

**MODEL RESPON KEMUNDURAN SELAMA PERIODE III HIDUP  
BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) VARIETAS  
NUMBU DALAM RUANG SIMPAN BER-AC**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Monik Nurhidayati**  
**NPM 1754161004**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

## ABSTRAK

### MODEL RESPON KEMUNDURAN SELAMA PERIODE III HIDUP BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L] Moench) VARIETAS NUMBU DALAM RUANG SIMPAN BER-AC

Oleh

MONIK NURHIDAYATI

Model respon kemunduran selama periode III hidup benih sorgum (*Sorghum bicolor* [L] Moench) belum banyak yang meneliti, terutama dalam ruang simpan ber-AC yang bersuhu relatif rendah  $18 \pm 1,44^{\circ}\text{C}$ . Model respon kemunduran benih yang tepat dapat digunakan untuk mengetahui saat anomali dengan lebih tepat. Saat anomali adalah saat terjadinya perubahan status dari benih bermutu menjadi benih tidak bermutu. Indikator perubahan itu adalah nilai daya berkecambah 75%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model respon kemunduran selama periode III hidup benih sorgum varietas Numbu selama penyimpanan dalam ruang ber-AC. Penelitian dilakukan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas pertanian Universitas Lampung pada bulan Desember 2020 hingga bulan April 2021. Benih sorgum varietas Numbu yang sudah disimpan dalam ruangan ber-AC selama 18, 32, 50, dan 66 bulan diuji viabilitasnya dengan metode perkecambahan uji kertas digulung untuk mendapatkan nilai daya berkecambah, vigor benih, dan vigor kecambah. Hasil uji perkecambahan itu juga dikonfirmasi dengan hasil uji tetrazolium. Empat model respon kemunduran selama periode III benih sorgum Numbu diterapkan untuk menjelaskan hubungan antara viabilitas (sumbu Y) dengan lama simpan benih (sumbu X). Analisis regresi menggunakan perangkat lunak SigmaPlot-12 untuk menguji signifikansi (nilai P) dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) model respon untuk model-model sigmoid, linear, logaritmik, dan exponential decay (peluruhan eksponensial). Hasil menunjukkan bahwa setiap model respon kemunduran itu memiliki signifikansi yang sama tinggi ( $P < 0,0001$ ). Akan tetapi, model respon sigmoid memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang paling besar, yaitu 0,99 pada daya berkecambah, 0,97 pada kecepatan perkecambahan, 0,98 pada kecambah normal kuat, 0,94 pada panjang tajuk kecambah normal, 0,96 pada panjang akar primer kecambah normal, dan 0,80 pada bobot kering kecambah normal. Model respon sigmoid untuk kemunduran benih sorgum Numbu selama periode III dapat dinyatakan sebagai model respon yang paling baik.

Kata Kunci: Batas anomali, benih, daya berkecambah, model respon kemunduran.

**MODEL RESPON KEMUNDURAN SELAMA PERIODE III HIDUP  
BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) VARIETAS  
NUMBU DALAM RUANG SIMPAN BER-AC**

Oleh

*Monik Nurhidayati*

**Skripsi**

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

Pada

Jurusan Agronomi dan Hortikultura  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

Judul Skripsi : **MODEL RESPON KEMUNDURAN SELAMA PERIODE III HIDUP BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) VARIETAS NUMBU DALAM RUANG SIMPAN BER-AC**

Nama Mahasiswa : **Monik Nurhidayati**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1754161004**

Jurusan : **Agronomi dan Hortikultura**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**

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

**Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si.**  
NIP 197208042005011002

2. **Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura**

**Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc.**  
NIP 196110211985031002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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



**Sekretaris : Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si.**



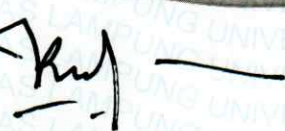
**Penguji  
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
NIP. 196110201986031002



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 02 November 2021**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Model Respon Kemunduran Selama Periode III Hidup Benih Sorgum (*Sorghum bicolor* [L] Moench) Varietas Numbu dalam Ruang Simpan Ber-AC”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.

Skripsi ini bila dikemudian hari terbukti hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 02 November 2021

Penulis



Monik Nurhidayati

1754161004

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di dusun Penagan Jaya, desa Penagan Ratu, Abung Timur, Prokimal, Kotabumi Utara, Lampung Utara pada 07 Oktober 1999. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Kasiyono dan Ibu Parjiyem. Kakak pertama laki-laki bernama Sugiarto. Penulis menyelesaikan pendidikan diawali dari Sekolah Dasar Negeri SDN 05 Penagan Ratu pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 11 Kotabumi pada tahun 2014, Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 02 kotabumi pada tahun 2017. Penulis melanjutkan pendidikan dengan mendaftarkan diri pada jenjang strata 1 di Jurusan Agronomi dan Hortikultura pada tahun 2017.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur SMMPTN BARAT (Mandiri). Selama diperkuliahkan penulis ikut aktif dalam salah satu unit kegiatan kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO). Penulis mendapat jabatan sebagai anggota dari bidang Kaderisasi dan Organisasi pada periode 2018/2019 dan 2019/2020. Penulis selama menempuh pendidikan berkesempatan untuk menjadi asisten praktikum dari mata kuliah Penyimpanan Benih, Bioteknologi, Dasar-Dasar Agronomi. dan Fisiologi Tumbuhan.

Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Januari-Februari tahun 2020 di desa Sidomekar, Tulang Bawang. Pada bulan Juni 2020 penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) selama 30 hari di CV Pendawa Kencana Multifarm, Cangkringan, Sleman, Yogyakarta.

## ALHAMDULILLAH

Kuucapkan rasa syukur atas rahmat, nikmat dan segala keberkahan yang Allah

Sub'hanahu Wa Ta'ala berikan terhadap saya sampai detik ini.

Kupersembahkan karya kecilku kepada:

Kedua orang tuaku dan kakakku atas segala doa, dukungan, kasih sayang dan perjuangan yang sungguh luarbiasa untuk penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan sebuah karya ini.

Sahabat-sahabat yang selalu hadir menemani, memberikan dukungan disetiap kondisi tanpa pamrih.

Almamater tercintaku

Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian

Universitas Lampung



Jalani dengan ikhlas, penuh kesabaran, tak luput dari berdoa, berusaha, semangat, dan penuh keyakinan serta percaya pada diri sendiri bahwa pasti bisa. Insyaallah segala urusannya akan dimudahkan

-Kedua Orangtuaku

Kerjakan sesuatu terus menerus tanpa jeda, pasti akan selesai.

-Monik Nurhidayati

Skripsi memang hanya sebuah karya tulis, namun membutuhkan sebuah perjuangan, semangat, dan dukungan terutama keluarga dalam menyelesaikannya. Itulah yang dinamakan perjalanan dalam sebuah pendidikan yang memberikan sebuah pengalaman suka dan duka yang beradu menjadi satu untuk mencapai suatu titik tertinggi yaitu pencapaian.

-Monik Nurhidayati

## SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah Sub'hanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan keberkahan, memberikan kemudahan, memberikan rahmat, nikmat sehat , cinta kasih-Nya serta petunjuknya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini. Penulis menulis skripsi ini karena bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. sebagai Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura.
3. Dr. Ir. Eko Pramono, M.S. selaku Dosen Pembimbing Utama yang selama ini telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dengan penuh kesabaran , memberi kritik dan saran, memberikan nasehat, dan motivasi penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah membimbing dan memberikan saran kepada penulis.
5. Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis.
6. Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan nasihat, selalu mengayomi, memberikan saran dan kasih sayang kepada penulis.
7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Agronomi dan Hortikultura yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu yang bermanfaat.

8. Kedua orang tuaku Bapak Kasiyono dan Ibu Parjiyem, Kakak tercintaku Sugiarto, Kakak Iparku, Paman dan Tante serta keluarga besar yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
9. Teman penelitian benih, Alfiana Revo Sakti, Nabila Lutfiah, S.P., Meta Maryeta, S.P., Fakhira Hamidah Khairunnisa, Bella Merlita, S.P., Erlinda Citra Dewi, Dian Pertiwi, Dini Muslimah, Wahid Satria, Yuliana Putri, S.P., dan semua yang tidak bisa dituliskan satu persatu terimakasih atas kerjasamanya, bantuannya dan telah mampu berjuang bersama dalam menyelesaikan penelitian sehingga penulis juga mampu menyelesaikan skripsi ini.
10. Sahabat-sahabat penulis, Dwi Setiani, Nabila Lutfiah, S.P., Alfiana Revo Sakti, Aulia Shaffna Ramadhani, Dicky Cahyo Widayat, Ardan Maulana, S.P., Ari Dwi Septiana, Ridho Hidayat terima kasih atas segala dukungan, semangat, kasih sayangnya, kebersamaannya dalam suka dan duka selama masa perkuliahan hingga sampai pada titik ini.
11. Teman-teman Jurusan Agronomi dan Hortikultura angkatan 2017 terimakasih atas segala waktu, kebersamaan dalam suka dan duka dalam sebuah perjalanan untuk mencapai titik tertinggi dalam pendidikan hingga akhir semester ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat

Bandar Lampung, 2021

Monik Nurhidayati

## DAFTAR ISI

### Halaman

<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang dan Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan penelitian .....	5
1.4 Kerangka Pemikiran .....	6
1.5. Hipotesis .....	8
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Klasifikasi Tanaman Sorgum .....	9
2.2. Morfologi Tanaman Sorgum .....	9
2.3 Benih Sorgum Varietas Numbu.....	11
2.4 Penyimpanan Benih.....	12
2.5. Kemunduran Benih.....	13
2.6 Viabilitas dan Vigor Benih.....	14
2.7. Konsepsi Viabilitas Steinbauer-Sadjad .....	15
2.8 Faktor yang Mempengaruhi Perkecambahan Benih .....	16
2.9 Uji Tetrozolium .....	17
<b>III. BAHAN DAN METODE</b>	
3.1 Waktu dan Tempat .....	20
3.2 Alat dan Bahan .....	20
3.3 Pengumpulan dan Analisis Data.....	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	21
3.4.1 Persiapan Benih .....	21

3.4.2	Penyiapan Media Perkecambahan .....	21
3.4.3	Perkecambahan Benih .....	22
3.4.4	Pengukuran Vigor Benih dan Vigor Kecambah .....	22
3.4.5	Kadar Air Benih.....	22
3.4.6	Uji Tetrazolium .....	23
3.5	Variabel Pengamatan.....	23
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Penelitian.....	26
4.1.1	Persamaan 4 model Respon kemunduran selama periode-3 benih Sorgum Numbu. ....	27
4.1.2	Daya Berkecambah, Vigor Benih, dan Vigor Kecambah Saat Anomali Benih Sorgum Numbu Dihitung dengan Model Respon Kemunduran Sigmoid.....	28
4.1.3	Model Penurunan Viabilitas benih Sorgum Numbu.....	29
4.1.4	Uji Tetrazolium .....	39
4.2	Pembahasan .....	40
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>48</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>53</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Rata-rata hasil pengukuran viabilitas benih sorgum varietas Numbu setelah menjalani penyimpanan dalam ruang ber-AC. ....	26
2. Model respon kemunduran benih selama periode-3 benih sorgum Numbu, persamaan $\hat{Y}=f(X)$ $\{X; 18 \geq X \leq 66\}$ , probabilitas (P) dan koefisien determinasi ( $R^2$ ).....	27
3. Saat anomali benih sorgum Numbu (DB=75%) dibuat dengan 4 model respon kemunduran yang dihitung berdasarkan variable daya berkecambah .....	28
4. Daya Berkecambah, vigor benih, dan vigor kecambah saat anomali benih sorgum Numbu dihitung dengan model respon kemunduran sigmoid .....	29
5. Persentase Kecambah Normal Total pada Uji Tetrazolium dan Uji Daya Berkecambah.....	41
6. Koefisien analisis regresi Sigmoid pada beberapa model respon kemunduran benih sorgum Numbu.....	54
7. Koefisien analisis regresi Polynomial Linear pada beberapa model respon kemunduran benih sorgum Numbu .....	54
8. Koefisien analisis regresi Logaritmik pada beberapa model respon kemunduran benih sorgum Numbu .....	54
9. Koefisien analisis regresi Exponential Decay pada beberapa model respon kemunduran benih sorgum Numbu.....	55
10. Analisis regresi Sigmoid hubungan lama simpan dan daya berkecambah benih sorgum Numbu.....	55
11 Analisis regresi Polynomial Linear hubungan lama simpan dan daya berkecambah benih sorgum Numbu .....	55
12. Analisis regresi Logaritmik hubungan lama simpan dan daya berkecambah benih sorgum Numbu.....	55

13. Analisis regresi Exponential Decay hubungan lama simpan dan daya berkecambah benih sorgum Numbu .....	56
--	----

14. Analisis regresi Sigmoid hubungan lama simpan pada kecepatan perkecambahan benih sorgum Numbu.....	56
15. Analisis regresi Polynomial Linear hubungan lama simpan pada kecepatan perkecambahan benih sorgum Numbu.....	56
16. Analisis regresi Logaritmik hubungan lama simpan pada kecepatan perkecambahan benih sorgum Numbu.....	56
17. Analisis regresi Exponential Decay hubungan lama simpan pada kecepatan perkecambahan benih sorgum Numbu.....	57
18. Analisis regresi Sigmoid hubungan lama simpan pada kecambah normal kuat benih sorgum Numbu.....	57
19. Analisis regresi Polynomial Linear hubungan lama simpan pada kecambah normal kuat benih sorgum Numbu .....	57
20. Analisis regresi Logaritmik hubungan lama simpan pada kecambah normal kuat benih sorgum Numbu .....	57
21. Analisis regresi Exponential Decay hubungan lama simpan pada kecambah normal kuat benih sorgum Numbu .....	58
22. Analisis regresi Sigmoid hubungan lama simpan pada panjang tajuk kecambah normal benih sorgum Numbu .....	58
23. Analisis regresi Polynomial Linear hubungan lama simpan pada panjang tajuk kecambah normal benih sorgum Numbu .....	58
24. Analisis regresi Logaritmik hubungan lama simpan pada panjang tajuk kecambah normal benih sorgum Numbu .....	58
25. Analisis regresi Exponential Decay hubungan lama simpan pada panjang tajuk kecambah normal benih sorgum Numbu .....	59
26. Analisis regresi Sigmoid hubungan lama simpan pada panjang akar primer kecambah normal benih sorgum Numbu .....	59
27. Analisis regresi Polynomial Linear hubungan lama simpan pada panjang akar primer kecambah normal benih sorgum Numbu .....	59
28. Analisis regresi Logaritmik hubungan lama simpan pada panjang akar primer kecambah normal benih sorgum Numbu.....	59
29. Analisis regresi Exponential Decay hubungan lama simpan pada panjang akar primer kecambah normal benih sorgum Numbu .....	60



30. Analisis regresi Sigmoid hubungan lama simpan pada berat kering kecambah normal benih sorgum Numbu ..... 60
31. Analisis regresi Polynomial Linear hubungan lama simpan pada berat kering kecambah normal benih sorgum Numbu ..... 60
32. Analisis regresi Logaritmik hubungan lama simpan pada berat kering kecambah normal benih sorgum Numbu ..... 60
33. Analisis regresi Exponential Decay hubungan lama simpan pada berat kering kecambah normal benih sorgum Numbu ..... 61
34. Analisis regresi Polynomial Linear hubungan lama simpan pada kadar air benih sorgum Numbu..... 61
35. Analisis regresi Logaritmik hubungan lama simpan pada kadar air benih sorgum Numbu..... 61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kemunduran benih selama Periode-3 hidup benih menurut Konsepsi Steinbauer- Sadjad (Sadjad, 1989); VP=viabilitas potensial, Vg=Vigor, VH=vigor hakiki, D=delta, Ant=antesis, MM= masak morfologi, MF=masak fisiologi, KP2=kritikan periode-2, An=anomali; M=Mati. ....	6
2. Kriteria benih hidup (viable) dan mati (non-viabel) berdasarkan uji tetrazolium .....	18
3. Respon kemunduran model Sigmoid hubungan antara daya berkecambah benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan).....	30
4. Respon kemunduran model Linear hubungan antara daya berkecambah benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan).....	31
5. Respon kemunduran model Logaritmik hubungan antara daya berkecambah benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan) ..	31
6. Respon kemunduran model Exponential Decay hubungan antara daya berkecambah benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan).....	32
7. Respon kemunduran model Sigmoid hubungan antara kecepatan perkecambahan benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan).....	34
8. Respon kemunduran model Sigmoid hubungan antara kecambah normal kuat benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan).....	35
9. Respon kemunduran model Sigmoid hubungan antara panjang tajuk kecambah normal benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan)....	36
10. Respon kemunduran model Sigmoid hubungan antara panjang akar primer kecambah normal benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan). ....	37
11. Respon kemunduran model Sigmoid hubungan antara berat kering kecambah normal benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan).	38
12. Respon kemunduran model Linear hubungan antara kadar air benih sorgum Numbu pada beberapa seri lama simpannya (Bulan).....	39

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Periode III dalam hidup benih dikenal dengan periode kemunduran, terutama kemunduran fisiologi yang ditandai oleh viabilitas yang terus turun hingga benih mencapai kematiannya. Model respon kemunduran selama periode III dalam masa hidup benih adalah respon yang menunjukkan hubungan fungsi  $\hat{Y}=f(X)$  antara viabilitas benih dalam sumbu Y dan lama simpan dalam sumbu X. Model respon kemunduran periode-3 hidup benih sorgum dalam ruang simpan terutama yang bersuhu relatif rendah  $18\pm 1,44^{\circ}\text{C}$  belum banyak diungkapkan oleh para peneliti benih. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan agar mendapatkan model respon kemunduran yang paling baik pada periode ke-3 hidup benih pada benih sorgum Numbu dengan lama penyimpanan 18 sampai 66 bulan yang telah disimpan pada suhu  $18\pm 1,44^{\circ}\text{C}$ .

Sorgum (*Sorghum bicolor*. [L] Moench) termasuk kedalam tanaman sereal yang menjadi tanaman utama kelima di dunia dalam hal produksi dan luas panen. Sorgum dapat memberikan banyak manfaat diantaranya selain menghasilkan biji yang kaya protein sebagai tepung sorgum untuk bahan roti, batang sorgum juga dapat menghasilkan nira sebagai industri gula dan sumber bioethanol, daunnya juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia ( Arif, 2020).

Kemampuan untuk tumbuh di lahan kering, kurang subur, tanah kritis dan mampu berproduksi pada lahan marginal serta tahan akan gangguan hama dan penyakit termasuk kedalam keunggulan yang dimiliki sorgum sehingga di Indonesia sangat berpotensi dikembangkan. Dibalik keunggulan tersebut tanaman sorgum menjadi

salah satu tanaman pangan paling penting yang mampu tumbuh di tanah marginal pada lebih dari 100 negara (ICRISAT, 2017).

Data produksi sorgum berdasarkan Food and Agriculture Organization (FAO) tahun 2018 menempati peringkat kelima pada sumber pangan selain gandum, beras, jagung dan barley. Amerika Serikat termasuk kedalam golongan negara paling banyak memproduksi sorgum dengan total sebesar 9,2 juta ton pertahun. Disusul dengan negara Nigeria, Sudan, Etiopia, India, Meksiko, Brazil, Tiongkok, Niger dan Burkina Faso ( FAOSTAT, 2017).

Produksi sorgum dari data produsen global di Indonesia masih rendah sehingga tidak masuk dalam daftar negara penghasil sorgum dunia. Data yang dirilis oleh Direktorat Budidaya Serealia pada tahun 2013 menunjukkan produksi sorgum Indonesia dalam 5 tahun terakhir hanya meningkat sedikit dari 6.114 ton menjadi 7.695 ton, sedangkan produktivitas di Indonesia masih sekitar 20 ton per hektarnya. Peningkatan produksi sorgum di dalam negeri perlu mendapat perhatian khusus karena Indonesia sangat potensial bagi pengembangan sorgum (Subagio dan Aqil, 2014). Oleh karena itu peningkatan produksi sorgum harus didukung oleh ketersediaan benih bermutu dengan meminimalisir masalah terkait penurunan benih bermutu akibat setelah dilakukan penyimpanan.

Peningkatan produksi sorgum dapat diupayakan dengan menggunakan benih bermutu atau berkualitas. Agar dapat digunakan dalam sistem pertanian selanjutnya maka benih dapat dilakukan penyimpanan. Benih yang disimpan dalam ruang simpan bertujuan untuk mempertahankan viabilitas dan vigor benih, oleh karena itu periode simpan suatu benih perlu diperhatikan. Penurunan viabilitas benih yang disebabkan oleh kemunduran benih berakibat pada rendahnya produksi suatu tanaman (Jyoti dan Malik, 2013). Hal ini sejalan dengan pernyataan Justice dan Bass (2002), bahwa penyimpanan benih digunakan dalam mengawetkan cadangan bahan tanam dari satu musim kemusim berikutnya. Semakin lama benih disimpan vigor benih akan semakin turun, oleh sebab itu vigor kecambah benih penting diketahui dilihat dari pasca simpannya. Pasca simpan benih yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui kualitas

benih bermutu digunakan benih dengan umur simpan 18 bulan, 32 bulan, 50 bulan, dan 66 bulan.

Periode simpan pada benih sangat berkaitan erat dengan penyimpanan benih. Penyimpanan benih bertujuan untuk mempertahankan viabilitas benih sampai benih akan digunakan kembali. Daya simpan benih dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan simpan, kondisi fisik dan fisiologi benih (Sutopo, 2012). Suhu ruang simpan, kelembaban penyimpanan, dan kadar air benih menjadi faktor penting yang dapat mempengaruhi masa hidup benih. Menurut Sadjad (1980) periode simpan dapat mempengaruhi viabilitas benih, dimana penurunan viabilitas benih berbanding lurus dengan penambahan waktu. Hasil penelitian (Afriansyah, 2020) benih sorgum Super-1 yang disimpan pada suhu  $\pm 18^{\circ}\text{C}$  dengan lama simpan 16 bulan memiliki kadar air sebesar 9,77% dengan penurunan persentase daya kecambah  $< 85\%$ . yaitu sebesar 69,33%. Sehingga dapat dikatakan semakin lama benih disimpan lama maka akan semakin menurun daya berkecambah benihnya.

Viabilitas benih mengindikasikan sebuah kemampuan benih untuk hidup. Sehingga perlu diketahui periode viabilitas benih dari benih mulai tumbuh hingga benih mati. Perodesasi tersebut dikembangkan dalam suatu konsepsi Steinbaeur-Sadjad yang menyatakan bahwa fragmentasi periode viabilitas benih dibagi menjadi tiga, yaitu periode I, II, dan III. Pada periode I benih akan mengalami tumbuh dan berkembang hingga mencapai masak fisiologis. Viabilitas potensial benih ( $V_p$ ) dan vigor benih ( $V_g$ ) akan meningkat secara sigmoid dan mencapai titik maksimum pada saat benih mencapai masak fisiologis. Periode II benih mengalami proses pengolahan dan penyimpanan. Mutu benih pada periode ini dipertahankan tetap tinggi, respon  $V_p$  dan  $V_g$  sejajar tidak mengalami penurunan. Pada periode III akan membentuk kurva Sigmoid yang menurun, seperti yang dinyatakan oleh Robert dan Ellis (1982) dan Walters *et al.*, (2010) setelah mencapai masak fisiologi pada akhir periode 1, selanjutnya benih akan mengalami kemunduran. Periode ini termasuk periode kritikal, respon  $V_p$  dan  $V_g$  mulai menurun sampai benih mati (Widajati *et al.*, 2013).

Benih yang disimpan akan mengalami penurunan viabilitasnya karena setiap organisme akan mengalami penuaan. Menurut Sadjad (1980) bahwa periode simpan akan berpengaruh terhadap viabilitas benih. Viabilitas benih mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu pada setiap penyimpanan. Semakin lama benih disimpan maka semakin menurun viabilitasnya. Menurut Koes dan Arief (2013) benih sorgum yang disimpan menggunakan kantong plastik selama 9-12 bulan pada suhu  $\pm 28^{\circ}\text{C}$  mengalami penurunan daya berkecambah 16,7%-24,7%. Hasil penelitian Azadi dan Younesi (2003) menunjukkan bahwa benih sorgum yang disimpan pada suhu ruang  $25^{\circ}\text{C}$  dengan lama simpan selama 6 bulan pada kadar air awal 14% memiliki daya berkecambah 45%. Pada umumnya untuk mengetahui daya simpan suatu benih memerlukan waktu yang relatif lama karena kemunduran benih secara alami tidak terjadi secara cepat. .

Kemunduran yang dialami oleh benih akibat penyimpanan dapat menyebabkan perubahan yang menyeluruh baik dilihat dari fisik, fisiologis maupun biokimianya yang menyebabkan menurunnya viabilitas benih. Kemunduran benih pasti akan terjadi akibat dari penurunan mutu benih yang bertahap dan kumulatif serta tidak dapat kembali seperti semula (irreversible) yang disebabkan perubahan fisiologis oleh faktor dalam (Copeland dan Donald, 1985). Kemunduran benih dipengaruhi oleh faktor waktu, sehingga semakin lama benih dilakukan penyimpanan maka semakin mengalami kemunduran yang mengakibatkan penurunan vigor dan viabilitas benih nya. Sadjad (1999) mengatakan bahwa deteorisasi benih disebabkan oleh aktivitas metabolisme benih seperti respirasi dan oksidasi lemak yang dapat merusak membran sel.

Umur (waktu) simpan benih menjadi hal yang paling utama dalam penelitian ini. Hal ini disebabkan umur simpan benih berkaitan erat dengan kemunduran benih dalam penyimpanan, Sehingga dapat mempengaruhi daya berkecambah benihnya. Keputusan Menteri Pertanian RI (2018) dan Direktorat Perbenihan (2009) menetapkan kriteria benih sorgum dalam konteks benih bermutu memiliki daya berkecambah beranomali 75%. Ketetapan tersebut digunakan sebagai acuan dalam menjaga benih bermutu selama penyimpanan. Selama benih disimpan dalam ruang simpan diupayakan agar lama simpan benih tidak menyebabkan daya

berkecambah benih melebihi batas terendah dari ketetapan kriteria anomali daya berkecambah tersebut. Daya kecambah beranomali 75% dapat dicapai pada periode simpan tertentu maka diperlukan informasi mengenai periode simpan pada saat mencapai anomali 75% agar kerugian selama penyimpanan dapat ditanggulangi. Sehingga perlu dikaji untuk mengetahui daya berkecambah benih pada setiap lama simpannya.

Para ahli benih menyatakan bahwa model respon  $\hat{Y}=f(X)$  pada kemunduran benih itu adalah Sigmoid (Robert dan Ellis dalam Copeland dan McDonald, 2001; Sadjad, 1989; 1993; 1994; Pramono, 2020). Model respon kemunduran benih kedelai dilaporkan oleh Pramono *et al.*, (2020) yang disimpan selama 0-12 bulan dalam ruang bersuhu  $\pm 26^{\circ}\text{C}$  maupun  $\pm 18^{\circ}\text{C}$  adalah linear dengan nilai  $R^2= 0.99$ . Selain itu juga beberapa peneliti dan hasil penelitian Pramono (2020) menunjukkan benih sorgum varietas Numbu setelah disimpan dengan kadar air awal  $\pm 10\%$  selama 16 bulan dalam ruang bersuhu  $\pm 18^{\circ}\text{C}$  memiliki daya berkecambah (DB) 89,3%, yang menurun dari 96% pada awal simpan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

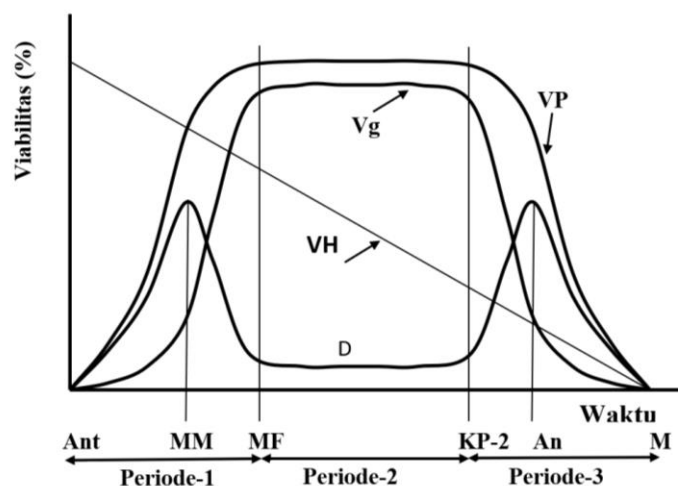
Berdasarkan latar belakang maka dapat dirumuskan masalahnya yaitu model respon kemunduran apakah yang paling tepat untuk kemunduran periode III benih sorgum varietas Numbu selama disimpan dalam ruang simpan ber-AC.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui model respon kemunduran yang paling tepat dari keempat model selama Periode III hidup benih sorgum Numbu dalam ruang simpan ber-AC.

## 1.4 Kerangka Pemikiran

Kemunduran benih yang berjalan sangat cepat terjadi dalam periode III dari masa hidup benih, yaitu sejak benih lewati saat kritikal periode II (KP-2) sampai benih mati (M) (Gambar 1). Untuk menjawab masalah tentang model kemunduran selama periode III dari benih sorgum varietas Numbu dalam ruang simpan ber-AC dilakukan penelitian ini. Benih sorgum Numbu yang sudah disimpan dengan periode simpan yang berbeda-beda, yaitu 18, 32, 50, dan 66 bulan dalam ruang simpan bersuhu  $18 \pm 1,44^\circ\text{C}$  diuji viabilitasnya dengan uji perkecambahan. Variabel yang diukur dari uji perkecambahan benih sorgum itu mencakup daya berkecambah, sebagai variabel utama tolok ukur viabilitas potensial, kecepatan perkecambahan sebagai tolok ukur vigor benih; dan kecambah normal kuat, panjang tajuk kecambah normal, panjang akar primer kecambah normal, dan bobot kering kecambah normal sebagai tolok ukur vigor kecambah.



Gambar 1. Kemunduran benih selama periode-3 hidup benih menurut konsepsi Steinbauer- Sadjad (Sadjad, 1989); VP=viabilitas potensial, Vg=vigor, VH=vigor hakiki, D=delta, Ant=antesis, MM= masak morfologi, MF=masak fisiologi, KP2=kritikan periode-2, An=anomali; M=Mati.

Beberapa model  $\hat{Y} = f(X)$  hubungan antara periode lama simpan benih sebagai sumbu X dan viabilitas sebagai sumbu Y, model yang dapat untuk mendekati kemunduran benih pada periode tiga ini adalah sigmoid (Pramono, 2020; Robert dan Ellis dalam Copeland dan McDonald). Pada penelitian ini model respon kemundurannya yaitu model Sigmoidal, Linear, Logaritmik, dan exponential decay, sehingga untuk mendapatkan satu model respon kemunduran yang paling



baik ditentukan berdasarkan kriteria regresi nyata atau sangat nyata dari signifikansi (nilai P) dan memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang tinggi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Gomes (2010) bahwa ukuran nilai  $R^2$  memberikan keterangan besarnya bagian tersebut. Nilai  $R^2$  yang lebih besar dalam persamaan regresi mampu menerangkan pendugaan Y.

Konsep Steinbauer-Sadjad menjelaskan terkait viabilitas dalam periode hidup benih. Periode hidup benih menurut Steinbauer-Sadjad mengalami 3 periode. Periode-I terkait dengan proses pembentukan dan perkembangan benih. Periode-II terkait proses penyimpanan benih. Dan pada periode-III termasuk tahap penurunan pada viabilitas benihnya yang ditunjukkan dengan kurva pertumbuhan (Sigmoid). Dalam penelitian ini menggunakan benih sorgum Numbu yang telah disimpan selama 18 bulan hingga 66 bulan. Dilihat dari lama simpan benih yang digunakan, maka pada penelitian ini telah memasuki periode hidup benih ke-3, karena viabilitas potensial dan vigor benih nya sudah menurun. Penurunan tersebut akan membentuk sebuah model penurunan Viabilitas benih. Untuk mengetahui model penurunan yang tepat dalam penelitian ini maka di perlukan persamaan fungsi  $\hat{Y}=f(X)$ , hubungan antara periode lama simpan benih sebagai sumbu X dan viabilitas sebagai sumbu Y.

Para ahli benih menyatakan bahwa model respon  $\hat{Y}=f(X)$  pada kemunduran benih itu adalah sigmoid (Robert dan Ellis dalam Copeland dan McDonald, 2001; Sadjad, 1989; 1993; 1994; Pramono, 2020). Model respon kemunduran benih kedelai dilaporkan oleh Pramono *et al.*, (2020) yang disimpan selama 0-12 bulan dalam ruang bersuhu  $\pm 26^\circ\text{C}$  maupun  $\pm 18^\circ\text{C}$  adalah linier dengan nilai  $R^2= 0.99$ . Sehingga pada penelitian ini akan mengetahui beberapa model penurunan viabilitas benih sorgum Numbu yang paling tepat. Dengan referensi itu, viabilitas benih sorgum numbu; a) daya berkecambah, b) vigor benih, dan c) vigor kecambah; selama periode simpan 18 sampai 66 bulan akan membentuk berapa model respon penurunan viabilitas benih (kemunduran benih) sejalan dengan lama simpan benih.

### **1.5. Hipotesis**

Hipotesis pada penelitian ini adalah terdapat satu model respon kemunduran yang paling tepat untuk periode III benih sorgum varietas Numbu selama disimpan dalam ruang ber-AC.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Klasifikasi Tanaman Sorgum

Menurut Iriani dan Makkulawu (2013) menyatakan bahwa taksonomi tanaman sorgum diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Genus	: Sorghum
Spesies	: <i>Sorghum bicolor</i>

Sorgum (*Sorghum bicolor*. [L] Moench) memiliki biji dan biomasa tinggi sehingga dapat ditanam di hampir semua lahan, toleran terhadap kekeringan, salinitas tinggi dan genangan air, memerlukan lebih sedikit pupuk, mudah dalam budidaya (Susilowati dan Saliem, 2013). Pemanfaatan sorgum baik sebagai sumber pangan, pakan maupun industri. Sebagai bahan pangan, sorgum memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, kadar proteinnya 11%, lebih tinggi dibandingkan beras yang hanya 6,8%. Kandungan nutrisi mikro lain yang dimiliki oleh sorgum adalah kalium, besi, fosfor, serta vitamin B. Sebagai pakan ternak, biji sorgum digunakan untuk bahan campuran ransum pakan unggas, sedangkan batang dan daun banyak digunakan untuk ternak ruminansia (Rismunandar, 1989).

### 2.2. Morfologi Tanaman Sorgum

Akar tanaman sorgum tidak membentuk akar tunggang. Sistem perakarannya terdiri atas akar-akar seminal (akar-akar primer) pada dasar buku pertama pangkal

batang, akar skunder dan akar tunjang yang terdiri atas akar koronal (akar pada pangkal batang yang tumbuh ke arah atas) dan akar udara (akar yang tumbuh di permukaan tanah). Tanaman sorgum membentuk perakaran sekunder dua kali lebih banyak dari jagung. Ruang tempat tumbuh akar lateral mencapai kedalaman 1,3 m -1,8 m dengan panjang mencapai 10,8 m, sorgum termasuk tanaman monokotiledon mempunyai sistem perakaran serabut (Andriani dan Isnaini, 2013).

Batang tanaman sorgum merupakan rangkaian berseri dari ruas (*internodes*) dan buku (*nodes*), tidak memiliki kambium. Pada bagian tengah batang terdapat seludang pembuluh yang diselubungi oleh lapisan keras (sel-sel parenkim). Bentuk batang tanaman sorgum silinder dengan diameter pada bagian pangkal berkisar antara 0,5-5,0 cm. Tinggi batang bervariasi, berkisar antara 0,5-4,0 m, bergantung pada varietas. Permukaan ruas batang sorgum mirip dengan tanaman tebu, yaitu diselubungi oleh lapisan lilin berupa tangkai malai yang tebal, kecuali pada ujung batang. Lapisan lilin paling banyak pada bagian atas dari pelepah daun, yang berfungsi mengurangi transpirasi sehingga sorgum toleran terhadap kekeringan. Buku pada batang sorgum rata dengan ruasnya, pada bagian ini tumbuh akar tunjang dan tunas (Damardjati dan Syam, 2013).

Ruas batang sorgum memiliki satu mata tunas setiap ruasnya yang bisa tumbuh sebagai anakan atau cabang. Tunas yang tumbuh pada ruas yang terdapat di permukaan tanah akan tumbuh sebagai anakan, sedangkan tunas yang tumbuh pada batang bagian atas menjadi cabang. Pertumbuhan tunas atau anakan bergantung pada varietas dan lingkungan tumbuh tanaman sorgum. Pada suhu kurang dari 18°C memicu munculnya anakan pada fase pertumbuhan daun ke-4 sampai ke-6. Cabang pada tanaman sorgum umumnya tumbuh bila batang utama rusak. Jumlah cabang dan anakan bergantung pada varietas, jarak tanam, dan kondisi lingkungan (Andriani dan Isnaini, 2013).

Menurut Damardjati dan Syam (2013) bunga sorgum merupakan bunga tipe panicle/malai (susunan bunga di tangkai). Bunga sorgum secara utuh terdiri atas tangkai malai (peduncle), malai (panicle), rangkaian bunga (raceme), dan bunga (spikelet). Semakin keatas susunan malainya akan semakin rapat.

Biji sorgum yang merupakan bagian dari tanaman memiliki ciri-ciri fisik berbentuk bulat (flattened spherical) dengan berat 25 -55 mg. Biji sorgum berbentuk butiran dengan ukuran 4,0 mm x 2,5 mm 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 berwarna coklat muda, krem atau putih, bergantung pada varietas. Biji sorgum terdiri atas tiga bagian utama, yaitu lapisan luar (coat), embrio (germ), dan endosperm.

Keunggulan sorgum terletak pada daya adaptasi yang luas, tahan terhadap kekeringan, produksi tinggi, serta lebih tahan terhadap hama dan penyakit dibanding tanaman pangan lain seperti jagung dan gandum. Sorgum memiliki kandungan nutrisi yang baik, sehingga dapat digunakan sebagai sumber bahan pangan maupun pakan ternak alternatif. Biji sorgum memiliki kandungan karbohidrat tinggi sebesar 83%, protein sebesar 11%, lemak sebesar 3,3% dan 2,7% lainnya seperti kalsium, fosfor, vitamin B1, dan zat besi. Kandungan nutrisi sorgum setara dengan beras sehingga mampu menopang kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan dan energi yang diberikan cukup optimal dalam memasok kebutuhan individu (Sirappa, 2003). Tanaman sorgum telah lama dan banyak dikenal oleh petani Indonesia khususnya di daerah Jawa Tengah, Jawa Timur, Maluku, NTB, dan NTT.

### **2.3 Benih Sorgum Varietas Numbu**

Varietas adalah subdevisi spesies yang terdiri atas suatu populasi yang memiliki perbedaan karakter morfologi dari spesies dan diberi nama latin menurut aturan kode tata nama botanis Internasional (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998). Varietas tanaman berisi suatu jenis atau spesies yang dapat ditandai dengan bentuk tanamannya, pertumbuhan tanaman, bunga, daun, buah, biji.

Varietas Numbu merupakan varietas unggul sorgum yang pada umumnya bertingkat pada kemasakan yang genjah, memiliki tinggi batang yang sedang, rasa nasi nya enak, dan warna biji nya krem. Varietas Numbu dilepas oleh Badan

Litbang Pertanian pada tahun 2001. Varietas numbu dapat beradaptasi dengan baik pada lahan kering masam, tahan terhadap penyakit karat dan bercak daun.

Benih sorgum varietas Numbu dilepas Tahun 2001 (Balitsereal, 2011). Varietas Numbu dihasilkan dari galur IS 23509 dari SADC (South African Development Community). Singgih *et al.*, (2002) menyatakan bahwa varietas Numbu dapat beradaptasi baik pada lahan kering dan masam, hasil 5 t/ha serta tahan terhadap penyakit karat dan bercak daun. Benih sorgum varietas Numbu yang disimpan selama 6 bulan dalam wadah kedap (plastik Polyethylene ketebalan 0,2 mm) pada ruang sejuk (suhu 18-20°C), memiliki kadar air 10,6%, daya berkecambah lebih dari 90%, kecepatan tumbuh 25,6% etmal, dan daya hantar listrik 41,8.

#### **2.4 Penyimpanan Benih**

Penyimpanan benih digunakan untuk memenuhi kebutuhan benih pada pertanaman selanjutnya. Penyimpanan benih ini bertujuan untuk mempertahankan viabilitas benih sampai benih tersebut akan digunakan kembali. Benih yang disimpan akan mengalami perubahan selama ditempat penyimpanan. Perubahan yang terjadi dapat meliputi perubahan daya berkecambahnya, vigor benih dan potensi panen. Penyimpanan benih dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode. Metode pertama yaitu dengan sistem penyimpanan terbuka atau penyimpanan terkontrol. Penyimpanan terkontrol dengan cara mengatur kondisi lingkungan penyimpanan. Sedangkan pada metode kedua yaitu sistem penyimpanan terbuka merupakan kebalikan dari penyimpanan terkontrol. Pengaturan kelembaban dan suhu tempat penyimpanan merupakan salah satu cara untuk mengontrol metode penyimpanan terkontrol (Noviana *et al.*, 2016). Sutopo (2012) menyatakan pada penyimpanan benih berlaku kaidah umum berupa pada setiap 1% penurunan kadar air, daya simpan dua kali lebih lama. Kaidah ini berlaku pada benih yang memiliki kadar air 5-14%, dan suhu ruang simpan tidak lebih dari 40°C. Secara praktis, benih dapat disimpan pada suhu kamar (28°C) dan suhu AC 12%, bergantung pada lama penyimpanan dan kadar air benih yang akan disimpan.

Benih yang terlalu lama disimpan akan menyebabkan kemunduran benih. Kemunduran benih merupakan proses penurunan mutu benih secara bertahap dan kumulatif serta tidak dapat balik. Benih yang mengalami kemunduran akan mengakibatkan perubahan menyeluruh dalam benih baik secara fisik, fisiologi, maupun biokimianya yang dapat berakibat pada menurunnya viabilitas benih. Menurunnya viabilitas benih menyebabkan menurunnya daya berkecambah, vigor benih, kecepatan perkecambahan, dan panjang kecambahnya (Yuniarti *et al.*, 2013).

Koes dan Arief (2013) menyatakan bahwa mutu benih sorgum selama penyimpanan dipengaruhi oleh suhu ruang simpan, lama penyimpanan dan kadar air awal benih serta wadah penyimpanan. Benih sorgum dengan kadar air awal lebih dari 8% dapat disimpan pada suhu ruang simpan 18-22°C dengan lama penyimpanan maksimal dua belas bulan. Benih sorgum dapat bertahan pada periode simpan yang lebih lama apabila disimpan dengan wadah yang kedap udara dan air.

## **2.5.Kemunduran Benih**

Kemunduran benih diartikan sebagai turunnya kualitas, sifat atau viabilitas yang mengakibatkan rendahnya vigor benih dan jeleknya pertanaman serta menurunnya hasil (Widajati *et al.*, 2013). Kemunduran benih tidak dapat balik (*irreversible*) dan tidak dapat dicegah namun dapat diperlambat dibawah kondisi yang spesifik. Kemunduran benih terjadi karena adanya penurunan pada mutu benih nya. Sutopo (2012) menyatakan bahwa kemunduran benih adalah mundurnya mutu benih baik secara mutu fisiologisnya. Jika mutu fisiologisnya mundur maka akan menimbulkan perubahan yang menyeluruh dalam benih. Gejala yang mengindikasikan bahwa benih mengalami kemunduran dapat melalui perubahan fisiologis benih dan biokimianya. Proses kemunduran secara fisiologisnya ditandai dengan penurunan daya berkecambah, peningkatan jumlah kecambah abnormal, terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanamannya. Sedangkan pada biokimianya ditandai dengan menurunnya aktivitas enzim, penurunan cadangan makanan.

## 2.6 Viabilitas dan Vigor Benih

Vigor benih merupakan kemampuan benih untuk tumbuh normal pada lingkungan yang suboptimum. Dengan kondisi yang kering, tanah salin, tanah masam, tanah penyakit. Benih yang mampu mengatasi kondisi tersebut termasuk kedalam lot benih yang bervigor tinggi. Faktor yang mempengaruhi vigor benih meliputi faktor genetik(bawaan benih), lingkungan(perlakuan pra-panen dan pasca panen, dan status benih (fisik dan fisiologis benih). Viabilitas dan vigor benih didefinisikan sebagai pertambahan bobot (massa), volume, jumlah sel, jumlah protoplasma. Fase pertama dari perkembangan berupa awal kecambah (Salisbury dan Ross, 1995). Viabilitas benih merupakan daya hidup benih yang dapat ditunjukkan dalam fenomena pertumbuhan, gejala metabolisme, kinerja hormon atau respon viabilitas. Vigor adalah kemampuan benih menumbuhkan tanaman normal pada kondisi suboptimum dilapang produksi, atau sesudah disimpan dalam kondisi simpan yang suboptimum dan ditanam dalam kondisi lapang yang optimum (Sadjad, 1994).

Daya berkecambah suatu benih diartikan sebagai mekar dan berkembangnya bagian-bagian penting dari suatu embrio benih yang menunjukkan kemampuannya untuk tumbuh secara normal pada lingkungan yang sesuai. Dengan demikian pengujian daya kecambah benih ialah pengujian sejumlah benih, berupa persentase dari jumlah benih tersebut yang mampu berkecambah pada jangka waktu yang telah ditentukan (Danuarti, 2005).

Vigor terdiri dari vigor genetik dan vigor fisiologi. Vigor genetik adalah vigor benih dari galur genetik yang berbeda-beda, sedangkan vigor fisiologi dapat dibedakan dalam galur yang sama. Vigor fisiologi dapat dilihat dari indikasi tumbuh akar, dari plumula atau koleoptilnya dan ketahanan terhadap serangan penyakit (Sutopo, 2004). Vigor benih adalah kemampuan benih untuk berkecambah dan tumbuh secara normal dalam kondisi lingkungan yang suboptimum sedangkan vigor kecambah adalah kinerja kecambah yang lebih tinggi pada lingkungan perkecambahan yang optimum dan suboptimum. (Pramono, 2018).



Kemunduran benih dapat menyebabkan menurunnya vigor dan viabilitas benih. Hal tersebut merupakan awal kegagalan dalam kegiatan pertanian sehingga harus dilakukan pencegahan agar tidak mempengaruhi produktivitas tanaman. Vigor benih adalah kemampuan benih menumbuhkan tanaman normal pada kondisi yang suboptimum di lapang, atau sesudah disimpan dalam kondisi simpan yang suboptimum, dan ditanam dalam kondisi lapang yang optimum. Sehingga jika benih yang disimpan lama dapat menyebabkan kemunduran dan berpengaruh pada vigor benih dalam perkecambahan benihnya. Dalam hal ini kemunduran benih dapat dilihat dari mutu fisiologisnya yang menunjukkan bahwa terjadi perubahan menyeluruh baik dari segi fisik, fisiologisnya maupun kimiawinya yang ditunjukkan dengan gejala perubahan warna benih, menurunnya pertumbuhan kecambah benih, mengalami penurunan pada aktivitas enzim, daya kecambah benih menurun dan jumlah kecambah abnormal meningkat. Pada setiap hasil penelitian, kemunduran benih dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan pada benih dengan invigorasi melalui proses hidrasi dan dehidrasi

## **2.7. Konsepsi Viabilitas Steinbauer-Sadjad**

Periode viabilitas benih dijabarkan mulai dari antesis sampai benih mati. Periodisasi ini dikembangkan dalam suatu konsepsi Steinbauer-Sadjad (Sadjad, 1989). Periode viabilitas dibagi menjadi tiga, yaitu periode I, II, dan III. Periode-I merupakan periode pembentukan dan perkembangan, dari antesis sampai benih mencapai masak fisiologis. Viabilitas potensial benih ( $V_p$ ) dan vigor benih ( $V_g$ ) meningkat secara Sigmoid dan mencapai titik maksimum pada saat benih mencapai masak fisiologis pada periode-II, benih mengalami proses pengolahan dan penyimpanan. Mutu benih pada periode II dipertahankan tetap tinggi, sehingga respon  $V_p$  dan  $V_g$  sejajar dengan respon horizontal/mendatar. Periode-III merupakan periode kritis. Respon  $V_p$  dan  $V_g$  mulai menurun sampai benih mati. Periode-3 merupakan periode kritis karena laju penurunan vigor sangat tinggi. Pada kondisi optimum, viabilitas benih masih tinggi, tetapi viabilitas benih menurun secara tajam pada kondisi suboptimum. Pada periode-3 ini, kurva

respon viabilitas benih membentuk kurva Sigmoid yang menurun, seperti yang dinyatakan oleh Robert dan Ellis (1982) dan Walters *et al.*, (2010).

## **2.8 Faktor yang Mempengaruhi Perkecambahan Benih**

Menurut Kamil (1979) secara umum ada dua faktor yang dapat mempengaruhi perkecambahan suatu benih, yaitu faktor lingkungan dan genetik. Berikut ini akan diberikan penjelasan singkat dari faktor-faktor tersebut.

### **1. Faktor Lingkungan.**

#### **a. Air**

Ketersediaan air untuk proses perkecambahan bisa dalam bentuk cair atau uap yang di sekitar benih. Semakin banyak ketersediaan air, makin cepat proses imbibisi. Biasanya sampai jaringan mengandung air 40-60% benih dapat berkecambah dan meningkat pada kecambah yang sedang tumbuh 70-90%.

#### **b. Suhu**

Semakin meningkat suhu (sampai batas tertentu) maka kecepatan penyerapan air semakin tinggi. Setiap kenaikan suhu 10°C, maka penyerapan air meningkat 2 kali dari kecepatan semula.

#### **c. Oksigen**

Perkecambahan biji adalah suatu proses yang berkaitan dengan sel hidup yang membutuhkan energi. Energi yang dibutuhkan di dalam sel hidup biasanya diperoleh dari proses oksidasi, baik adanya molekul O<sub>2</sub> atau tidak. Umumnya biji akan berkecambah dalam udara yang mengandung 20% O<sub>2</sub> dan 0,03% CO<sub>2</sub>.

#### **d. Cahaya**

Cahaya berperan sebagai faktor pengontrol perkecambahan biji. Benih yang dikecambahkan pada keadaan yang kurang cahaya atau pun gelap dapat

menghasilkan kecambah yang mengalami etiolasi. Pengaruh cahaya hanya terjadi pada benih yang lembab. Pada benih dengan kadar air rendah, pengaruh cahaya relatif tidak ada terhadap perkecambahan. Hal ini disebabkan karena fitokrom, yaitu pigmen penyerap cahaya, tidak aktif pada benih berkadar air rendah.

## 2. Faktor Genetik

### a. Tingkat Kemasakan

Benih yang di panen sebelum masak fisiologis tidak mempunyai viabilitas tinggi. Bahkan pada beberapa jenis tanaman, benih yang demikian tidak akan dapat berkecambah. Diduga pada tingkatan tersebut benih belum memiliki cadangan makanan yang cukup dan juga pembentukan embrio belum sempurna.

### b. Ukuran

Di dalam penyimpanannya benih memiliki karbohidrat, protein, lemak dan mineral. Dimana bahan-bahan ini diperlukan sebagai bahan baku dan energi bagi embrio pada saat perkecambahan.

### c. Dormansi

Benih dikatakan dormansi apabila benih tersebut sebenarnya hidup tetapi tidak berkecambah walaupun diletakkan pada keadaan yang secara umum dianggap telah memenuhi persyaratan bagi suatu perkecambahan. Dormansi pada benih dapat berlangsung beberapa hari, semusim sampai beberapa tahun, tergantung pada setiap jenis tanaman dan tipe dormansi.

## 2.9 Uji Tetrazolium

Uji tetrazolium merupakan uji cepat untuk memperkirakan viabilitas benih. Prinsip uji ini adalah membedakan antara jaringan embrio hidup (viabel) dan mati (non-viabel) berdasarkan laju respirasi dalam keadaan lembab (terhidrasi). Walaupun banyak enzim aktif selama respirasi, uji ini menggunakan enzim *dehydrogenase* sebagai laju respirasi dan viabilitas benih. Enzim dehidrogenase

bereaksi dengan substrat dan melepas ion  $H^+$  ke larutan *2,3,5 triphenyl tetrazolium chloride* yang tidak berwarna sehingga berubah menjadi formazan berwarna merah setelah tereduksi oleh ion  $H^+$ . Viabilitas benih diinterpretasikan berdasarkan pola pewarnaan topografis dan intensitas pewarnaan pada embrio (Ilyas, 2012).

Menurut Sutopo (2004), bahwa kelebihan dari tetrazolium test akan memberikan keterangan lebih cepat (1-2 hari) dari pada uji perkecambahan secara langsung, membantu perkecambahan untuk benih-benih yang dorman dan lambat berkecambah, untuk kelompok benih yang gagal berkecambah atau mungkin berkecambah lebih lambat dari biasanya disebabkan oleh tipe dormansi after ripening sehingga untuk mengetahui viabilitasnya dengan cepat dilakukan dengan tetrazolium test. Kelemahan dari uji tetrazolium terdiri dari efek phytotoksik dari fungisida, insektisida atau fumigasi dengan metil bromide yang telah diperlakukan pada benih tidak dapat diketahui dengan tetrazolium test, tidak selalu dapat memberi keterangan tentang kerusakan pada benih yang diakibatkan oleh proses pengeringan, memerlukan lebih banyak keterampilan dan keputusan serta pembesaran untuk dapat mempelajari dengan teliti pola lokasi daerah yang berwarna maupun yang tidak berwarna (Gambar 2).



Gambar 2 Kriteria benih hidup (viable) dan mati (non-viabel) berdasarkan uji tetrazolium (Diakses 22 November 2021: <https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net>)

Benih yang berubah warna menjadi formazan merah menandakan bahwa benih tersebut memiliki embrio yang hidup (viabel), sedangkan benih yang tidak mengalami perubahan dan mempertahankan warna alaminya itu menandakan embrio benih tersebut mati (tidak viable atau abnormal). Prinsip uji ini berdasarkan pada laju respirasi-benih sehingga terjadi perubahan warna pada benih dari senyawa 2,3,5 *trypenil tetrazolium chloride* yang tidak berwarna menjadi *formazan* yang berwarna merah pada embrio benih yang disebabkan oleh reaksi enzimatik enzim dehidrogenase (Elias *et al.*, 2012). Semakin luas pola pewarnaan, intensitas tinggi serta terletak pada bagian-bagian penting dari setiap struktur tumbuh maka menunjukkan bahwa benih berpeluang menjadi kecambah normal.

### III. BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman (LBPT) ,Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2020 hingga bulan April 2021.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa Oven, pendingin udara (AC) dengan suhu  $18 \pm 1,44^{\circ}\text{C}$ , Germinator tipe IPB 73 2A/2B, alat pembersih benih (*seed blower*), alat penghitung benih (*seed counter*), meja analisis, timbangan elektrik, alat pengempa kertas, nampan, plastik, label, penggaris, dan alat tulis.

Bahan benih sorgum yang digunakan adalah varietas Numbu yang terdiri dari 4 kelompok (lot). Lot-1 adalah benih sorgum Numbu yang dipanen pada 28 April 2019 dengan kadar air awal 10,4%. Pada saat pengujian benih telah mengalami masa simpan selama 18 bulan. Lot-2 adalah benih sorgum Numbu yang dipanen pada bulan 07 Juli -16 Juli 2018 dan mulai disimpan bulan Agustus 2018 dengan kadar air 8-9%, sehingga pada saat pengujian benih telah disimpan selama 32 bulan. Lot-3 adalah benih sorgum Numbu yang dipanen pada bulan Januari 2017 dengan kadar air 9,32% dan dilakukan penyimpanan bulan Februari 2017. Saat pengujian viabilitasnya benih tersebut telah disimpan selama 50 bulan. Lot-4 adalah benih yang dipanen pada 21 Juli 2015 dan mulai disimpan bulan September 2015 dengan kadar air 9,37% sehingga saat pengujiannya telah di simpan selama 66 bulan , kertas merang, kertas CD, plastik polyetilen (klip), karet gelang, label, gelas plastik, air, dan larutan aquades.

### 3.3 Pengumpulan dan Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis regresi dengan bantuan perangkat Sigmaplot-12 untuk menyatakan persamaan fungsi  $\hat{Y}=f(X)$ . Viabilitas sebagai sumbu Y dan lama simpan sebagai sumbu X. Analisis Regresi dilakukan pada data  $Y_i$  dan  $X$  pada setiap lama simpannya. Dari analisis regresi ditampilkan setiap model respon kemundurannya. Persamaan yang muncul pada model sigmoid yaitu  $\hat{Y}=a/(1+e^{-(X-X_0)/b})$ , pada model linier ditampilkan persamaan  $\hat{Y} = Y_0+aX$ , model logaritmik berupa  $\hat{Y}=Y_0+a \ln X$  dan model Exponential Decay memiliki persamaan  $\hat{Y} =ae^{-bX}$ .

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Persiapan Benih

Benih yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman (LBPT), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Benih yang digunakan adalah benih sorgum varietas Numbu dengan lama simpan benih selama 18 bulan yang dipanen pada 28 April 2019, lama simpan 32 bulan pada benih yang dipanen tanggal 07 Juli 2018, lama simpan 50 bulan dengan benih yang dipanen pada 08 Januari 2017 dan lama simpan benih 66 bulan pada benih yang telah dipanen pada tanggal 21 Juli 2015. Benih tersebut telah disimpan dalam suhu ber-AC dengan suhu  $18\pm 1,44^\circ\text{C}$ . Benih terlebih dahulu dibersihkan dengan menggunakan *seed blower* dan dianalisis dengan menggunakan meja analisis sesuai dengan lama simpannya. Benih dihitung sebanyak 50 butir dengan menggunakan *seed counter*.

#### 3.4.2 Penyiapan Media Perkecambahan

Perkecambahan benih menggunakan media berupa kertas merang berukuran 35x20 cm. Media perkecambahannya dimulai dari melembabkan kertas merang dengan air kemudian kertas merang dikempa dengan menggunakan alat pengempa kertas. Setiap gulung sampel menggunakan media kertas merang 2 lapis pada

setiap sisinya. Sehingga kertas yang digunakan dalam satu gulung sampel yang diuji sebanyak 4 lapis kertas merang. Pada pengujian uji kecepatan perkecambahan (UKP) dan Uji keserempakan perkecambahan (UKsP) penggunaan kertas merangnya dibedakan, pada uji (uji kecepatan Perkecambahan) sisi kasar kertas merang berada diatas. Sedangkan pada UKsP sisi halus kertas merangnya berada pada bagian atasnya.

### **3.4.3 Perkecambahan Benih**

Perkecambahan benih dilakukan dengan metode uji kertas digulung (UKD). Benih sorgum sebanyak 50 butir disusun pada selapis dua lembar kertas merang lembab yang dialasi selembab plastik, kemudian menutupnya dengan selapis dua kertas merang lembab, lalu menggulungnya. Gulungan benih itu kemudian diletakkan dalam germinator tipe IPB 73 2A/B dengan posisi tegak dan dilakukan pengamatan pada vigor benih dan vigor kecambahnya.

### **3.4.4 Pengukuran Vigor Benih dan Vigor Kecambah**

Pengukuran vigor benih dan vigor kecambah dilakukan dengan menggunakan uji perkecambahan benih pada metode UKD (uji kertas digulung) (ISTA,2009). Vigor benih diukur dengan variabel kecepatan perkecambahan dari uji kecepatan perkecambahan (UKP). Pengamatan dilakukan pada kecambah normal yang muncul mulai hari ke-2 sampai hari ke-5 setelah perkecambahan. Vigor kecambah diukur dengan variabel kecambah normal kuat, panjang tajuk kecambah normal, panjang akar primer kecambah normal, dan bobot kering kecambah normal dari uji keserempakan perkecambahan (UKsP) yang diamati pada hari ke-4 setelah perkecambahan.

### **3.4.5 Kadar Air Benih**

Kadar air benih diukur dengan metode secara langsung menggunakan alat-alat oven dan timbangan. Lima butir benih sorgum ditimbang bobot basahnya (BB)



dengan menggunakan timbangan analitik Symmetry kemudian dimasukan oven yang bersuhu 80°C untuk penguapan air benih selama 3x24 jam, kemudian ditimbang lagi dengan timbangan yang sama untuk mendapatkan bobot kering (BK). Kadar air benih (KA) diukur dengan menghitung menggunakan rumus

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ Basah - Bobot\ Kering}{Bobot\ basah} \times 100\ %$$

### 3.4.6 Uji Tetrazolium

Pengujian tetrazolium dilakukan untuk mengetahui daya berkecambah benih dengan cara mengambil sebanyak 25 butir benih sorgum Numbu. Kemudian benih tersebut dilembabkan selama 12 jam menggunakan kertas merang dengan metode uji kertas digulung dilapisi plastik (UKDp). Setelah itu, benih dibelah dengan menggunakan *cutter* secara longitudinal dan digunakan hanya setengah bagian. Selanjutnya, dilakukan pewarnaan dengan cara merendamnya dalam larutan tetrazolium 1% pada petridish. Petridish ditutup dengan menggunakan kertas karbon agar tidak terkena sinar. lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 35°C selama 3 jam. Kemudian dilakukan pengamatan berdasarkan pola pewarnaannya. Dihitung jumlah benih yang embrionya berwarna merah secara penuh, merah sebagian, dan putih. Warna yang timbul pada benih akibat adanya reaksi dengan garam tetrazolium.

### 3.5 Variabel Pengamatan

#### 1. Kecepatan Perkecambahan

Kecepatan perkecambahan benih dilakukan untuk mengetahui kecepatan benih dapat berkecambah normal. Pengamatan ini dilakukan pada hari ke 2,3,4,dan 5 dengan melihat kriteria benih berkecambah normal. Benih dikatakan berkecambah normal apabila memiliki kriteria akar primer dan tajuknya berkembang dengan baik, panjang tajuk dan akar primer sekitar 1 cm, pertumbuhan perkecambahannya tidak bengkok, memiliki akar primer dan

sekunder, hipokotil, kotiledon, epikotil dan plumula (ISTA 2014). Kecepatan perkecambahan dihitung menggunakan rumus

$$KP = \frac{G_1}{D_1} + \frac{G_2}{D_2} + \frac{G_3}{D_3} + \dots + \frac{G_n}{D_n}$$

Keterangan:

KP = Kecepatan Perkecambahan

G = Kecambah normal pada hari ke-

D = Waktu pengamatan hari ke-n

n = jumlah hari sejak pengecambahan {n=1 sampai 5}

## 2. Daya Berkecambah

Daya berkecambah benih adalah kemampuan benih berkecambah membentuk kecambah normal. Dalam penelitian ini, DB jumlah total kecambah normal (KN) sejak pengamatan pada 2 hari setelah pengecambahan (HSP) sampai 5 HSP;

DB =  $\sum KN_i$  dengan KN=persentase kecambah normal;  $i = \{2, 3, \dots, 5\}$ .

Perhitungan daya berkecambah menggunakan rumus

$$DB(\%) = \frac{\sum KN}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

DB =Daya Berkecambah

KN = Kecambah Normal

n = jumlah benih yang ditanam pada media perkecambahan

## 3. Kecambah Normal Kuat (KNK)

Kecambah normal kuat adalah kecambah normal yang tumbuh lebih kuat dari pada kecambah lainnya (Copeland dan Mc. Donald, 2001). Pada penelitian ini kecambah normal kuat ditetapkan dengan panjang akar primer dan panjang tajuk >4cm. Kecambah normal kuat diamati dari uji keserempakan perkecambahan UKsP dengan menggunakan penggaris. Kriteria kecambah normal kuat benih sorgum, memiliki hipokotil dan akar lebih besar dan lebih panjang, serta plumula lebih besar diantara semua kecambah normal (Pramono, 2018).

#### 4. Panjang Akar Primer Kecambah Normal (PAPKN)

Panjang akar primer normal benih adalah panjang akar yang tumbuh dari pangkal benih hingga keujung primer suatu kecambah normal. Pengamatannya dapat dilakukan dengan mengambil 5 sampel kecambah normal secara acak pada uji keserempakan perkecambahan (UKsP), kemudian diukur panjang akar kecambahnya dengan menggunakan penggaris.

#### 5. Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN)

Panjang tajuk kecambah normal adalah panjang tajuk yang tumbuh dari pangkal tajuk pada benih hingga ujung tajuk. Pengamatannya dilakukan dengan mengambil lima sampel kecambah normal dari uji keserempakan perkecambahan (UKsP), dilakukan pengukuran panjang tajuk dengan menggunakan penggaris, kemudian hasil pengukuran kelima sampel tersebut dijumlah dan dirata-ratakan.

#### 6. Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN)

Bobot kering kecambah normal diamati dari kelima sampel yang diambil secara acak pada uji keserempakan perkecambahan (UKsP). Untuk mengetahui bobot kering kecambah normal, lima sampel kecambah normal diambil setelah diukur panjang tajuk dan panjang akar primer kecambah normalnya kemudian dibuang endospermanya lalu dimasukkan kedalam amplop. Amplop yang berisi tajuk dan akar kecambah dimasukkan kedalam oven dengan suhu 80°C selama 3x24 jam. Kemudian kecambah normal kering dikeluarkan dari oven dan ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa model respon Sigmoid paling tepat untuk kemunduran selama periode III hidup benih sorgum Numbu dalam ruang simpan ber-AC diantara model respon kemunduran Linear, Logaritmik, dan Exponential Decay karena memiliki nilai  $R^2$  yang paling besar diantara model-model tersebut.

### **5.2 Saran**

Perlu dilakukan pengujian daya hantar listrik yang digunakan untuk mengindikasikan kerusakan fisik membran sel akibat kemunduran oleh lama simpan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriani dan Isnaini, M. 2013. *Morfologi dan Fase Pertumbuhan Sorgum dalam Sorgum: Inovasi Teknologi dan Pengembangan*. Maros: Balai Penelitian Tanaman Serealia. 47-68 hlm.
- Afriansyah, M. 2020. Viabilitas Benih dan Vigor Kecambah Empat Genotipe Sorgum (*Sorghum bicolor [L]. Moench.*). Pasca Penyimpanan 16 bulan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. 27 dan 30 hlm.
- Arif, A. 2020. *Sorgum: Benih Leluhur untuk Masa Depan*. PT Gramedia. Jakarta.
- Arief, R., Koes, F., dan Komalasari, O. 2013. *Evaluasi Mutu Benih Sorgum dalam Gudang Penyimpanan*. Laporan Tengah. Balitsereal.
- Asih, N.W.A.S. 2017. Pengaruh Periode Simpan pada Mutu Fisik dan Vigor Benih Empat Genotipe Sorgum (*Sorghum bicolor [L]. Moench.*). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Azadi, M.S. and Younesi, E. 2013. The Effects of Storage on Germination Characteristic and Enzyme Activity of Sorghum Seeds. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 9 (4):289-298.
- Balai Penelitian Tanaman Sereal. 2011. Deskripsi Varietas Numbu. [Http://balitsereal.litbang.deptan.go.id/ind/inde.php?option=com\\_content&view=article&id=245:UPCA-S1Sorghum&Acid=47:database-gandum-dan-Sorghum](http://balitsereal.litbang.deptan.go.id/ind/inde.php?option=com_content&view=article&id=245:UPCA-S1Sorghum&Acid=47:database-gandum-dan-Sorghum). Diakses pada 20 juli 2017.
- Copeland, L. O. and Mc. Donald. M. B. 1985. *Seed Science and Technology*. Kluwer Academic Publisher. London. 321 p.
- Copeland, L. O. and Mc. Donald, M. B. 2001. *Principles of Seed Science and Technology, 4<sup>th</sup> Edition*. Kluwer Academic Publishers. London. 409 p.
- Damardjati, S. M., Syam, dan Hermanto. 2013. *Sorgum: Inovasi Teknologi dan Pengembangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementrian Pertanian. Jakarta. 280 hlm.

- Danuarti, 2005. Uji Cekaman Kekeringan Pada Tanaman. *Ilmu Pertanian Vol. 11 No.1*.
- Direktorat Perbenihan. 2009. *Persyaratan dan Tata Cara Sertifikasi Benih Tanaman Pangan*. Direktorat Jendral Tanaman Pangan. 173. Hlm.
- Direktorat Budi Daya Serealia. 2013. *Kebijakan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dalam Pengembangan Komoditas Serealia untuk Mendukung Pertanian Bioindustri*. Maros, Sulawesi Selatan.
- FAOSTAT. 2017. Sorghum Production Quantity  
<http://www.fao.org/faostat/end#data>. Diakses pada tanggal 20 mei 2021
- Elias, S.G., Copeland, L. O., Mcdonald, M.B., dan Baalbaki, R.Z. 2012. *Seed Testing: Principles and Practices*. Michigan State University Press.
- Gomes, A. K. dan Gomes, A. A. 2010. *Prosedur Statistik untuk penelitian pertanian*. UI-Press. Jakarta.
- Hannanto, S. 2017. Pengaruh Lama Simpan pada Mutu fisik dan Mutu Fisiologi Empat genotype sorgum (*Sorghum bicolor* [L.]Moench). *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. 40 hlm.
- Ilyas, S. 2012. *Ilmu dan Teknologi Benih*. PT Penerbit IPB Press. Bogor
- Iriani, R.N.M dan Makkulawu, A.T. 2013. *Asal Usul dan Taksonomi Tanaman Sorgum*. Sorgum: Inovasi Teknologi dan Pengembangan . IAARD Press Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- ICRISAT (*International Crops Research Institute For The Semi-Arid Tropics*). 2017. ICRISAT genebank, Patancheru, Talengana, India.  
<http://Genebank.icrisat.org/IND/Dashboard?Crop=Sorghum>. Diakses tanggal Mei 2021.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2009. *International Rules for Seed Testing*. Third Edition. International Seed Testing Association. Zurich.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2014. *International Rules for Seed Testing.Switzerland (CH)*: ISTA.
- Justice, O. L. dan Bass L. N.. 2002. *Prinsip dan praktek Penyimpanan Benih*. Roesli, R. (Terjemahan). Cetakan Ketiga. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Jyoti dan Malik. 2013. Seed Deterioration.*International Journal of Life Sciences Biotechnonology and Pharma Research*, 2(3), 374-385.
- Kamil, J. 1979. *Teknologi Benih*. Angkasa Raya. Padang.

- Keputusan Menteri Pertanian RI. 2018. *Petunjuk Teknis Sertifikasi Benih Tanaman Pangan*. Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 99HK.150/C/05/2018. Jakarta.66 hlm
- Koes, F. dan Arief, R. 2013. *Penganganan Pasca Panen Sorgum untuk mempertahankan mutu benih*. Prosiding Seminar nasional Hari Pangan Sedunia ke-34: Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Marteli, A. 2004. Tetrozolium Test Procedure for Sorghum bicolor x S.sudanence <https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/aosa/pages/42/attachments/original/1408467774/SorghumMartinelli.pdf?1408467774>. Monsanto. Diakses 22 November 2021.
- Nisa, N. R. 2015. Pengaruh Dosis Pupuk Susulan saat Pengisian Polong (R3) pada Viabilitas Benih Kedelai (*Glycine max* (L) Merth Varietas Dering-1 Pasca Simpan 5 bulan. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Noviana, I., Qadir, A., dan Suwarno, F. C.. 2016. Perilaku Biokimia Benih kedelai Selama Penyimpanan dalam Kondisi Terkontrol. *J. Agron. Indonesia* 44 (3): 255-260.
- Nurisma, I., Agustiasyah, A., dan Kamal. M. 2015. Effect of Type Packaging and Temperature Storage Room on Sorghum Seed Viability (*Sorghum bicolor* [L] .Moench. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. Vol 15 (3) : 183-190.
- Pramono, E. 2018. *Penuntun Praktikum Teknologi Benih*. Jurusan Agroteknologi. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Lampung.
- Pramono, E. 2020. Kajian Genotipe, Sistem Pertanaman, Produktivitas, Viabilitas Potensial, Hama Sitofilus (*Sitophilus sp.*) dan Daya Simpan Benih Sorgum (*Sorghum bicolor* [L]. Moench.). *Disertasi*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Tidak Dipublikasikan.
- Pramono, E. 2009. Pendugaan Daya Simpan Benih Kedelai dengan Metode Pengusangan Cepat Kimiawi. *Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian Dosen Universitas Lampung*. Bandar Lampung 4 Oktober 1999. Hlm 85-94.
- Purwanti, S. 2004. Kajian Suhu Ruang Simpan terhadap Kualitas Benih Kedelai Hitam dan Kedelai Kuning. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 11 (1): 22-31
- Rismunandar. 1989. *Sorghum Tanaman Serba Guna*. Sinar Baru. Bandung. 62 hlm.
- Roberts, E. H., and Ellis, R. H. 1982. Physiologi, Ultrastructural, and Metabolist Aspect of Seed Viability. Ln A. A Khan (eds). *The Physiology and Biochemistry of Seed Development, Dormancy, and Germination*. Pp. 465-485. Amsterdam: Elsevier Biomedical Press.

- Rubatzky, V.E dan Yamaguchi, M. 1998. *Fisiologi Tumbuhan*. Alih Bahasa: Diah R., Lukman dan Sumaryono. ITB. Bandung.343 Hal.
- Sadjad, S. 1980. *Panduan Pembinaan Mutu Benih Tanaman Kehutanan di Indonesia. Proyek Pusat Perbenihan Kehutanan Direktorat Reboisasi dan Rehabilitasi*. Dirjen Kehutanan. Jakarta. 302 hlm.
- Sadjad, S. 1989. *Konsepsi Steinbauer-Sadjad sebagai Landasan Matematika Benih di Indonesia*. Orasi Ilmiah. Institut Pertanian Bogor.42 Hlm.
- Sadjad, S. 1993. *Dari Benih Kepada Benih*. PT. Gramedia Widia Sarana Indonesia. Jakarta. 144 hlm.
- Sadjad, S. 1994. *Kuantifikasi Metabolisme Benih*. PT. Gramedia Widia Sarana Indonesia. Jakarta 145 hlm.
- Sadjad, S., Murniati, E., dan Ilyas, S. 1999. *Parameter Pengujian Vigor Benih dari Komparatif ke Simulatif*. Grasindo. Jakarta. 185 hlm.
- Salisbury, F. B. dan Ross, C. W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Penerbit ITB Bandung.
- Singgih, S. dan Muslimah. H. 2002. *Evaluasi Daya Hasil Galur Sorgum*. Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain, Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain. Maros, Sulawesi Selatan.
- Sirrappa, M.P. 2003. Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai Komoditas Alternatif untuk Pangan, Pakan, dan Industri. *J. Litbang Pertanian* 22 (4): 133-140.
- Subagio, H., dan Aqil. M. 2014. *Perakitan dan Pengembangan Varietas Unggul Sorgum untuk Pangan, Pakan, dan Bioenergi*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Sulawesi Selatan.Maros.
- Subantoro, R dan Prabowo, R. 2013. Pengkajian Viabilitas Benih dengan Tetrazolium Test pada Jagung dan Kedelai. *MEDIAGRO*. Semarang. Vol.9. No 2. 2013. Hal 1-8.
- Susilowati, Y. E. 2006. Pengaruh Pupuk Organik dan Anorganik ZA terhadap Hasil dan Mutu Tembakau. *Jurnal Littri Fakultas Pertanian Universitas Malang*, 25 (6): 142-145.
- Susilowati, S.H.dan Saliem, H.P. 2013. *Sorgum Inovasi Teknologi dan Pengembangan: Perdagangan Sorgum di Pasar Dunia dan Asia serta Prospek Pengembangannya di Indonesia*. IAARD Press Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 17 hlm.



- Sutopo, L. 2002. *Teknologi Benih*. PT. Raja Grafindo Persada . Jakarta Utara.. : 254 hlm.
- Sutopo, L. 2004. *Teknologi Benih*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta Utara.
- Sutopo, L. 2012. *Teknologi Benih*. Rajawali Pers. Jakarta. 134 hlm.
- Utamoko, A. 2014. Pengaruh Jenis Kemasan Terhadap Viabilitas Benih Tiga Varietas Sorgum (*Sorgum bicolor* [L.] Moench). Pada Suhu Ruang Simpan Berbeda. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Walters, C., Ballesteros, D., and Vertucci, V.A. 2010. *Structural Mechanics of Seed Deterioration: Standing the Test of Time*. Plant Science, 179:565-573.
- Woodstock L W., Maxon. S., Faul, K., dan Bass, L. 2008. Use of freeze-Drying and Acetone Impregnation With Natural And Synthetic Anti-Oxidants to Improve Storability Of Onion, Pepper, and Parsley Seeds. *J. Amer.Soc.hort.Sci.* 108(5):692-696.
- Widajati, E., Murniati. E., Palupi, Endah. R., Kartika. T., Suhartanto, M. R., dan Qodir. A. 2013. *Dasar-Dasar Ilmu dan Teknologi Benih*. PT Penerbit IPB Press. Kampus IPB. Taman Kencana Bogor.
- Yosita, R. 2017. Pengaruh Tingkat kemasakan dan Periode Simpan terhadap Viabilitas Benih Sorgum Varietas UPCA (*Sorgum bicolor* [L.] Moench). *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Yuniarti N., Syamsuwida, D., dan Aminah, A. 2013. Dampak Perubahan Fisiologi dan Biokimia Benih Eboni (*Diospora celebica* Bakh) Selama penyimpanan. *Jurnal Penelitian Tanaman Hutan* 10 (2) : 65-71.