

**KAJIAN AKUMULASI BIOMASA DAN KUALITAS HASIL PANEN
BEBERAPA VARIETAS SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) YANG
DIBERI HARA MIKRO *ZINC* (Zn) DI DUA LOKASI TANAM BERBEDA**

TESIS

Oleh

NURUL RUSDI



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

KAJIAN AKUMULASI BIOMASA DAN KUALITAS HASIL PANEN BEBERAPA VARIETAS SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) YANG DIBERI HARA MIKRO ZINC (Zn) DI DUA LOKASI TANAM BERBEDA

Oleh

NURUL RUSDI

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi hara mikro seng (Zn) terhadap akumulasi biomassa dan kualitas hasil panen pada beberapa varietas sorgum (*Sorghum bicolor* L.) yang ditanam di dua agroekosistem berbeda, yaitu Lampung Selatan dan Lampung Tengah. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2024 sampai September 2024, menggunakan rancangan faktorial dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan faktor pertama adalah varietas sorgum yang terdiri dari empat varietas yaitu V1 = Numbu, V2 = Samurai 2, V3 = Super 2 dan V4 = Suri 1. Sedangkan faktor kedua adalah pemberian unsur hara mikro Zn yang terdiri dari lima perlakuan yaitu P0 = kontrol, P1 = Perendaman benih (*Seed Priming*) dalam larutan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ konsentrasi 0.5% selama 12 jam, P2 = P1 + Penyemprotan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ konsentrasi 0.5% pada daun tanaman (*Foliar Spray*) saat fase pertumbuhan vegetatif, P3 = P1 + Penyemprotan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ konsentrasi 0.5% pada daun tanaman (*Foliar Spray*) saat fase pertumbuhan generatif dan P4 = P1 + Penyemprotan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ konsentrasi 0.5% pada daun tanaman (*Foliar Spray*) saat fase pertumbuhan vegetatif dan generatif. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi Zn, khususnya perlakuan P2 dan P4, secara konsisten memberikan hasil terbaik dalam pertumbuhan vegetatif, akumulasi biomassa, hasil panen dan kualitas hasil panen di dua lokasi tanam. Respons varietas yang diuji menunjukkan varietas Super 2 dan Samurai 2 memberikan pertumbuhan vegetatif, akumulasi biomassa, hasil panen (hijauan, nira, biji) dan kualitas hasil panen yang lebih tinggi dibandingkan dua varietas lainnya. Pemberian hara mikro Zn pada tanaman sorgum di agroekosistem berbeda pada penelitian ini menghasilkan pertumbuhan vegetatif, kualitas hijauan, kualitas nira, hasil biji per tanaman serta kualitas biji yang berbeda antara dua lokasi tanam. Secara keseluruhan, kombinasi varietas Samurai 2 dan Super 2 dengan perlakuan P2 dan P4 menunjukkan potensi agronomis dan nutrisi tertinggi sehingga dapat direkomendasikan untuk dikembangkan sebagai bahan baku pangan, pakan hijauan dan bioenergi di lahan kering tropis.

Kata Kunci : sorgum, varietas, zinc, biomassa, hasil panen, kualitas hasil panen, agroekosistem.

ABSTRACT

STUDY OF BIOMASS ACCUMULATION AND HARVEST QUALITY OF SEVERAL SORGHUM VARIETIES (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) SUPPLIED WITH ZINC (Zn) MICRO NUTRIENTS IN TWO DIFFERENT PLANTING LOCATIONS

By

NURUL RUSDI

This study aims to evaluate the effect of zinc (Zn) micronutrient application on biomass accumulation and yield quality in several sorghum varieties (*Sorghum bicolor* L.) planted in two different agroecosystems, namely South Lampung and Central Lampung. The research was conducted from May 2024 to September 2024, using a factorial design in a randomized block design with the first factor being sorghum varieties consisting of four types, namely V1 = Numbu, V2 = Samurai 2, V3 = Super 2 and V4 = Suri 1. While the second factor is the provision of Zn micronutrients consisting of five treatments, namely P0 = control, P1 = Seed Priming in a solution of $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ with a concentration of 0.5% for 12 hours, P2 = P1 + Spraying of $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ with a concentration of 0.5% on plant leaves (Foliar Spray) during the vegetative growth phase, P3 = P1 + Spraying $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ concentration of 0.5% on plant leaves (Foliar Spray) during the generative growth phase and P4 = P1 + Spraying $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ concentration of 0.5% on plant leaves (Foliar Spray) during the vegetative and generative growth phases. The results of the study showed that Zn application, especially the P2 and P4 treatments, consistently provided the best results in vegetative growth, biomass accumulation, yield, and yield quality in two planting locations. The response of the tested varieties showed that Super 2 and Samurai 2 varieties provided higher vegetative growth, biomass accumulation, yield (forage, sap, seeds) and yield quality compared to the other two varieties. The provision of Zn micronutrients to sorghum plants in different agroecosystems in this study resulted in different vegetative growth, forage quality, sap quality, grain yield per plant, and grain quality between the two planting locations. Overall, the combination of Samurai 2 and Super 2 varieties with P2 and P4 treatments showed the highest agronomic and nutritional potential, so it can be recommended for development as a raw material for food, green fodder, and bioenergy in tropical drylands.

Keywords: sorghum, varieties, zinc, biomass, harvest yield, harvest quality, agroecosystems.

**KAJIAN AKUMULASI BIOMASA DAN KUALITAS HASIL PANEN
BEBERAPA VARIETAS SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) YANG
DIBERI HARA MIKRO *ZINC* (Zn) DI DUA LOKASI TANAM BERBEDA**

Oleh

Nurul Rusdi

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN

Pada

Program Studi Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Tesis

KAJIAN AKUMULASI BIOMASA DAN KUALITAS HASIL PANEN BEBERAPA VARIETAS SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) YANG DIBERI HARA MIKRO ZINC (Zn) DI DUA LOKASI TANAM BERBEDA

Nama Mahasiswa

Nurul Rusdi

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2324011008

Program Studi

: Magister Agronomi

Fakultas

: Pertanian

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.
NIP. 19610101 198503 1 003

Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.
NIP. 19610814 198609 1 001

Dr. Ir. M. Syamsuel Hadi, M.Sc.
NIP. 19610613 198503 1 002

2. **Ketua Program Studi Magister Agronomi**

Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwi, M.S.
NIP. 19620928 198703 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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

Sekretaris 1

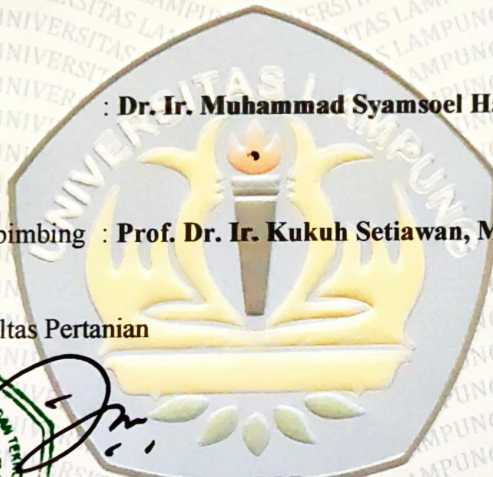
: Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.

Sekretaris 2

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

Penguji

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



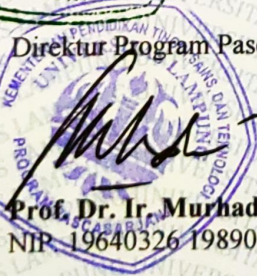
2. Dekan Fakultas Pertanian



: Dr. Ir. Kaswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 19641118/198902 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



: Prof. Dr. Ir. Murnadi, M.Si.

NIP. 19640326/198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 8 Oktober 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini, menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis saya yang berjudul : **KAJIAN AKUMULASI BIOMASA DAN KUALITAS HASIL PANEN BEBERAPA VARIETAS SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) YANG DIBERI HARA MIKRO ZINC (Zn) DI DUA LOKASI TANAM BERBEDA** merupakan karya tulis saya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau pengutipan atas karya tulis orang lain. Hak intelektual atas karya tulis ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran dari pernyataan diatas, maka saya bersedia menanggung akibat dan menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Nopember 2025
Pembuat Pernyataan



Nurul Rusdi
2324011008

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 02 Maret 1965 di kabupaten Situbondo, Jawa Timur, sebagai putera ke tiga dari empat bersaudara. Ayah bernama M. Absor Choiri (alm.) dan ibu bernama Sa'ada (almh).

Penulis telah menikah dengan R. Nurhidayati dan dikaruniai empat orang anak yang bernama Meidina Nur Azka, Saffanah Nur Fadhila, M. Nur Raihan Naufal dan Nadhif Nur Khairi.

Pendidikan dimulai dari Sekolah Dasar (SD) Negeri Dawuan II Situbondo yang diselesaikan pada tahun 1976. Kemudian pada tahun 1980 penulis lulus dari Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri I Situbondo dan melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMPP Negeri Situbondo yang diselesaikan pada tahun 1983. Pada tahun 1983 penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Pertanian Bogor, Fakultas Pertanian, Jurusan Budidaya Pertanian dan lulus pada tahun 1988. Pada tahun 2023 penulis terdaftar sebagai mahasiswa pada Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, dan sampai saat ini penulis masih aktif bekerja sebagai periset/ perekayasa di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

.

"Bismillahirrahmaanirrahiim"

**"Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha
Penyayang"**

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“KAJIAN AKUMULASI BIOMASA DAN KUALITAS HASIL PANEN BEBERAPA VARIETAS SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) YANG DIBERI HARA MIKRO ZINC (Zn) DI DUA LOKASI TANAM BERBEDA”**, yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pertanian pada Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selama proses penyelesaian penulisan tesis, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Paul. B. Timotiwu, M.S., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah membimbing, memberikan arahan, masukan, saran dan motivasi kepada penulis dalam proses penyusunan tesis ini.
5. Dr. Ir. Eko Pramono, M.S., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah membimbing, memberikan arahan, masukan, saran dan motivasi dalam proses penyelesaian tesis ini.
6. Dr. Ir. Muhammad Syamsoel Hadi, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Ketiga yang telah membimbing, memberikan arahan, masukan, saran dan motivasi dalam proses penyelesaian tesis ini

7. Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc., selaku Dosen Penguji pada ujian tesis, yang telah memberikan masukan, saran dan ilmu yang bermanfaat dalam proses penyelesaian tesis.
8. Bapak dan Ibu dosen pengajar yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis mengikuti pendidikan pada Program Pascasarjana Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
9. Segenap staf Program Magister Agronomi di Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah melayani di bidang administrasi akademik, sarana dan prasarana.
10. Istri tercinta R. Nurhidayati serta putra-putri tersayang Meidina Nur Azka, Saffanah Nur Fadhila, M. Nur Raihan Naufal dan Nadhif Nur Khairi yang senantiasa mendoakan, mendampingi dan memberikan semangat dalam proses penyelesaian tesis ini.
11. Rekan satu tim penelitian, Eko Abadi Novrimansyah dan teman-teman yang telah banyak membantu selama melakukan penelitian di kebun percobaan eks. Balai Besar Teknologi Pati, BPPT, Sulusuban Lampung Tengah dan kebun percobaan Tanjung Bintang, Lampung Selatan.
12. Seluruh rekan-rekan Magister Agronomi Angkatan 2023

Penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini masih jauh dari sempurna, namun besar harapan hasil penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat bagi mereka yang membutuhkan. Aamiin.

Bandar Lampung, 12 Nopember 2025
Penulis,

Nurul Rusdi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Kerangka Pemikiran	4
1.5 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Taksonomi Taanaman Sorgum	7
2.2 Pemanfaatan Tanaman Sorgum	7
2.3 Varietas Sorgum di Indonesia.....	9
2.4 Fase Pertumbuhan dan Umur Panen.....	11
2.5 Unsur Hara Mikro	12
2.6 Aplikasi Hara Mikro Zn.....	13
2.7 Interaksi P dengan Hara Mikro Zn	15
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Tempat dan Waktu.....	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.3 Rancangan Penelitian.....	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	18
3.4.1 Perendaman Benih (<i>Seed Priming</i>)	18
3.4.2 Persiapan Lahan	18
3.4.4 Penanaman.....	19
3.4.5 Pemeliharaan	19
3.4.6 Penyemprotan Larutan Zinc pada Daun	20
3.5 Variabel Pengamatan	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian.....	27
4.1.1 Kondisi Awal Kesuburan Tanah di Dua Lokasi Tanam.....	27

4.1.2 Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Pertumbuhan dan Akumulasi Biomasa Beberapa Varietas Sorgum di Dua Lokasi Tanam Berbeda.....	28
4.1.3 Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Hasil dan Kualitas Hasil Panen beberapa Varietas Sorgum di Dua Lokasi Tanam Berbeda.....	41
4.2 Pembahasan	64
V. KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan	79
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN.....	86

DAFTAR TABEL

No.	Halaman
1. Hasil Analisa Tanah sebelum Percobaan di Dua Lokasi Tanam	27
2. Rekapitulasi Uji-F Kajian Akumulasi Biomasa Beberapa Varietas Sorgum (V) yang Diberi Hara Mikro Zn (P) di Dua Lokasi Tanam.....	29
3. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Tinggi Tanaman Sogum di Dua Lokasi Tanam	31
4. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Diameter Batang Tanaman Sogum di Dua Lokasi Tanam	32
5. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Jumlah Daun Tanaman Sogum di Dua Lokasi Tanam	34
6. Pengaruh Interaksi Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Bobot Segar Tajuk per Tanaman Umur 45 HST, 60 HST dan 75 HST di Dua Lokasi Tanam.....	35
7. Pengaruh Interaksi Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Bobot Kering Tajuk per Tanaman Umur 45 HST, 60 HST dan 75 HST di Dua Lokasi Tanam.....	36
8. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Bobot Segar dan Bobot Kering Tajuk per Tanaman Saat Umur 45, 60 dan 75 HST di Lampung Tengah.....	38
9. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Panjang, Lebar dan Kehijauan Daun di Dua Lokasi Tanam.....	39
10. Rekapitulasi Uji-F Kajian Hasil dan Kualitas Hasil Panen Beberapa Varietas Sorgum (V) yang Diberi Hara Mikro Zn (P) di Dua Lokasi Tanam.....	41
11. Pengaruh Pengaruh Interaksi Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Hasil Hijauan per Tanaman di Dua Lokasi Tanam	43
12. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Hasil Hijauan per Tanaman dan Proporsi Bobot Segar Batang, Daun, Malai terhadap Bobot Segar Tajuk di Dua Lokasi Tanam	44

13. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Kandungan Proksimat Hijauan Tanaman di Dua Lokasi Tanam.....	47
14. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Kandungan Zn dan P Daun Tanaman di Dua Lokasi Tanam	51
15. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Hasil dan Brix Nira Tanaman di Dua Lokasi Tanam	54
16. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Kandungan Gula Nira Tanaman di Dua Lokasi Tanam.....	55
17. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Potensi Hasil Bioetanol Nira Tanaman di Dua Lokasi Tanam	59
18. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Hasil Biji per Tanaman di Dua Lokasi Tanam	61
19. Pengaruh Perbedaan Varietas dan Pemberian Hara Mikro Zn pada Kandungan Zn dan Pati Biji Sorgum di Dua Lokasi Tanam	62

DAFTAR GAMBAR

No	Halaman
1. Perkembangan siklus hidup tanaman sorgum (Teixeira <i>et al</i> , 2017).....	12
2. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Produksi Hijauan Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam	45
3. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan Protein Hijauan Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam.....	48
4. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan Lemak Hijauan Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam.....	48
5. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan Serat Kasar Hijauan Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam.....	49
6. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan Zn Daun Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam	52
7. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan P Daun Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam	52
8. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan Glukosa Nira Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam	56
9. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan Fruktosa Nira Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam	57
10. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan Sukrosa Nira Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam	58
11. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Potensi Hasil Bioetanol Nira Tanaman Sorgum di Dua Lokasi Tanam	60
12. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan Zn Biji Sorgum di Dua Lokasi Tanam	63
13. Pengaruh Pemberian Hara Mikro Zn terhadap Kandungan Pati Biji Sorgum di Dua Lokasi Tanam	64
14. Kondisi Pertumbuhan Vegetatif Tanaman di Lokasi Tanam Lampung Selatan (kiri) dan Lampung Tengah (kanan).	108

15. Penyemprotan Larutan ZnSO_4 saat Pertumbuhan Fase Vegetatif (kiri) dan Generatif (kanan).....	108
16. Pengukuran Tingkat Kehijauan Daun pada Umur Tanaman 75 HST.....	108
17. Biji /Malai Sorgum Varietas Numbu Perlakuan Pemberian Hara Mikro Zn.	109
18. Biji /Malai Sorgum Varietas Samurai 2 Perlakuan Pemberian Hara Mikro Zn.	109
19. Biji /Malai Sorgum Varietas Super 2 Perlakuan Pemberian Hara Mikro Zn.	109
20. Biji /Malai Sorgum Varietas Suri 1 Perlakuan Pemberian Hara Mikro Zn.	109

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) merupakan salah satu tanaman serealia penting yang berpotensi besar sebagai sumber pangan (*food*), pakan ternak (*feed*) maupun bahan baku bioenergi (*fuel*). Keunggulan sorgum dibanding serealia lain adalah daya adaptasinya yang tinggi terhadap kondisi lahan marginal, kekeringan, dan input pertanian yang terbatas. Namun demikian, produktivitas sorgum masih rendah dibanding potensi hasilnya. Menurut data Food and Agriculture Organization (2018), rata-rata produktivitas tanaman sorgum dunia mencapai 1,41 ton/ha. Produktivitas tertinggi tercatat di benua Amerika sebesar 3,71 ton/ha, sedangkan yang terendah terdapat di Afrika dengan 1,00 ton/ha, dan di Asia sekitar 1,11 ton/ ha. Hal ini menunjukkan bahwa produktivitas sorgum masih memiliki peluang besar untuk ditingkatkan hingga mencapai hasil optimal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan melalui penerapan teknik budidaya yang tepat, termasuk diantaranya adalah manajemen pemupukan yang efektif.

Pemupukan merupakan salah satu faktor penting untuk mendapatkan pertumbuhan, perkembangan dan hasil panen yang baik. Pemberian pupuk atau nutrisi yang tepat dan seimbang adalah dasar bagi tanaman untuk mencapai potensi maksimalnya. Pemupukan tidak hanya menyediakan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan magnesium (Mg), tetapi juga unsur hara mikro yang penting seperti besi (Fe), seng (Zn), dan mangan (Mn) (Broadley *et al.*, 2002; Jones and Jacobsen, 2005). Pemupukan hara mikro memberikan manfaat yang signifikan dalam memperbaiki efisiensi fotosintesis, meningkatkan ketahanan terhadap penyakit, serta memperkuat struktur sel tanaman (Alloway, 2008; Broadley *et al.*, 2012).

Salah satu faktor penyebab rendahnya produksi sorgum adalah ketidakseimbangan ketersediaan unsur hara, terutama unsur mikro esensial seperti seng (Zn). Unsur hara Zn merupakan salah satu hara mikro yang berperan penting bagi pertumbuhan tanaman sehingga sering menjadi pembatas hasil tanaman (Alloway, 2008; Mousavi *et al*, 2013). Fungsi Zn berhubungan dengan metabolisme karbohidrat, metabolisme protein, metabolisme auksin, pembentukan polen, perawatan integritas membran biologis dan ketahanan terhadap patogen tertentu (Alloway, 2008; Cakmak and Kutman, 2018). Dijelaskan lebih lanjut oleh Rudani *et al*. (2018) bahwa Zn memberikan pengaruh pada metabolisme karbohidrat melalui pengaruhnya terhadap fotosintesis dan transformasi gula. Kekurangan Zn dapat menyebabkan penurunan fotosintesis bersih sebesar 50%-70%, tergantung pada spesies tanaman dan tingkat keparahan kekurangannya. Penurunan efisiensi fotosintesis disebabkan oleh penurunan aktivitas enzim *Carbonat Anhydrase* (CA) yang berperan dalam mengkatalisis hidrasi CO₂ di dalam kloroplas sehingga meningkatkan ketersediaan substrat untuk fiksasi karbon dalam siklus Calvin.

Fotosintesis adalah proses biokimia untuk mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dalam bentuk senyawa organik yang merupakan proses dasar dalam pembentukan hasil atau biomasa tanaman. Biomassa merupakan jumlah akumulasi bahan kering dari semua bagian tanaman yang diproduksi oleh tanaman sepanjang siklus hidupnya melalui proses fotosintesis dan akumulasi nutrisi atau unsur hara. Bathla and Lal (2018) menjelaskan bahwa peningkatan akumulasi biomassa sangat dipengaruhi oleh efisiensi fotosintesis, penyerapan nutrisi, dan adaptasi terhadap lingkungan. Lebih lanjut Rudani *et al*. (2018) menyatakan bahwa ketersediaan Zn yang cukup pada tanaman berpengaruh positif terhadap peningkatan efisiensi fotosintesis, khususnya melalui peran penting enzim *Carbonat Anhydrase*. Aktivitas enzim ini dapat mempercepat akumulasi glukosa di daun, yang selanjutnya diubah menjadi sukrosa sebagai bentuk utama translokasi fotosintat menuju organ lain yang pada akhirnya dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi biomassa (Broadley *et al.*, 2012; Bathla and Lal, 2018).

Pemupukan unsur hara mikro di bidang pertanian dilakukan melalui pemberian langsung di tanah, penyemprotan pada daun atau penambahan sebagai perlakuan benih (Abdelgadir *et al.*, 2021; Choukri *et al.*, 2022). Metode *nutri-priming* pada perlakuan benih dan penyemprotan pada daun merupakan pilihan yang menarik karena kemudahan penanganannya, ramah lingkungan, hemat biaya dan efisien terhadap berbagai pemicu stres lingkungan (Fageria *et al.*, 2009; Mohsin *et al.*, 2014; Lutts *et al.*, 2016). Belum banyak penelitian pemberian hara mikro Zn pada tanaman sorgum, khususnya yang diaplikasikan melalui perlakuan pada benih (*nutri priming*) dan penyemprotan pada daun tanaman (*foliar application*).

Lokasi penanaman merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman sorgum. Hal ini berkaitan dengan kemampuan adaptasi tanaman sorgum untuk tumbuh dan berkembang sesuai syarat tumbuh tertentu untuk dapat berproduksi secara optimal. Perbedaan lokasi tanam erat kaitannya kondisi kesuburan tanah dan agroklimat setempat yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman seperti unsur hara, ketersediaan air, pH tanah, tekstur tanah, struktur tanah, cahaya, kelembapan, dan curah hujan. Beberapa varietas sorgum memiliki daya adaptasi yang baik pada lahan marginal dan sebagian lainnya tidak memiliki ketahanan yang cukup baik pada lahan marginal (Sutrisna *et al.*, 2013). Hal tersebut menunjukkan bahwa lokasi memiliki peranan penting dalam pertumbuhan dan produksi tanaman.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka penelitian ini dilaksanakan sebagai solusi atas permasalahan yang dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah pemberian hara mikro Zn berpengaruh terhadap akumulasi biomasa dan kualitas hasil panen tanaman sorgum yang ditanam pada lokasi berbeda ?
2. Apakah perbedaan varietas berpengaruh terhadap akumulasi biomasa dan kualitas hasil panen tanaman sorgum ?
3. Apakah terdapat pengaruh interaksi antara varietas sorgum dan pemberian hara mikro Zn terhadap akumulasi biomasa dan kualitas hasil panen tanaman sorgum ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh hara mikro Zn terhadap akumulasi hasil biomasa tanaman dan kualitas hasil panen sorgum yang ditanam pada lokasi berbeda.
2. Mengetahui pengaruh beberapa varietas sorgum terhadap akumulasi biomasa dan kualitas hasil panen tanaman sorgum.
3. Mengetahui pengaruh interaksi antara varietas sorgum dan pemberian hara mikro Zn terhadap akumulasi biomasa dan kualitas hasil panen tanaman sorgum.

1.4 Kerangka Pemikiran

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) merupakan tanaman serealia yang dikenal dengan adaptabilitasnya yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk tanah marjinal dan iklim kering (Azrai *et al.*, 2021). Meskipun memiliki keunggulan adaptabilitas terhadap kondisi lingkungan yang kurang ideal, produksi dan kualitas hasil panen tanaman sorgum masih jauh dari optimal. Salah satu kendala utama yang dihadapi adalah terbatasnya teknologi budidaya yang efektif untuk meningkatkan produksi dan kualitas hasil panen. Teknologi budidaya memainkan peran penting dalam memaksimalkan potensi genetik tanaman, meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, air, dan input pertanian lainnya, serta mengatasi tantangan biotik dan abiotik yang dihadapi tanaman.

Seperti tanaman lainnya, sorgum memerlukan pasokan nutrisi yang memadai untuk mencapai pertumbuhan dan hasil yang optimal. Nutrisi ini terdiri dari unsur hara makro dan mikro, yang masing-masing memiliki peran penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman. Unsur hara makro, seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K), sangat penting dalam jumlah besar untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Namun, di samping pentingnya unsur hara makro, unsur hara mikro seperti Zinc (Zn) juga memiliki peranan yang sangat krusial meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil (Jones and Jacobsen, 2005, Alloway, 2008). Zinc adalah komponen esensial dalam berbagai enzim dan protein yang

terlibat dalam metabolisme tanaman. Fungsi utamanya meliputi sintesis karbohidrat, protein, hormon auksin serta fungsi fisiologis lainnya yang berpengaruh langsung pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Alloway, 2008; Mousavi *et al.*, 2013; Rudani *et al.*, 2018).

Kekahatan Zn merupakan masalah defisiensi mikronutrien paling luas dan sering terjadi pada tanaman pangan di seluruh dunia, yang mengakibatkan menurunnya hasil panen dan kualitas nutrisi (Cakmak and Kutman, 2018). Gejala defisiensi Zn sering terlihat pada daun muda yang menunjukkan klorosis, serta pada akar yang kurang berkembang. Oleh karena itu, pemberian Zn yang tepat sangat penting untuk memastikan tanaman sorgum dapat tumbuh dengan optimal dan menghasilkan panen yang berkualitas tinggi (Alloway, 2008). Ketersediaan Zn di dalam tanah terkendala karena beberapa faktor diantaranya kandungan Zn tanah yang rendah, pH, kandungan bahan organik, kandungan liat, kandungan kalsium karbonat, kondisi redoks, aktivitas mikroba tanah, kelembaban tanah, konsentrasi unsur mikro lainnya, konsentrasi unsur hara makro khususnya fosfor dan iklim (Alloway, 2008; Rudani *et al.*, 2018; Nath *et al.*, 2024). Dijelaskan lebih lanjut bahwa sorgum merupakan jenis tanaman sereal yang dalam pertumbuhannya memiliki kepekaan tinggi terhadap defisiensi unsur Zn (Alloway, 2008).

Untuk memenuhi kebutuhan hara Zn dapat dilakukan dengan pemupukan langsung ke dalam tanah dan penyemprotan lewat daun. Praktek pemupukan Zn lewat tanah lebih mudah dilakukan namun membutuhkan pupuk dalam jumlah yang lebih banyak dan sebagian pupuk dapat terbuang karena pengelolaan tanah (Sharifi *et al.*, 2016; Rudani *et al.*, 2018; Nath *et al.*, 2024), sebaliknya pupuk Zn melalui daun (foliar spray) dapat menjaga hilangnya hara Zn yang diberikan juga mudah diakses oleh tanaman (Fageria *et al.*, 2009; Toor *et al.*, 2020). Demikian pula halnya perlakuan perendaman benih (*seed priming*) dengan larutan Zn (*nutri priming*) seperti yang dijelaskan oleh Lutts *et al.* (2016) dapat menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan hara Zn pada tanaman sorgum.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemberian hara mikro Zn meningkatkan akumulasi hasil biomasa dan kualitas hasil panen tanaman sorgum yang ditanam di lokasi berbeda.
2. Perbedaan varietas berpengaruh terhadap akumulasi biomasa dan kualitas hasil panen tanaman sorgum.
3. Terdapat pengaruh interaksi antara varietas sorgum dan pemberian hara mikro Zn terhadap akumulasi biomasa dan kualitas hasil panen tanaman sorgum.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi Tanaman Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) adalah salah satu jenis tanaman sereal yang pertama kali dibudidayakan oleh manusia, seiring dengan dimulainya pertanian dan peternakan di wilayah Afrika Timur dan dataran tinggi Ethiopia pada zaman dahulu (De Wet and Harlan, 1971). Dalam klasifikasi botani, sorgum tergolong tanaman berkeping satu (Monocotyledoneae) dan termasuk dalam keluarga Graminae (Poaceae), berikut ini secara lengkap hierarki taksonomi tanaman sorgum (Zubair, 2016) :

Kingdom : Plantae

Class : Monocotyledoneae

Ordo : Poales

Family : Poaceae

Sub family : Panicoideae

Genus : Sorghum

Species : bicolor

2.2 Pemanfaatan Tanaman Sorgum

Sorgum merupakan tanaman multiguna yang dapat digunakan sebagai sumber untuk pangan (*food*), pakan ternak (*feed*) dan bahan bakar (*fuel*) (Zubair, 2016). Dijelaskan bahwa sesuai aspek pemanfaatannya tanaman sorgum dapat digolongkan menjadi 4 jenis yaitu jenis sorgum biji (*grain sorghum*), sorgum manis (*sweet sorghum*), hermada (*broomcorn*) dan sorgum rumput (*johnson grass*). Jenis sorgum yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah jenis sorgum biji dan sorgum manis. Beberapa jenis varietas sorgum, selain dapat dipanen bijinya untuk

pangan, juga dapat dimanfaatkan kandungan nira batangnya sebagai sumber bahan baku pembuatan gula cair atau bioetanol (Pabendon *et al.*, 2012), serta pada umur panen tertentu keseluruhan komponen biomasa/ tajuk tanaman dapat digunakan sebagai pakan ternak (Purnomohadi, 2006; Zubair, 2016; Harmini, 2021).

Menurut Zubair (2016), sorgum mempunyai potensi cukup besar sebagai bahan pangan, namun pemanfaatannya belum berkembang karena pengupasan biji sorgum cukup sulit dilaksanakan. Penyosohan lapisan kulit luar sorgum diperlukan untuk membuang lapisan tanin yang rasanya sepat dan mempengaruhi citarasa makanan. Teknologi penyosohan dengan menggunakan mesin penyosoh beras yang dilengkapi dengan silinder gurinda batu dengan permukaan yang kasar cukup efektif untuk mengikis kulit luar sorgum. Kandungan nutrisi sorgum juga cukup tinggi dibanding bahan pangan lainnya, sehingga potensial sebagai bahan pangan substitusi beras. Sorgum dalam bentuk tepung dapat diolah menjadi berbagai makanan sehingga dapat mendukung diversifikasi pangan, bahkan dapat ditingkatkan statusnya menjadi diversifikasi pangan fungsional dengan kandungan mineral Fe dan Zn yang tinggi, serat pangan tinggi dan komponen flavonoid yang dapat memiliki aktivitas antioksidan terhadap kesehatan (Azrai *et al*, 2021).

Penggunaan biji sorgum dalam ransum pakan ternak bersifat suplemen (substitusi) terhadap jagung, karena nilai nutrisinya tidak berbeda dengan jagung. Namun karena kandungan tanin yang cukup tinggi (0,40-3,60%), biji sorgum hanya digunakan dalam jumlah terbatas karena dapat mempengaruhi fungsi asam amino dan protein (Zubair, 2016). Pemanfaatan hijauan tanaman sorgum yang dipanen pada umur tertentu mempunyai nilai nutrisi yang cukup baik karena mempunyai komposisi kimia, kandungan vitamin, mineral, serta kandungan energi yang cukup tinggi (Purnomohadi, 2006; Harahap, 2023). Menurut Harmini (2021), hijauan sorgum mempunyai nilai rata-rata kandungan protein kasar sebesar 9.9 %, lemak kasar 2.7 % dan serat kasar 11,45%. Dijelaskan bahwa pemberian pakan asal hijauan sorgum menunjukkan respon positif seperti meningkatkan efek antilmitik pada domba, meningkatkan konsumsi pakan dan pencernaan pada sapi,

meningkatkan fermentasi rumen, pencernaan dan efisiensi pakan yang lebih baik pada sapi serta meningkatkan produksi daging dan susu pada kambing.

Sebagai sumber energi terbarukan, tanaman sorgum manis berpotensi digunakan menjadi sumber bahan baku bioetanol yang lebih ekonomis dan tidak bersaing dengan bahan pangan. Secara genetik potensi hasil biji dari sorgum manis (*sweet sorghum*) lebih rendah dari sorgum biji (*grain sorghum*), karena fotosintat lebih banyak tertimbun di batang untuk memproduksi gula. Dijelaskan Pabendon *et al.* (2012), jika biji sorgum yang berasal dari sorgum biji belum menjadi prioritas untuk pemenuhan bahan pangan atau pangan fungsional, maka biji dari sorgum biji dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bioetanol. Adapun komponen hasil panen dari sorgum manis yang meliputi nira batang, bagas, dan biji, berpotensi sebagai bahan baku bioetanol, namun penggunaan di lapangan harus sesuai dengan skala prioritas pemanfaatan bahan-bahan tersebut. Penelitian terhadap beberapa varietas sorgum untuk bahan baku bioetanol diperoleh hasil *bobot biomasa batang (ton/ha)* sebesar 17.1 pada varietas Numbu, 17.5 pada Super-1 dan 21.4 pada Super-2; *nira batang dengan kadar gula Brix (%)* sebesar 10.8 pada varietas Numbu, 14.7 pada Super-1 dan 12,7 pada Super-2; *volume nira (ml/kg batang)* sebesar 240.1 pada varietas Numbu, 241.6 pada Super-1 dan 197.9 pada Super-2; serta *hasil biji (ton/ha)* sebesar 2.8 pada varietas Numbu, 2.7 pada Super-1 dan 3.0 pada Super-2; dengan umur panen masing-masing 105-110 hari untuk varietas Numbu, 105-110 hari varietas Super-1 dan 115-120 hari pada varietas Super-2 (Pabendon *et al.*, 2013).

2.3 Varietas Sorgum di Indonesia

Tanaman sorgum adalah salah satu spesies yang memiliki keragaman luas. Tanaman ini menunjukkan variasi bentuk yang sangat beragam, termasuk dalam ciri-ciri biji dan jenis tanamannya, serta mampu tumbuh di lingkungan yang dianggap sulit untuk tanaman lainnya (Zubair, 2016; Wang *et al.*, 2016). Berbeda dengan tanaman sereal lain seperti jagung, gandum, dan beras yang ukuran bijinya pada tanaman budidaya cenderung seragam, ukuran biji sorgum yang dibudidayakan sangat bervariasi (Wang *et al.*, 2016).

Menurut Talanca dan Andayani (2016) saat awal pengembangan varietas sorgum di Indonesia tahun 1970-an lebih difokuskan sebagai sumber karbohidrat untuk memenuhi kebutuhan pangan. Varietas yang dilepas pada periode tersebut adalah No.6C, UPCA-S2, dan KD4. Pada periode 1980-1990 dilepas empat varietas yaitu *Keris*, *UPCA-S1*, *Badik* dan *Hegari*. Kemudian mulai tahun 1990 penelitian dan pengembangan sorgum dikoordinasikan secara nasional oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan) dengan melakukan uji adaptasi 15 galur unggul sorgum asal introduksi, yang kemudian diperoleh dua galur terbaik dengan hasil biji yang tinggi dan dilepas dengan nama varietas *Mandau* dan *Sangkur*. Penelitian perakitan varietas unggul sorgum pada periode 2001-2013 dilakukan oleh Balai Penelitian Tanaman Serealia di Maros dan menghasilkan dua varietas unggul yaitu varietas *Numbu* dan *Kawali*. Varietas *Numbu* beradaptasi baik pada lahan kering masam, dengan potensi hasil 5 t/ha, tahan terhadap penyakit karat dan bercak daun serta mempunyai umur dalam antara 100-110 hari (Singgih dan Muslimah, 2002). Beberapa hasil penelitian menunjukkan sorgum varietas *Numbu*, selain sebagai sumber pati dari hasil biji, juga memiliki kandungan gula yang cukup tinggi dari nira batangnya (Pabendon *et al.*, 2012).

Seiring dengan terjadinya krisis energi di sejumlah negara karena semakin berkurangnya cadangan bahan bakar minyak, menyebabkan peluang pemanfaatan bioenergi dari sorgum semakin besar. Berkaitan dengan hal tersebut, perakitan varietas mulai tahun 2000-an diarahkan untuk produksi bioetanol dari batang sorgum manis (Talanca dan Andayani, 2012). Pemuliaan tanaman sorgum dilakukan baik melalui metode konvensional (persilangan) maupun metode mutasi dari galur unggul introduksi maupun lokal Indonesia untuk menghasilkan varietas unggul sorgum manis (Talanca dan Andayani, 2012; Azrai *et al.*, 2021). Pada tahun 2013 Balai Penelitian Tanaman Serealia melepas dua varietas unggul sorgum untuk bioetanol, yaitu *Super-1* dan *Super-2*. Varietas sorgum *Super-2* adalah galur asal ICRISAT dengan penampilan tanaman yang tinggi (2,3 m), umur agak dalam 115 hari, tahan rebah karena batangnya kokoh, potensi hasil biji 6,3 t/ha, kadar gula brix 12,65% dan potensi biomas 39,30 t/ha (Pabendon *et al.*, 2017). Sedangkan dari pemuliaan metode mutasi yang dilakukan oleh PATIR - BATAN dihasilkan sorgum

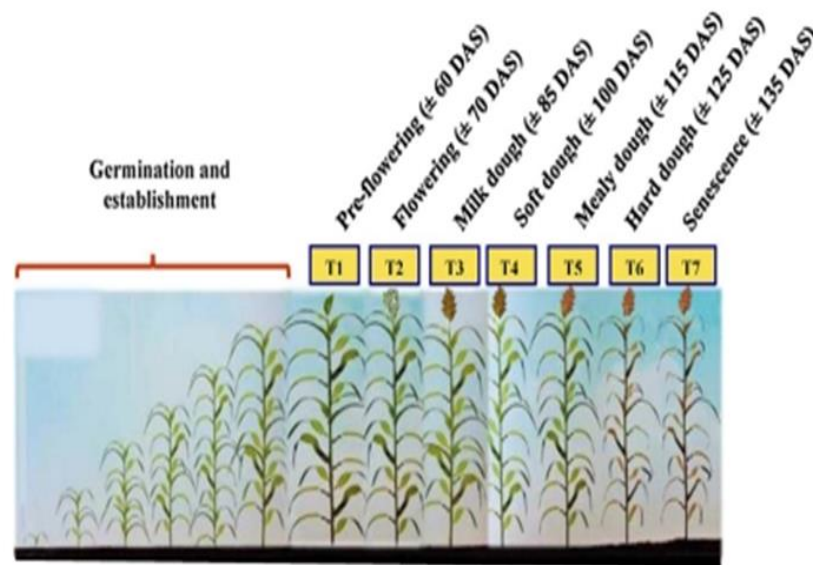
manis diantaranya adalah varietas *Samurai 2* yang memiliki umur panen ± 113 hari, potensi hasil biji 8.5 ton/ha, potensi bobot biomass batang 95.5 ton/ha, kadar gula brix 7,8 % dan warna biji putih (Sihono *et al.*, 2014).

2.4 Fase Pertumbuhan dan Umur Panen

Fase pertumbuhan tanaman sorgum secara umum terbagi menjadi tiga bagian: fase pertumbuhan (dari perkecambahan hingga vegetatif akhir), fase generatif (pembungaan/ pembentukan malai), dan fase reproduksi (pengisian biji/ pemasakan). Fase pertumbuhan tanaman sorgum memiliki sembilan tahapan, yaitu tahap berkecambah (*emergence*), kemunculan daun ketiga, kemunculan daun kelima, vegetatif akhir (*head emergence*), munculnya daun bendera (*flag leaf*), sempurnanya daun tanaman (*boot*), pembungaan (*flowering*), masak susu (*soft dough*), pengerasan biji (*hard dough*), dan tahap masak fisiologis (*physiological maturity*) (Azrai *et al.*, 2021).

Menurut Teixeira *et al* (2017) tahapan siklus hidup atau fenologi pada tanaman sorgum meliputi tahapan perkembangan sebagai berikut : pra pembungaan/ *pre-flowering* saat umur ± 60 HST (Hari Setelah Tanam), pembungaan/ *flowering* saat umur ± 70 HST, masak susu/ *milk dough* pada umur ± 85 HST, masak lunak/ *soft dough* pada umur ± 100 HST, masak tepung/ *mealy dough* saat umur ± 115 HST, selanjutnya masak biji keras/ *hard dough* saat umur ± 125 HST dan tahap penuaan/ *senescence* pada umur ± 135 HST, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil uji coba berbagai umur panen pada sorgum manis BRS 511 (Teixeira *et al*, 2017) menunjukkan bahwa hasil biomassa segar dan kandungan gula dalam batang lebih tinggi pada saat tanaman mencapai kematangan fisiologis, yaitu tahap ketika biji sudah masak sempurna. Dalam penelitian ini, kematangan fisiologis dicapai saat umur tanaman sekitar 115 HST yaitu saat masak tepung/ *mealy dough*, yang juga merupakan hasil biomassa segar tertinggi yaitu sebesar 124 ton/ha. Pada tahap masak biji keras/ *hard dough* (125 HST) dan penuaan/ *senescence* (135 HST) tercatat total hasil biomassa segar lebih rendah, yaitu masing-masing 111 ton /ha dan 99 ton /ha. Hal yang sama pada variabel pengamatan total biomassa kering dicapai saat masak tepung umur 115 HST. Berdasarkan aspek keseluruhan variabel

pengamatan pada penelitian diatas, dijelaskan bahwa kandungan gula nira, brix nira dan hasil nira terbaik, dicapai pada waktu panen ideal untuk sorgum manis (kultivar BRS 511) adalah umur tanaman sorgum pada tahap masak lunak (*soft dough*), masak tepung (*mealy dough*), dan masak biji keras (*hard dough*). Dinyatakan bahwa untuk hasil industri maksimum pengolahan sorgum manis terjadi pada tahap-tahap umur panen tersebut dengan berdasarkan kinerja variabel-variabel produktif yang dianalisis dalam penelitian ini.



Gambar 1. Perkembangan siklus hidup tanaman sorgum (Teixeira *et al*, 2017).

2.5 Unsur Hara Mikro

Pemupukan adalah salah satu praktek penting dalam pertanian yang bertujuan untuk menyediakan nutrisi yang diperlukan tanaman guna mendukung pertumbuhan optimal. Nutrisi ini sangat penting bagi tanaman untuk melaksanakan berbagai fungsi fisiologis dan biokimia yang menentukan kesehatan dan produktivitasnya (Jones and Jacobsen, 2005; Broadley *et al.*, 2012). Pemupukan yang tepat dapat meningkatkan hasil panen secara signifikan. Nutrisi yang cukup dan seimbang memungkinkan tanaman menghasilkan lebih banyak buah, biji, atau bagian lain yang dipanen, serta meningkatkan kualitas hasil panen, seperti ukuran, rasa, dan kandungan nutrisi (Bathla and Lal, 2018).

Ketersediaan unsur hara atau nutrisi sangat penting dalam menentukan pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas tanaman. Unsur hara yang diperlukan oleh tanaman dibagi menjadi dua kategori: unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro diperlukan dalam jumlah besar, sedangkan unsur hara mikro dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Unsur makro esensial meliputi C, H, O, N, P, K, Ca, S, dan Mg. Sementara itu, unsur mikro mencakup Fe (kadang-kadang dikategorikan sebagai unsur makro), Mo, B, Cu, Mn, Zn, dan Ni (Jones and Jacobsen, 2005; Havlin *et al.*, 2014; Salam, 2020). Dijelaskan bahwa sebagian besar unsur hara makro mewakili 0,1 - 5% dari bagian jaringan tanaman kering, sedangkan unsur hara mikro umumnya hanya mewakili 0,025%, dari jaringan tanaman kering. Namun tidak terpenuhinya unsur hara mikro bagi tanaman mengakibatkan terganggunya proses metabolisme sehingga menjadi faktor pembatas pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Broadley *et al.*, 2012).

Masalah dalam pemberian unsur hara mikro adalah karena kebutuhannya yang sedikit, sehingga diperlukan teknik tepat untuk menjamin penggunaan pupuk secara efektif dan efisien. Kendala lainnya adalah interaksi kompleks antara unsur hara mikro dengan hara makro serta antar hara mikro didalam tanah yang dapat bersifat sinergis atau antagonis dalam proses penyerapan oleh akar tanaman (Alloway, 2008; Broadley *et al.*, 2012; Nath *et al.*, 2024). Dijelaskan lebih lanjut, terjadinya penyerapan unsur hara mikro besi (Fe) dan seng (Zn) pada perakaran tanaman yang cenderung bersifat kompetitif atau antagonis, menyebabkan peningkatan ketersediaan salah satu unsur mikro diatas dapat mengurangi penyerapan atau ketersediaan unsur mikro yang lainnya. Oleh karenanya diperlukan strategi manajemen tanah dan pemupukan yang tepat untuk membantu mengatasi antagonisme penyerapan dan memastikan bahwa tanaman memiliki akses yang cukup terhadap semua unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal (Cakmak and Kutman, 2018; Nath *et al.*, 2024).

2.6 Aplikasi Hara Mikro Zn

Seng (Zn) adalah salah satu unsur hara mikro yang penting bagi tanaman sorgum. Seng berperan sebagai senyawa non-protein yang membantu transformasi lebih dari

300 jenis enzim yang terlibat dalam metabolisme asam nukleat, pembelahan sel, dan sintesis protein (Alloway, 2008). Meskipun diperlukan dalam jumlah kecil, Zn atau seng sangat penting untuk aktivitas enzim dan protein (Alloway, 2008; Broadley *et al.*, 2012; Cakmak and Kutman, 2018; Nath *et al.*, 2024). Dijelaskan bahwa fungsi Zn dalam tanaman adalah terlibat dalam beberapa fungsi enzim untuk meningkatkan reaksi-reaksi metabolik, sintesis senyawa-senyawa pertumbuhan tanaman, memproduksi klorofil dan karbohidrat.

Zinc diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Zn^{2+} dan dalam tanah alkalin dapat diserap dalam bentuk monovalen $Zn(OH)^+$. Di samping itu, Zn diserap dalam bentuk kompleks khelat, misalnya Zn-EDTA. Kadar Zn dalam tanah berkisar antara 16-300 ppm, sedangkan kadar Zn dalam tanaman berkisar antara 20 - 70 ppm (Alloway, 2008). Ditambahkan bahwa pemberian Zn melalui tanah seringkali menghadapi kendala akibat rendahnya mobilitas Zn di dalam profil tanah (Cakmak and Kutman, 2018). Didalam jaringan tanaman, unsur Zn juga termasuk unsur mikro yang relatif tidak mobil, sehingga gejala defisiensi Zn lebih cepat terlihat pada daun muda dibandingkan daun tua. (Alloway, 2008; Broadley *et al.*, 2007). Pemahaman tentang sifat mobilitas Zn dalam tanah maupun tanaman sangat penting dalam merancang manajemen pemupukan yang efisien untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif, produktivitas, serta kualitas hasil panen. Pemberian hara mikro Zn melalui perlakuan benih (*seed priming*) dan aplikasi melalui daun (*foliar spray*) menjadi salah satu pendekatan yang efektif untuk memperbaiki status Zn pada jaringan tanaman yang sedang aktif tumbuh (Choukri *et al.*, 2022; Fageria *et al.*, 2009; Sharifi *et al.*, 2016; Sewhag *et al.*, 2023).

Beberapa praktik pertanian seperti biofortifikasi agronomi dianggap sebagai pendekatan yang menguntungkan dan berkelanjutan untuk meningkatkan unsur hara mikro khususnya Zn dalam biji-bijian untuk mengatasi gejala kekurangan Zn pada manusia (Bhardwaj *et al.*, 2022). Biofortifikasi Zn melalui strategi pertanian ini meningkatkan kandungan Zn pada biji-bijian dan mengurangi gejala defisiensi Zn pada manusia. Beberapa ilmuwan telah melaporkan bahwa penerapan Zn

tanaman gandum melalui daun merupakan strategi agronomi yang efisien meningkatkan kandungan Zn yang dibutuhkan nutrisi manusia.

Penelitian telah menunjukkan bahwa pemberian pupuk Zn mampu meningkatkan konsentrasi Zn pada tanaman sereal (3-4 kali lipat), tergantung pada metode aplikasinya. Metode yang paling efektif untuk meningkatkan Zn dalam biji-bijian sereal adalah dengan metode aplikasi pada daun yang menghasilkan peningkatan sekitar 3,5 kali lipat konsentrasi Zn pada butiran biji dalam uji coba lapangan di Anatolia Tengah (Fageria *et al*, 2009). Studi yang dilakukan oleh di berbagai lokasi di India, Cina, Pakistan, Meksiko, Turki dan negara-negara lain menunjukkan peningkatan konsentrasi Zn pada gandum dan beras melalui aplikasi Zn pada daun saja atau dikombinasikan dengan aplikasi di tanah.

2.7 Interaksi P dengan Hara Mikro Zn

Di banyak lahan pertanian Indonesia yang bereaksi masam, efisiensi penyerapan P cenderung rendah karena adanya fiksasi oleh ion Al dan Fe, serta ketidakseimbangan dengan unsur mikro (Hartono, Funakawa and Kosaki, 2005). Menurut Alloway (2008), fosfor (P) merupakan nutrisi penting yang berperan dalam biosintesis ATP dan mengaktifkan enzim dalam jalur transduksi sinyal yang penting. Seng (Zn) merupakan mikronutrien penting lainnya yang berperan dalam berbagai proses fisiologis tanaman, termasuk sintesis enzim, pembelahan sel, dan regulasi metabolisme P. Dijelaskan lebih lanjut oleh Nath *et al* (2024) bahwa P dan Zn dapat bekerja secara sinergis dalam proses fisiologi tanaman seperti perkembangan akar, fotosintesis, dan respirasi. Namun, P sering kali berinteraksi dengan mikronutrien lain seperti mangan (Mn), besi (Fe), tembaga (Cu), dan seng (Zn), yang dapat mempengaruhi penyerapan dan akumulasinya. Interaksi antara Zn dan P dalam tanaman bersifat kompleks dan dapat bersifat antagonistik apabila tidak dikelola dengan baik. Kelebihan fosfor di tanah dapat menekan ketersediaan Zn, dan sebaliknya, kelebihan Zn juga dapat mengganggu penyerapan P.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di dua lokasi yaitu di Desa Sukanegara, Kecamatan Tanjung Bintang, Lampung Selatan ($5^{\circ}23'40''$ LS dan $105^{\circ}22'04''$ BT; 74 mdpl) dan di Desa Bumi Aji, Kecamatan Anak Tuha, Lampung Tengah ($4^{\circ}57'16''$ LS dan $105^{\circ}04'16''$ BT; 51 mdpl). Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2024 sampai dengan September 2024.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian meliputi timbangan, ember, mistar, jangka sorong, petridish, gelas ukur, labu ukur, magnetic stirrer, hand sprayer 15 L, oven, freezer, refractometer Brix, alat pemeras nira, botol plastik, kantong plastik dan alat tulis. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih sorgum varietas Numbu, Samurai 2, Super 2, Suri 1, Zinc sulfat heptahidrat analitik ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), aquades, pupuk urea, pupuk SP36 dan pupuk KCl.

3.3 Rancangan Penelitian

Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial sebanyak dua faktor perlakuan dengan kali tiga ulangan. Faktor pertama adalah varietas sorgum (V) yang terdiri dari 4 jenis yaitu:

V1 = varietas Numbu ; V2 = varietas Samurai 2 ;
V3 = varietas Super 2 ; V4 = varietas Suri 1.

Sedangkan faktor kedua adalah pemberian unsur hara mikro Zn (P) yang terdiri dari 5 perlakuan yaitu :

P0 = Kontrol

P1 = *Seed Priming* 0.5% $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ selama 12 jam.

P2 = P1 + *Foliar Spray* 0.5% $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Fase Vegetatif sebanyak 2 x.

P3 = P1 + *Foliar Spray* 0.5% $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Fase Generatif sebanyak 2 x.

P4 = P1 + *Foliar Spray* 0.5% $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Fase Vegetatif sebanyak 2 x +
Foliar Spray 0.5% $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Fase Generatif sebanyak 2 x.

Model linier dari rancangan percobaan disusun sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Hasil pengamatan pengaruh varietas ke -i, pemberian hara Zn ke -j pada blok (ulangan) ke -k

μ = Nilai tengah umum

τ_k = Pengaruh blok (ulangan) ke- k

α_i = Pengaruh perlakuan varietas ke- i

β_j = Pengaruh perlakuan pemberian hara Zn ke- j.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi antara perlakuan varietas ke- i dan pemberian hara Zn ke- j.

ϵ_{ijk} = Pengaruh galat percobaan dari perlakuan varietas ke- i, pemberian hara Zn ke- j pada blok (ulangan) ke- k.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variabel pengamatan dilakukan analisa sidik ragam dan pada perlakuan yang berpengaruh nyata dilakukan uji nilai tengah dengan *Least Significant Difference* (LSD)/ Beda Nyata Terkecil pada taraf 5%. Analisa data diatas menggunakan *software excel* dan *R-Studio Version 2025.05.0+496*. Sedangkan pengaruh pada variabel tertentu dari hasil uji laboratorium (sampel komposit 3 ulangan) menggunakan analisa berdasar grafik batang (*software excel*).

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Perendaman Benih (*Seed Priming*)

Perlakuan perendaman benih (*Seed Priming*) dimulai dengan pembuatan larutan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ konsentrasi 0.5% yaitu dengan cara melarutkan 5.0 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam labu ukur 1000 ml yang ditambahkan aquades hingga volume akhir 1000 ml. Selanjutnya benih sorgum sesuai varietas direndam dalam larutan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ konsentrasi 0,5% (Choukri *et al.*, 2022) selama 12 jam pada petridish berdiameter 200 mm dengan $\pm 60\%$ bagian benih terendam dalam larutan. Perendaman benih sorgum selama 12 jam ditetapkan berdasarkan waktu terbaik berdasar percobaan pendahuluan yang diamati terhadap kriteria daya berkecambah dan vigor terbaik dari berbagai waktu perendaman selama waktu 3 jam, 6 jam dan 12 jam. Sebelum ditanam benih sorgum sesuai varietas yang telah diberi perlakuan *priming* dikering anginkan pada tempat terbuka.

3.4.2 Persiapan Lahan

Pelaksanaan di lapangan diawali dengan pengambilan sampel tanah untuk analisis tanah yang bertujuan mengetahui status kesuburan lahan penelitian di dua lokasi tanam. Sampel tanah diambil dari 5 titik secara diagonal pada lahan percobaan. Tanah tersebut dicampur menjadi contoh komposit kemudian diaduk hingga homogen, dan diambil ± 1 kg untuk dianalisis di laboratorium. Pengolahan tanah dilakukan secara mekanis menggunakan traktor yang dilengkapi dengan bajak piringan (*disc plow*). Pelaksanaannya sebanyak satu kali saat dua minggu sebelum tanam dan dilanjutkan perataan lahan yang dilakukan secara manual dengan menggunakan cangkul. Selanjutnya dibuat petakan sesuai jumlah perlakuan yaitu sebanyak 20 plot petak perlakuan berukuran 3 m x 3 m sebanyak 3 ulangan. Dengan demikian terdapat 60 petak perlakuan dengan setiap petak perlakuan pada ulangan yang sama diberi jarak 1 meter dan jarak antar ulangan selebar 1.5 meter.

3.4.4 Penanaman

Penanaman benih sorgum sesuai perlakuan jenis varietas dan perendaman (*priming*) dilakukan secara manual. Lubang tanam dibuat dengan cara ditugal dengan kedalaman 3 cm dan dilanjutkan penanaman benih sorgum sebanyak 3 benih per lubang tanam. Kurang lebih seminggu kemudian dilakukan penjarangan dengan menyisakan 2 tanaman terbaik serta pelaksanaan penyulaman untuk tanaman yang tidak tumbuh atau tumbuh tidak normal. Jarak tanam yang digunakan adalah 80 cm x 20 cm. Penanaman pertama di lokasi tanam Lampung Selatan dilakukan pada tanggal 14 Mei 2024 dan di lokasi Lampung Tengah pada tanggal 20 Mei 2024.

3.4.5 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman di dua lokasi tanam meliputi pengendalian gulma, pembumbunan dan pemupukan. Penyiangan gulma dilakukan apabila ada tumbuhan pengganggu di sekitar tanaman sorgum. Penyiangan gulma dilakukan secara manual dengan menggunakan alat cangkul atau kored pada umur 2 minggu setelah tanam. Selanjutnya pada umur 1 bulan dilakukan pengguludan atau pembumbunan untuk memperkokoh berdirinya tanaman sorgum. Pemupukan tanaman dengan dosis pupuk urea 200 kg /ha, SP 36 100 kg / ha dan pupuk KCl sebanyak 50 kg/ ha yang diberikan dua kali aplikasi (Direktorat Budidaya Serealia, 2013). Aplikasi pupuk pertama dilakukan saat umur 2 minggu setelah tanam dengan dosis 100 kg urea / ha, 100 kg SP 36 / ha dan 50 kg KCl /ha. Sedangkan aplikasi pupuk ke dua hanya untuk pupuk urea dengan dosis 100 kg / ha yang diberikan saat umur tanaman 1 bulan.

Pengendalian organisme pengganggu dengan menggunakan insektisida/ fungisida hanya dilakukan ketika terdapat serangan hama penyakit. Selama pertumbuhan tanaman di dua lokasi tanam tidak dilakukan pengendalian hama penyakit karena tingkat serangan yang masih dibawah ambang batas minimal. Demikian pula penyiraman tidak diberikan karena kondisi kelembaban tanah yang masih memungkinkan tanaman sorgum untuk tumbuh dan berkembang normal.

3.4.6 Penyemprotan Larutan Zinc pada Daun

Penyemprotan larutan Zinc pada daun tanaman (*foliar spray*) menggunakan larutan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 0,5% (Mousavi *et al*, 2013; Toor *et al*, 2020) yang diberikan sesuai perlakuan. Penyemprotan pada saat fase vegetatif dilakukan sebanyak dua (2) kali pada saat tanaman sorgum berumur 30 HST dan 50 HST, selanjutnya penyemprotan pada fase generatif juga diberikan sebanyak dua (2) kali yaitu saat umur tanaman 70 HST dan 80 HST (Teixeira *et al*, 2017). Penyemprotan larutan Zinc dilakukan pada waktu pagi hari dengan menggunakan *hand sprayer* dan larutan semprot diaplikasikan hingga larutan jatuh pada permukaan atas dan bawah daun tanaman. Sebelum memulai penyemprotan dilakukan kalibrasi waktu semprot dan petak perlakuan yang akan disemprot diberi pembatas plastik/ terpal dengan tujuan agar larutan semprot tidak mengkontaminasi petak lain perlakuan berbeda.

3.5 Variabel Pengamatan

Pengamatan pertumbuhan dan akumulasi biomasa dilakukan saat fase vegetatif dan generatif pada tanaman sampel di lapangan dari setiap petak perlakuan sebanyak tiga ulangan. Demikian pula pengamatan pada komponen hasil panen berupa hijauan pakan, nira batang dan hasil biji dilakukan per tanaman sesuai perlakuan sebanyak tiga ulangan. Sedangkan kualitas hasil panen dilakukan pada contoh komposit sampel dari tiga ulangan yang dianalisa pada laboratorium sesuai variabelnya. Pengamatan dilakukan terhadap beberapa peubah sebagai berikut :

1. Tinggi Tanaman (cm)

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan cara mengukur tanaman dimulai pangkal batang sampai pangkal daun teratas saat fase vegetatif dan hingga ujung malai pada fase generatif. Pengukuran dilakukan terhadap lima (5) tanaman contoh yang dipilih secara acak pada setiap ulangan dengan menggunakan alat ukur mistar pada saat umur tanaman 30 HST, 45 HST, 60 HST dan 75 HST.

2. Jumlah Daun (helai)

Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan menghitung helai daun yang muncul dari pangkal batang sampai ujung batang. Daun yang dihitung adalah daun sorgum yang telah membuka dengan sempurna pada lima (5) tanaman contoh yang dipilih secara acak dari setiap ulangan saat umur tanaman 30 HST, 45 HST, 60 HST dan 75 HST.

3. Diameter Batang (mm)

Pengamatan diameter batang dilakukan menggunakan jangka sorong pada ruas pertama batang tanaman sorgum. Pengamatan dilakukan pada lima (5) tanaman contoh saat umur 30 HST, 45 HST, 60 HST dan 75 HST.

4. Bobot Segar Tajuk (gram)

Pengamatan dilakukan pada umur tanaman 45 HST, 60 HST dan 75 HST dengan cara menimbang bobot tajuk dalam kondisi segar menggunakan timbangan analitik. Bobot segar tajuk meliputi bobot segar batang dan daun tanaman pada fase vegetatif (45 HST, 60 HST) dan ditambah dengan bobot segar malai saat fase generatif (75 HST).

5. Bobot Kering Tajuk (gram)

Pengamatan bobot kering tajuk dilakukan saat umur tanaman 45 dan 60 HST (fase vegetatif) serta umur 75 HST (fase generatif). Pengukuran biomasa tajuk meliputi bobot kering batang dan daun tanaman (45 HST, 60 HST) dan ditambah bobot kering malai pada umur 75 HST. Metoda pengeringan tajuk tanaman dilakukan dengan cara sampel yang diperoleh sesuai umur tanaman dikeringkan terlebih dahulu didalam rumah kaca selama 1 minggu. Selanjutnya sampel yang telah kering dimasukkan ke dalam amplop kertas dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70°C selama 2 x 24 jam untuk memperoleh bobot konstan. Tahap berikutnya dilakukan penimbangan biomassa tajuk yang telah kering tersebut menggunakan timbangan analitik dalam satuan gram (g).

6. Tingkat Kehijauan / Klorofil Daun (SPAD Unit)

Tingkat kehijauan daun diukur saat umur 75 HST menggunakan alat Soil Plant Analysis Development (SPAD 502 plus). Pengukuran dilakukan pada daun ke lima dari atas dan merupakan hasil rata-rata dari tiga titik pengukuran yaitu bagian pangkal, tengah dan ujung daun.

7. Panjang dan Lebar Daun (cm)

Pengukuran dilakukan menggunakan mistar pada daun ke lima dari atas saat berumur 75 HST. Panjang daun diukur dari pangkal daun sampai ujung daun, lebar daun diukur dari kiri ke kanan pada bagian daun terlebar.

8. Hasil Hijauan per Tanaman (gram)

Pengamatan hasil hijauan segar sebagai sumber pakan dilakukan pada saat masak susu (*milk dough*) yaitu pada umur tanaman 85 HST (Harmini, 2021; Teixeira *et al*, 2017). Penimbangan dilakukan terhadap keseluruhan organ tanaman sampel yang dipanen dalam kondisi segar meliputi batang, daun dan malai dengan menggunakan timbangan digital.

9. Proporsi Batang, Daun dan Malai (%)

Diukur dengan cara membandingkan antara bobot daun, batang dan malai dengan bobot tajuk tanaman dalam kondisi bobot segar. Dilakukan pada saat panen untuk hijauan pakan yaitu saat tanaman masak susu (*milk dough*) umur 85 HST (Teixeira *et al*, 2017).

10. Kualitas Nutrisi Hijauan Pakan / Analisa proksimat (%)

Analisa nutrisi/ proksimat hijauan pakan meliputi protein kasar, lemak kasar dan serat kasar. Prosedur analisis dilakukan dengan mempersiapkan sampel hijauan segar (2 tanaman) dari setiap satuan percobaan masing-masing blok (60 sampel) dan dikelompokkan sesuai perlakuannya untuk kemudian dikompositkan menjadi satu sampel sehingga diperoleh 20 sampel. Selanjutnya dilakukan pencacahan hijauan sesuai sampel perlakuan dan dijemur (*pre drying*) di rumah kaca hingga kadar air $\pm 15\%$. Berikutnya sampel

dihaluskan menggunakan grinder hingga berukuran 20 mesh. Masing-masing sampel sebanyak 50 g selanjutnya dilakukan analisa kandungan proksimatnya di Laboratorium Balai Pengujian Standar Instrumen Unggas dan Aneka Ternak, Badan Standarisasi Instrumen Pertanian, Ciawi, Bogor. Metode analisa proksimat menggunakan metode *Kjeldahl* (IKM 02, Kolorimetri) untuk protein kasar, *Ekstraksi Soxhlet* (IKM 03, Gravimetri) untuk lemak kasar dan *Crude Fiber* (IKM 05, Gravimetri) untuk serat kasar.

11. Kandungan Fosfor/ P (%) dan Zinc/ Zn (ppm) pada Daun

Analisa kandungan P dan Zn pada daun dilakukan di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk dan Air Badan Standarisasi Instrumen Pertanian Cimanggu, Bogor. Sampel daun dipersiapkan dalam kondisi segar (daun ke 3, 4 dan 5 dari pucuk) yang diambil sesuai plot perlakuan dilapangan (20 x 3 ulangan) saat umur tanaman 85 HST. Sampel dari setiap blok (3 blok/ulangan) sesuai perlakuan dikelompokkan menjadi satu sehingga diperoleh sampel/contoh komposit sebanyak 20 sampel. Preparasi sampel dilakukan dengan melakukan pencacahan sampel untuk kemudian dilakukan pengeringan di rumah kaca dan oven. Sampel yang telah kering kemudian digiling dengan grinder yang menggunakan saringan 0,5 mm. Selanjutnya sampel didestruksi menggunakan metode *Microwave digestion (wet)* hingga diperoleh larutan *digesti* untuk dianalisa lebih lanjut sesuai prosedur Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023). Penetapan P/ Fosfor pada larutan hasil *digesti* menggunakan metode *kolorimetrik molibdenum-blue*, sedangkan untuk pengukuran Zn/ Zink menggunakan *AAS (Atomic Absorption Spectrophotometri)*.

12. Hasil Nira /Tanaman (ml) dan Brix Nira (°)

Produksi nira batang per tanaman sorgum diukur pada saat umur tanaman 105 HST yaitu saat masak tepung (*soft dough*). Kegiatan pengukuran diawali dengan pengambilan batang sorgum segar sebanyak satu rumpun (2 tanaman) dari setiap blok (3 ulangan) dan dikelompokkan sesuai perlakuan. Selanjutnya batang sorgum dipotong menjadi tiga bagian dan digiling 3 sampai 4 kali

menggunakan mesin pemeras nira portable. Nira yang diperoleh diukur volumenya menggunakan gelas ukur untuk mengetahui hasil nira per tanaman dalam satuan mililiter (ml). Sedangkan nilai brix nira diukur dengan menggunakan alat refractometer. Selanjutnya hasil nira ditempatkan dalam botol plastik yang diberi label sesuai perlakuan dan disimpan dalam *freezer* untuk dapat dianalisa lebih lanjut.

13. Kandungan Gula Nira (%)

Analisa kandungan gula dilakukan di Laboratorium Pati, Direktorat Pengelolaan Laboratorium Fasilitas Riset dan Kawasan Riset Teknologi, BRIN Lampung Tengah. Kandungan gula nira batang yang dianalisa meliputi kandungan glukosa fruktosa dan sukrosa yang diperoleh dari nira batang pada umur 105 HST. Pengukuran dilakukan terhadap contoh komposit nira dari tiga (3) blok /ulangan) per perlakuan. Analisis kandungan gula menggunakan alat *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) yang merupakan metode banyak dipakai karena memberikan hasil lebih akurat serta dapat memisahkan berbagai jenis gula sekaligus, seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa. Prosedur pengukuran diawali dengan penyaringan nira dengan menggunakan kertas saring. Dari hasil nira tersebut diambil sebanyak 1 ml dan diencerkan 10 x dengan aquabides dalam tabung reaksi volume 15 ml. Selanjutnya dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 1500 rpm selama 15 menit untuk memisahkan padatan. Setelah itu disaring kembali menggunakan *Syringe filter* berukuran 0,20 µm sebelum diinjeksi ke sistem HPLC. Analisis dilakukan menggunakan kolom khusus untuk gula (*Shimpak SCR 101P*) dengan phase gerak aquabides. Konsentrasi gula dihitung dengan membandingkan luas area puncak (*peak area*) dengan sampel yang dibuat dari larutan glukosa, fruktosa, dan sukrosa murni dari berbagai konsentrasi menggunakan rumus regresi linier. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan %.

14. Potensi Hasil Bioetanol (%)

Pengukuran potensi hasil bioetanol dari nira tanaman sorgum dilakukan di Laboratorium Pati, Direktorat Pengelolaan Laboratorium Fasilitas Riset dan

Kawasan Riset Teknologi, BRIN Lampung Tengah. Analisa kandungan bioetanol menggunakan nira (sampel komposit setiap perlakuan dari 3 blok tanam/ ulangan) tanaman sorgum umur 105 HST yang telah difermentasi menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (strain HK1) dengan periode waktu fermentasi 12 dan 24 jam. Sampel hasil fermentasi selanjutnya disentrifugasi (15 rpm selama 15 menit) untuk memisahkan campuran padatan dan dilanjutkan dengan penyaringan menggunakan *Syringe filter* 0.20 μm . Tahap berikutnya filtrat yang diperoleh dimasukkan ke tabung reaksi untuk dilanjutkan pengukuran kandungan bioetanol menggunakan *High Performance Liquid Chromatography/ HPLC*. Analisis data hasil pengukuran bioetanol dihitung dari kurva luas area puncak pada *kromatogram* yang dibandingkan dengan kurva standar untuk menentukan konsentrasi bioetanol dalam sampel. Hasil pengukuran bioetanol dari nira dinyatakan dalam satuan % (v/v).

15. Bobot Biji per Tanaman (gram)

Bobot biji per tanaman diukur pada saat panen yaitu saat masak fisiologis umur 115 HST. Sampel biji berasal dari tanaman terbaik setiap perlakuan (20 perlakuan) masing-masing blok (3 ulangan), yang diperoleh dari perontokan malai setelah dikeringkan di dalam rumah kaca selama 2 x 24 jam. Pengukuran bobot biji menggunakan timbangan digital dalam satuan gram.

16. Kandungan Zn Biji (ppm)

Analisa kandungan Zn pada biji dilakukan di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk dan Air, Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, Cimanggu-Bogor. Sampel analisa merupakan contoh komposit biji sorgum yang berasal dari setiap perlakuan (20 perlakuan) masing-masing blok (3 ulangan). Preparasi sampel dilakukan dengan melakukan pengeringan biji hingga kadar air 12%. Sampel yang telah kering kemudian digiling dengan grinder yang menggunakan saringan 0,5 mm. Selanjutnya sampel didestruksi menggunakan metode *Microwave digestion (wet)* hingga diperoleh larutan *digesti* untuk dianalisa lebih lanjut. Pengukuran kandungan Zn/ Zink menggunakan *AAS (Atomic Absorption Spectrophotometri)* sesuai prosedur Analisis Kimia Tanah,

Tanaman, Air & Pupuk (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023).

17. Kandungan Pati Biji (%)

Analisa kandungan pati pada biji dilakukan di Laboratorium Pati, Direktorat Pengelolaan Laboratorium Fasilitas Riset dan Kawasan Riset Teknologi, BRIN Lampung Tengah. Analisa dilakukan terhadap sampel komposit biji dari 3 (tiga) ulangan pada setiap perlakuan (20 perlakuan) yang diperoleh dari tanaman saat umur panen 115 HST. Preparasi sampel diawali dengan melakukan pengeringan biji hingga kadar air 12%. Sampel yang telah kering kemudian digiling dengan grinder hingga diperoleh tepung halus. Selanjutnya metode analisa kadar pati mengikuti prosedur metode *Modified Somogyi* dengan mempersiapkan sampel sebanyak 10 gram dalam erlemeyer 300 ml untuk dihidrolisa selama 2,5 jam pada *waterbath* mendidih menggunakan HCl 25%. Setelah didinginkan, suspensi dinetralkan dengan NaOH 20% sampai pH 7 dan ditambahkan aquades hingga volume 500 ml menggunakan labu takar 500 ml. Sampel encer selanjutnya disaring menggunakan kertas saring dan diambil 100 ml filtrat menggunakan pipet ukur 100 ml dan diencerkan kembali hingga volume 250 ml menggunakan aquades pada labu takar 250 ml. Penentuan gula hasil hidrolisa (glukosa) berupa 10 ml sampel encer dengan menggunakan *reagen* yang telah dipersiapkan dan indikator titrasi larutan soluble starch 1%. Jumlah *reducing sugar/ RS* sampel dihitung dengan rumus sebagai berikut : $RS = (V' - V) \times 1,449 \times f.p \times 100\%$. Kadar Pati = $0.9 \times RS$ (Instruksi Pengujian Kadar Pati (*Somogyi*) No. Dok.: IP.10-01/MS/B2TP/BPPT, 2020).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Pemberian hara mikro Zn secara signifikan meningkatkan pertumbuhan vegetatif, akumulasi biomasa serta kualitas hasil panen tanaman sorgum yang ditanam di dua lokasi berbeda. Perlakuan P2 dan P4 memberikan respon positif dalam meningkatkan tinggi tanaman, bobot segar dan bobot kering tajuk, hasil hijauan, kandungan protein dan lemak total hijauan, kandungan Zn daun, hasil nira, hasil biji serta kandungan Zn dan pati pada biji.
2. Perbedaan varietas menunjukkan varietas Samurai 2 dan Super 2 memiliki rata-rata tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, hasil hijauan, brix nira, kandungan glukosa nira dan potensi hasil bioetanol lebih tinggi dibandingkan Numbu dan Suri 1 di dua lokasi tanam. Kandungan proksimat hijauan (protein) tertinggi diperoleh varietas Super 2 dan hasil nira pertanaman dimiliki oleh varietas Samurai 2. Hasil biji tertinggi dimiliki oleh varietas Super 2 di Lampung Selatan dan di Lampung Tengah lebih merata antar varietas. Kandungan Zn biji tertinggi diperoleh dari varietas Suri 1 (Lampung Selatan) dan Samurai 2 (Lampung Tengah), sedangkan kandungan pati biji didapatkan dari Super 2 di dua lokasi tanam.
3. Interaksi antara varietas yang diuji dengan pemberian hara mikro Zn diperoleh pada variabel bobot segar tajuk (45, 60, 75 HST), bobot kering tajuk (60, 75 HST) di Lampung Selatan dan bobot segar tajuk (45 HST) serta hasil hijauan per tanaman di Lampung Tengah. Varietas Samurai 2 dan Super 2 dengan pemberian hara mikro Zn perlakuan P2 (V2P2; V3P2) dan perlakuan P4 (V2P4; V3P4) memberikan hasil tertinggi pada variabel bobot segar tajuk (45, 60, 75 HST) dan bobot kering tajuk (60, 75 HST) di Lampung Selatan serta

bobot segar tajuk (45 HST) di Lampung Tengah. Perlakuan P2 dan P4 juga mampu meningkatkan secara signifikan hasil hijauan per tanaman dengan interaksinya pada semua varietas yang diuji, terutama pada varietas Samurai 2 dan Super 2.

5.2 Saran

1. Penelitian lanjutan pemberian hara mikro Zn yang dikombinasikan dengan berbagai dosis pemupukan P.
2. Penelitian lanjutan pemberian hara mikro Zn yang diaplikasikan pada berbagai kondisi kekeringan / stres air.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B. J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Second edition. IZA and IFA, Brussels-Belgium and Paris-France.
- Abdelgadir, A. H., T.A. Ahmed and A.A. Idris. 2021. Effect of foliar application of zinc and nitrogen on forage quality of sorghum cultivars. *Journal of Plant Nutrition* 44(7): 1057-1068.
- Andreini C, L. Banci, I. Bertini and A. Rosato. 2006. Zinc through the Three Domains of Life. *Journal of Proteome Research* 5 (11): 3173-3178.
- Aqil M., Zubachtirodin, dan C. Rapar. 2013. Deskripsi varietas unggul jagung, sorgum, dan gandum, Edisi 2013. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros
- Azrai M., B.M. Pabendon, M. Aqil, Suarni, R.Y. Arvan, B. Zainuddin dan N.N. Andayani. 2021. Teknologi Budidaya Tanaman Sorgum Unggul Bebas Limbah. CV. Cakrawala. Yogyakarta.
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. 2023. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Bhardwaj A.K., S. Chejara, K. Malik, R. Kumar, A. Kumar and R. K. Yadav. 2022. Agronomic biofortification of food crops: An emerging opportunity for global food and nutritional security. *Frontiers in Plant Science* DOI 10.3389/fpls.2022.1055278.
- Bhatla, S.C and M.A. Lal. 2018. Plant Physiology, Development and Metabolism. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Broadley M, P. Brown, I. Cakmak, Z. Rengel and F. Zhao. 2012. Function of Nutrients: Micronutrients. In: editors, Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Oxford: Academic Press, 191-248.
- Broadley M, J. Philip, P.J. White, J.P. Hammond, I.I. Zelko and L.A. Alexander. 2007. Tansley review: Zinc in plants. *New Phytologist* 173: 677–702.
- Cakmak I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist* 146(2): 185–205.

- Cakmak I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification?. *Plant and Soil* 302:1–17.
- Cakmak I. and U.B. Kutman. 2018. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *European Journal of Soil Science* 69:172-180.
- Choukri M., A. Abouabdillah , R. Bouabid, O. H. Abd-Elkader, O. Pacioglu, F. Boufahja and M. Bouriou. 2022. Zn application through seed priming improves productivity and grain nutritional quality of silage corn. *Saudi Journal of Biological Sciences* 29.103456:1-9.
- Dang K., J. Mu, H. Tian, D. Gao, H. Zhou, L. Guo, X. Shao, Y. Geng and Q. Zhang. 2024. Zinc regulation of chlorophyll fluorescence and carbohydrate metabolism in saline-sodic stressed rice seedlings. *BMC Plant Biology* 24.464:1-9.
- De Wet, J.M.J. and J.R. Harlan. 1971. The origin and domestication of Sorghum bicolor (L) Moench. *Economic Botany* 25:128- 35.
- Direktorat Budidaya Serealia. 2013. Buku Teknologi Budidaya Sorgum dan Gandum. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian. Jakarta
- Fageria, N.K., V.C. Baligar and R.B. Clark. 2002. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy* 77:185–268.
- Fageria N.K., M.B. Filho, A. Moreira and C.M. Guimaraes. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 32(6):1044-1064.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2018. FAOSTAT Crop. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Gonzales J.C., D.O. Barrios, A.H. Rodriguez, A.C.G. Franco, L.R. Hernandez and G.R.L. Ochoa. 2018. Zink Metalloenzymes in Plants. *Interciencia* 43 (4):112-121.
- Hafeez, B., Y.M. Khanif and M. Saleem. 2013. Role of zinc in plant nutrition: A review. *American Journal of Experimental Agriculture* 3(2):374–391.
- Hartono A., S. Funakawa and T. Kosaki. 2005. Phosphorus Sorption-Desorption Characteristics of Selected Acid Upland Soils in Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition* 51(6): 787-799.
- Harahap S. E. 2023. Kajian Agronomis, Produksi Biomassa Nutrien dan Kecernaan Sorgum Samurai Sistem Ratun. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Harmini. 2021. Pemanfaatan tanaman sorgum sebagai pakan ternak ruminansia di lahan kering. *Livestock and Animal Research* 19(2): 159-170.

- Havlin, J.L., S.L. Tisdale, W.L. Nelson and J.D. Beaton. 2014. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. Pearson India Education Services Pvt. Ltd.
- Jones C. and J. Jacobsen. 2005. Plant Nutrition and Soil Fertility. Nutrient Management Module No. 2. Montana State University 4449-2 June 2005.
- Juarez M.G, V.P. Quintero, Ma.E.C. López, G.C. Villalba, M.E. Ramirez, G.A.O. María and E.A.C. Carlos. 2022. Effect of genotype on the production and quality of sweet sorghum juice (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Agro Productividad* 15(7): 59-67.
- Knaofmone E., Suwardi, B. Sumawinata and G. Djajakirana. 2021. Application of Cu and Zn to improve the growth of maize and sorghum in high-pH soils. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 694 (2021) 012054 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/694/1/012054
- Kumar, A., S.K. Sharma and H.P. Meena. 2015. Effect of micronutrients on yield and juice quality of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Indian Journal of Agronomy* 60(3):483–486.
- Lutts, S., P. Benincasa, L. Wojtyla, S. Kubala, R. Pace, K. Lechowska, M. Quinet, and M. Garnczarska. 2016. Seed Priming: New Comprehensive Approaches for an Old Empirical Technique. *New Challenges in Seed Biology - Basic and Translational Research Driving Seed Technology*.
- Mousavi S.R., M. Galavi and M. Rezaei. 2013. Zinc (Zn) Importance for Crop Production - A Review. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4 (1): 64-68.
- Nasution, R., M. Siregar, and M. Nasution. 2022. Application of micronutrients on growth and sugar content of sweet sorghum. *International Journal of Agriculture and Biology* 24(4): 761–768.
- Nath S., S. Dey, R. Kundu and S. Paul. 2024. Phosphate and zinc interaction in soil and plants: a reciprocal cross-talk. *Plant Growth Regulation*, 104:591-615.
- Pabendon M.B., S.B. Santoso dan N.A. Subekti. 2013. Prospek Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol *dalam* Sorgum Inovasi Teknologi dan Pengembangan (*ed.* Sumarno, D. S. Damardjati, M. Syam dan Hermanto). IAARD PRESS. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Pabendon M.B. , R. Efendi, S.B. Santoso and B. Prastowo. 2017. Varieties of sweet sorghum Super-1 and Super-2 and its equipment for bioethanol in Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 65 (2017) 012054. doi :10.1088/1755-1315/65/1/012054

- Pabendon M. B., R. S. Sarungallo dan S. Mas'ud. 2012. Pemanfaatan Nira Batang, Bagas, dan Biji Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(3) : 22-31.
- Purnomohadi M. 2006. Potensi Penggunaan Beberapa Varietas Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) Sebagai Tanaman Pakan. *Berkala Penelitian Hayati* 12: 41–44.
- Rengel, Z. 2001. Genotypic differences in micronutrient use efficiency in crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32(7-8): 1163–1186.
- Rudani, K., P. Vishal and P. Kalavati. 2018. The importance of zinc in plant growth-a review. *Int. Res. J. Nat. Appl. Sci.* 5(2): 38-48.
- Salam, A.K. 2020. Ilmu Tanah. Global Madani Press, Bandar Lampung.
- Sharifi R., K. Mohammadi and A. Rokhzadi. 2016. Effect of seed priming and foliar application with micronutrients on quality of forage corn (*Zea mays* L.). *Environmental and Experimental Biology* 14(2):151-156.
- Sewhag M., N. Pawar, R. Kumar, J. Kumar, A. Singh, G.S. Malhi and N. Kharor. 2023. Effect of Foliar Spray of Zink and Iron on Fodder Yield of Sorghum. *Forage Research* 49(3): 329-335.
- Sihono, S. Human, W.M. Indriatama, M. Puspitasari, Parno and Carkum. 2014. Release of Sorghum Patir 4 Lines As Superior Varieties With The Name Samurai 2. The Ministry Of Agriculture Of The Republic Of Indonesia.
- Singgih, S. dan H. Muslimah. 2002. Evaluasi daya hasil galur sorgum. *Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain, Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain. Maros, Sulawesi Selatan.*
- Singh, R., S. Verma and A. Rani. 2021. Zinc foliar application improves sugarcane yield and quality traits. *Sugar Tech.* 23(5): 1275–1281.
- Suganya A., A. Saravanan and N. Manivannan. 2020. Role of Zinc Nutrition for Increasing Zinc Availability, Uptake, Yield, and Quality of Maize (*Zea Mays* L.) Grains: An Overview. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 51(15):2001-2021.
- Sutrisna, N., N. Sunandar dan A. Zubair. 2013. Uji Adaptasi Beberapa Varietas Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) pada Lahan Kering di Kabupaten Ciamis, Jawa Barat. *Jurnal Lahan Suboptimal* 2(2):137-143.
- Talanca A.H. dan N.N. Andayani. 2016. Perkembangan Varietas Sorgum di Indonesia. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.

- Teixeira T.P.M., L.D. Pimentela, L.A.S. Diasa, R.A.C. Parrellab, M. Q. Paixãoa and E.M. Biesdorf. 2017. Redefinition of sweet sorghum harvest time: New approach for sampling and decision-making in field. *Industrial Crops & Products* 109 : 579–586
- Tisdale S.L., W. L. Nelson and J. D. Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4th ed. The Macmillan Publishing Company. New York.
- Toor M. D., M. Adnan, M. S. Javed, U. E. Habibah, A. Arshad, M. Mughees ud din and R. Ahmad. 2020. Foliar application of Zn: Best way to mitigate drought stress in plants; A review. *International Journal of Applied Research* 6(8): 16-20.
- Van Soest, P. J. 2018. *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press.
- Wang Y. H. and H.D. Upadhyaya and I. Dweikat. 2016. Sorghum. *Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement* (ed. Mohar Singh and Hari D. Upadhyaya). Academic Press, London
- White, P.J. and M.R. Broadley. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements. *New Phytologist* 182(1): 49-84.
- Zubair A. (2016). *Sorghum : Tanaman Multi Manfaat*. Unpad Press. Bandung