman sorgum cenderung menunjukkan hasil yang berbeda-beda, sehingga dapat disimpulkan bahwa sorgum dapat ditanam di berbagai ketinggian tempat. Penelitian oleh Xue-jun *et al.* (2013) pada tanaman jagung menunjukkan hasil berupa ketinggian lokasi juga mempengaruhi waktu pertumbuhan, dimana dari hasil penelitian tersebut setiap kenaikan 100 m pertumbuhan melambat 4-5 hari, selain itu kandungan minyak dan amilase pun menurun seiring dengan penambahan tinggi lokasi penanaman.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

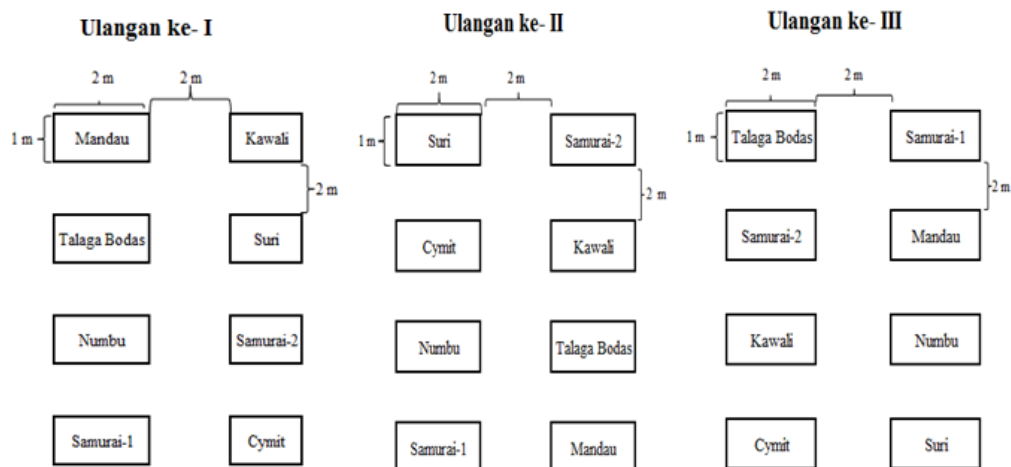
Penelitian dilaksanakan pada Bulan Maret sampai Bulan Juni 2022 yang berlokasi di Kebun Percobaan Polinela Bandar Lampung dengan ketinggian tempat 120 m dpl dan di Desa Gisting Kecamatan Gisting Kabupaten Tanggamus dengan ketinggian tempat 615 m dpl.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan diantaranya; mesin pompa air, bor tanah, data logger model TZ-TempU03, timbangan digital, penggaris, sprayer, alat tulis, bak penampung air, gembor, cangkul, ring sampel, hand traktor. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu : data iklim, data hasil analisis sampel tanah, pupuk kandang, mulsa plastik, benih tanaman sorghum 8 varietas (Mandau, Numbu, Samurai-1, Samurai-2, Talaga Bodas, Kawali, Suri, Cymit), furadan 3G, dithane M-45 atau antracol 70 WP, pupuk urea, SP-36, KCl serta program komputer untuk membantu mengolah data yaitu kalkulator, Program SmartstatXL dan excel.

3.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan rancangan dengan rancangan acak kelompok (RAK) dua faktor yaitu faktor 8 varietas(Mandau, T. Bodas, Numbu, Samurai-1, Kawali, Suri, Samurai-2, Cymit) dan 2 lokasi pada dataran rendah di Rajabasa Bandar Lampung dan dataran tinggi di Kecamatan Gisting, Tanggamus, $(2 \times 8) \times 3 = 48$ dengan susunan penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tata letak percobaan lapang

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan ring sampel pada kedalaman 10 cm, 20 cm dan 30 cm. Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Politeknik Negeri Lampung. Hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil analisis sifat fisik dan sifat kimia tanah pada dataran rendah Rajabasa (120 mdpl)

No	Sifat Fisika	Kadar	Sifat Kimia	Kadar
1	Tekstur			
	Pasir	52,8 %	Nitrogen (N-Total)	0,373 %
	Debu	26,0 %	P-tersedia	186,38 ppm
	Liat	21,2 %	C-organik	1,35 %
			Kalium (K ₂ O)	17,82 mg/100g
			pH	5,5
2	Kapasitas Lapang	20,35 %		
	Titik Layu Permanen	10,06 %	(pada kedalaman tanah 10 cm)	
	Permeabilitas	2,35 cm/jam		
3	Kapasitas Lapang	20,23 %		
	Titik Layu Permanen	8,89 %	(pada kedalaman tanah 20 cm)	
	Permeabilitas	1,02 cm/jam		
4	Kapasitas Lapang	21,92 %		
	Titik Layu Permanen	9,38 %	(pada kedalaman tanah 30 cm)	
	Permeabilitas	1,21 cm/jam		

Sumber: Laboratorium Analisis Polinela (Tahun 2021)

Tabel 2. Hasil analisis sifat fisik dan sifat kimia tanah pada dataran tinggi Gisting (615 mdpl)

No	Sifat Fisik	Kadar	Sifat Kimia	Kadar
1	Tekstur Pasir	39,2 %	Nitrogen (N-Total)	1,70 %
	Debu	43,2 %	P-tersedia	99,96 ppm
	Liat	17,6 %	C-organik	4,95 %
			pH	6,03
2	Kapasitas Lapang	22,43 %		
	Titik Layu Permanen	13,62 %	pada kedalaman tanah 10 cm	
	Permeabilitas	1,44 cm/jam		
3	Kapasitas Lapang	21,00 %		
	Titik Layu Permanen	13,58 %	pada kedalaman tanah 20 cm	
	Permeabilitas	0,78 cm/jam		
4	Kapasitas Lapang	24,32 %		
	Titik Layu Permanen	13,98 %	pada kedalaman tanah 30 cm	
	Permeabilitas	0,58 cm/jam		

Sumber: Laboratorium Analisis Polinela (Tahun 2021)

3.4.2. Pengolahan Tanah

Lahan dibersihkan dari sisa tanaman sebelumnya, kemudian dicangkul atau dibajak 2 kali dan diratakan. Tanah yang sudah diolah diberikan pupuk organik, misalnya pupuk kandang atau kompos. Pengolahan tanah dilakukan 1 - 2 minggu sebelum tanam.

3.4.3 Pembuatan Petak Percobaan

Masing-masing blok dibagi menjadi 8 petak percobaan berukuran 1 x 2 meter dengan jarak antar petak percobaan sejauh 2 meter.

3.4.4 Penanaman

Proses penanaman dilakukan secara serempak dengan jarak tanam 25 x 80 cm, jumlah bibit yang ditanam 2-3 benih setiap lubang.

3.4.5 Dosis Pemupukan

Pemupukan dibagi dalam 2 kali aplikasi yaitu aplikasi ke-1 (50%) pada umur 10 – 15 HST dan aplikasi ke-2 (50%) pada umur 30 – 35 HST. Dosis pemupukan yang digunakan yaitu urea 200 kg/ ha, SP-36 100 kg/ ha dan KCL 50 kg/ ha.

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

$$\text{Dosis pupuk } \left(\frac{\text{g}}{\text{tanaman}} \right) = \text{Dosis } \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) \times \frac{1000 \text{ (g)}}{10.000 \text{ (m}^2\text{)}} \times \text{jarak tanam (m}^2\text{)}$$

Sehingga aplikasi pemupukan dilakukan dengan dosis urea sebesar 0,63 gr/tanaman, SP-36 sebesar 0,31 g/tanaman dan KCL sebesar 0,16 g/tanaman pada pemupukan 1 dan pemupukan 2.

3.4.6 Pemeliharaan

1. Penyiangan

Penyiangan dilakukan pada saat tanaman berumur satu minggu, kemudian dilaksanakan tergantung kepada banyaknya populasi gulma. Dalam penelitian ini permukaan tanah akan ditutup dengan mulsa plastik untuk mengurangi populasi gulma.

2. Pembumbunan

Pembumbunan dilakukan dengan cara menggemburkan tanah disekitar tanaman sorghum, kemudian menimbunkan tanah tersebut pada pangkal batang sehingga membentuk guludan-guludan yang bertujuan untuk mengokohkan batang tanaman agar tidak mudah rebah.

3.4.7 Penanganan Hama dan Penyakit

Secara umum hama tanaman Lalat Bibit (*Atherigona exiqua* stein), Ulat Tanah (*Agrotis sp.*) dan hama bubuk (*Sitophilus sp.*) diatasi dengan menggunakan

insektisida Furadan 3G, sedangkan karat daun dan bercak daun diatasi dengan fungisida Dithane M-45 atau Antracol 70 WP.

3.4.8 Pemanenan

1. Panen

Panen dilakukan jika sebagian besar daun sudah menguning, buah mulai berubah warna dari hijau ke kuning kecoklatan dan retak-retak, malai sudah kelihatan tua, batang berwarna agak coklat dan gundul, dengan umur rata-rata sorghum 90 hari.

2. Pasca Panen

Setelah panen selesai, seluruh hasil panen dijemur diatas tikar, anyaman bambu atau lantai selama 3 hari dengan dilakukan pembalikan berulang kali. Biji Sorgum yang akan digunakan sebagai benih dijemur secara terpisah dengan kadar air 10 - 15 %.

3.5 Pengamatan

3.5.1 Cuaca

Unsur cuaca yang diamati dalam penelitian ini yaitu suhu dan kelembaban. Pengamatan suhu dan kelembaban udara harian diukur setiap selang 1 jam dengan menggunakan pengukur suhu dan kelembaban yang menggunakan data logger Flush USB humidity and temperature tipe E3845.

3.5.2 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman

Sampel tanaman yang diambil secara acak untuk masing - masing varietas, 3 tanaman sampel untuk diukur variabel pertumbuhannya. Adapun variabel yang diamati adalah:

- 1) Jumlah daun (2 MST sampai tanaman berbunga).
- 2) Tinggi tanaman (2 MST sampai tanaman berbunga) diukur dari permukaan tanah sampai ujung tanaman.
- 3) Panjang malai
- 4) Bobot segar brangkasan (hijauan).
- 5) Bobot kering brangkasan (tanaman berbunga)
- 6) Bobot segar 1000 biji
- 7) Bobot kering 1000 biji

3.5.3 Tahap Fenologi Sorgum

A. Fase Pertumbuhan Vegetatif

Pada fase vegetatif bagian tanaman yang aktif berkembang adalah daun dan tunas/anakan. Fase ini sangat penting bagi tanaman karena pada fase ini seluruh daun yang terbentuk sempurna 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 3 tahap (House 1985, Gerik et al. 2003, dan Vanderlip 1993),, yaitu:

Tahap 0, saat kecambah muncul di atas permukaan tanah. Tahap ini 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 permukaan tanah setelah 3-4 HST, dan akan lebih lama jika suhu semakin rendah. Sedangkan akar skunder akan mulai berkembang 3-7 HSB. Selama tahap ini, pertumbuhan bergantung pada nutrisi dan cadangan makanan dari benih.

Tahap1, 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 dipermukaan tanah. Laju pertumbuhan relatif

lambat. Tahap ini berlangsung pada umur sekitar 10 HSB. Penyiangan harus hati-hati supaya tidak merusak titik tumbuh, karena kemampuan sorghum untuk tumbuh kembali tidak sebaik tanaman jagung.

Tahap 2, saat daun ke-5 terlihat. Pada tahap ini tanaman memasuki umur sekitar 20 HSB dan memasuki fase pertumbuhan cepat. Daun dan sistem perakaran berkembang dengan cepat. Pertumbuhan yang cepat memerlukan penyiangan, pemupukan, pengairan, dan pengendalian hama dan penyakit yang optimal. Laju akumulasi bahan kering akan konstan hingga saat memasuki masak fisiologi 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.

Tahap 3, tahap deferensiasi titik tumbuh. Deferensiasi titik tumbuh berlangsung pada saat tanaman berumur sekitar 30 HSB. 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.

B. Fase Pertumbuhan Generatif

Fase generatif umumnya berlangsung pada saat tanaman berumur 30-60 HST. Pada suhu panas, tanaman sorghum akan berbunga lebih cepat, dan pada kondisi suhu yang lebih rendah pembungaan sedikit lebih lambat. Inisiasi bunga menandai akhir fase vegetative dan dimulainya fase reproduktif/generatif. Pada fase ini terbentuk struktur malai (panicle) dan jumlah biji yang bias 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 pada periode ini. Jika pertumbuhan malai terganggu akan menurunkan jumlah biji yang akan terbentuk. Tahap pertumbuhan fase generative meliputi:

Tahap 4, saat munculnya daun bendera. Daun bendera muncul pada saat tanaman berumur sekitar 40 HSB 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. Memasuki umur 40-45 HST, malai mulai memanjang dalam daun bendera dimana ukuran malai ditentukan pada saat ini. Pertumbuhan dan serapan hara jauh lebih besar dan lebih 40% kalium sudah diserap. Laju pertumbuhan dan penyerapan hara cepat, sehingga kecukupan pasokan nutrisi dan air diperlukan untuk pertumbuhan maksimal. Tanaman sorghum pada fase ini cukup kompetitif dengan gulma, namun pengendalian gulma tetap harus diperhatikan. Sekitar seperlima dari total pertumbuhan telah tercapai (Vanderlip 1993, Rao et al. 2004).

Tahap 5, menggelembungnya pelepah daun bendera. Pada 40-50 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. Malai berkembang hampir mencapai ukuran maksimum dan tertutup dalam pelepah daun bendera, sehingga pelepah daun bendera menggelembung. Pertumbuhan batang sudah selesai, kecuali tangkai bunga (peduncle). Tangkai bunga mulai memanjang dan mendorong malai (panicle) untuk keluar dari pelepah daun bendera. Ukuran malai telah terdeferensiasi. Stres kelembaban tinggi dan kerusakan akibat herbisida selama fase pembentukan malai dapat mencegah malai keluar dari selubung daun bendera. Hal ini dapat mencegah penyerbukan saat berbunga (House 1985, Vanderlip 1993)..

Tahap 6, tanaman 50% berbunga. Pada tahap 5, pertumbuhan 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 saat keluar dari daun bendera, malai segera mekar. Fase pembungaan 50% biasanya pada saat tanaman berumur sekitar 60 HSB, ditandai oleh sebagian malai sudah mekar, yaitu pada saat kotak sari (anther) keluar dari lemma dan palea. Pada fase ini bagian vegetative tanaman seperti batang mengalami sedikit peningkatan, dan telah mencapai produksi biomas maksimum, sekitar 50% dari total bobot kering tanaman. Serapan hara N, P, dan K telah mencapai hampir 70%, 60%, dan 80% dari total N, P₂O₅, dan K₂O. Jika kondisi lingkungan menguntungkan, hasil tanaman sorghum masih dapat ditingkatkan dengan meningkatnya bobot biji. Kekeringan pada tahap ini dapat mengakibatkan menurunnya pengisian biji (Vanderlip 1993, Rao et al. 2004)..

Bunga Sorghum akan mekar teratur dari tujuh cabang malai paling atas atau ujung malai (panicle) kemudian tengah dan terakhir bagian bawah. Lama pembungaan dari bunga pertama kali mekar berkisar antara 6-9 hari setelah malai keluar dari pelepah daun bendera (House 1985, Vanderlip 1993, Pendleton *et al.* 1994, Gerik et al. 2003, du Plessis 2008). Bunga tanaman sorghum pada umumnya mekar hanya beberapa saat sebelum atau sesudah matahari terbit. Cuaca mendung, suhu yang rendah, dan kelembaban tinggi menunda bunga untuk mekar. Individu bunga mulai mekar pada saat bunga mulai membuka dari kumpulan rangkaian bunga (raceme), 7 menit kemudian lemma dan palea akan terbuka sempurna selama 20 menit, diikuti oleh keluarnya kepala putik dan benang sari (Pedersen *et al.* 1998).

3.6 Perhitungan GDD

Selanjutnya dilakukan perhitungan GDD (*Growing Degree Days*) yang dihitung dari suhu maksimum ditambah suhu minimum harian dibagi dua dikurangi suhu dasar seperti disajikan pada persamaan:

$$GDD = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base}$$

Keterangan:

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

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

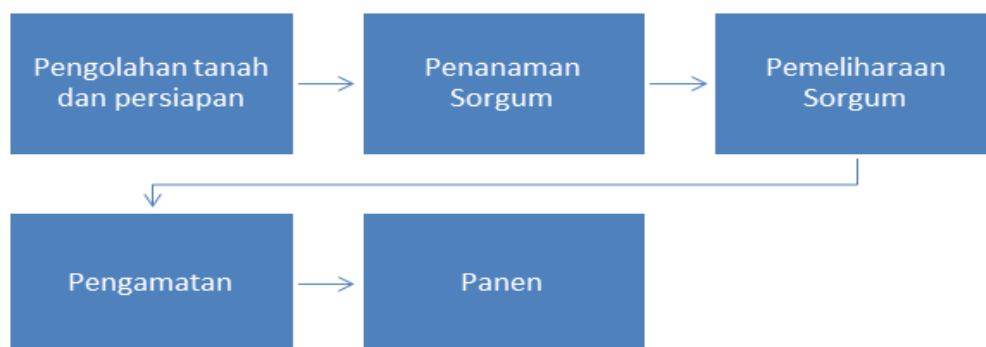
T_{base} : suhu dasar ($^{\circ}\text{C}$) tumbuh tanaman sorgum (23°C)

3.7 Pengolahan Data

Analisis data pertumbuhan dan produksi sorgum dilakukan dengan analisis seragam (ANOVA) dan bila menunjukkan perbedaan yang signifikan dilakukan uji lanjut dengan uji BNJ (beda nyata jujur) pada taraf kepercayaan 95% dengan Program R Studio versi 4.2.

3.8 Diagram Alir Penelitian

Adapun rangkaian penelitian di tingkat lapang disajikan pada Gambar 4 :



Gambar 4. Diagram alir penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Perbedaan ketinggian tempat mempengaruhi tahapan fenologi, pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum. Tanaman sorgum di dataran rendah tumbuh lebih tinggi, jumlah daun lebih banyak dan malai yang lebih panjang tetapi biji sorgum di dataran tinggi lebih berat daripada yang tumbuh di dataran rendah
2. Terdapat perbedaan nilai GDD sorgum pada varietas dan ketinggian tempat berbeda, dimana nilai GDD tanaman yang ditanam di dataran rendah (Rajabasa) memiliki nilai GDD lebih rendah dari dataran tinggi (Gisting)
3. Terdapat interaksi antara lokasi dan varietas pada pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum, Dimana varietas Mandau yang ditanam di dataran tinggi (Gisting) menunjukkan hasil berupa bobot kering terberat

5.2. Saran

Dalam penelitian fenologi tanaman sangat diperlukan pencatatan data suhu yang lebih akurat dan dipastikan tidak ada data yang hilang, karena perhitungan GDD sangat bergantung pada data suhu. Dengan perubahan iklim dimana suhu akan meningkat, tanaman sorgum akan tumbuh cepat tetapi kualitas panen perlu diteliti lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., M. N. Akram, M. Asim, M. Aslam, F. U. Hassan dan 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
- Aslam, Muhammad A., Mukhtar Ahmed, Claudio O. Stöckle, Stewart S. Higgins, Fayyaz ul Hassan dan Rifat Hayat. *Can Growing Degree Days and Photoperiod Predict Spring Wheat Phenology?.* *Frontiers in Environmental Science* | www.frontiersin.org. September 2017 | Volume 5 | Article 57. doi: 10.3389/fenvs.2017.00057
- Awasthi, Rashmi, Kalpna Bhandari dan Harsh Nayyar. 2015. Temperature stress and redox homeostasis in agricultural crops. *Environmental Science*. doi: 10.3389/fenvs.2015.00011. Volume3|Article11
- Andriani, A. dan M. Isnaini. 2013. Morfologi dan Fase Pertumbuhan Sorgum. Dalam: *Sorgum : Inovasi Teknologi dan Pengembangan*, p. 47-68. Maros Sulawesi Selatan.
- Andiku, Charles., Hussein Shimelis., Mark Lainga, Admire Isaac Tichafa Shayanowako a , Michael Adrogu Ugenb , Eric Manyasad and Chris Ojiewod.2021. Assessment of sorghum production constraints and farmer preferences for sorghum variety in Uganda: implications for nutritional quality breeding. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 71 (7) : 620–632. doi : [10.1080/09064710.2021.1944297](https://doi.org/10.1080/09064710.2021.1944297).
- 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.

- Busing, R.T., P.S. White dan M. D. MacKendle. 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.
- Chakrabarti, B., S. D. Singh, V. Kumar, R. C. Harit, S. Misra. 2013. Growth and yield response of wheat and chickpea crops under high temperature. *Ind J Plant Physiol* 18(1):7-14. DOI 10.1007/s40502-013-0002-6
- Craufurd, P.Q. dan T. R. Wheeler. 2009. Climate change and the flowering time of annual crops. *J. Exp. Bot.* 60, 2529–2539. doi: 10.1093/jxb/erp196.
- Daba, K., T. D. Warkentin, R. Bueckert, C. D. Todd dan B. Tar'an. 2016. Determination of photoperiod-sensitive phase in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Front. Plant Sci.* 11:478. doi: 10.3389/fpls.2016.00478
- Day, F. P., and Monk, C. D., 1974, Vegetation patterns on a Southern Appalachian watershed. *Ecology*, 55, 1064-1074.
- Dawes, W. R. dan D. Short. 1994. The significance of topology for modelling the Surface hydrology of fluvial landscapes. *Water Resources Research*, 30, 1045- 1055.
- Defila, C. dan B. Clot .2005. Phytophenological trends in the Swiss Alps, 1951–2002. *Meteorol Z* 14:191–196
- Emendack, Y., Sanchez, J., Hayes, C., Nesbitt, M., Laza, H., & Burke, J. 2021. Seed-to-seed early-season cold resiliency in sorghum. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87450-1>
- Figueiredo, N., C. Carranca, H. Trindade, J. Pereira, P. Goufo dan 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.
- Gibson, L. R., dan Paulsen, G. M. 1999. Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop Science*, 39, 1841–1846.

- Godoy, J.G.V. dan T.T. Tesso. 2013. Analysis of juice yield, sugar content, and biomass accumulation in sorghum. *J Crop Sci.* 53(4): 1288-1297
- Hosang, P. R., Tatu, J., & Rogi, J. E. X. 2012. Analisis Dampak Perubahan Iklim Pada Produksi Beras Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2013 – 2030. *EUGENIA*, 18(3). <https://doi.org/10.35791/eug.18.3.2012.4101>
- House, L.R. 1985. *Guide to sorghum Breeding, 2nd edn.* ICRISAT, India.
- IPCC. 2007. *The synthesis report of the Intergovernmental Panel on climate change.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Iriani, R.N. & Mangkulawu, A.T. 2013. *Asal Usul dan Taksonomi Tanaman Sorgum dalam Sorgum : Inovasi Teknologi dan Pengembangan.* Balai Penelitian dan Perkembangan Pertanian. Jakarta
- Istiawan, N. D., & Kastono, D. 2019. Pengaruh Ketinggian Tempat Tumbuh pada Hasil dan Kualitas Minyak Cengkih (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry.) di Kecamatan Samigaluh, Kulon Progo. *Vegetalika*, 8(1), 27–41. <https://doi.org/10.22146/veg.35744>
- Kesici, Muge, Hatice Gulen, Sergul Ergin, Ece Turhan, Ahmet Ipek, Nezihe Koksak. 2013. Heat-stress Tolerance of Some Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Cultivars. *Not Bot Horti Agrobo*, 41(1):244-249.
- Khotimah, K., Sudiana, E., & Pratiknya, H. 2022. Dampak Perubahan Iklim pada Fenologi *Phaseolus vulgaris*. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 24(1), 1–7. <https://doi.org/10.14710/bioma.24.1.1-7>
- Körner, C. 2007. The use of ‘altitude’ in ecological research. *Trends Ecol Evol* 22:569–574
- Kushwaha, S. R., P. S Deshmukh., R. K.Sairam. dan M. K. Singh. 2011. Effect of high temperature stress on growth, biomass and yield of wheat genotypes. *Indian Journal of Plant Physiology*, 16, 93–97.
- Lawlor, D.W., G.Cornic. 2002..Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ.* 25, 275–294. doi:10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x
- Lelago, A., Mamo, T., Haile, W., & Shiferaw, H. 2016. Characterization of Farming Systems in Kedida Gamela, Kacha Bira and Damboya Woredas (Administrative Districts) in Southern Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(9), 102–116.
- Lesik, E.M., H.L. Sianturi, A.S. Geru, and B. Bernandus. 2020. Analisis Pola Hujan Dan Distribusi Hujan Berdasarkan Ketinggian Tempat Di Pulau

- Flores. *Jurnal Fisik : Fisik Sains dan Aplikasinya* 5(2): 118–128. doi: 10.35508/FISA.V5I2.2451.
- Lobell, D.B. dan Asner, G.P. 2003. Climate and management contributions to recent trends in U.S. agricultural yields. *Science* 299: 1032.
- 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
- Mahir Rachman, L., F. Hazra, and R. Anisa. 2020. Penilaian pada Sifat-Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Serta Kualitasnya Pada Lahan Sawah Marjinal. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 7(2): 225–236. doi: 10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.6.
- McMaster, S. G. dan W. W. Wilhelm .1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agric. Forest Meteor.* 87, 291–300. doi: 10.1016/S0168-1923(97)00027-0
- Menzel, A. 2002. Phenology: its importance to the global change community. *Clim Change* 54:379–385
- Mohammed, Adem dan Abebe Misganaw. 2022. Modeling future climate change impacts on sorghum (*Sorghum bicolor*) production with best management options in Amhara Region, Ethiopia. *CABI Agriculture and Bioscience* (2022) 3:22 <https://doi.org/10.1186/s43170-022-00092->
- Muchow, R.C dan P.S. Carberry.1990. Phenology and Leaf-Area Development in a Tropical Grain Sorghum. *Field Crops Research.* 23: 221-237
- Nagarajan, S., & Rane, J. (2002). Physiological traits associated with yield performance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under late sown conditions. *Indian Journal of Agricultura Sciences*, 72,135–140.
- Nurnasari, E., & Djumali. 2010. Pengaruh Kondisi Ketinggian Tempat pada Produksi dan Mutu Tembakau Temanggung. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 2(2), 45. <https://doi.org/10.21082/bultas.v2n2.2010.45-59>
- O’Loughlin, E. M. 1981. Saturation regions in catchments and their relations to soil and topographic properties. *Journal of Hydrology*, 53, 229-246.
- Parmesan, C. dan G.Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impact across natural systems. *Nature*, , 421,37–42; doi:10.1038/nature01286.

- Pedersen, J.F., H.F. Kaeppler, D.J. Andrews, and R.D. Lee. 1998. Chapter 14. Sorghum In Banga S.S and S.K Banga (Eds.) Hybrid cultivar development. Springer-Verlag. India. p. 432-354.
- Plaut, Z., B. J. Butow, C. S. Blumenthal dan 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.V. Pisipati, S.R. Ristic, Z. Bukovnik, dan A.K. Fritz. 2008. Impact of Nighttime Temperature on Physiology and Growth of Spring. *Crop Sci.* 48, 2372–2380. doi: 10.2135/cropsci2007.12.0717
- Rao, S.S., N. Seetharama, K. Kumar K., and R.L. Vanderlip. 2004. Characterization of sorghum growth stages. National Research Center for Sorghum. Rajendragar Hyderabad India (Describes Growth Stages and Management Guide at each Stages of Sorghum Development).
- Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig dan J. A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animal and plants. *Nature*, 421: 57–60. doi:10.1038/nature01333.
- Stone, P. J. dan Nicolas, M. E. 1998. The effect of duration of heat stress during grain filling on two wheat varieties differing in heat tolerance: Grain growth and fractional protein accumulation. *Australian Journal Plant Physiology*, 25, 13–20.
- Syamsuddin, S., Levis, L. R., & Bernadina, L. 2022. Respon Petani Pada Pengembangan Tanaman Sorgum di Desa Pledo Kecamatan Witihamo Kabupaten Flores Timur. *Buletin Ilmiah Impas*, 23(1), 44–51. <https://doi.org/10.35508/impas.v23i1.7354>
- Tabri, F. dan Zubachtirodin. 2013. *Budidaya Tanaman Sorgum*. Balai Penelitian Tanaman Serealia
- Tao, F., Z. Zhang, W. Shi, Y. Liu, D. Xiao dan 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., Agustiansyah, A., & Pramono, E. 2021. Fenologi dan Pertumbuhan Tanaman Strawberry di Dataran Rendah sebagai Kajian Awal Dampak Perubahan Iklim pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman. *JURNAL AGROTROPIKA*, 20(1), 1. <https://doi.org/10.23960/ja.v20i1.4596>

- Titshall, L.W., T.G. O'Connor dan 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.
- Tjitrosoepomo, G. 2000. Taksonomi Tumbuhan Spermathophyta. Cetakan ke-9,. UGM Press. Yogyakarta.
- University of Illinois. 2012. Sorghum Growth Stage Development. Retrieved 20.02.2024, 2024,
<https://weedsoft.unl.edu/documents/growthstagesmodule/sorghum/sorgh.htm#>
- Vanderlip, R.L. 1993. How a grain sorghum plant develops. Kansas State University.
- Viswanathan, C. dan Khanna-Chopra, R. 2001. Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in grain weight stability. *Journal Agronomy and Crop Science*, 186, 1–7.
- Wolabu, T. W., & Tadege, M. 2016. Photoperiod response and floral transition in sorghum. *Plant Signaling & Behavior*, 11(12), e1261232.
<https://doi.org/10.1080/15592324.2016.1261232>
- Workie, Tenaw Geremew dan Habte Jebessa 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>
- Wood, E. F., M. Sinpalan, K. Beven, dan L. Band. 1988. Effects of spatial variability and scale with implications to hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, 102, 29-47.
- Yang, S., J. Logan, dan 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
- Ziello, C., N. Estrella dan M. Kostova. 2009. Influence of altitude on phenology of selected plant species in the alpine region (1971– 2000). *Climate Res.*, , 39, 227–234. doi:10.3354/cr00822.
- Zhang, X., S.Wang, H. Sun, S.Chen, L. Shao dan X. Liu. 2013. Contribution of cultivar, fertilizer and weather to yield variation of winter wheat over three decades: a case study in the North China Plain. *Eur. J. Agron.* 50, 52–59. doi: 10.1016/j.eja.2013.05.005