

**PENGARUH INTENSITAS PENGUSANGAN CEPAT PADA VIABILITAS  
BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L]. Moench)  
VARIETAS SUPER 1 DAN SUPER 2**

(Skripsi)

Oleh

**HERLAMBANG**



**JURUSAN AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2016**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH INTENSITAS PENGUSANGAN CEPAT PADA VIABILITAS BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L]. Moench) VARIETAS SUPER 1 DAN SUPER 2**

**Oleh**

**HERLAMBAANG**

Upaya pengembangan sorgum dapat dilakukan dengan menyediakan benih yang memiliki vigor daya simpan tinggi. Benih bervigor daya simpan tinggi memiliki viabilitas yang tinggi setelah disimpan lama. Untuk mengetahui vigor daya simpan benih secara cepat dapat dilakukan dengan pengujian viabilitas setelah benih diperlakukan dengan perlakuan pengusangan cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui viabilitas benih 2 varietas sorgum, yakni Super 1 dan Super 2 setelah diusangkan secara cepat dengan suhu 40 °C dan kelembaban relatif 100%. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari Nopember 2015-Januari 2016. Percobaan 2 faktor disusun dalam *split-plot design* dengan 3 blok sebagai ulangan. Petak utama adalah intensitas pengusangan cepat (IPC) yang terdiri dari 4 taraf, yaitu 0 hari (p1), 2 hari (p2), 4 hari (p3), dan 6 hari (p4) untuk percobaan I; dan 0 hari (p1), 4 hari (p3), 8 hari (p5), dan 12 hari (p7) untuk percobaan II. Anak petak adalah varietas yaitu, Super 1 (v1) dan Super 2 (v2) yang digunakan dalam 2 percobaan tersebut. Hasil percobaan I menunjukkan bahwa IPC selama 0 sampai

## *Herlambang*

dengan 6 hari belum mempengaruhi viabilitas benih sorgum 2 varietas tersebut, tetapi telah menyebabkan kemunduran benih yang ditunjukkan oleh variabel Daya Hantar Listrik (DHL) setelah didera selama 4 hari untuk varietas Super 2; dan setelah didera selama 6 hari untuk varietas Super 1. Hasil percobaan II, menunjukkan bahwa IPC nyata menurunkan viabilitas dan meningkatkan kemunduran benih sorgum yang ditunjukkan oleh variabel Kecambah Normal Total (KAN), Benih Mati (BM), Kecepatan Perkecambahan (KP), dan Daya Hantar Listrik (DHL). Pengaruh interaksi intensitas pengusangan cepat dan varietas ditunjukkan oleh variabel kecambah abnormal (KAN). Pengaruh intensitas pengusangan cepat yang makin tinggi meningkatkan jumlah kecambah abnormal, lalu meningkatkan jumlah benih mati. Pengaruh intensitas pengusangan cepat pada kemunduran benih sorgum lebih cepat terjadi pada varietas Super 1 daripada varietas Super 2.

kata kunci: benih sorgum, intensitas pengusangan cepat, interaksi, varietas.

**PENGARUH INTENSITAS PENGUSANGAN CEPAT PADA VIABILITAS  
BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L]. Moench)  
VARIETAS SUPER 1 DAN SUPER 2**

Oleh  
Herlambang

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2016**

Judul Skripsi : **PENGARUH INTENSITAS PENGUSANGAN  
CEPAT PADA VIABILITAS BENIH  
SORGUM (*Sorghum bicolor* [L]. Moench)  
VARIETAS SUPER 1 DAN SUPER 2**

Nama Mahasiswa : **Herlambang**

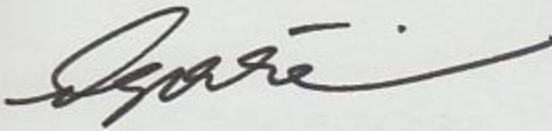
Nomor Pokok Mahasiswa : 1214121089

Jurusan : Agroteknologi

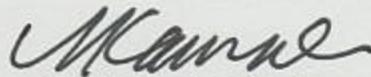
Fakultas : Pertanian

### **MENYETUJUI**

#### 1. Komisi Pembimbing

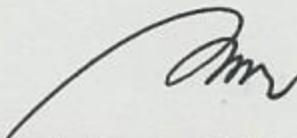


**Ir. Eko Pramono, M.S.**  
NIP 196108141986091001



**Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.**  
NIP 196101011985031003

#### 2. Ketua Jurusan Agroteknologi

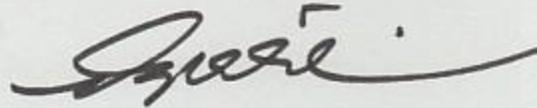


**Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.**  
NIP 196305081988112001

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Pembimbing Utama : **Ir. Eko Pramono, M.S.**



.....

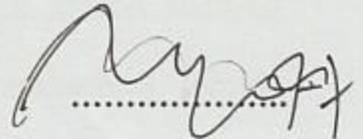
Anggota Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. M. Kamal, M.Sc.**



.....

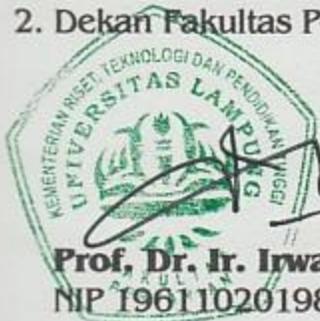
Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Yayuk Nurmiaty, M.S.**



.....

### 2. Dekan Fakultas Pertanian



**Prof, Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**

NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 Juni 2016**

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tanggal 14 Juli 1993. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara pasangan Bapak Aris Setia Budi dan Ibu Tursinem. Tahun 2006 penulis menyelesaikan studi di SD Negeri 3 Negara Ratu. Penulis lulus dari SMP Negeri 1 Natar pada tahun 2009, selanjutnya menyelesaikan studi di SMA Negeri 1 Natar pada tahun 2012. Tahun 2012 penulis diterima di Universitas Lampung (UNILA) melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negri (SNMPTN) tertulis sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian.

Tahun 2015 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Mulyo Jadi, Kecamatan Gunung Terang, Kabupaten Tulang Bawang Barat. Pada tahun yang sama penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Unit Pelaksana Teknis Daerah Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura (UPTD BPSBTPH) Provinsi Lampung. Penulis juga aktif di beberapa organisasi mahasiswa dan kepanitian. Tahun 2013/2014 sebagai anggota Organisasi Kemahasiswaan Lembaga Studi Mahasiswa Pertanian (LS-MATA) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penulis pernah menjadi Asiten Dosen untuk matakuliah Teknologi Benih pada tahun 2015 dan matakuliah Klimatologi Pertanian pada tahun 2016.

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha  
penyayang

Bersama dengan rahmat-Nya

Kupersembahkan karya ini untuk orang tuaku beserta  
keluarga besar yang selalu mengasihi

Berikut pula rekan, teman, sahabat, saudara sekaligus  
keluarga pada setiap fase kehidupanku

Serta almameter yang kubanggakan

Semoga karya ini bermanfaat

“Dan sebaik-baik manusia adalah orang yang paling bermanfaat bagi manusia.” (HR. Thabrani)

Jika hidup sekedar hidup, babi di hutan juga hidup. Kalau bekerja sekedar bekerja, kera juga bekerja (Buya Hamka)

**Make "it" simple, and be honest (Herlambang)**

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada

1. Bapak Ir. Eko Pramono, M.S., selaku pembimbing utama yang telah memberi, ide topik penelitian, ilmu pengetahuan, motivasi, semangat, bimbingan, dan arahan dalam melakukan penelitian ini dan nasihat dalam banyak hal.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc., selaku pembimbing kedua yang telah memberi ilmu pengetahuan, saran, dan bimbingan dalam penelitian ini.
3. Ibu Ir. Yayuk Nurmiaty, M.S., selaku penguji bukan pembimbing atas saran, kritik, dan bimbingan dalam penelitian ini.
4. Ibu Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis yang senantiasa memberi bimbingan selama masa perkuliahan.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
7. Orang tua, keluarga besar dan saudara penulis yang selalu memberi kasih sayang, cinta, do'a, dan dukungan kepada penulis.

8. Teman, rekan, sekaligus saudara seperjuangan, mbak Yeyen, Tanti, Irma, Herlita, Brother Egi, Eka Rani, Dwi Yanti, Selly, dan Rina yang terlanjur menjadi bagian dari hidup penulis.
9. Serta seluruh orang-orang baik yang ada di dekat penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah senantiasa menjaga kalian dengan penjagaan terbaik-Nya.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan mereka dengan lebih baik dan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, Juli 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Kerangka Pemikiran .....	5
1.5 Hipotesis .....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Metode Pengusangan Cepat .....	8
2.2 Viabilitas Benih .....	13
2.3 Kemunduran Benih .....	14
2.4 Tanaman Sorgum .....	16
2.4.1 Anatomi biji Sorgum.....	16
2.4.2 Varietas Super 1 dan Super 2 .....	18
<b>III. BAHAN DAN METODE .....</b>	<b>20</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	20
3.2 Alat dan Bahan .....	20
3.3 Rancangan Percobaan dan Analisis Data .....	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	21

3.4.1	Persiapan Benih .....	21
3.4.2	Penyiapan Media Perkecambahan .....	22
3.4.3	Aplikasi Pengusangan Cepat .....	22
3.4.4	Uji Viabilitas .....	23
3.4.5	Pengukuran Nilai Daya Hantar Listrik .....	24
3.5	Variabel Pengamatan .....	24
3.5.1	Kecambah Normal Total (KNT) .....	24
3.5.2	Kecambah Abnormal (KAN) .....	25
3.5.4	Benih Mati (BM) .....	25
3.5.1	Kecepatan Perkecambahan (KP) .....	25
3.5.5	Kecambah Normal Kuat (KNK) .....	26
3.5.6	Kecambah Normal Lemah (KNL) .....	26
3.5.8	Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN) .....	27
3.5.7	Panjang Akar Primer Kecambah Normal (PAPKN) ....	27
3.5.9	Panjang Kecambah Normal (PKN) .....	27
3.5.10	Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN) .....	28
3.5.11	Daya Hantar Listrik (DHL) .....	28
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	29
4.1.1	Pengaruh Intensitas Pengusangan Cepat 0, 2, 4, dan 6 Hari Pada Daya Hantar Listrik Benih Sorgum Varietas Super 1 dan Super 2 .....	30
4.1.2	Pengaruh Varietas Pada Viabilitas Benih Sorgum Varietas Super 1 dan Super 2 (Percobaan I) .....	32
4.1.3	Pengaruh Intensitas Pengusangan Cepat 0, 4, 8, dan 12 Hari Pada Viabilitas Benih Sorgum Varietas Super 1 dan Super 2 .....	38
4.1.4	Pengaruh Intensitas Pengusangan Cepat 0, 4, 8, dan 12 Hari Pada Daya Hantar Listrik Benih Sorgum Varietas Super 1 dan Super 2 .....	44
4.1.5	Pengaruh Intensitas Pengusangan Cepat dan Varietas Pada Variabel Kecambah Abnormal (Percobaan II) .....	46

4.2 Pembahasan .....	48
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>59</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ciri fisik dan komposisi kimia biji sorgum varietas Super 1 dan Super 2. ....	19
2. Rangkuman hasil analisis ragam pengaruh intensitas pengusangan cepat dan varietas pada viabilitas dan daya hantar listrik benih sorgum (Percobaan I). ....	29
3. Rangkuman hasil analisis ragam pengaruh intensitas pengusangan cepat dan varietas pada viabilitas dan daya hantar listrik benih sorgum (Percobaan II). ....	37
4. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah normal total ( $\text{Arcsin } x$ ) (Percobaan I). ....	60
5. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah normal total ( $\text{Arcsin } x$ ) (Percobaan I). ....	60
6. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah abnormal ( $x+1$ ) (Percobaan I). ....	61
7. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah abnormal ( $x+1$ ) (Percobaan I). ....	61
8. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel benih mati ( $x+1$ ) (Percobaan I). ....	62
9. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel benih mati ( $x+1$ ) (Percobaan I). ....	62

10. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecepatan perkecambahan (Percobaan I). .....	63
11. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecepatan perkecambahan (Percobaan I). .....	63
12. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah normal kuat (Percobaan I). .....	64
13. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah normal kuat (Percobaan I). .....	64
14. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah normal lemah ( $x+1$ ) (Percobaan I). .....	65
15. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah normal lemah ( $x+1$ ) (Percobaan I). .....	65
16. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel panjang tajuk kecambah normal (Percobaan I). .....	66
17. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel panjang tajuk kecambah normal (Percobaan I). .....	66
18. Pengaruh varietas pada variabel panjang tajuk kecambah normal (Percobaan I). .....	67
19. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel panjang akar primer kecambah normal (Percobaan I). .....	68
20. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan perbedaan varietas (V) pada variabel panjang akar primer kecambah normal (Percobaan I). .....	68
21. Pengaruh varietas pada variabel panjang akar primer kecambah normal (Percobaan I). .....	69

22. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel panjang kecambah normal (Percobaan I). .....	70
23. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel panjang kecambah normal (Percobaan I). .....	70
24. Pengaruh varietas pada variabel panjang kecambah normal (Percobaan I). .....	71
25. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel bobot kering kecambah normal (Percobaan I). .....	72
26. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel bobot kering kecambah normal (Percobaan I). .....	72
27. Pengaruh varietas pada variabel bobot kering kecambah normal (Percobaan I). .....	73
28. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel daya hantar listrik (Percobaan I). .....	74
29. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel daya hantar listrik (Percobaan I). .....	74
30. Pengaruh intensitas pengusangan cepat pada variabel daya hantar listrik (Percobaan I). .....	75
31. Pengaruh varietas pada variabel daya hantar listrik (Percobaan I). .....	75
32. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah normal total (Arcsin $x$ ) (Percobaan II). .....	76
33. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah normal total (Arcsin $x$ ) (Percobaan II). .....	76
34. Pengaruh intensitas pengusangan cepat pada variabel kecambah normal total (Arcsin $x$ ) (Percobaan II). .....	77

35. Pengaruh varietas pada variabel kecambah normal total (Arcsin $x$ ) (Percobaan II). .....	77
36. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah abnormal ( $x+1$ ) (Percobaan II). .....	78
37. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecambah abnormal ( $x+1$ ) (Percobaan II). .....	78
38. Pengaruh interaksi intensitas pengusangan cepat dan varietas pada variabel kecambah abnormal ( $x+1$ ) (Percobaan II). .....	79
39. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel benih mati ( $x+1$ ) (Percobaan II). .....	80
40. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel benih mati ( $x+1$ ) (Percobaan II). .....	80
41. Pengaruh intensitas pengusangan cepat pada variabel benih mati ( $x+1$ ) (Percobaan II). .....	81
42. Pengaruh varietas pada variabel benih mati ( $x+1$ ) (Percobaan II). .....	81
43. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecepatan perkecambahan (Percobaan II). .....	82
44. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel kecepatan perkecambahan (Percobaan II). .....	82
45. Pengaruh intensitas pengusangan cepat pada variabel kecepatan perkecambahan (Percobaan II). .....	83
46. Pengaruh varietas pada variabel kecepatan perkecambahan (Percobaan II). .....	83
47. Uji homogenitas ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel daya hantar listrik (Log $x$ ) (Percobaan II). .....	84

48. Analisis ragam untuk pengaruh intensitas pengusangan cepat (P) dan varietas (V) pada variabel daya hantar listrik (Log x) (Percobaan II). .....	84
49. Pengaruh intensitas pengusangan cepat pada variabel daya hantar listrik (Log x) (Percobaan II). .....	85
50. Pengaruh varietas pada variabel daya hantar listrik (Log x) (Percobaan II). .....	85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Anatomi biji sorgum. ....	18
2. Pengaruh intensitas pengusangan cepat sampai dengan 6 hari pada variabel daya hantar listrik benih sorgum varietas Super 1 dan Super 2. ....	31
3. Pengaruh varietas pada variabel panjang tajuk kecambah normal. ....	33
4. Pengaruh varietas pada variabel panjang akar primer kecambah normal. ....	34
5. Pengaruh varietas pada variabel panjang kecambah normal. ....	35
6. Pengaruh varietas pada variabel bobot kering kecambah normal. ....	36
7. Pengaruh intensitas pengusangan cepat sampai dengan 12 hari pada variabel kecambah normal total. ....	39
8. Pengaruh intensitas pengusangan cepat sampai dengan 12 hari pada variabel benih mati. ....	41
9. Pengaruh intensitas pengusangan cepat sampai dengan 12 hari pada variabel kecepatan perkecambahan. ....	43
10. Pengaruh intensitas pengusangan cepat sampai dengan 12 hari pada variabel daya hantar listrik. ....	45
11. Pengaruh intensitas pengusangan cepat sampai dengan 12 hari pada variabel kecambah abnormal. ....	47

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L]. Moench) merupakan salah satu tanaman sereal yang memiliki banyak manfaat. Sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, pakan ternak, serta bahan baku dalam pembuatan bioetanol. Sebagai bahan pangan, sorgum memiliki kandungan nutrisi yang tinggi seperti halnya beras, jagung, ataupun gandum. Dalam 100 gram biji sorgum terkandung 83% karbohidrat, 11% protein, 3,3% lemak, 332 kalori, dan nutrisi penting lainnya seperti kalsium, fosfor, zat besi, vitamin B1, dan air (Sirappa, 2003). Dalam hal budidaya, sorgum memiliki keunggulan seperti tahan terhadap kekeringan, dapat diratun, serta memiliki wilayah adaptasi yang luas (Sumarno dan Karsono, 1995).

Tanaman sorgum dapat dibedakan atas sorgum manis dan sorgum biji. Sorgum manis memiliki jumlah nira (gula) yang lebih tinggi pada bagian batangnya bila dibandingkan dengan sorgum biji. Sorgum manis memiliki potensi yang cukup baik untuk dijadikan sebagai penghasil bioetanol (Pabendon *et al.*, 2013). Sorgum manis varietas Super 1 dan Super 2 merupakan sorgum unggulan penghasil bioetanol. Varietas Super 1 merupakan hasil seleksi galur murni dari varietas lokal Watar Hammu Putih asal Sumba, Nusa Tenggara Timur. Varietas Super 2 merupakan varietas yang dikembangkan dari galur 15021 A hasil introduksi

dari ICRISAT (*International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics*). Kedua varietas tersebut mampu menghasilkan bioetanol berkisar 8000-9000 l/ha pada pertanaman yang optimal (Subagio *et al.*, 2014).

Menurut Pabendon *et al.* (2013), pengembangan sorgum manis sebagai penghasil bioetanol masih menemui beberapa kendala, terutama bila dilakukan dalam skala besar. Salah satu kendala tersebut berasal dari rendahnya daya simpan benih setelah panen. Benih berdaya simpan rendah akan cepat mengalami kemunduran selama dalam penyimpanan. Sulitnya menyediakan benih sorgum bermutu tinggi sebagai bahan tanam menyebabkan pengembangan sorgum manis sebagai penghasil bioetanol belum dapat dilakukan secara optimal.

Menurut Sadjad *et al.* (1999), daya simpan benih merupakan kemampuan benih untuk disimpan pada periode tertentu. Selama dalam penyimpanan, benih akan mengalami kemunduran secara alami. Kemunduran benih merupakan proses yang terjadi secara berangsur-angsur, kumulatif, dan merupakan proses yang tidak dapat balik (*irreversible*). Menurut Sutopo (2012), daya simpan benih dapat dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan simpan, dan status benih (kondisi fisik dan fisiologi benih). Faktor genetik merupakan faktor bawaan yang berkaitan dengan komposisi genetik benih. Benih dengan identitas genetik yang berbeda akan memiliki daya simpan yang berbeda. Faktor lingkungan berkaitan dengan kondisi dan perlakuan selama prapanen, pascapanen, maupun saat pemasaran benih. Faktor kondisi fisik dan fisiologi berkaitan dengan performa benih seperti tingkat kemasakan, tingkat kerusakan mekanis, tingkat kadar air, ukuran dan berat jenis, komposisi kimia, dan dormansi benih.

Secara umum, untuk dapat membedakan daya simpan benih diperlukan waktu yang relatif lama, karena kemunduran benih secara alami tidak terjadi secara cepat. Namun, seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang perbenihan, terdapat metode pendugaan daya simpan benih yang dapat memberikan informasi mengenai daya simpan benih secara cepat.

Metode pengusangan cepat (MPC) merupakan metode pendugaan daya simpan benih dengan menempatkan benih pada kondisi suboptimum pada beberapa waktu. Pada kondisi tersebut, benih akan mengalami kemunduran yang dipercepat sehingga akan memiliki ciri layaknya benih yang mengalami kemunduran secara alami. Pengusangan cepat pada benih dapat dilakukan secara fisik ataupun secara kimiawi. Secara fisik benih dapat diusangkan dengan perlakuan deraan suhu dan kelembaban tinggi sedangkan secara kimiawi, benih dapat diusangkan dengan menggunakan larutan etanol.

Menurut Mugnisjah (1994), laju kemunduran benih pada metode pengusangan cepat secara fisik memiliki kemiripan dengan laju kemunduran benih secara alami. Hal ini disebabkan oleh kesamaan komponen lingkungan simpan berupa suhu dan kelembaban. Menurut Sutopo (2012), kemunduran benih akan lebih cepat terjadi apabila benih disimpan pada kondisi suhu dan kelembaban tinggi. Pada kondisi suhu tinggi, laju respirasi benih akan meningkat sehingga akan mempercepat laju kemunduran benih. Pada kondisi kelembaban tinggi, benih akan menyerap uap air yang ada disekelilingnya sehingga akan menyebabkan peningkatan kadar air benih. Pada kondisi tersebut, metabolisme benih akan meningkat sehingga kemunduran benih akan lebih cepat terjadi.

Menurut Justice dan Bass (2002), benih yang disimpan pada kondisi yang kurang menguntungkan akan cepat mengalami kemunduran mutu. Pada metode pengusangan cepat, kondisi yang kurang menguntungkan akan menyebabkan kemunduran benih sepertihalnya dalam penyimpanan alami. Semakin lama benih terkena perlakuan pengusangan cepat maka mutu benih akan semakin menurun. Intensitas pengusangan cepat (IPC) merupakan lamanya waktu yang digunakan untuk mengusangkan benih pada metode pengusangan cepat.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Apakah peningkatan intensitas pengusangan cepat akan menyebabkan penurunan viabilitas pada benih sorgum ?
2. Apakah perbedaan varietas akan menyebabkan perbedaan respon viabilitas benih sorgum ?
3. Apakah pengaruh intensitas pengusangan cepat pada penurunan viabilitas benih sorgum akan dipengaruhi oleh perbedaan varietas atau sebaliknya ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan permasalahan, penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui apakah peningkatan intensitas pengusangan cepat akan menyebabkan semakin menurunnya viabilitas benih sorgum ?
2. Untuk mengetahui apakah perbedaan varietas akan menyebabkan perbedaan respon viabilitas benih sorgum ?

3. Untuk mengetahui apakah pengaruh intensitas pengusangan cepat pada penurunan viabilitas benih sorgum turut dipengaruhi oleh perbedaan varietas atau sebaliknya ?

### **1.3 Kerangka Pemikiran**

Pada metode pengusangan cepat secara fisik benih diusangkan dengan deraan suhu dan kelembaban tinggi ( $\pm 41$  °C dan RH 95%). Suhu dan kelembaban merupakan komponen lingkungan simpan yang menentukan daya simpan benih. Selama dalam proses pengusangan akan terjadi peningkatan suhu dan kelembaban disekitar benih. Pada kelembaban tinggi, benih akan menyerap uap air yang ada disekitarnya sehingga akan mengakibatkan peningkatan kadar air di dalam benih. Hal ini dapat terjadi karena benih merupakan material yang mengandung protein tinggi sehingga memiliki sifat higroskopis. Sifat ini membuat benih akan menyerap atau melepaskan kelembaban untuk mencapai keseimbangan. Pada kadar air yang tinggi benih memiliki laju metabolisme yang cepat. Benih akan lebih cepat mengalami kemunduran apabila metabolisme benih berjalan lebih cepat. Bersamaan dengan proses tersebut, terjadi pula peningkatan suhu atmosfer disekeliling benih selama dalam proses pengusangan. Pada suhu tinggi, benih memiliki laju respirasi yang cepat dan pada kondisi tersebut kemunduran benih akan lebih cepat terjadi.

Meningkatnya laju respirasi dan metabolisme benih akan meningkatkan aktivitas perombakan cadangan makanan di dalam benih. Dalam proses tersebut karbohidrat, lemak, dan protein dirombak menjadi bentuk yang lebih sederhana, dan akan menghasilkan uap air, CO<sub>2</sub>, dan energi sebagai hasil akhir proses

respirasi. Benih dengan cadangan makanan yang telah habis akan kehilangan energi yang seharusnya digunakan dalam proses perkecambahan. Menurunnya viabilitas benih akibat perlakuan pengusangan cepat juga disebabkan oleh terjadinya peroksidasi lipid pada membran sel benih.

Peroksidasi lipid merupakan proses yang bersifat kompleks akibat reaksi asam lemak tak jenuh ganda penyusun fosfolipid membran sel dengan *Reactive Oxygen Species* (ROS). Semakin tinggi laju respirasi dan metabolisme benih maka akan semakin banyak pula senyawa ROS yang akan diproduksi. ROS memiliki sifat radikal dan sangat reaktif terhadap senyawa asam lemak tak jenuh dan lipoprotein membran sel. Degradasi asam lemak tak jenuh ganda pada membran sel benih akan menyebabkan hilangnya kontrol permeabilitas membran sel benih. Benih dengan membran sel yang telah rusak akan memiliki viabilitas dan vigor benih yang rendah, dan kebocoran ion-ion benih yang besar.

Perbedaan varietas turut mempengaruhi respon penurunan viabilitas benih yang diusangkan secara cepat. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan identitas dan komposisi genetik yang dimiliki oleh setiap varietas. Pada kondisi suboptimum, tingkat kemunduran benih erat kaitannya dengan komposisi kimia penyusun benih terutama lemak dan protein. Perlakuan pengusangan cepat menyebabkan benih dengan kandungan lemak dan protein tinggi akan lebih awal mengalami kemunduran. Selain itu, kandungan lain benih seperti tanin dan fosfor juga turut mempengaruhi tingkat kemunduran benih. Tanin dan fosfor pada benih dapat berperan sebagai antioksidan sehingga dapat menurunkan aktivitas peroksidasi yang terjadi di dalam benih.

## 1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran tersebut, maka diperoleh hipotesis sebagai berikut:

1. Perlakuan pengusangan cepat yang semakin tinggi menyebabkan viabilitas benih sorgum semakin rendah.
2. Perbedaan varietas akan menyebabkan perbedaan viabilitas benih sorgum.
3. Perbedaan penurunan viabilitas benih sorgum akibat peningkatan intensitas pengusangan cepat turut dipengaruhi oleh perbedaan varietas ataupun sebaliknya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Metode Pengusangan Cepat

Metode uji pengusangan cepat benih merupakan pengujian vigor benih dengan memberikan perlakuan suhu dan kelembaban tinggi selama beberapa waktu. Benih dengan vigor tinggi akan lebih tahan terhadap kondisi ekstrim tersebut dibandingkan dengan benih vigor rendah sehingga benih bervigor tinggi akan memiliki viabilitas yang lebih tinggi.

Penggunaan suhu dan kelembaban yang tinggi dapat menurunkan viabilitas benih dengan cepat sehingga dapat digunakan untuk menduga vigor daya simpan benih. Hasil penelitian Hussein *et al.* (2011) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu  $45 \pm 1$  °C dan kelembaban relatif 100% selama 3 dan 7 hari dapat menurunkan viabilitas benih bunga matahari. Intensitas pengusangan cepat selama 3 hari nyata menurunkan persentase perkecambahanan, panjang kecambah, kecepatan perkecambahan, indeks vigor benih, bobot segar kecambah, dan bobot kering kecambah. Pada intensitas pengusangan cepat selama 7 hari, benih telah kehilangan viabilitasnya dan memiliki nilai daya hantar listrik tertinggi.

Hasil penelitian Husein *et al.* (2012) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu  $45 \pm 1$  °C dan kelembaban relatif 100% selama 3, 7, dan 14 hari dapat menurunkan viabilitas benih jagung. Intensitas pengusangan cepat selama 7 hari

nyata menurunkan persentase perkecambahan, kecepatan perkecambahan, panjang kecambah, indeks vigor benih, bobot segar kecambah, bobot kering kecambah, dan nyata meningkatkan nilai daya hantar listrik benih. Intensitas pengusangan cepat hingga 14 hari menyebabkan benih kehilangan seluruh viabilitasnya.

Hasil penelitian Panayotov (2014) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 35, 40, dan 45 °C dan kelembaban relatif 100% selama 24, 48, dan 72 jam dapat menurunkan viabilitas benih lada. Pengusangan cepat pada suhu 45 °C selama 24, 48, dan 72 jam menyebabkan benih kehilangan seluruh viabilitasnya.

Pengusangan cepat pada suhu 40 °C selama 72 jam menyebabkan penurunan viabilitas tertinggi yang ditunjukkan oleh variabel persentase perkecambahan, keseragaman perkecambahan, panjang radikula, panjang hipokotil, bobot segar kecambah, dan bobot kering kecambah.

Hasil penelitian Rastegar *et al.* (2011) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 40 °C kelembaban relatif 100% selama 3, 7, 10, 14, dan 17 hari dapat menurunkan viabilitas benih kedelai. Intensitas pengusangan cepat selama 3 hari nyata menurunkan persentase perkecambahan, indeks perkecambahan, perkecambahan perhari, meningkatkan waktu perkecambahan dan persentase kecambah abnormal.

Hasil penelitian Ekowahyuni *et al.* (2012) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu  $40 \pm 0,1$  °C dan kelembaban relatif  $> 90\%$  selama 24, 48, 72, dan 96 jam dapat menurunkan viabilitas benih cabai. Intensitas pengusangan cepat selama 24, 48, 72, dan 96 jam nyata menurunkan daya berkecambah benih dan meningkatkan nilai daya hantar listrik benih cabai.

Hasil penelitian Scialabba *et al.* (2002) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 45 °C dan kelembaban relatif 100% selama 5 hari dapat menurunkan viabilitas benih radish. Intensitas pengusangan cepat selama 5 hari nyata menurunkan persentase perkecambahan benih dari 100% hingga menjadi 52%, dan peristiwa tersebut diikuti dengan meningkatnya nilai daya hantar listrik benih sebesar 80%.

Hasil penelitian Ghahfarokhi *et al.* (2014) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 41 °C dan kelembaban relatif 100% selama 3 dan 6 hari dapat menurunkan viabilitas benih gandum. Intensitas pengusangan cepat selama 6 hari nyata menurunkan persentase perkecambahan, indeks perkecambahan, bobot kering kecambah, waktu perkecambahan, dan nyata meningkatkan nilai daya hantar listrik serta kandungan malondialdehyde (MDA) benih.

Hasil penelitian Maskri *et al.* (2003) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 45 °C dan kelembaban relatif 100% selama 2, 5, dan 7 hari dapat menurunkan viabilitas benih dua varietas wortel. Pada varietas Omani daya berkecambah benih menurun dari 94% hingga menjadi 77%, 36%, dan 12% pada intensitas pengusangan cepat selama 2, 5, dan 7 hari. Pada varietas Pakistani T-20 daya berkecambah benih menurun dari 85% hingga menjadi 10% pada intensitas pengusangan cepat selama 7 hari. Peningkatan intensitas pengusangan cepat menyebabkan aktivitas proksidasi lipid semakin meningkat yang ditandai dengan meningkatnya kandungan malondialdehyde (MDA) benih.

Hasil penelitian Kaewnaree *et al.* (2011) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 42 °C dan kelembaban relatif 100% selama 5, 10, 15, 20, 25, dan

30 hari dapat menurunkan viabilitas benih paprika. Intensitas pengusangan cepat selama 5 hari nyata menurunkan persentase kemunculan radikula dan meningkatkan nilai daya hantar listrik benih. Intensitas pengusangan cepat selama 30 hari menyebabkan benih kehilangan seluruh viabilitasnya dan memiliki nilai daya hantar listrik tertinggi. Peningkatan intensitas pengusangan cepat menyebabkan kandungan asam lemak tak jenuh semakin menurun dan kandungan malondialdehyde (MDA) di dalam benih semakin meningkat.

Hasil penelitian Iqbal *et al.* (2002) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 40 °C dan kelembaban relatif 95-100% selama 2, 3, 5, 7, 10, 15, dan 20 hari dapat menurunkan viabilitas benih kapas. Intensitas pengusangan cepat yang semakin meningkat menyebabkan panjang kecambah normal, bobot segar kecambah, dan bobot kering kecambah semakin menurun, serta menyebabkan semakin meningkatnya persentase kecambah abnormal. Penurunan viabilitas tersebut diikuti dengan menurunnya kandungan asam lemak bebas dan meningkatnya aktivitas peroksidasi lipid di dalam benih.

Hasil penelitian Ouzouline *et al.* (2009) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 40 °C dan kelembaban relatif 100% selama 2, 4, 6, dan 8 hari dapat menurunkan viabilitas benih dua varietas gandum. Pada intensitas pengusangan cepat selama 2 hari daya berkecambah benih varietas Mahdia menurun dari 66% hingga menjadi 56% dan pada varietas Marchouche menurun dari 56% hingga menjadi 25%. Pada intensitas pengusangan cepat selama 8 hari benih telah kehilangan seluruh viabilitasnya dan nilai daya hantar listrik benih meningkat sebesar 50% pada varietas Mahdia dan 30,43% pada varietas

Marchouche. Pengusangan cepat selama 8 hari nyata menurunkan kandungan asam lemak total dan asam lemak jenuh pada kedua varietas tersebut.

Hasil penelitian Kapilan (2015) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 40 °C dan kelembaban relatif 100% selama 0, 2, 4, 6, dan 8 hari dapat menurunkan viabilitas benih jagung. Peningkatan intensitas pengusangan cepat menyebabkan persentase perkecambahan, indeks perkecambahan, kecepatan perkecambahan, dan persentase kecambah normal semakin menurun. Penurunan viabilitas tersebut diikuti dengan semakin menurunnya aktivitas enzim *catalase* dan *ascorbate peroxidase* di dalam benih.

Hasil penelitian Kapilan *et al.* (2015) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 40 °C dan kelembaban relatif 100% selama 0, 2, 4, 6, dan 8 hari dapat menurunkan viabilitas benih bunga matahari. Pengusangan cepat selama 4 hari nyata menurunkan persentase perkecambahan, indeks perkecambahan, waktu perkecambahan, dan jumlah kecambah normal. Penurunan aktivitas enzim *catalase* dan *ascorbat peroxidase* nyata terjadi pada intensitas pengusangan cepat selama 6 dan 8 hari.

Hasil penelitian Tubic *et al.* (2005) menunjukkan bahwa pengusangan cepat fisik pada suhu 42 °C dan kelembaban relatif 100% selama 3 dan 5 hari dapat menyebabkan perubahan biokimia di dalam benih. Intensitas pengusangan cepat selama 3 hari nyata meningkatkan aktivitas proksidasi lipid serta menurunkan aktivitas enzim *peroxidase* dan *superoxide dismutase* (SOD). Perubahan biokimia tersebut semakin meningkat seiring bertambahnya intensitas pengusangan cepat.

Hasil penelitian Radha *et al.* (2014) menunjukkan bahwa metode pengusangan cepat fisik pada suhu 42 °C dan kelembaban relatif 100% selama 3, 6, 9, dan 12 hari dapat menyebabkan kerusakan pada DNA benih jagung. Kerusakan DNA terbesar ditunjukkan benih yang telah diusangkan selama 12 hari. Kerusakan tersebut ditandai dengan menurunnya aktivitas enzim *dehydrogenase*, menurunnya kandungan DNA, serta hilangnya integritas DNA di dalam benih.

## 2.2 Viabilitas Benih

Viabilitas adalah daya hidup benih yang ditunjukkan dengan gejala pertumbuhan dan metabolisme. Viabilitas benih ditentukan oleh daya berkecambah dan vigor benih. Daya berkecambah benih merupakan informasi mengenai kemungkinan benih tumbuh normal pada kondisi lapang dan lingkungan yang optimum. Vigor benih merupakan kemampuan benih untuk tumbuh normal pada kondisi lapang dan lingkungan suboptimum. Benih bervigor tinggi akan memiliki kekuatan tumbuh dan daya simpan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan benih bervigor rendah (Sadjad, 1993).

Menurut Copeland dan McDonald (2001), viabilitas benih dapat diukur dengan tolok ukur daya berkecambah benih (*germination capacity*). Perkecambahan benih ditandai dengan muncul dan berkembangnya struktur terpenting dari embrio benih dan menunjukkan kemampuan struktur tersebut untuk berkembang menjadi tanaman normal pada kondisi lingkungan yang optimum. Viabilitas benih menunjukkan benih memiliki metabolisme yang aktif dan memiliki enzim yang diperlukan untuk perkecambahan dan pertumbuhan kecambah.

Menurut konsep Steinbauer-Sadjad (1989), perkembangan viabilitas benih dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu periode I, periode II, dan periode III. Periode I merupakan periode pembangunan dan perkembangan benih atau disebut periode penumpukan energi (*energy deposit*). Periode II merupakan periode penyimpanan benih atau periode mempertahankan viabilitas maksimum atau disebut periode penambatan energi (*energy transit*). Periode III merupakan periode tanam atau periode kritikal atau periode penggunaan energi (*energy release*) dan mulai terjadi proses kemunduran vigor dan viabilitas benih (Sadjad, 1993).

Menurut Sutopo (2012), perbedaan viabilitas benih dapat disebabkan oleh faktor genetik, lingkungan, dan status benih (kondisi fisik dan fisiologi benih). Faktor genetik merupakan faktor bawaan yang berkaitan dengan komposisi genetik benih. Faktor lingkungan berkaitan dengan kondisi dan perlakuan selama prapanen, pascapanen, maupun saat pemasaran benih. Faktor kondisi fisik dan fisiologi berkaitan dengan performa benih seperti tingkat kemasakan, tingkat kerusakan mekanis, tingkat kesehatan, ukuran dan berat jenis, komposisi kimia, struktur, tingkat kadar air, dan dormansi benih.

### **2.3 Kemunduran Benih**

Kemunduran benih merupakan proses penurunan mutu fisiologis benih yang menyebabkan perubahan menyeluruh di dalam benih. Kemunduran benih merupakan proses yang pasti terjadi dan tidak dapat dihentikan, dan hanya dapat diperlambat. Benih yang mengalami proses kemunduran akan menyebabkan turunnya kualitas dan sifat benih jika dibandingkan dengan saat benih mencapai masak fisiologinya (Sadjad, 1993).

Laju kemunduran benih terjadi lebih cepat seiring dengan semakin tingginya suhu. Hal ini sesuai dengan kaidah yang menyatakan bahwa setiap penurunan suhu sebesar 5 °C pada maka umur benih akan diperpanjang setengahnya. Kaidah ini berlaku pada suhu 0-50 °C (Harrington dalam Sutopo, 2012). Kemunduran benih juga lebih cepat terjadi pada kadar air yang tinggi. Kadar air benih dapat dipengaruhi oleh ketebalan, struktur, dan komposisi kimia. Protein merupakan unsur yang higroskopis sehingga mudah menyerap dan menahan uap air, sedangkan lemak atau lipid memiliki pengaruh yang kecil terhadap kadar air benih karena memiliki daya tarik terhadap air rendah (Justice dan bass, 2002).

Meningkatnya metabolisme benih akibat suhu dan kelembaban tinggi dapat menimbulkan produk sampingan berupa *Reactive Oxygen Species* (ROS). Senyawa tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada membran lipid, protein, dan komponen sel lainnya sehingga dapat mengakibatkan disfungsi dan kematian pada sel (Doke, 1997; Foyer and Noctor, 2005).

ROS sangat reaktif terhadap asam lemak tak jenuh ganda penyusun fosfolipid membran sel. Reaksi asam lemak tak jenuh ganda dengan *Reactive Oxygen Species* (ROS) disebut juga peroksidasi lipid (Winarsh, 2007; Valko *et al.*, 2007).

Degradasi membran sel yang dapat menyebabkan (1) hilangnya kontrol permeabilitas membran sel, (2) hilangnya energi untuk biosintesis, (3) habisnya cadangan makanan di embrio, dan (4) menurunnya viabilitas dan vigor benih (Addai dan Kantanka, 2006; Shiddiqui *et al.*, 2008; Soltani *et al.*, 2010).

Menurut Copeland dan McDonald (2001), kemunduran benih dapat dicirikan dengan menurunnya daya berkecambah, menurunnya perkecambahan di lapang,

meningkatnya jumlah kecambah abnormal, dan terhambatnya pertumbuhan serta perkembangan kecambah. Menurut Justice dan Bass (2002), kemunduran benih dapat terlihat melalui gejala fisiologi dan biokimia. Gejala fisiologis ditandai dengan perubahan warna benih, rendahnya pertumbuhan kecambah, dan meningkatnya kecambah abnormal. Gejala biokimia ditandai dengan terjadinya perubahan aktivitas enzim, meningkatnya laju respirasi dan sintesa, perubahan kromosom dan membran sel, serta berkurangnya persediaan makanan.

## **2.4 Tanaman Sorgum**

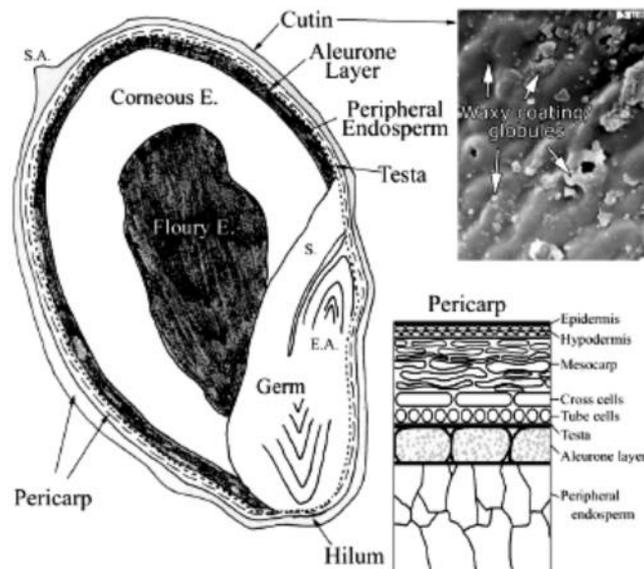
Sorgum merupakan tanaman yang memiliki wilayah adaptasi yang luas, mulai dari dataran rendah, sedang sampai tinggi (700 mdpl). Sorgum dapat tumbuh pada daerah tropis dan subtropis dengan suhu optimum berkisar antara 23-34 °C. Sorgum tidak terlalu peka terhadap keasaman (pH) tanah, tetapi pH tanah yang baik untuk pertumbuhannya adalah 5,5-7,5 (Rismunandar, 1989).

Tanaman sorgum merupakan salah satu tanaman yang tergolong tahan terhadap kekeringan. Hal ini dikarenakan tanaman sorgum memiliki lapisan lilin pada permukaan daun sehingga dapat mengurangi laju evapotranspirasi (House, 1985). Sorgum tergolong tanaman C<sub>4</sub>, sehingga lebih efisien mengonversi CO<sub>2</sub> menjadi gula dibandingkan dengan tanaman C<sub>3</sub> (Salisbury and Ross, 1992).

### **2.4.1 Anatomi Biji Tanaman Sorgum**

Biji sorgum berbentuk butiran dengan ukuran bervariasi tergantung dari varietas, namun memiliki ukuran berkisar 4,0 x 2,5 x 3,5 mm. Berdasarkan bentuk dan ukurannya, sorgum dibedakan menjadi tiga golongan, yaitu biji berukuran kecil

(8-10 mg), sedang (12-24 mg), dan besar (25-35 mg). Biji sorgum tertutup sekam dengan warna coklat muda, krem atau putih, bergantung pada varietas (Mudjisihono dan Suprpto, 1987). Biji sorgum terdiri atas tiga bagian utama, yaitu lapisan luar (*coat*), embrio (*germ*), dan endosperm (Gambar 1).



S.A = *Stylar area*/bagian ujung, E.A = *Embryonic axis*/inti embrio,  
S = *Scutellum*/Sekutelum

Sumber: Earp *et al.* (2004)

Gambar 1. Anatomi biji sorgum.

Bagian lapisan luar biji sorgum terdiri atas hilum dan perikarp yang mengisi 7,3-9,3% dari bobot biji (du Plessis, 2008). Hilum berada pada bagian dasar biji. Hilum akan berubah warna menjadi gelap/hitam pada saat biji memasuki fase masak fisiologis (House, 1985). Bagian embrio sorgum meliputi 7,8-12,1% dari bobot biji yang terdiri atas bagian inti embrio, skutelum, calon tunas, dan calon akar. Pada bagian embrio mengandung asam lemak tak jenuh seperti asam

linoleat, protein, lisin, dan polisakarida nonpati. Komponen utama biji sorgum adalah pati yang tersimpan dalam bentuk granula pada bagian endosperm. Pada bagian endosperm dan perikarp terdapat pula arabinosilan,  $\alpha$ -glukan, vitamin, dan mineral (Dicko *et al.*, 2005).

#### 2.4.2 Varietas Super 1 dan Super 2

Super 1 dan Super 2 dirilis Balai Penelitian Tanaman Serealia pada tahun 2013 sebagai sorgum unggul penghasil bioethanol. Varietas Super 1 juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan pakan ternak karena memiliki warna yang putih. Ciri fisik dan komposisi kimia benih sorgum varietas Super 1 dan Super 2 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ciri fisik dan komposisi kimia biji sorgum varietas Super 1 dan Super 2.

	Varietas	
	Super 1	Super 2
Warna biji	Putih	Krem kemerahan
Panjang biji (mm)	4,37	4,63
Lebar biji (mm)	4,03	4,03
Diameter biji (mm)	2,60	2,92
Bobot 1000 bulir (g) (k.a 10%)	32,10	30,10
Kadar protein (%)	12,96	9,22
Kadar lemak (%)	2,21	3,09
Kadar karbohidrat (%)	71,32	75,62
Kadar tanin (%)	0,11	0,27
Kadar magnesium	90,33	91,11
Kadar fospor	249,88	255,47

Sumber: Balai Penelitian Tanaman Serealia (2013)

Sorgum varietas Super 1 memiliki penampilan tanaman yang tinggi (2,16 m), umur 105-110 hari, potensi hasil 2,7 t/ha, kadar gula brix 14,1%, potensi biomas

17,5 t/ha dengan potensi etanol 5.702 l/ha. Varietas Super 2 memiliki penampilan tanaman yang tinggi (2,3 m), umur 115-120 hari, potensi hasil biji 3,0 t/ha, kadar gula brix 12,7%, potensi etanol 5.532 l/ha, dan potensi biomas 21,4 t/ha (Pabendon *et al.*, 2013).

### **III. BAHAN DAN METODE**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Nopember 2015 sampai dengan Januari 2016.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan elektrik, gelas ukur, *seed blower* by Seedburo equipment, *seed counter*, *conductivity meter* tipe *Cyber Scan con 11*, gelas mineral, box, oven memmert, gunting, termohigrometer, alat pengempa kertas, alat penanam benih, germinator tipe IPB 73 2A/2B, sprayer, meteran, label, karet gelang, kain strimin, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih sorgum varietas Super 1 dan Super 2 yang dipanen pada umur 41 Hari Setelah Berbunga (HSB) dari Desa Marhain, Kec. Anak Tuha, Kab. Lampung Tengah, aquades, kertas merang, kertas CD, plastik, dan fungisida dithane.

### 3.3 Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan, setiap percobaan disusun dengan *split-plot design* dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan dirancang secara faktorial (4x2). Faktor pertama berupa intensitas pengusangan cepat (P) sebagai petak utama dan faktor kedua berupa varietas (V) sebagai anak petak. Pada Percobaan I, intensitas pengusangan cepat yang digunakan terdiri atas empat taraf, yaitu tanpa pengusangan (p1), dua hari (p2), empat hari (p3), dan enam hari (p4). Varietas yang digunakan yaitu Super 1 (v1) dan Super 2 (v2). Pada Percobaan II, intensitas pengusangan cepat yang digunakan terdiri atas empat taraf, yaitu tanpa pengusangan (p1), empat hari (p3), delapan hari (p5), dan duabelas hari (p7). Varietas yang digunakan yaitu Super 1 (v1) dan Super 2 (v2). Pada setiap percobaan didapat 8 kombinasi perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali. Data yang telah diperoleh, diuji homogenitas ragamnya dengan Uji Bartlett dan kemenambahannya dengan Uji Tukey. Bila kedua asumsi terpenuhi data dianalisis ragam dan dilakukan pemisahan nilai tengah antarperlakuan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4 1 Persiapan Benih

Benih sorgum yang telah dipanen dari lahan di Desa Marhain, Kecamatan Anak Tuha, Kabupaten Lampung Tengah dikeringkan dengan menggunakan panas matahari hingga kadar air benih diperkirakan berkisar 10 %, hasil panen kemudian dirontokkan dan dibersihkan sehingga diperoleh benih yang bersih.

### 3.4.2 Penyiapan Media Perkecambahan

Media yang digunakan berupa kertas merang dan kertas CD berukuran 35x20 cm.

Media kertas merang digunakan pada Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) dan media kertas CD digunakan pada Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP).

Penggunaan kertas CD pada uji keserempakan perkecambahan didasari oleh sulitnya mengambil kecambah sampel apabila dikecambahkan pada media kertas merang. Pada media kertas CD kecambah sampel dapat diambil dengan mudah sehingga menurunkan resiko kerusakan pada kecambah sampel.

Media perkecambahan yang digunakan berupa media kertas lembab yang diperoleh dengan merendam media kertas dengan air untuk kemudian dikempa hingga mencapai kapasitas lapang kertas. Untuk setiap gulung sampel digunakan 2 lapis kertas untuk masing-masing sisi media, sehingga terdapat 4 lapis kertas untuk setiap gulung sampel uji.

### 3.4.3 Aplikasi Pengusangan Cepat

Aplikasi pengusangan cepat dilakukan pada benih yang telah dimasukan ke dalam kantung kain strimin dan dicelupkan cepat selama 30 detik pada larutan dithane dengan konsentrasi 2 g/l, lalu benih dalam kain kantung strimin tersebut ditiriskan dan diletakkan di atas rak kawat di dalam box berkelembaban relatif 100%.

Kelembababan tersebut didapat dengan mengisi dasar box dengan air setinggi  $\pm 1$  cm, lalu box ditutup rapat. Box berisi benih yang telah tertutup rapat kemudian dimasukkan ke dalam oven yang telah diatur suhunya pada 40 °C. Penghitungan

intensitas (lama) penderaan dilakukan setelah jangka waktu 1 jam setelah box berisi benih dimasukan ke dalam oven.

#### 3.4.4 Uji Viabilitas

Benih sorgum yang telah mendapat perlakuan pengusangan cepat kemudian diuji viabilitasnya. Untuk melihat viabilitas benih dilakukan pengecambahan pada media kertas lembab menggunakan metode Uji Kertas Digulung dilapisi Plastik (UKDdp). Uji perkecambahan yang dilakukan adalah Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) dan Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP). Pada percobaan I dilakukan kedua pengujian tersebut, sedangkan pada percobaan II hanya dilakukan Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) saja akibat keterbatasan benih yang tersedia.

Pada Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP), 50 butir benih ditanam pada gulungan kertas merang lembab yang dilapisi plastik, lalu gulungan diletakkan di dalam germinator pada suhu kamar. Pengamatan UKP dilakukan pada hari ke-2, 3, 4, 5 setelah pengecambahan. Dari UKP dapat diukur Kecepatan Perkecambahan (KP), Kecambah Normal Total (KNT), Kecambah Abnormal (KAN), dan Benih Mati (BM).

Pada Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP), 50 butir benih ditanam pada gulungan kertas CD lembab yang dilapisi plastik, lalu gulungan diletakkan di dalam germinator pada suhu kamar. Pengamatan UKsP dilakukan setelah 4 hari pengecambahan. Dari UKsP dapat diketahui nilai Kecambah Normal Kuat (KNK), Kecambah Normal Lemah (KNL), Panjang Akar Primer Kecambah

Normal (PAPKN), Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN), Panjang Kecambah Normal (PKN), dan Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN).

#### 3.4.5 Pengukuran Nilai Daya Hantar Listrik

Pengukuran nilai daya hantar listrik dilakukan dengan merendam 50 butir benih ke dalam 50 ml aquades selama 24 jam. Pengukuran nilai DHL dilakukan dengan mencelupkan alat *conductivity meter* tipe *Cyber Scan con 11* ke dalam air rendaman benih. Pada pengukuran DHL diukur juga nilai konduktivitas aquades sebagai blanko.

### 3.5 Variabel Pengamatan

#### 3.5.1 Kecambah Normal Total (KNT)

Kecambah normal total adalah total seluruh kecambah normal yang diperoleh dari menambahkan kecambah normal setiap harinya dari suatu pengujian. Nilai kecambah normal total didapatkan dari Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) dengan menambahkan kecambah normal pada setiap harinya sejak hari ke-2 hingga hari ke-5 setelah dikecambahkan. Kecambah dapat dikatakan normal apabila memiliki akar primer, hipokotil dan plumula yang tumbuh dengan baik, dan tumbuh dengan baik. Persen kecambah normal total dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KNT = \frac{\sum_2^5 KN}{n} \times 100\%$$

Keterangan :

KNT = Kecambah Normal Total (%)

KN = Kecambah Normal

n = Jumlah benih yang ditanam pada media perkecambahan

### 3.5.2 Kecambah Abnormal (KAN)

Kecambah abnormal adalah kecambah yang tidak memperlihatkan potensi untuk berkembang menjadi kecambah normal. Nilai kecambah abnormal didapat dari Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) dengan menghitung seluruh kecambah abnormal pada hari ke-5 setelah dikecambahkan. Kecambah dapat dikatakan abnormal apabila salah satu struktur esensialnya berupa plumula dan radikula tidak tumbuh dengan baik.

### 3.5.3 Benih Mati (BM)

Benih mati adalah benih yang sampai pada akhir masa pengujian tidak keras, tidak segar, dan tidak berkecambah. Persen benih mati diperoleh dari Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) dengan menghitung seluruh benih mati pada hari ke-5 setelah dikecambahkan. Benih dapat dikatakan sebagai benih mati bila hingga hari terakhir pengujian benih tidak menunjukkan gejala perkecambahan.

### 3.5.4 Kecepatan Perkecambahan (KP)

Kecepatan perkecambahan adalah kecepatan benih untuk berkecambah secara normal. Nilai kecepatan perkecambahan benih diperoleh dari Uji Kecepatan

Perkecambahan (UKP). Penghitungan nilai kecepatan perkecambahan benih dilakukan dengan menghitung pertambahan kecambah normal setiap harinya terhitung sejak hari ke-2 hingga hari ke-5 setelah dikecambahkan. Kecepatan perkecambahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KP = \sum_2^5 \frac{KN_t}{t}$$

Keterangan :

KP = Persen Perkecambahan (%/hari)

$\Delta KN_t$  = Kecambah Normal Harian (%)

t = Jumlah hari sejak penanaman benih hingga hari pengamatan ke t (2, 3, 4, 5)

### 3.5.5 Kecambah Normal Kuat (KNK)

Kecambah normal kuat adalah kecambah normal yang memiliki pertumbuhan yang kuat, yang memiliki kecambah lebih besar daripada kecambah normal lemah. Kecambah normal kuat diamati dari Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP). Kecambah dikatakan normal kuat bila memiliki panjang akar primer dan panjang tajuk masing-masing > 2cm.

### 3.5.6 Kecambah Normal Lemah (KNL)

Kecambah normal lemah adalah kecambah normal yang memiliki pertumbuhan yang lemah, yang memiliki kecambah lebih kecil dari kecambah normal kuat. Kecambah normal lemah diamati dari Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP). Kecambah dikatakan normal lemah bila memiliki panjang akar primer dan panjang tajuk masing-masing  $\leq$  2 cm.

### 3.5.7 Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN)

Panjang tajuk kecambah normal adalah panjang tajuk kecambah normal yang diukur dari pangkal tajuk yang melekat pada benih hingga ke ujung tajuk.

Pengamatan panjang tajuk kecambah normal dilakukan dengan mengambil lima kecambah normal secara acak dari Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP) untuk kemudian diukur panjang tajuknya. Nilai panjang tajuk yang telah diperoleh kemudian dirata-ratakan.

### 3.5.8 Panjang Akar Primer Kecambah Normal (PAPKN)

Panjang akar primer adalah panjang akar utama dari kecambah normal yang diukur dari pangkal akar yang melekat pada benih hingga ke ujung akar primer.

Pengamatan panjang akar primer kecambah normal dilakukan pada lima sampel kecambah normal yang sama dengan saat pengukuran Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN). Nilai panjang akar primer yang telah diperoleh kemudian dirata-ratakan.

### 3.5.9 Panjang Kecambah Normal (PKN)

Panjang kecambah normal adalah panjang kecambah yang diukur dari ujung tajuk kecambah hingga ujung akar primer dari kecambah normal. Pengamatan panjang kecambah normal dilakukan dengan menambahkan panjang tajuk dan akar primer yang diperoleh dari pengamatan Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN) dan Panjang Akar Primer Kecambah Normal (PAPKN). Nilai panjang kecambah normal yang telah diperoleh kemudian dirata-ratakan.

### 3.5.10 Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN)

Bobot kering kecambah normal adalah bobot dari kecambah normal yang telah dikeringkan. Pengamatan bobot kering kecambah normal dilakukan dengan mengeringkan lima kecambah normal yang telah diukur panjang tajuk dan akar primernya pada oven bersuhu 80 °C selama 3 hari untuk kemudian ditimbang bobot kering kecambah normal dari sampel tersebut.

### 3.5.10 Daya Hantar Listrik (DHL)

Pengukuran nilai daya hantar listrik dilakukan dengan merendam 50 butir benih ke dalam 50 ml aquades selama 24 jam. Pengukuran nilai DHL dilakukan dengan mencelupkan alat *conductivity meter* tipe *Cyber Scan con 11* ke dalam air rendaman benih. Pada pengukuran DHL diukur juga nilai konduktivitas aquades sebagai blanko. Penghitungan nilai daya hantar listrik dapat dilakukan dengan rumus :

$$\text{Konduktivitas } (\mu\text{S.Cm}^{-1}) = \text{Konduktivitas air rendaman-Blanko}$$

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan intensitas pengusangan cepat hingga 6 hari hanya nyata meningkatkan nilai daya hantar listrik benih sorgum. Peningkatan intensitas pengusangan cepat hingga 12 hari nyata menurunkan persentase kecambah normal total, benih mati, kecepatan perkecambahan, dan meningkatkan nilai daya hantar listrik.
2. Varietas Super 1 memiliki vigor genetik yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan varietas Super 2 yang ditunjukkan oleh variabel panjang tajuk kecambah normal, panjang akar primer kecambah normal, panjang kecambah normal, dan bobot kering kecambah normal. Varietas Super 2 memiliki vigor daya simpan yang lebih baik bila dibandingkan dengan varietas Super 1 yang ditunjukkan oleh variabel kecambah normal total.
3. Pengaruh pengusangan cepat hingga 12 hari pada kemunduran benih lebih awal terjadi pada varietas Super 1 daripada varietas Super 2 yang ditunjukkan oleh persentase kecambah abnormal.

## 5.2 Saran

Pada penelitian ini, Percobaan II hanya dilakukan dengan satu uji viabilitas yaitu Uji Kecepatan Perkecambahan Benih (UKP) sehingga informasi mengenai pengaruh intensitas pengusangan cepat sampai dengan 12 hari pada variabel dalam Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP) belum diketahui. Berdasarkan hal tersebut, penulis menyarankan perlu penelitian lanjutan untuk mendapatkan informasi tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Addai, I.K., and O.S. Kantanka. 2006. Evaluation of screening methods for improved storability of soybean seed. *Int. J. Bot.* 2: 152-155.
- Balai Penelitian Tanaman Serealia. 2013. <http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id/index.php/profil-126/sorgum/511-varietas-super-1-sorgum>. Diakses pada 21 Desember 2015 pukul 21.00 WIB.
- Balai Penelitian Tanaman Serealia. 2013. <http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id/index.php/profil-126/sorgum/512-varietas-super-2-sorgum>. Diakses pada 21 Desember 2015 pukul 21.10 WIB.
- Copeland, L.O., and Mc. Donald. 2001. *Principles of Seed Science and Technology, 4th Edition*. Kluwer Academic Publishers. London.
- Costa, T.S.A., A.F.P. Teodoro., and R.B.N. Alves. 2015. Total phenolics, flavonoids, tannins and antioxidant activity of lima beans conserved in a Brazilian Genebank. *J. Food Technol.* 45 (2): 335-341.
- Dicko, M.H., H. Gruppen., A.S. Traoré., and W.J.H. van Berkel, and A.G.J. Voragen. 2005. Evaluation of the effect of germination on content of phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. *J. Agric. Food Chem.* 53: 2581-2588.
- Doke, N. 1997. The oxidative burst: roles in signal transduction and plant stress; in *Oxidative stress and the molecular biology of antioxidant defenses* (ed.) *J. G. Scandalios* (New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press) pp 785-813.
- du Plessis, J. 2008. Sorghum Production. Republic of South Africa Departement of Agriculture. [www.nda.agric.za/publications](http://www.nda.agric.za/publications). Diakses pada tanggal 21 Desember 2015.
- Earp, C.F., C.M. McDonough, and L.W. Rooney. 2004. Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *J. Cereal Sci.* 39: 21-27.

- Ekowahyuni, L.P., S.H. Sutjahjo., dan S. Sujiprihati. 2012. Metode pengusangan cepat untuk pengujian vigor daya simpan benih cabai (*Capsicum annum* L.). *J. Agrom. Indonesia* 40 (2): 132-138.
- Enrico, D., L. Galleschi., L. Calucci., C. Pinzino., R. Pilu., E. Cassani., and E. Nielsen. 2009. Phytic acid prevents oxidative stress in seeds: evidence from a maize (*Zea mays* L.) low phytic acid mutant. *J. Exp. Botany* 60 (3): 967-978.
- Foyer, C., and G. Noctor. 2005. Redox homeostasis and antioxidant signalling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses; *Plant Cell* 17 1866–1875.
- Ghahfarokhi, M.G., E. Ghasemi., M. Saedi., and Z.H. Kazafi. 2014. The effect of accelerated ageing on germination characteristics, seed reserve utilization and malondialdehyde content of two wheat cultivars. *J. Stress Physiology and Biochemistry* 10 (2): 15-23.
- Hegerman, A.E. 2002. *Tannin Handbook*. Department of Chemistry and Biochemistry. Miami University. Miami.
- House, L.R. 1985. *A Guide to Sorghum Breeding*. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh, India. Hal 238.
- Hussein, J.H., A.I. Shaheed., and O.M. Yasser. 2011. Effect of accelerated aging conditions of sunflowers (*Helianthus annus* L.) seeds. *J. Agriculture Science* 3 (3): 1-9.
- Hussein, J.H., A.I. Shaheed., and O.M. Yasser. 2012. Effect of accelerated aging on vigor of local maize seeds in term of electrical conductivity and relative growth rate (RGR). *Iraq Journal of Science* 53 (2): 285-291.
- Iqbal, N., M.A. Shahzad., and K.U. Rehman. 2002. Evaluation of vigor and oil quality in cottonseed during accelerated aging. *Int. J. Agri. Biol.* 4 (3): 318-322.
- Justice, O.L., dan L.N. Bass. 2002. *Prinsip dan Praktik Penyimpanan Benih*. Diterjemahkan Rennie Roesli. Jakarta. Raja Grafindo. Terjemah dari: *Principles and Practices of Seed Storage*.
- Kaewnaree, P., S. Vichitphan., P. Klanrit., B. Siri., and K. Vichitphan. 2011. Effect of accelerated ageing process on seed quality and biochemical change in sweet papper (*Capsicum annum* Linn.) seeds. *J. Biotechnol.* 10 (2): 175-182.
- Kapilan, R. 2015. Accelerated aging declines the germination characteristics of the maize seeds. *Sch. Acad. J. Biosci.* 3 (8):708-711.

- Kapilan, R., and M. Thiagarajah. 2015. Effect of aging on the germination characteristics and enzyme activity of sunflower seeds. *J. Research and Innovations in Earth Science* 2 (6): 2394-1375.
- Lin, L.O., and I. Lott. 2005. The concentrations and distribution of phytic acid-phosphorus and other mineral nutrients in wild-type and low phytic acid 1-1 (lpa1-1) corn (*Zea mays L.*) grains and grain parts. *J. Botany* 83: 131-141.
- Maskri, A.Y., M.M. Khan., and K. Al-Habsi. 2003. Effect on accelerated ageing on viability, vigor (RGR), lipid peroxidation and leakage in carrot (*Daucus carota L.*) seeds. *J. Agric. Biol.* 5 (4): 580-584.
- Mc Donald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assesment. *J. Seed Sci. Tachnol.* 27: 1777-273.
- Mudjisihono, R., dan D.S. Darmadjati. 1987. Prospek kegunaan sorgum sebagai sumber pangan dan pakan. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian VI* (1): 1-5.
- Mugnisjah, W. 1994. *Panduan Praktikum Dan Penelitian Bidang Ilmu Dan Teknologi Benih*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Ozouline, M., N. Tahani., C. Demandre., and A. El Amrani. 2009. Effect of accelerated ageing upon the lipid composition of seeds from two soft wheat varieties from marocco. *Grasas Y aceites* 60 (4): 367-374.
- Pabendon, M.B., S.B. Santoso., dan N. Agrosubekti. 2013. Prospek sorgum manis sebagai bahan baku bioetanol. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31 (1): 60-69.
- Panayotov, N. 2014. Assesement of vitality potential and storability of papper seeds by the method of accelerated ageing. *J. Agric. Sci.* 20: 133-139.
- Radha, B.N., B.C. Channakeshava., and K. Bhanuprakash. 2014. DNA damage during seed ageing. *IOSR of Journal Agriculture and Veterinary Science* 7 (1): 34-39.
- Rastegar, Z., M. Sedghi., and S. Khomari. 2011. Effect of accelerated ageing on soybean seed germination indexes at laboratory conditions. *Not. Sci. Biol.* 3 (3): 126-129.
- Rismunandar. 1989. *Sorgum Tanaman Serba Guna*. Sinar Baru. Bandung.
- Sadjad, S. 1993. *Dari Benih Kepada Benih*. PT Grasindo. Jakarta.
- Sadjad, S., E. Murniati., dan S. Ilyas. 1999. *Parameter Pengujian Vigor Benih: Dari Komparatif ke Simulatif*. Gramedia Widiasarana. Jakarta. 185 hlm.

- Salisbury, F.B., and C.W. Ross. 1992. *Plant physiology (4th edition)*. Wadsworth Publishing. Belmont. California.
- Scialabba, A., L.M. Bellani., and A.D. Aquila. 2002. Effect of ageing on peroxidase activity and localization in radish (*Raphanus sativus* L.) seeds. *Eur. J. Histochem.* 46: 351-358.
- Shiddiqui, S.U., A. Ali., and A.M. Chaudhary. 2008. Germination behavior of wheat (*Triticum aestivum*) varieties to artificial ageing under varying temperature and humidity. *Pak. J. Bot.* 40:1121-1127.
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan, dan industri. *Jurnal Litbang Pertanian* 22 (4)
- Soltani, A., H. Mohammadi, H.R. Sadeghipour., and E. Zaenali. 2010. Effect of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. *Int. J. Plant Prod.* 5:1735-6814.
- Subagio, H., dan M. Aqil. 2014. Perakitan dan pengembangan varietas unggul sorgum untuk pangan, pakan, dan bioenergi. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Sulawesi Selatan.
- Sumarno dan S. Karsono. 1995. *Perkembangan Produksi Sorgum di Dunia dan Penggunaannya*. Edisi Khusus Balitkabi.
- Sutopo, L. 2012. *Teknologi Benih (edisi revisi)*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Tubic, B., D. Malencic., M. Tatic., and Miladinovic. 2005. Influence of aging process on biochemical changes in sunflowers seed. *J. Helia.* 28 (42): 107-114.
- Valko, M., D. Leibfritz., J. Moncol., M.T.D. Cronin., M. Mazur., and J. Telser. 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 39: 44-84.
- Winarsih, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Kanisius. Yogyakarta.