

**STUDI VIABILITAS BENIH KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill.)
VARIETAS DEGA-1 PADA BERBAGAI PROPORSI KAPUR
TOHOR DALAM DUA UKURAN WADAH SELAMA
PENYIMPANAN EMPAT BULAN**

(Skripsi)

Oleh

SHINTA KURNIYAWATI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

STUDI VIABILITAS BENIH KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill.) VARIETAS DEGA-1 PADA BERBAGAI PROPORSI KAPUR TOHOR DALAM DUA UKURAN WADAH SELAMA PENYIMPANAN EMPAT BULAN

Oleh

SHINTA KURNIYAWATI

Benih kedelai adalah salah satu benih ortodoks yang memiliki kandungan protein yang tinggi, sehingga tidak dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Selama benih kedelai disimpan hingga benih siap ditanam pada musim selanjutnya, diperlukan penyimpanan yang tepat untuk mempertahankan mutu benih kedelai. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui proporsi kapur tohor tertinggi menghasilkan viabilitas benih optimum selama periode simpan (2) mengetahui ukuran wadah simpan berbeda menghasilkan viabilitas benih berbeda selama periode simpan (3) mengetahui viabilitas benih optimum pada proporsi kapur tohor tertinggi dalam ukuran wadah berbeda selama periode simpan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada Juli sampai dengan Nopember 2021. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yaitu perlakuan disusun secara faktorial (5x2) dengan tiga ulangan sehingga diperoleh 30 satuan percobaan. Faktor pertama adalah proporsi kapur tohor (B) terdiri dari 0,0% (b_0); 7,5% (b_1); 15,0% (b_2); 22,5% (b_3) dan 30,0% (b_4). Faktor kedua adalah wadah simpan (W) terdiri dari wadah simpan volume 3 liter (w_1) dan wadah simpan volume 5 liter (w_2). Homogenitas ragam diuji dengan Uji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan Uji Tukey; jika asumsi anara terpenuhi, pemisahan nilai tengah perlakuan dilanjutkan dengan perbandingan ortogonal pada taraf α 5%. Respons viabilitas benih kedelai pada proporsi kapur tohor 0,0; 7,5; 15,0; 22,5; dan 30,0% tidak berbeda. Respons viabilitas benih kedelai pada wadah simpan tiga dan lima liter tidak berbeda. Respons viabilitas benih pada proporsi kapur tohor juga ukuran wadah simpan menghasilkan viabilitas benih tetap tinggi ditunjukkan rata-rata daya berkecambah (91,29%); potensi tumbuh maksimum (98,44%); kecepatan perkecambahan (25,28%/hari); kecambah normal kuat (84,73%); panjang hipokotil (8,78 cm); dan bobot kering kecambah normal (32,53 mg) tinggi sedangkan kadar air (7,45%) dan daya hantar listrik (165,13 μ S/cm g) rendah selama penyimpanan empat bulan. Respons viabilitas benih pada berbagai proporsi kapur tohor tidak bergantung pada ukuran wadah simpan.

Kata kunci: benih kedelai, kapur tohor, penyimpanan, proporsi, wadah simpan

**STUDI VIABILITAS BENIH KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill.)
VARIETAS DEGA-1 PADA BERBAGAI PROPORSI KAPUR
TOHOR DALAM DUA UKURAN WADAH SELAMA
PENYIMPANAN EMPAT BULAN**

Oleh

SHINTA KURNIYAWATI

Skripsi

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

**Pada Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **STUDI VIABILITAS BENIH KEDELAI
(*Glycine max* (L.) Merril.) VARIETAS DEGA-1
PADA BERBAGAI PROPORSI KAPUR
TOHOR DALAM DUA UKURAN WADAH
SELAMA PENYIMPANAN EMPAT BULAN**

Nama Mahasiswa : **Shinta Kurniyawati**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1714121026**

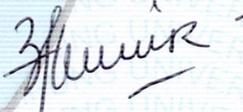
Program Studi : **Agroteknologi**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**


Ir. Ermawati, M.S.
NIP 196101011987032003


Ir. Niar Nurmauli, M.S.
NIP 196102041986032002

2. **Ketua Jurusan Agroteknologi**


Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 19630508198811200

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Ermawati, M.S.**



Sekretaris : **Ir. Niar Nurmauli, M.S.**



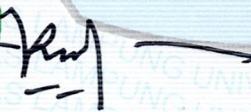
Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Yohanes Cahya Ginting, M.P.**



2. Dekan, Fakultas Pertanian



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



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **27 September 2022**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Studi Viabilitas Benih Kedelai (*Glycine Max* (L.) Merril.) Varietas Dega-1 pada Berbagai Proporsi Kapur Tohor dalam Dua Ukuran Wadah Selama Penyimpanan Empat Bulan” merupakan hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Skripsi ini bila kemudian hari terbukti merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 September 2022
Penulis,



Shinta Kurniyawati
NPM 1714121026

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung Tengah pada 7 September 1999. Penulis adalah anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Supriyono (Alm.) dan Ibu Poniem. Penulis memulai pendidikan formal Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Pertiwi Totokaton, Lampung Tengah pada tahun 2004-2005, dan melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Totokaton pada tahun 2005-2011. Penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Punggur pada tahun 2011-2014 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 3 Metro pada tahun 2014-2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur seleksi SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan memilih minat agronomi dalam bidangnya. Penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Dasar-Dasar Ilmu Tanah pada tahun 2018/2019, Asisten Praktikum Biologi pada tahun 2020/2021, dan Asisten Dosen Mata Kuliah Statistika Dasar pada tahun 2020/2021 periode Ganjil dan Genap. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri Putra Daerah Daring pada Februari 2021 di desa Sidomulyo, Kecamatan Punggur, Kabupaten Lampung Tengah. Penulis melaksanakan Praktik Umum di Balai Penelitian Tanah, Kebun Percobaan Taman Bogo, Kecamatan Purbolinggo, Kabupaten Lampung Timur. Penulis mengikuti organisasi internal kampus yaitu Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT) sebagai anggota bidang Pengembangan Masyarakat periode 2018/2019.

BISMILLAHIRRAHMANIRRAHIM

Dengan rendah hati saya bersyukur kepada Allah SWT.

Karya skripsi ini saya persembahkan kepada:

Kedua orang tuaku Bapak Supriyono (Alm.) dan Ibu Poniem yang selalu mencurahkan kasih sayang dan memberiku semangat yang tak ternilai serta ketulusannya mendoakan keberhasilanku di setiap sujudnya.

Kakak-kakakku tercinta Yudi Prasetyo, Fiqih Indah Saputri, dan Tiyas Dwi Untari yang selalu memberikan dukungan secara penuh.

Keponakanku tersayang Fakhri Zhafran El-Azzam.

Ir. Ermawati, M.S., Ir. Niar Nurmauli, M.S., dan Ir. Yohanes Cahya Ginting, M.P. yang telah memberikan bimbingan, nasehat, motivasi dan ilmu yang bermanfaat.

Keluarga dan sahabatku; juga
almameterku tercinta Universitas Lampung.

Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya
(QS. Al Baqarah: 286).

Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka
mengubah keadaan mereka sendiri (QS. Ar-Ra'd: 11).

Tindakan kecil yang nyata lebih berguna,
daripada ide raksasa yang masih berupa rencana (Miqdad Addausy).

Jika semuanya sempurna, maka kamu tidak akan pernah belajar dan bertumbuh
(Penulis).

It's okay to bleed and have scars here and there. It's okay to fail and get back
once again you're ready. It's okay to go one step at a time, to take things slow.
And to be gentle with yourself (Raranoormega).

If you can dream it, you can do it (Walt Disney).

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan nikmat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini banyak mendapatkan bantuan dan arahan para dosen pembimbing, keluarga, dan kerabat. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Ermawati, M.S. selaku pembimbing pertama yang telah memberikan saran, motivasi, dan bimbingan selama penelitian serta penyusunan skripsi.
4. Ibu Ir. Niar Nurmauli, M.S. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi, sekaligus selaku pembimbing akademik atas bimbingan yang telah diberikan selama penulis melaksanakan perkuliahan.
5. Bapak Ir. Yohanes Cahya Ginting, M.P. selaku penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi.
6. Seluruh dosen Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
7. Kedua orang tuaku, Bapak Supriyono (Alm.) dan Ibu Poniem, S.Pd. yang selalu menjadi motivasi menyelesaikan skripsi dan menggapai cita-cita penulis.
8. Kakak-kakakku, Yudi Prasetyo, S.KM., Fiqih Indah Saputri, S.E., dan Tiyas Dwi Untari, Amd. atas dukungan dan segala motivasi kepada penulis.

9. Sahabat terbaik dalam segala hal yang telah memberi semangat dan dukungan selama masa perkuliahan.
10. Sahabat sejiwaku, Rizky Fatma Liandari terima kasih sudah menjadi tempat keluh dan kesah penulis dalam menyelesaikan skripsi dan selalu memberikan semangat dan dukungan dalam segala hal serta selalu ada dalam suka maupun duka kehidupan.
11. Sahabat terbaik penelitian, Inneke Rezqya Putri dan Izzati Iswara yang telah membantu selama penelitian ini berjalan dan membimbing penulis selama penulisan skripsi ini.
12. Sahabat kecilku, Krismanti Septa Paluki terima kasih sudah menjadi sahabat terbaik, sosok yang menginspirasi bagi penulis, yang menemani penulis dari waktu ke waktu sampai saat ini, terima kasih telah mengajarkan banyak hal, mendengarkan segala keluh kesah, memberikan saran serta dukungan bagi penulis.
13. Sahabat-sahabat terbaikku yang mewarnai masa-masa SMA sampai saat ini, Sonia Karunia Ningrum dan Lisa Meilinda Sari terima kasih selama ini sudah menjadi pemeran yang sangat berarti bagi penulis dan memberikan semangat serta dukungan bagi penulis.
14. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, terima kasih atas bantuan dan dukungannya.
15. *Last but not least, I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for all doing this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for just being me at all times.*

Semoga skripsi ini bermanfaat.

Bandar Lampung, 27 September 2022

Penulis,

Shinta Kurniyawati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Landasan Teori	4
1.4. Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Karakteristik Tanaman Kedelai	8
2.2. Viabilitas Benih	11
2.3. Kemunduran Benih	13
2.4. Zat Pengereng Udara	20
2.5. Wadah Simpan	21
III. BAHAN DAN METODE	23
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2. Alat dan Bahan	23
3.3. Metode Penelitian	23
3.4. Pelaksanaan Penelitian	24
3.5. Variabel Pengamatan	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Hasil Penelitian	34
4.2. Pembahasan	49
V. SIMPULAN DAN SARAN	54
5.1. Simpulan	54
5.2. Saran	54

	iv
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	59
Tabel 18-63	60-106

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penandaan fase vegetatif tanaman kedelai	8
2. Penandaan fase generatif tanaman kedelai	9
3. Koefisien perbandingan ortogonal	25
4. Perbandingan ortogonal daya berkecambah (%) pada penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	35
5. Rata-rata daya berkecambah penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	36
6. Perbandingan ortogonal potensi tumbuh maksimum (%) pada penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	37
7. Rata-rata potensi tumbuh maksimum penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	37
8. Perbandingan ortogonal kecepatan perkecambahan (%/hari) pada penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	39
9. Rata-rata kecepatan perkecambahan pada penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	39
10. Perbandingan ortogonal kecambah normal kuat (%) pada penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	41
11. Rata-rata kecambah normal kuat penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan .	42
12. Perbandingan ortogonal panjang hipokotil (cm) pada penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	43
13. Rata-rata panjang hipokotil penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan.....	44
14. Perbandingan ortogonal bobot kering kecambah normal (mg) pada penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	45
15. Rata-rata bobot kering kecambah normal penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	45
16. Perbandingan ortogonal kadar air (%) pada penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	46

17. Rata-rata kadar air penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	47
18. Perbandingan ortogonal daya hantar listrik ($\mu\text{s/cm g}$) pada penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	48
19. Rata-rata daya hantar listrik penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	49
20. Data daya berkecambah (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	60
21. Uji homogenitas ragam daya berkecambah (%) penyimpanan 1 dan 2 bulan	61
22. Uji homogenitas ragam daya berkecambah (%) penyimpanan 3 dan 4 bulan.....	62
23. Analisis ragam daya berkecambah (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan.....	63
24. Uji perbandingan ortogonal daya berkecambah (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	64
25. Data potensi tumbuh maksimum (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	65
26. Uji homogenitas ragam potensi tumbuh maksimum (%) penyimpanan 1 dan 2 bulan	66
27. Uji homogenitas ragam potensi tumbuh maksimum (%) penyimpanan 3 dan 4 bulan	67
28. Analisis ragam potensi tumbuh maksimum (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	68
29. Uji perbandingan ortogonal potensi tumbuh maksimum (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	69
30. Data kecepatan perkecambahan (%/hari) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	70
31. Uji homogenitas ragam kecepatan perkecambahan (%/hari) penyimpanan 1 dan 2 bulan	71
32. Uji homogenitas ragam kecepatan perkecambahan (%/hari) penyimpanan 3 dan 4 bulan	72
33. Analisis ragam kecepatan perkecambahan (%/hari) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	73

34. Uji perbandingan ortogonal kecepatan perkecambahan (%/hari) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	74
35. Data kecambah normal kuat (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan..	75
36. Uji homogenitas ragam kecambah normal kuat (%) penyimpanan 1 dan 2 bulan	76
37. Uji homogenitas ragam kecambah normal kuat (%) penyimpanan 3 dan 4 bulan	77
38. Analisis ragam kecambah normal kuat (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	78
39. Uji perbandingan ortogonal kecambah normal kuat (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	79
40. Data panjang hipokotil (cm) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	80
41. Uji homogenitas ragam panjang hipokotil (cm) penyimpanan 1 dan 2 bulan	81
42. Uji homogenitas ragam panjang hipokotil (cm) penyimpanan 3 dan 4 bulan	82
43. Analisis ragam panjang hipokotil (cm) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	83
44. Uji perbandingan ortogonal panjang hipokotil (cm) penyimpanan 1, 2, 3 dan 4 bulan	84
45. Data bobot kering kecambah normal (mg) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	85
46. Uji homogenitas ragam bobot kering kecambah normal (mg) penyimpanan 1 dan 2 bulan	86
47. Uji homogenitas ragam bobot kering kecambah normal (mg) penyimpanan 3 dan 4 bulan	87
48. Analisis ragam bobot kering kecambah normal (mg) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	88
49. Uji perbandingan ortogonal bobot kering kecambah normal (mg) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	89
50. Data kadar air (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	90
51. Uji homogenitas ragam kadar air (% penyimpanan 1 dan 2 bulan	91

52. Uji homogenitas ragam kadar air (%) penyimpanan 3 dan 4 bulan	92
53. Analisis ragam kadar air (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	93
54. Uji perbandingan ortogonal kadar air (%) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	94
55. Data daya hantar listrik ($\mu\text{s/cm g}$) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	95
56. Uji homogenitas ragam daya hantar listrik ($\mu\text{s/cm g}$) penyimpanan 1 dan 2 bulan	96
57. Uji homogenitas ragam daya hantar listrik ($\mu\text{s/cm g}$) penyimpanan 3 dan 4 bulan	97
58. Analisis ragam daya hantar listrik ($\mu\text{s/cm g}$) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	98
59. Uji perbandingan ortogonal daya hantar listrik ($\mu\text{s/cm g}$) penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 bulan	99
60. Data suhu dan kelembaban penyimpanan 1 dan 2 bulan di wadah simpan	100
61. Data suhu dan kelembaban penyimpanan 3 dan 4 bulan di wadah simpan	101
62. Data suhu dan kelembaban penyimpanan 1 bulan pada berbagai proporsi kapur	102
63. Data suhu dan kelembaban penyimpanan 2 bulan pada berbagai proporsi kapur	103
64. Data suhu dan kelembaban penyimpanan 3 bulan pada berbagai proporsi kapur	104
65. Data suhu dan kelembaban penyimpanan 4 bulan pada berbagai proporsi kapur	105
66. Deskripsi tanaman kedelai Varietas Dega-1	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Konsep periodisasi viabilitas benih Stainbaurer-Sadjad	13
2. Tata letak percobaan	24
3. Wadah simpan plastik	27
4. Kecambah normal (a) dan kecambah abnormal (b) (Sutopo, 2012) .	30
5. Kecambah normal (a) dan kecambah abnormal (b) setiap pengamatan 1, 2, 3, dan 4 bulan	30

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kedelai (*Glycine max* [L.] Merril.) merupakan komoditas pangan terpenting di Indonesia setelah padi dan jagung. Kedelai berperan sebagai sumber protein nabati utama untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Kedelai banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan olahan seperti, tempe, tahu, kecap, susu kedelai, tauco dan sebagainya. Kebutuhan nasional kedelai terus-menerus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan penambahan penduduk. Menurut Direktorat Jenderal Tanaman Pangan (2020), produksi kedelai tahun 2019 sebanyak 424,189 ton biji kering dengan luas lahan 302,783 ha. Produksi tersebut mengalami penurunan dibandingkan dengan tahun 2018, pada tahun 2018 produksi kedelai sebanyak 650,000 ton biji kering dengan luas lahan 790,873 ha. Ketidakstabilan produksi kedelai di Indonesia disebabkan oleh adanya penurunan luas panen kedelai yang tidak diimbangi dengan peningkatan produktivitas kedelai. Upaya meningkatkan produktivitas tanaman kedelai dapat dilakukan dengan banyak cara yaitu penggunaan benih bermutu, teknik budidaya, inovasi teknologi, dan penanganan pascapanen diperlukan untuk meningkatkan nilai produksi kedelai. Mutu benih tersebut dipengaruhi oleh penanganan sejak awal budidaya hingga akhir periode simpan. Benih memasuki periode simpan sampai akan digunakan oleh petani di musim tanam berikutnya.

Benih kedelai adalah salah satu benih ortodoks yang memiliki kandungan lemak dan protein yang tinggi, sehingga benih ini tidak dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Penyimpanan benih bertujuan untuk mempertahankan viabilitas benih dalam periode simpan yang sepanjang mungkin. Faktor yang mempengaruhi penyimpanan benih adalah faktor dalam dan faktor luar.

Faktor dalam meliputi viabilitas awal setelah panen, komposisi kimia, dan kadar air benih. Faktor luar meliputi kandungan oksigen, suhu, kelembaban udara, dan bahan kemasan (Justice dan Bass, 2002). Sheeler dan Bianci (1987) dalam Tatipata (2008) mengatakan bahwa protein yang terkandung di dalam benih kedelai dapat sebagai protein cadangan makanan maupun protein membran yang berfungsi sebagai katalis dan transporter. Protein sebagian besar adalah enzim respirasi yang terdapat pada membran dalam mitokondria. Lintasan utama transpor elektron terjadi pada membran dalam mitokondria. Proses transfer elektron dan fosforilasi oksidatif menghasilkan ATP, yaitu senyawa berenergi tinggi yang berperan dalam semua jalur biosintesis maupun perkecambahan (Stryer, 1994) dalam Tatipata (2008). Jika saat proses penyimpanan, respirasi pada lingkungan ruang simpan terus-menerus terjadi diakibatkan oleh suhu dan kelembaban udara yang tinggi, maka protein sebagai cadangan makanan benih termasuk protein akan berkurang. Hal tersebut yang menyebabkan terjadinya deteriorasi benih dan mengakibatkan menurunnya viabilitas benih. Benih yang mengalami kemunduran ditandai dengan aktivitas enzim menurun (dehidrogenase, glutamat dekarboksilase, katalase, peroksidase, fenolase, amilase, sitokrom oksidase) dan respirasi menurun (konsumsi O₂ rendah, produksi CO₂ rendah, produksi ATP rendah). Kemunduran benih tersebut juga berakibat pada penurunan aktivitas enzim, penurunan cadangan makanan, penurunan laju respirasi dan meningkatnya nilai konduktivitas.

Penyimpanan tertutup (terkontrol) adalah metode untuk mengatur faktor lingkungan agar benih mampu mempertahankan viabilitasnya dengan memodifikasi suhu dan kelembaban udara ruang simpan. Daya simpan benih kedelai dapat dipertahankan dengan mempertahankan keseimbangan faktor dalam dan faktor luar. Penggunaan bahan penyerap uap air di udara pada ruang penyimpanan sangat diperlukan untuk mempertahankan mutu benih agar tidak mengalami deteriorasi benih. Penelitian ini menggunakan bahan desikan jenis kapur tohor, yang dapat menjaga agar benih tetap dalam kondisi kering. Kapur tohor memiliki sifat higroskopis, yaitu dalam keadaan kering bahan tersebut dapat menyerap uap air dari lingkungan di sekitarnya. Penggunaan kapur tohor sangat

tergantung pada bobot kapur, ukuran wadah, kualitas kapur, dan sebagainya. Proporsi bobot kapur tohor berdasarkan bobot kapur per bobot benih merupakan salah satu faktor penting untuk menentukan kondisi simpan yang tepat. Proporsi kapur tohor yang tepat dapat mempertahankan kondisi lingkungan yang aman selama penyimpanan benih, juga dapat mengurangi biaya pelaksanaan dalam penyimpanan benih.

Penyimpanan tertutup dengan kapur tohor efektif dalam menjaga viabilitas benih pada penyimpanan dibuka tutup. Wadah simpan saat dibuka udara akan masuk ke wadah simpan yang menyebabkan kadar air dan kelembaban udara meningkat, setelah ditutup kembali kapur tohor akan menyerap kelebihan uap air tersebut sehingga kondisi kadar air dan kelembaban udara wadah simpan stabil dan tetap aman. Penggunaan 7,5 g CaO/100 g benih pada penyimpanan benih pinus dibuka tutup mampu menjaga viabilitas benih sampai 15 tahun pada suhu -5°C (Schmidt, 2002). Kapur tohor cepat menyerap uap air dari udara dengan mengeluarkan energi panas yang cukup besar, sehingga laju desorpsi benih akan menjadi lambat. Laju desorpsi yang lambat dapat mempertahankan kadar air benih, sehingga viabilitas benih tidak menurun dan benih dapat disimpan lebih lama. Penyimpanan dengan berbagai proporsi kapur tohor diharapkan dapat menjaga efektivitas kapur dalam menyerap air, karena proporsi kapur tohor yang berbeda-beda dapat menciptakan kondisi simpan yang berbeda.

Ukuran wadah simpan yang berbeda menentukan ketersediaan oksigen selama penyimpanan. Konsentrasi O_2 di tempat penyimpanan dapat mempengaruhi metabolisme respirasi di dalam benih. Penelitian ini menggunakan wadah simpan berukuran tiga dan lima liter. Ukuran wadah yang semakin besar, diduga semakin banyak juga ketersediaan oksigen di dalamnya. Ketersediaan oksigen akan mempengaruhi laju respirasi, respirasi akan lebih lambat jika ketersediaan oksigen di dalam ruang sedikit. Kondisi tersebut dapat menstabilkan hubungan antara kadar air benih dan lingkungan ruang simpan (RH, suhu, O_2 , dan CO_2), sehingga ketersediaan cadangan makanan pada benih masih banyak tersimpan. Mugnisjah dan Setiawan (1995) menjelaskan bahwa metabolisme respirasi akan dipercepat

jika konsentrasi oksigen di dalam tempat penyimpanan tinggi. Panas yang dihasilkan dari proses respirasi pada benih berkadar air tinggi selama penyimpanan menyebabkan meningkatnya proses biokimia yang terjadi. Perombakan cadangan makanan (amilum) menjadi semakin besar, sehingga glukosa yang dihasilkan juga semakin banyak. Subtrat respirasi (glukosa) tersedia cukup banyak dapat memacu laju respirasinya menjadi semakin tinggi.

Perlakuan wadah simpan berbeda dengan penyimpanan berbagai proporsi kapur tohor diduga dapat menciptakan kondisi simpan yang aman sehingga viabilitas benih tetap tinggi. Wadah simpan plastik yang tertutup dan kapur sebagai pengering udara dalam wadah simpan diduga dapat mempertahankan viabilitas benih tetap tinggi selama periode penyimpanan. Penggunaan proporsi kapur tohor yang tepat di ukuran wadah simpan tertentu memiliki kelembaban udara yang rendah, kondisi tersebut benih dapat disimpan dengan jangka waktu yang lama karena akan menjaga kadar air benih tetap rendah selama penyimpanan. Penggunaan berbagai proporsi kapur tohor pada wadah simpan berbeda diharapkan mampu menciptakan kondisi simpan yang aman dan mempertahankan viabilitas benih tetap tinggi.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui proporsi kapur tohor tertinggi menghasilkan viabilitas benih optimum selama periode simpan
2. Mengetahui ukuran wadah simpan berbeda menghasilkan viabilitas benih berbeda selama periode simpan
3. Mengetahui viabilitas benih optimum pada proporsi kapur tohor tertinggi dalam ukuran wadah berbeda selama periode simpan

1.3. Landasan Teori

Penggunaan benih bermutu seringkali terkendala dengan ketersediannya. Kesenjangan waktu terjadi saat benih kedelai sedang dalam periode simpan untuk persiapan benih tanam di musim selanjutnya sehingga perlu dilakukan

penyimpanan yang tepat. Benih kedelai yang disimpan terlalu lama dapat mengalami kemunduran benih. Faktor yang mempengaruhi penyimpanan adalah faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam meliputi genetik benih dan komposisi kimia benih, sedangkan faktor luar adalah kelembaban relatif udara, suhu, O₂, CO₂ serta jenis wadah simpan dan bahan kemasan benih yang digunakan. Kedua faktor tersebut jika tidak terkontrol dengan baik dalam penyimpanan akan meningkatkan laju respirasi benih sehingga perombakan cadangan makanan dalam benih semakin besar. Upaya mempertahankan mutu benih kedelai dalam periode simpan perlu dilakukan cara penyimpanan yang tepat, karena benih kedelai mempunyai periode simpan yang pendek, hanya tiga bulan (Kusno, 2010). Upaya yang dilakukan agar mutu benih kedelai yang dipertahankan tinggi, benih disimpan di lingkungan yang aman dengan penyimpanan tertutup menggunakan kapur tohor. Kapur tohor atau kalsium oksida (CaO) adalah hasil pembakaran kapur mentah (kalsium karbonat atau CaCO₃) pada suhu ±90 °C. Efektivitas kapur tohor dalam menyerap uap air di udara dapat dilihat dengan perubahan fisik kapur yang semula berbentuk bongkahan kemudian akan berubah bentuk menjadi serbuk setelah menyerap uap air. Kapur yang sudah tidak efektif dalam menyerap air perlu dilakukan penggantian kapur tohor untuk menjaga kondisi kadar air dan kelembaban udara di wadah simpan stabil dan tetap aman. Menurut Pramono (2011), kapur tohor yang ditambahkan dalam kemasan benih kacang tanah dengan proporsi 15-25% dapat mempertahankan vigor benih pada 94-97% setelah periode simpan 6 bulan, dan pada 85-89% setelah periode simpan 9 bulan. Proporsi kapur tohor dalam penelitian ini yaitu 0,0; 7,5; 15,0; 22,5; dan 30,0%. Penyimpanan dengan perlakuan berbagai proporsi kapur tohor dilakukan untuk menjaga efektivitas kapur dalam menyerap air, karena pada proporsi kapur tohor yang berbeda-beda menciptakan kondisi simpan yang berbeda. Penggunaan proporsi kapur yang semakin berat diduga mempunyai kemampuan menyerap air lebih banyak dan sebaliknya. Hal tersebut juga tergantung pada waktu pergantian kapur, ukuran wadah, dan sebagainya. Kondisi simpan dengan proporsi kapur tertentu menghasilkan viabilitas benih yang tinggi.

Wadah simpan benih merupakan salah satu faktor luar yang mendukung benih dapat disimpan lama. Upaya yang dilakukan untuk mempertahankan viabilitas benih yaitu dengan penggunaan wadah simpan yang baik. Penggunaan wadah simpan yang baik harus memiliki sifat yaitu kedap udara dan mampu menahan keluar masuknya gas dan uap air sehingga mampu menghambat proses respirasi yang menjadi penyebab kemunduran benih. Penyimpanan pada penelitian ini menggunakan wadah simpan yaitu wadah plastik dengan dua ukuran berbeda. Ketersediaan oksigen di dalam ruang tergantung pada ukuran wadah simpan. Perbedaan ukuran wadah simpan akan mempengaruhi ketersediaan oksigen di dalam ruang. Ukuran wadah simpan yang digunakan penelitian ini yaitu volume tiga dan lima liter. Ukuran wadah yang semakin besar, maka semakin banyak juga ketersediaan oksigen di dalamnya. Oksigen diperlukan pada proses oksidasi untuk menghasilkan energi. Laju respirasi pada proses tersebut sangat dipengaruhi oleh laju konsumsi oksigen. Ketersediaan oksigen dengan jumlah yang sedikit mengakibatkan laju respirasi akan lebih lambat sehingga cadangan makanan pada benih yang disimpan masih tetap aman. Justice dan Bass (2002), menyatakan bahwa respirasi adalah proses oksidasi, semakin lama berlangsungnya respirasi, semakin banyak cadangan makanan yang digunakan. Proses respirasi terjadi dengan bantuan O_2 serta menghasilkan karbondioksida (CO_2). Pada sistem tertutup, akumulasi CO_2 dapat membuat respirasi berjalan lambat. Hal tersebut menyebabkan keadaan CO_2 dalam penyimpanan meningkat sehingga respirasi berjalan lambat dan cadangan makanan masih banyak tersimpan.

Perlakuan wadah simpan berbeda dengan penyimpanan berbagai proporsi kapur tohor diduga dapat menciptakan kondisi simpan yang aman sehingga viabilitas benih tetap tinggi. Penyimpanan yang tertutup dengan suhu relatif konstan yang dihasilkan dari penggunaan kapur tohor maka akan terjadi keseimbangan antara kadar air benih dan kelembaban udara ruang simpan. Penggunaan proporsi kapur yang tepat pada ukuran wadah tertentu diharapkan menjaga keseimbangan antara kadar air benih dan RH, agar benih aman disimpan dalam jangka waktu yang lama. Kombinasi perlakuan antara wadah simpan dan proporsi kapur tohor perlu

dikaji untuk mengetahui metode penyimpanan tersebut mampu menghasilkan viabilitas benih kedelai yang tinggi melalui nilai daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, kecepatan perkecambahan, kecambah normal kuat, panjang hipokotil, bobot kering kecambah normal tetap tinggi serta nilai kadar air dan daya hantar listrik yang rendah.

1.4. Hipotesis

1. Proporsi kapur tohor tertinggi menghasilkan viabilitas benih optimum selama periode simpan.
2. Ukuran wadah simpan berbeda menghasilkan viabilitas benih berbeda selama periode simpan.
3. Viabilitas benih optimum dapat tercapai pada proporsi kapur tohor tertinggi dalam dua ukuran wadah selama periode simpan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Tanaman Kedelai

Tabel 1. Penandaan fase vegetatif tanaman kedelai

Stadia	Tingkatan stadia	Keterangan
VE (Vegetatif/epigeous)	Emergence (kecambah)	Kotiledon muncul dari dalam tanah, bakal akar tumbuh keluar melalui kulit biji pada kondisi kelembaban yang baik, dan kotiledon terangkat ke permukaan tanah.
VC (Vegetatif/kotiledon)	Kotiledon terbuka	Kotiledon muncul ke permukaan tanah, kedua daun primer terbuka yang dilanjutkan dengan pembentukan daun berangkai tiga, dan akar sekunder mulai muncul dari akar tunggang.
V1 (Vegetatif 1)	Buku kesatu	Tanaman memasuki usia satu minggu. Daun mulai penuh pada buku daun tunggal, buku pertama dan tanaman sudah terlihat jelas, dan akar cabang dari akar sekunder juga sudah mulai tumbuh.
V2 (Vegetatif 2)	Buku kedua	Tanaman memasuki usia dua minggu. Akar cabang mulai berkembang.
V3 (Vegetatif 3)	Buku ketiga	Tanaman memasuki usia tiga minggu, terdapat tiga buku batang, perakaran sudah berfungsi penuh, dan bintil akar sudah mulai berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara.
Vn (Vegetatif ke-n)	Buku V _N	Usia ke-n dapat dihitung dari jumlah buku pada batang tanaman setelah buku pertama dengan daun sudah terurai penuh.

Fase pertumbuhan tanaman kedelai terdiri dari fase vegetatif dan fase generatif. Fase vegetatif dihitung sejak tanaman mulai muncul ke permukaan tanah sampai saat mulai berbunga. Perkecambahan dicirikan dengan adanya kotiledon, sedangkan penandaan stadia pertumbuhan vegetatif dihitung dari jumlah buku

yang berbentuk pada batang utama. Fase pertumbuhan reproduktif (generatif) dihitung sejak tanaman kedelai mulai berbunga sampai pembentukan polong, perkembangan biji, dan pemasakan biji (Adisarwanto, 2007). Tipe pertumbuhan tanaman kedelai ada dua macam yaitu tipe ujung batang melilit (indeterminate) dengan ujung batang tidak berakhir dengan rangkaian bunga dan tipe batang tegak (determinate) dengan ujung batang berakhir dengan rangkaian bunga (Andrianto dan Indarto, 2004).

Tabel 2. Penandaan fase generatif tanaman kedelai

Stadia	Keterangan
R ₁ (reproduktif awal)	Bunga pertama terbuka dan terjadi pada 35-45 hari setelah tanam sesuai dengan varietas.
R ₂ (fase berbunga penuh)	Bunga terbuka pada usia 45-55 hari setelah tanam.
R ₃ (reproduktif mulai berpolong)	Polong terbentuk pada salah satu buku pada 55-65 hari setelah tanam.
R ₄ (fase berpolong penuh)	Polong terbentuk sepanjang 2 cm di salah satu buku dan terjadi pada 60-70 hari setelah tanam sesuai varietas.
R ₅ (fase pembentukan polong)	Biji terbentuk sebesar 3 mm dalam polong dan terjadi pada 65-76 hari setelah tanam.
R ₆ (fase biji penuh)	Rongga polong penuh dengan biji dan terjadi pada 70-80 hari setelah tanam.
R ₇ (mulai matang)	Polong berubah warna dari hijau menjadi coklat muda atau coklat tua dan terjadi pada 80 hari setelah tanam.
R ₈ (matang penuh)	Polong sudah coklat sepenuhnya, sebagian daun menguning dan kering kemudian gugur.

Stadia perkecambahan (V_E) ditunjukkan dengan munculnya kotiledon ke permukaan tanah. Stadia kotiledon (V_C) ditandai dengan daun unfoliolat berkembang. Stadia buku ke-1 (V_1) ditandai dengan daun terbuka penuh pada buku unfoliolat. Stadia perkecambahan hingga stadia buku ke-1 rata-rata berlangsung selama 14 hari. Stadia buku ke-2 (V_2) ditandai dengan daun trifoliolat terbuka penuh pada buku ke-2 di atas buku unfoliolat. Perkembangan stadia buku ke-1 rata-rata berlangsung selama tujuh hari. Stadia buku ke-3 (V_3)

ditandai dengan buku ketiga batang utama terdapat daun yang terbuka sempurna. Perkembangan stadia buku ke-2 hingga buku ke-3 rata-rata berlangsung selama 5 hari (Pedersen, 2004). Fase generatif tanaman kedelai dimulai dengan munculnya bunga pertama. Pada stadia mulai berbunga dan berbunga penuh (R₁-R₂) ditandai dengan munculnya bunga pertama pada batang utama dengan daun yang telah terbuka penuh. Stadia mulai berpolong (R₃) ditandai dengan polong telah terbentuk dengan panjang 0,5 cm pada salah satu buku batang utama. Kedua stadia ini telah berlangsung selama 14 hari. Stadia berpolong penuh (R₄) ditandai dengan polong telah mempunyai panjang 2 cm pada salah satu buku teratas pada batang utama. Stadia mulai pembentukan biji (R₅) ditandai dengan ukuran biji dalam polong mencapai 3 cm pada salah satu buku batang utama. Stadia R₄-R₅ ini berlangsung selama tujuh hari. Stadia berbiji penuh (R₆) ditandai dengan setiap polong pada batang utama telah berisi biji satu atau dua dan berlangsung selama 14 hari. Stadia mulai masak (R₇) ditandai dengan salah satu warna polong pada batang utama telah berubah warna menjadi coklat kekuningan atau bewarna masak dan berlangsung selama 14 hari. Stadia masak penuh (R₈) ditandai dengan 95% jumlah polong telah mencapai warna masak dan berlangsung selama tujuh hari dari stadia sebelumnya (Pedersen, 2004).

Benih tanaman industri dapat dikelompokkan menjadi benih ortodoks, rekalsitran, dan intermediate. Pengelompokan tersebut didasarkan atas kepekaannya terhadap pengeringan dan suhu. Benih ortodoks relatif toleran/tahan terhadap pengeringan, benih rekalsitran peka terhadap pengeringan, sedangkan benih intermediate berada antara kedua sifat ortodoks dan rekalsitran. Benih ortodoks merupakan benih yang dapat dikeringkan hingga kadar air rendah (2-5%) tanpa mengalami kerusakan, dan apabila disimpan pada suhu rendah; relatif dapat disimpan lebih lama (Hasanah, 2002).

Kedelai termasuk benih ortodoks dengan kadar air benih pada saat penyimpanan 8-12% dengan suhu bervariasi sesuai dengan lamanya masa penyimpanan yang diharapkan. Semakin rendah suhu dan kelembaban udara penyimpanan, maka daya tahan penyimpanan benih semakin lama. Viabilitas benih ortodoks dapat

dipertahankan pada kadar air rendah dibawah 20%. Kedelai 100 gram memiliki kandungan protein 34,9 gram; kalori 331 kal.; lemak 18,1 gram; hidrat arang 34,8 gram; kalsium 227,0 mg; fosfor 585,0 mg; besi 8,0 mg; vitamin A 110 Si; vitamin B₁ 1,07 mg; dan air 7,5 gram (Suprpto, 2001).

Sifat genetik benih yaitu permeabilitas dan warna kulit benih berpengaruh terhadap daya simpan benih kedelai. Penelitian terdahulu menemukan bahwa varietas kedelai berbiji sedang atau kecil umumnya memiliki kulit berwarna gelap, tingkat permeabilitas rendah, dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kondisi penyimpanan yang kurang optimal dan tahan terhadap deraan cuaca lapang dibandingkan dengan varietas yang berbiji besar dan berkulit biji terang. Varietas kedelai berbiji kecil dan kulit berwarna gelap lebih toleran terhadap deraan fisik (suhu 42 °C dan kelembaban 100%) dibandingkan dengan varietas berbiji besar dan berkulit terang (Sukarman dan Raharjo, 2000).

2.2. Viabilitas Benih

Viabilitas benih sebagai indikasi daya hidup benih yang dapat ditunjukkan melalui gejala metabolisme sesuai gejala pertumbuhannya. Viabilitas benih adalah daya hidup suatu benih yang dapat ditunjukkan dalam fenomena pertumbuhannya, gejala metabolisme, kinerja kromosom atau garis viabilitas. Viabilitas potensial adalah parameter viabilitas dari suatu lot benih yang menunjukkan kemampuan benih menumbuhkan tanaman normal yang berproduksi normal pada kondisi lapang yang optimum.

Menurut Sadjad (1994), viabilitas benih dibagi menjadi dua macam yaitu viabilitas optimum (viabilitas potensial) dan vigor benih. Viabilitas potensial yaitu lot benih yang memiliki pertumbuhan normal pada kondisi optimum. Benih memiliki kemampuan potensial, sebab lapangan produksi tidak selalu dalam kondisi optimum, pada kondisi benih tersebut daya hidup benih terhambat pada kondisi lingkungan yang suboptimum. Lot benih mempunyai kemampuan lebih

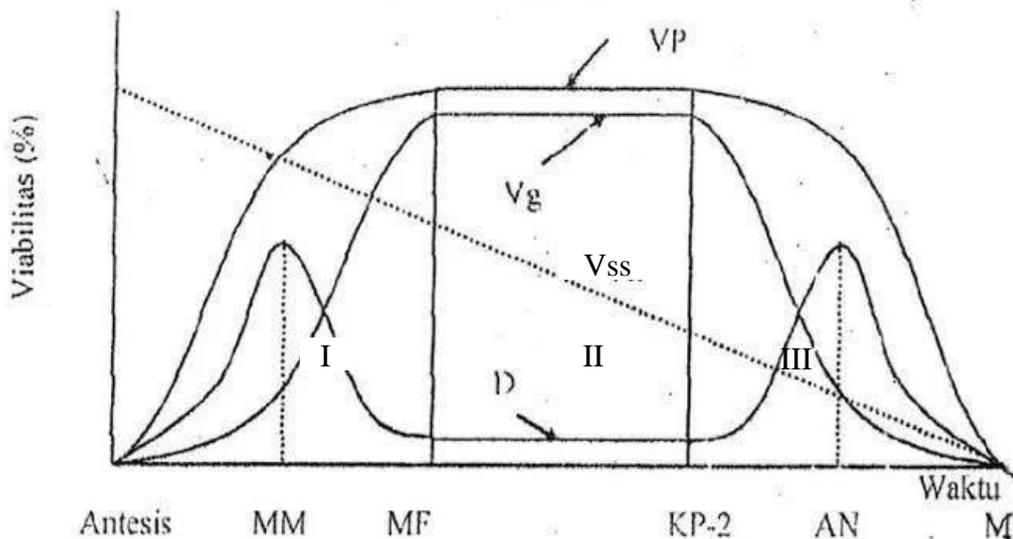
dari potensial bila mampu menghasilkan tanaman normal dalam kondisi suboptimum (Sadjad, 1994).

Parameter dalam menentukan viabilitas potensial adalah daya berkecambah dan bobot kering kecambah normal. Hal ini didasarkan pada pengertian bahwa struktur tumbuh pada kecambah normal tentu mempunyai kesempurnaan tumbuh yang dapat dilihat dari bobot keringnya. Deteksi parameter viabilitas potensial juga digunakan indikasi tidak langsung yang berupa gejala metabolisme yang ada kaitannya dengan pertumbuhan benih (Sutopo, 2004).

Secara umum viabilitas suboptimum (vigor benih) diartikan sebagai kemampuan benih untuk tumbuh normal pada keadaan lingkungan yang suboptimum (Sutopo, 1985). Menurut Sadjad (1994), viabilitas suboptimum (vigor benih) merupakan suatu kemampuan benih untuk tumbuh menjadi tanaman yang berproduksi normal dalam keadaan lingkungan yang suboptimum dan berproduksi tinggi dalam keadaan optimum. Vigor meliputi vigor genetik dan vigor fisiologi. Vigor genetik adalah vigor benih dari galur genetik yang berbeda-beda sedangkan vigor fisiologi adalah vigor yang dapat dibedakan dalam galur genetik yang sama. Vigor fisiologi dapat berupa indikasi tumbuh akar dari plumula atau koleptilnya, ketahanan terhadap serangan penyakit, dan warna kotiledon dalam efeknya terhadap Tetrazolium Test (Sutopo, 2004).

Konsep periodisasi viabilitas benih Steinbauer-Sadjad (Gambar 1) menerangkan hubungan antara viabilitas benih dan periode hidup benih. Menurut Konsep Steinbauer-Sadjad (1994), perkembangan viabilitas benih selama periode hidup benih dibagi menjadi tiga bagian yaitu periode I, periode II, dan periode III. Periode I merupakan penumpukan energi (*energy deposit*), yaitu periode pertumbuhan dan perkembangan benih sejak awal (anteses) hingga memasuki masak fisiologis. Periode II merupakan penambatan benih atau penggunaan energi (*energy transit*), yaitu penjagaan viabilitas benih semasa periode ini. Saat akhir periode II (periode kritikal) disebut kritikal periode dua (KP-2) yaitu batas periode simpan benih. Vigor dan viabilitas potensial benih akan menurun pada

periode ini, yang menurunkan kemampuan benih untuk tumbuh dan berkembang. Benih selanjutnya memasuki periode III yang ditunjukkan benih mundur dan kehilangan daya simpan benih. Pada semua periode, vigor aktual (vigor sesungguhnya atau vigor hakiki) terus menurun secara gradual linear dari viabilitas benih maksimum sampai benih mati.



Gambar 1. Konsep periodisasi viabilitas benih Stainbauer-Sadjad (Sadjad,1994).

Keterangan: Vp = viabilitas potensial, Vg = vigor, Vss = viabilitas sesungguhnya, D = delta atau selisih antara nilai Vp dan Vg, MM = masak morfologi, MF = masak fisiologi, KP-2 = kritisal periode II, AN = anomali, dan M = mati.

2.3. Kemunduran Benih

Kemunduran benih atau deteriorasi merupakan proses menurunnya mutu benih yang terjadi secara berangsur-angsur dan kumulatif akibat perubahan fisiologis dan biokimia yang disebabkan oleh faktor internal dan eksternal benih. Sadjad (1994) menyatakan bahwa kemunduran benih adalah mundurnya mutu fisiologis benih yang dapat menimbulkan perubahan menyeluruh di dalam benih; baik fisik, fisiologis maupun kimiawi yang mengakibatkan menurunnya viabilitas benih. Proses penuaan atau mundurnya vigor secara fisiologis ditandai dengan

penurunan daya berkecambah, peningkatan jumlah kecambah abnormal, penurunan pemunculan kecambah di lapangan (*field emergence*), terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman, meningkatnya kepekaan terhadap lingkungan yang ekstrim yang akhirnya dapat menurunkan produksi tanaman (Copeland dan McDonald, 2001).

Penyimpanan benih merupakan salah satu mata rantai penting dalam kegiatan perbenihan kedelai. Mutu benih kedelai dipengaruhi karakteristik benih yang meliputi komposisi kimia, struktur, dan morfologi biji; kondisi lapangan sebelum dipanen; dan saat penyimpanan benih. Kandungan protein dan lemak yang tinggi menyebabkan benih kedelai mengalami kemunduran terutama jika kondisi lingkungan simpan kurang menguntungkan (*suboptimum*). Benih kedelai yang mengalami kemunduran benih disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal benih seperti varietas, komposisi kimia benih, kadar air, dan viabilitas awal benih; sedangkan faktor eksternal yaitu kelembaban relatif udara, suhu, O₂, CO₂ serta jenis wadah simpan dan bahan kemasan benih yang digunakan (Justice dan Bass, 2002). Kemunduran mutu benih kedelai akan meningkat selama dalam proses penyimpanan, karena benih kedelai selama disimpan tetap mengalami proses respirasi (*bernafas*), hasil respirasi dalam simpanan benih berupa panas dan uap air. Uap air yang dihasilkan akan menambah bobot benih setelah penyimpanan (Kristiwidiyanti, 2019).

Faktor internal

1. Varietas

Varietas tanaman menurut Pasal 1 angka 3 UUPVT adalah sekelompok tanaman dari suatu jenis atau spesies yang ditandai oleh bentuk tanaman, pertumbuhan tanaman, daun, bunga, biji, dan ekspresi karakteristik genotipe atau kombinasi genotipe yang dapat membedakan dari jenis atau spesies yang sama oleh sekurang-kurangnya satu sifat yang menentukan bila diperbanyak tidak mengalami perubahan. Benih kedelai memiliki ciri yang tampak yaitu ukuran

benih yang menggambarkan kadar air yang terkandung di dalam benih tersebut, ketebalan kulit benih kedelai yang mempengaruhi daya simpan benih kedelai dalam periode penyimpanan (Kristiani, 2012).

Varietas unggul memegang peranan yang cukup penting, terutama dalam kontribusinya untuk meningkatkan produktivitas. Pada tahun 2016, pemerintah telah melepas 83 varietas unggul kedelai. Varietas-varietas tersebut mempunyai keragaman keunggulan dan karakteristik, baik karakteristik morfologi maupun agronomi. Keunggulan suatu varietas dapat dinilai berdasarkan potensi hasil, umur masak, ukuran biji, mutu biji, ketahanan terhadap cekaman biotik atau abiotik, dan lingkungan adaptasi. Keunggulan varietas akan memudahkan pengguna menentukan pilihan varietas, dan memahami karakteristik varietas berguna untuk menjaga kemurnian dan mutu genetik varietas.

Galur kedelai GM-26 dengan nama Dega 1, telah direkomendasikan untuk dilepas sebagai varietas unggul baru berdasarkan berita acara hasil sidang TP2V No. 56/BBN.TP/9/2015. Dega 1 mempunyai keunggulan potensi hasil tinggi, rata-rata hasil tinggi, umur genjah, ukuran biji besar, dan beradaptasi luas. Dega 1 adalah keturunan persilangan antara Varietas Grobogan dan Malabar. Persilangan buatan dilakukan pada tahun 2009 dan selanjutnya dilakukan penggalan tahun 2010–2012 hingga diperoleh galur Dega 1 (Balitkabi, 2016).

2. Komposisi kimia benih

Kacang kedelai (*Glycine max* L. Merr.) merupakan sumber protein, karbohidrat, lemak, serta sebagai sumber vitamin A, vitamin B₁, mineral kalsium, fosfor, dan zat besi. Kacang kedelai (*Glycine max* L. Merr.) kering seberat 100 g terdapat 34,9 gram protein; 34,8 gram karbohidrat; 18,1 gram lemak; kalori 331,0 kal.; 227,0 mg kalsium; 585,0 mg fosfor; 8,0 mg zat besi; 110,0 mg vitamin A; 1,07 vitamin B₁; dan 7,5 g air (Winarsi *et al.*, 2010).

Benih kedelai peka sekali terhadap kondisi simpan yang kurang optimal dan cepat mengalami kemunduran. Kepekaan ini disebabkan kandungan lemak dan

proteinnya relatif tinggi serta sifat fisiologis dari kulit benih kedelai dan hilum yang permeabel (Tatipata *et al.*, 2004). Perubahan asam lemak pada benih dapat terjadi selama penyimpanan bila kondisi ruang penyimpanan memiliki suhu dan kelembaban udara tinggi. Menurut Colder dan Burdge (2004), suhu dan kelembaban udara ruang penyimpanan masing-masing ≥ 30 °C dan ≥ 75 °C dapat menyebabkan perubahan lemak yaitu terjadi peningkatan asam lemak bebas. Asam lemak bebas semakin meningkat, maka viabilitas benih makin menurun (Copeland dan McDonald, 2001). Kondisi tersebut juga menyebabkan benih lebih bersifat higroskopis terutama pengaruh suhu dan RH tinggi. Benih yang mengalami kemunduran, daya berkecambah, dan kekuatan tumbuhnya atau vigor cepat menurun serta terjadinya perubahan kandungan kimiawi benih akibat respirasi.

3. Kadar air

Kadar air benih adalah jumlah air yang terkandung dalam benih. Kadar air benih pada awal penyimpanan merupakan faktor utama yang menentukan daya simpan benih. Kadar air yang terlalu tinggi meningkatkan proses metabolisme dan respirasi yang dapat mempercepat hilangnya viabilitas benih karena berkurangnya bahan cadangan makanan dalam benih serta menyebabkan mikroorganisme tumbuh aktif dan berkembang. Proses respirasi dan pertumbuhan mikroorganisme akan melepaskan uap air dan panas sehingga dapat merusak embrio benih Harrington (1972) dikutip oleh Sucahyono (2013). Kondisi yang kedap udara, akan mengakibatkan uap air dan panas akan menghasilkan gas ethanol yang dapat mematikan embrio. Kadar air benih yang rendah juga berpengaruh negatif terhadap proses autooksidasi lemak yang dapat menurunkan viabilitas benih.

Kadar air awal benih yang tinggi menurunkan kadar protein dalam mitokondria. Kadar protein membran sel dalam mitokondria yang rendah menghasilkan daya berkecambah dan vigor benih kedelai rendah dan sebaliknya (Tatipata, 2004). Viabilitas benih ortodoks (seperti kedelai) cepat turun bila disimpan dengan kadar air awal 12-14%. Kadar air terlalu rendah berkisar 3-5%, juga menimbulkan beberapa dampak yaitu menurunkan laju perkecambahan benih tidak dapat

berimbibisi, menyebabkan kematian embrio (Kuswanto, 2003). Kondisi ideal yang dapat memperpanjang masa simpan benih kedelai adalah panen kedelai setelah mencapai masak fisiologis dan kadar air awal benih 9-10% (Suchayono, 2014).

Menurut Copeland dan McDonald (2001), kondisi simpan yang aman bila terjadi keseimbangan antara kadar air benih 8-14% dan kelembaban udara 55-75% pada suhu konstan 25 °C. Kondisi penyimpanan tertutup mencegah fluktuasi udara yang tinggi, sehingga kadar air dan kelembaban udara lebih aman, laju respirasi dan kemunduran benih rendah.

4. Viabilitas awal benih

Viabilitas awal merupakan kemampuan benih untuk dapat berkecambah dan berproduksi normal pada kondisi lingkungan optimum. Viabilitas awal benih menentukan periode simpan benih tersebut. Benih dengan viabilitas awal yang tinggi lebih tahan terhadap kelembaban udara dan suhu dibandingkan dengan benih yang memiliki viabilitas awal yang rendah. Laju kemunduran benih dengan viabilitas tinggi juga lebih lambat bila dibandingkan dengan benih berviabilitas rendah (Sopian *et al.*, 2021). Kemunduran suatu benih dapat diterangkan sebagai turunnya kualitas atau viabilitas benih yang mengakibatkan rendahnya vigor dan jeleknya pertumbuhan tanaman serta produksinya. Perlu upaya penyimpanan benih yang tepat, sehingga diperoleh benih kedelai yang tetap berviabilitas tinggi setelah mengalami penyimpanan (Sutopo, 2012).

Faktor eksternal

1. Suhu ruang simpan

Suhu ruang simpan berkaitan dengan kondisi yang aman untuk benih disimpan dalam jangka waktu yang lama. Suhu pada penyimpanan benih dipengaruhi oleh dua kondisi yaitu penyimpanan terbuka dan tertutup. Penyimpanan terbuka tergantung dengan suhu kamar yang dapat berfluktuasi menjadi tinggi dan rendah

akibat udara sekitar. Kondisi yang aman pada suhu rendah dapat mempertahankan viabilitas benih, sedangkan pada suhu tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada benih karena akan memperbesar terjadinya penguapan zat cair dari dalam benih, hingga benih akan kehilangan daya imbibisi dan kemampuan berkecambah. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka semakin cepat laju kemunduran benih sehingga masa simpan benih semakin pendek juga sebaliknya. Hasil penelitian Dinarto (2010) menunjukkan bahwa benih kacang hijau yang dikemas dalam kantong bagor di ruang terbuka dengan suhu 29°C selama tiga bulan, viabilitas menurun menjadi 73,75%. Pada penyimpanan tertutup, lingkungan ruang simpan cenderung memiliki suhu yang konstan tidak terpengaruh oleh fluktuasi udara luar sehingga benih aman disimpan. Menurut Copeland dan McDonald (2001), kondisi simpan yang aman bila terjadi keseimbangan antara kadar air benih 8-14% dan kelembaban udara 55-75% pada suhu konstan 25°C . Kondisi penyimpanan tertutup mencegah fluktuasi udara yang tinggi, sehingga kadar air dan kelembaban udara lebih aman, laju respirasi dan kemunduran benih rendah. Penyimpanan tertutup membuat suhu dalam penyimpanan tetap konstan bila kondisi faktor lainnya aman, tetapi pada kondisi tidak aman dibutuhkan desikan. Desikan dapat menyerap kelebihan uap air terutama pada kondisi penyimpanan dibuka tutup sehingga kondisi kadar air dan kelembaban udara pada wadah simpan stabil dan tetap aman.

2. Kandungan gas O_2

Ketersediaan oksigen pada proses oksidasi diperlukan untuk membentuk energi. Respirasi adalah suatu proses pengambilan oksigen (O_2) untuk memecah senyawa-senyawa organik menjadi karbondioksida (CO_2), air (H_2O) dan energi. Respirasi adalah reaksi redoks, melalui oksidasi substrat menjadi karbondioksida (CO_2) sedangkan oksigen (O_2) yang diserap sebagai oksidator mengalami reduksi menjadi air (H_2O). Substrat respirasi adalah setiap senyawa organik yang dioksidasikan melalui proses respirasi menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Proses tersebut sangat tergantung pada ketersediaan oksigen. Lingkungan dengan kandungan O_2 lebih rendah daripada CO_2 pada udara di sekeliling benih

dapat menyebabkan benih akan bertahan lebih lama, bila benih tersebut memiliki kadar air di bawah 10%. Benih dengan kadar air di atas 14 % pada umumnya umurnya akan lebih pendek karena uap air di sekeliling benih dapat menaikkan CO₂ dan menurunkan O₂ pada udara tersebut (Kartasapoetra, 2003). Pada penyimpanan tertutup dengan kapur tohor, kandungan O₂ terbatas dan suhu yang cenderung konstan, keseimbangan kadar air dan kelembaban udara menyebabkan benih aman disimpan. Hal tersebut dapat menekan laju kemunduran benih.

3. Kelembaban relatif udara ruang simpan

Kelembaban relatif udara berkaitan dengan jumlah uap air dalam penyimpanan benih. Faktor kelembaban merupakan faktor penting karena berhubungan langsung dengan kadar air benih. Kelembaban relatif yang tinggi merupakan faktor luar sebagai penyebab utama menurun sampai hilang viabilitas benih selama penyimpanan. Kelembaban relatif udara sekitar benih meningkat, maka kadar air benih juga meningkat sampai terjadi nilai keseimbangan antara kadar air dan kelembaban udara. Benih kedelai termasuk kelompok benih ortodoks yang tidak tahan disimpan lama dan mudah rusak atau menurun mutunya bila disimpan pada kadar air yang tinggi atau disimpan pada ruang dengan kelembaban udara dan suhu ruang simpan tinggi. Kerusakan tersebut mengakibatkan penurunan mutu baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif karena rusak, memar, cacat, penurunan daya berkecambah dan lain-lain. Kelembaban udara ruang simpan harus diatur sehingga dapat mencapai keseimbangan dengan kadar air benih dan membentuk kondisi lingkungan yang aman untuk jangka waktu simpan yang lama. Pada kelembaban udara yang tinggi sekitar 70-90% cendawan akan sangat baik pertumbuhannya, sehingga benih kedelai perlu dibebaskan dari serangan hama dan penyakit gudang dengan kelembaban udara sekitar 30-40% yang berkeseimbangan dengan kandungan kadar air benih 6,5-7,5% (Sadjad, 1977) dalam Sutopo (2012). Lingkungan pada ruang simpan tertutup memiliki kondisi lingkungan yang terkontrol sehingga kelembaban udara tetap konstan bila faktor dalam dan luar lainnya aman. Kondisi faktor dalam dan luar yang tidak aman maka dibutuhkan desikan untuk mencegah fluktuasi uap air terutama pada

penyimpanan yang dibuka tutup agar lingkungan ruang simpan kembali aman sehingga membentuk kurva keseimbangan.

2.4. Zat Pengering Udara

Zat pengering udara atau desikan adalah suatu bahan yang mampu mengikat partikel-partikel air pada ruangan, sehingga mampu menjaga kelembaban udara dan kadar air ruangan. Zat pengering udara bersifat basa dan bila diaplikasikan di ruang penyimpanan, dapat menjaga viabilitas benih tetap tinggi. Viabilitas benih dipengaruhi oleh kelembaban udara, bila diberikan perlakuan zat pengering udara selama penyimpanan dapat menjaga viabilitas benih

(Lesilolo *et al.*, 2012).

Zat pengering udara antara lain *silica gel*, abu sekam, dan kapur tohor. Nama IUPAC kapur tohor ialah kalsium oksida (CaO), istilah lainnya kapur mentah, kapur bakar, kapur tohor. Kalsium oksida merupakan kristal basa, kaustik, zat padat putih pada suhu kamar. Istilah yang luas digunakan kapur berkonotasi bahan anorganik yang mengandung kalsium yang meliputi karbonat, oksida dan hidroksida kalsium, aluminium, dan besi mendominasi; seperti batu gamping.

Kapur tohor memiliki sifat higroskopis yaitu keadaan kering bahan tersebut dapat menyerap uap air dari lingkungan di sekitarnya. Proses penyerapan air oleh kapur tohor ini disebut dengan proses adsorpsi. Adsorpsi adalah proses molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan. Adsorpsi terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan sesuatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan.

Kapur tohor mampu menjaga dan mempertahankan viabilitas benih. Efektivitas kapur tohor dalam menjaga dan mempertahankan benih karena kemampuannya yang bersifat higroskopis, mampu menjaga kadar air benih tetap aman selama penyimpanan. Menurut penelitian Pramono (2011), benih yang digunakan dikemas dalam plastik polipropilen, kemudian kapur tohor yang berbentuk butiran

diwadahi dalam kantung-kantung kecil dari kain saring, proporsi kapur yang digunakan yaitu 0,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 dan 25,0%. Viabilitas benih diamati pada akhir periode simpan enam dan sembilan bulan. Benih dengan periode simpan sembilan bulan tanpa kapur tohor viabilitas benih menurun jauh dibandingkan dengan penyimpanan yang diberi kapur tohor. Hasil pengamatan sembilan bulan pada kemasan tanpa kapur tohor, daya berkecambah (DB) benih yaitu 5,33% jauh lebih rendah daripada DB benih pada proporsi 5-20% yang masih mencapai lebih dari 90%.

Hasil penelitian Akbar (2020), kondisi lingkungan pada penyimpanan tertutup dengan zat pengering udara (kapur tohor) selama empat bulan menunjukkan bahwa daya berkecambah tinggi yaitu 87,30% dan potensi tumbuh maksimum tinggi yaitu 99,25%. Lingkungan ruang simpan tersebut memiliki suhu 25° C dan kelembaban udara 32% yang tidak berfluktuasi sehingga laju respirasi dapat ditekan. Kapur tohor berbentuk bongkahan mempunyai efektivitas menyerap uap air sehingga kapur dapat menjaga kadar air selama penyimpanan. Penyimpanan dengan kapur tohor berfungsi untuk menjaga kondisi lingkungan tetap aman, terutama pada penyimpanan dibuka tutup. Udara yang masuk saat wadah simpan dibuka akan diserap oleh kapur tohor, sehingga uap air dan kelembaban wadah simpan tetap stabil selama penyimpanan.

2.5. Wadah Simpan

Wadah simpan digolongkan menjadi dua macam yaitu wadah yang kedap udara dan wadah yang permeabel. Wadah kedap adalah wadah yang tidak memungkinkan lagi terjadi pertukaran udara antara benih yang disimpan dengan lingkungannya, sedangkan wadah permeabel adalah wadah yang masih memungkinkan terjadinya pertukaran udara antara benih dan lingkungannya. Beberapa jenis wadah kedap udara yaitu; kaleng, toples kaca, toples plastik, dan *aluminium foil*. Wadah simpan kaleng memiliki kelebihan tahan lama, tetapi sekarang ini sulit diperoleh dan mudah berkarat. Wadah simpan plastik merupakan wadah yang paling umum digunakan dengan keunggulannya yaitu

ringan, kuat, anti karat, dan tahan terhadap bahan kimia, mempunyai sifat isolasi listrik yang tinggi dan murah; sedangkan wadah simpan aluminium foil memiliki daya simpan yang tinggi (Suparto *et al.*, 2021)

Wadah simpan plastik yang digunakan merupakan wadah penyimpanan yang tertutup, pada wadah yang kedap udara dengan suplai oksigen atau penyerapan oksigen dari luar wadah sangat sulit, sehingga respirasi benih hanya memanfaatkan oksigen yang terdapat dalam wadah tersebut. Proses respirasi tinggi terjadi penurunan kadar oksigen, sedangkan sisa respirasi yang berupa karbondioksida (CO₂) akan semakin bertambah (Nugraha *et al.*, 2005). Kondisi CO₂ tinggi di penyimpanan, dapat menghambat proses respirasi benih sehingga benih tetap aman bila disimpan dalam wadah.

Perbedaan ukuran wadah simpan akan mempengaruhi ketersediaan oksigen di dalam ruang. Ukuran wadah yang semakin besar, maka semakin banyak juga ketersediaan oksigen di dalamnya. Oksigen diperlukan pada proses oksidasi untuk menghasilkan energi. Laju respirasi pada proses tersebut sangat dipengaruhi oleh laju konsumsi oksigen. Ketersediaan oksigen dengan jumlah yang sedikit mengakibatkan laju respirasi lebih lambat sehingga cadangan makanan pada benih yang disimpan masih tetap aman. Proses respirasi tidak hanya tergantung pada ketersediaan O₂, juga kadar air benih, CO₂, suhu, RH, dan bahan kemasan. Mugnisjah dan Setiawan (1995) menjelaskan bahwa metabolisme respirasi dapat dipercepat jika konsentrasi oksigen di dalam tempat penyimpanan tinggi. Panas yang dihasilkan dari proses respirasi pada benih berkadar air tinggi selama penyimpanan menyebabkan meningkatnya proses biokimia yang terjadi saat benih berkecambah. Perombakan cadangan makanan (amilum) menjadi semakin besar, sehingga glukosa yang dihasilkan juga semakin banyak. Subtrat respirasi (glukosa) tersedia cukup banyak dapat memacu laju respirasinya menjadi semakin tinggi.

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Juli sampai Nopember 2021. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah alat pengempa kertas, wadah kue, karet, *sprayer*, *conductivity meter*, timbangan elektrik dan analitik, oven, germinator IPB 73-2A/B, penggaris, gunting, nampan, wadah penyimpanan plastik, kawat, *alluminium foil* dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan adalah benih kedelai Varietas Dega-1, air, kapur tohor dan bahan kemas plastik *polyethylene*, aquades digunakan untuk merendam benih untuk uji daya hantar listrik (DHL), kertas label, karet gelang, amplop, dan substrat kertas merang.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yaitu perlakuan disusun secara faktorial (5x2) dengan tiga ulangan sehingga diperoleh 30 satuan percobaan. Faktor pertama adalah proporsi kapur tohor (B) terdiri dari 0,0% (b_0); 7,5% (b_1); 15,0 % (b_2); 22,5% (b_3) dan 30,0% (b_4). Faktor kedua adalah wadah simpan (W) terdiri dari wadah simpan volume 3 liter (w_1) dan wadah simpan volume 5 liter (w_2). Homogenitas ragam perlakuan diuji dengan uji Barlett dan

aditivitas data diuji dengan uji Tukey, bila asumsi anara terpenuhi dilakukan analisis ragam pemisahan nilai tengah perlakuan dengan uji perbandingan ortogonal pada taraf 5% (Tabel 1). Tata letak percobaan disajikan pada Gambar 2.

I	II	III
w_1b_3	w_1b_1	w_1b_0
w_2b_4	w_2b_0	w_2b_0
w_1b_4	w_2b_4	w_1b_1
w_2b_3	w_1b_3	w_1b_3
w_2b_0	w_1b_4	w_2b_1
w_1b_1	w_2b_3	w_2b_4
w_2b_2	w_1b_0	w_2b_3
w_1b_2	w_1b_2	w_2b_2
w_2b_1	w_2b_1	w_1b_2
w_1b_0	w_2b_2	w_1b_4

Gambar 2. Tata letak percobaan.

Keterangan: I, II, dan III = Kelompok

w_1 = volume wadah 3 liter

w_2 = volume wadah 5 liter

b_0 = proporsi kapur 0,0% = 0,0 g kapur/100 g benih x 100%

b_1 = proporsi kapur 7,5% = 7,5 g kapur/100 g benih x 100%

b_2 = proporsi kapur 15,0% = 15,0 g kapur/100 g benih x 100%

b_3 = proporsi kapur 22,5% = 22,5 g kapur/100 g benih x 100%

b_4 = proporsi kapur 30,0% = 30,0 g kapur/100 g benih x 100%

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Persiapan benih

Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kedelai Varietas Dega-1 dipanen pada 22 Mei 2021 yang diperoleh dari produsen benih Unit Pengelola Benih Sumber (UPBS) Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Lembang, Bandung, Jawa Barat.

Tabel 3. Koefisien perbandingan ortogonal

Perbandingan	Wadah simpan	w ₁					w ₂				
	Proporsi kapur	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄
<u>Wadah simpan (w)</u>											
P1	w ₁ vs w ₂	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1
<u>Proporsi kapur (b)</u>											
P2	b-linier	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
P3	b-kuadratik	2	-1	-2	-1	2	-2	-1	-2	-1	2
<u>W x B</u>											
P4	p1 x p2	2	1	0	-1	-2	-2	-1	0	1	2
P5	p1 x p3	-2	1	2	1	-2	-2	-1	-2	-1	2

Keterangan: w₁ = volume wadah 3 liter b₂ = proporsi kapur 15,0%
w₂ = volume wadah 5 liter b₃ = proporsi kapur 22,5%
b₀ = proporsi kapur 0,0% b₄ = proporsi kapur 30,0%
b₁ = proporsi kapur 7,5%

Benih yang digunakan telah diuji laboratorium kemudian disimpan dalam ruangan pada suhu 22 °C dengan bahan kemas plastik dan dilapisi karung plastik. Benih yang akan disimpan terlebih dahulu diukur kadar air dan diuji daya kecambah awalnya. Pengukuran kadar air dilakukan secara langsung yaitu menggunakan oven tipe *memmert* dengan suhu 105 °C dan waktu pengovenan selama 24 jam. Kadar air awal benih sebelum perlakuan kapur tohor dan wadah simpan berbeda yaitu 7,5%. Pengujian daya kecambah awal benih dilakukan sebelum perlakuan dengan menggunakan uji kecepatan perkecambahan (UKP) yaitu dengan menanam benih sebanyak 100 butir benih dengan empat ulangan pada kertas merang lalu digulung dan diletakkan di *germinator* tipe IPB 73 2A/2B. Persentase daya berkecambah awal benih sebelum penyimpanan yaitu 93%.

Penelitian dilanjutkan oleh peneliti dengan penyimpanan benih kedelai yang dikemas plastik *polyethylene* dan diletakkan di atas kawat pembatas yang berisi kapur tohor di wadah plastik berukuran tiga dan lima liter. Suhu dan kelembaban wadah simpan semua perlakuan diukur setiap hari pukul 10.00 WIB dengan *hygrometer* tipe HTC-1. Rata-rata suhu dan kelembaban selama empat bulan pada wadah simpan yaitu yaitu 27,75 °C dan 37,74% (w₁); 26,54 °C dan 37,91%

(w₂), sedangkan pada proporsi kapur yaitu 26,91 °C dan 38,02% (b₀); 26,56 °C dan 38,09% (b₁); 26,47 °C dan 37,74% (b₂); 26,42 °C dan 37,54% (b₃); 26,18 °C dan 37,54% (b₄).

Persiapan kapur tohor

Persiapan kapur tohor diawali dengan menimbang kapur tohor terlebih dahulu yaitu 0,0 g (b₀); 7,5 g (b₁); 15,0 g (b₂); 22,5 g (b₃); dan 30,0 g (b₄) per 100 g benih tiap satuan percobaan yang ditimbang dengan timbangan elektrik. Perlakuan pada penelitian ini berupa proporsi bobot kapur tohor per bobot benih, berarti masing-masing bobot kapur tohor per 100 g benih dikali 100% sehingga satuan bobot kapur per bobot benih adalah persen (%) yaitu 0,0 % (b₀); 7,5 % (b₁); 15,0 % (b₂); 22,5 % (b₃); dan 30,0 % (b₄). Setiap perlakuan benih yang dibutuhkan 500 g. Proporsi 0,0% (b₀) berasal dari $(0,0 \text{ g} \times 5) \text{ kapur} / (100 \text{ g} \times 5) \text{ benih} = 0,0 \text{ g kapur} / 500 \text{ g benih}$ dan seterusnya. Kapur tohor diganti setiap satu bulan sekali untuk menjaga efektivitas kapur dalam wadah simpan selama penyimpanan.

Persiapan wadah simpan

Wadah simpan yang digunakan untuk penyimpanan benih kedelai yaitu boks plastik dengan ukuran tiga dan lima liter. Wadah penyimpanan plastik terdiri dari tiga kelompok berbeda yang diberi label pada masing-masing perlakuan dan diletakkan sesuai dengan tata letak percobaan (Gambar 2). Kelompok 1 dan 2 diletakkan pada wadah simpan berwarna biru; kelompok 3 diletakkan pada wadah simpan berwarna hijau (Gambar 3).

Pelaksanaan penyimpanan benih

Urutan pelaksanaan penyimpanan benih di wadah simpan yaitu kapur tohor sesuai dengan proporsi kapur masing-masing perlakuan diletakkan di bagian dasar wadah kemudian dilapisi kawat berukuran 10 x 10 cm untuk wadah tiga liter (diameter 16 cm) dan ukuran 12 x 12 cm untuk wadah lima liter (diameter 20 cm)



Gambar 3. Wadah simpan plastik.

sebagai pembatas agar benih tidak terkena langsung dengan kapur tohor. Benih kedelai dengan bobot 500 gram dikemas dengan plastik *polyethylene* berukuran 15 x 30 cm diletakkan di atas kawat pembatas tersebut kemudian wadah simpan ditutup (Gambar 3). Wadah yang sudah berisi bahan penelitian lalu diberi label dan diletakkan sesuai dengan pengacakan yang tertera pada tata letak percobaan (Gambar 2). Wadah simpan tersebut disimpan di ruang laboratorium benih selama empat bulan. Pengamatan suhu dan kelembaban wadah simpan menggunakan *hygrometer* tipe HTC-1 pada masing-masing perlakuan. Rata-rata suhu dan kelembaban udara selama empat bulan pada wadah simpan yaitu yaitu 27,75 °C dan 37,74% (w_1); 26,54 °C dan 37,91% (w_2), sedangkan pada proporsi kapur yaitu 26,91 °C dan 38,02% (b_0); 26,56 °C dan 38,09% (b_1); 26,47 °C dan 37,74% (b_2); 26,42 °C dan 37,54% (b_3); 26,18 °C dan 37,54% (b_4). Pengujian benih dilakukan setiap bulan selama empat bulan penyimpanan. Penyimpanan dilakukan dari Juli sampai Nopember 2021.

Pelaksanaan pengecambahan benih

Pengecambahan benih dilakukan dengan dua tipe pengujian yaitu uji kecepatan perkecambahan (UKP) dan uji keserempakan perkecambahan (UKsP).

Uji kecepatan perkecambahan benih dilakukan dengan metode uji kertas digulung kemudian dilapisi plastik (UKDdP). Benih dikecambahkan di atas substrat kertas merang ukuran 32 x 23 cm yang telah direndam dengan air dalam nampan dan dikempa dengan alat pengempa kertas hingga kondisi lembab. Subtrat kertas merang tersebut diletakkan di atas selembar plastik berukuran 35 x 25 cm yang sudah diberi label berisikan nama perlakuan, tanggal pengujian dan ulangan. Jumlah benih yang digunakan pada uji kecepatan perkecambahan adalah 3.000 butir benih untuk 30 satuan percobaan. Pengecambahan pada setiap perlakuan dilakukan sebanyak 100 butir dengan benih kedelai pada empat gulungan. Pada setiap gulungan, dikecambahkan 25 butir benih kedelai yang disusun secara zigzag. Bahan uji tersebut digulung ke arah panjang substrat kertas merang kemudian diletakkan pada germinator tipe IPB-73-2A dan didirikan dengan posisi vertikal pada trays. Pengamatan dilakukan dengan mengamati pertumbuhan kecambah normal dimulai pada hari ke-2 sampai ke-3, ke-3 sampai ke-4, dan ke-4 sampai ke-5. Variabel yang diamati adalah kecepatan perkecambahan benih dan daya berkecambah benih. Pelaksanaan pengamatan dan perhitungan masing-masing variabel tersebut dirinci pada subbab variabel pengamatan.

Metode pengujian keserempakan perkecambahan benih (UKsP) sama dengan uji kecepatan perkecambahan benih (UKP) yang dilakukan dengan metode uji kertas digulung kemudian dilapisi plastik (UKDdP). Indikator pengujian ini yaitu potensi tumbuh maksimum, kecambah normal kuat, panjang hipokotil, dan bobot kering kecambah normal. Pelaksanaan pengamatan dan perhitungan masing-masing variabel tersebut dirinci pada subbab variabel pengamatan.

Uji kadar air benih dilakukan untuk mengetahui kandungan air di dalam benih. Pengujian dilakukan dengan metode langsung dengan oven tipe *memmert* selama 24 jam pada suhu 105 °C. Satuan kadar air adalah persen (%). Benih kedelai yang digunakan pada setiap perlakuan sebanyak 25 butir benih kedelai. Pengukuran dilakukan dengan menimbang wadah mangkuk *aluminium foil* dan di tare terlebih dahulu. Benih kedelai sebanyak 25 butir dimasukkan ke wadah tersebut dan ditimbang lalu catat data sebagai bobot sampel awal, selanjutnya

wadah mangkuk berisi benih tersebut dioven selama 24 jam. Benih dikeluarkan dari oven dan ditimbang untuk mendapatkan data bobot kering kecambah konstan (bobot sampel akhir). Perhitungan kadar air dirinci pada subbab variabel pengamatan.

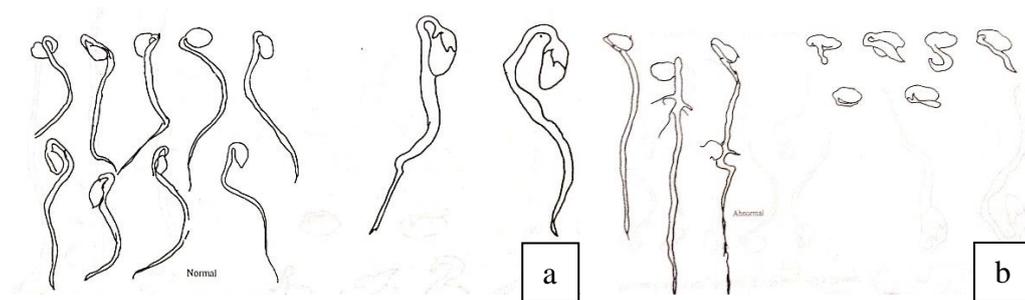
Pengujian daya hantar listrik (DHL) dilakukan setiap akhir bulan selama empat bulan penyimpanan benih. Pengujian ini dilakukan dengan menyiapkan 4 gram butir benih dan blanko (tanpa benih kedelai) pada masing-masing perlakuan. Benih kedelai selanjutnya dimasukkan ke dalam gelas plastik yang berisi aquades sebanyak 50 ml kemudian ditutup rapat dengan kertas dan disimpan selama 24 jam. Pada penelitian ini digunakan aquades untuk merendam benih karena perendaman benih dapat digunakan air bebas ion. Daya hantar listrik benih diukur menggunakan alat konduktometer *WTW Tetracon 325*. Penggunaan alat tersebut yaitu dengan cara memasukkan *dip cell* ke dalam air rendaman benih. Nilai konduktivitasnya akan terbaca dengan satuan $\mu\text{S}/\text{cm}$. Larutan blanko (tanpa benih kedelai) diuji juga nilai daya hantar listrik sebagai pembanding. Nilai konduktivitas larutan blanko diperoleh dari pengukuran terhadap larutan yang telah didiamkan selama 24 jam tanpa benih kedelai. Nilai blanko tersebut sebagai nilai kontrol konduktivitas listrik. Perhitungan daya hantar listrik dirinci pada subbab variabel pengamatan.

3.5. Variabel Pengamatan

1. Daya berkecambah (DB)

Daya berkecambah benih diukur berdasarkan jumlah kecambah normal. Pengamatan daya berkecambah dilakukan pada hari ke-3 dan hari ke-5 setelah tanam (ISTA, 2010). Kriteria kecambah normal menurut Sutopo (2012), yaitu kecambah yang memiliki perkembangan sistem perakaran baik terutama akar primer dan tanaman yang normal menghasilkan akar seminal maka akar tidak boleh kurang dari dua, perkembangan hipokotil baik dan sempurna tanpa ada kerusakan pada jaringannya, pertumbuhan plumula sempurna dengan daun hijau dan tumbuh baik, pertumbuhan epikotil sempurna dengan kuncup normal, dan

kecambah memiliki satu kotiledon dari monokotil dan dua bagi dikotil. Kriteria kecambah abnormal yaitu kecambah yang rusak tanpa kotiledon, embrio pecah, akar primer yang pendek, kecambah yang bentuknya cacat, perkembangannya lemah, plumula yang terputar, bagian hipokotil, epikotil, dan kotiledon membengkok, kecambah yang lunak, koleoptil yang pecah atau tidak mempunyai daun, dan kecambah yang kerdil (Gambar 4).



Gambar 4. Kecambah normal (a) dan kecambah abnormal (b) (Sutopo, 2012).



Gambar 5. Kecambah normal (a) dan kecambah abnormal (b) setiap pengamatan 1, 2, 3, dan 4 bulan.

Persentase daya berkecambah benih dihitung dengan rumus:

$$DB = \frac{\Sigma \text{Kecambah Normal 3 HST} + \Sigma \text{Kecambah Normal 5 HST}}{\Sigma \text{Benih yang ditanam}} \times 100\%$$

2. Potensi tumbuh maksimum (PTM)

Potensi tumbuh maksimum didapatkan dari pengamatan keserempakan perkecambahan, dengan cara menghitung seluruh benih yang berkecambah baik normal maupun abnormal (kecuali benih mati) pada hari ke-5 setelah tanam dari setiap perlakuan. Satuan potensi tumbuh maksimum dinyatakan dalam persen (%). Persentase potensi tumbuh maksimum benih dihitung dengan rumus:

$$PTM = \frac{\Sigma \text{Kecambah Normal} + \text{Kecambah Abnormal}}{\Sigma \text{Benih yang dkecambahkan}} \times 100\%$$

3. Kecepatan perkecambahan (KP)

Kecepatan perkecambahan adalah suatu peubah sebagai tolok ukur vigor kekuatan tumbuh benih. Pengukuran kecepatan perkecambahan didapatkan dari uji kecepatan perkecambahan. Pengukuran kecepatan perkecambahan benih dilakukan mulai hari ke-2 sampai hari ke-5 dari setiap perlakuan. Kecepatan tumbuh benih dihitung berdasarkan jumlah penambahan presentase kecambah normal per etmal (Sadjad *et al.*, 1999). Kecepatan tumbuh benih dapat dihitung menggunakan rumus:

$$KP = \sum_{t=2}^{t=5} \frac{\Delta KN}{t}$$

Keterangan : KP = Kecepatan perkecambahan (%/hari)
 ΔKN = Persen selisih kecambah normal (%)
 t = Jumlah hari sejak penanaman benih hingga hari pengamatan ke-t (2, 3, 4, dan 5).

4. Kecambah normal kuat (KNK)

Kecambah normal kuat adalah suatu peubah sebagai tolok ukur vigor kekuatan tumbuh benih. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa kriteria kecambah normal kuat yaitu panjang kecambah lebih dari 2 cm, hipokotil tumbuh

baik dan tegak. Kecambah normal kuat diukur pada kecambah hasil uji keserempakan perkecambahan benih (UKsP) yaitu dengan dihitung persentase kecambah normal kuat dari seluruh benih yang ditanam pada hari ke-5. Satuan pengamatan kecambah normal kuat adalah persen (%).

Kecambah normal kuat dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{KNK (\%)} = \frac{\text{KNK}}{100} \times 100 \%$$

Keterangan: KNK = Persen kecambahan normal kuat
 KNK = Jumlah kecambah normal kuat
 100 = Jumlah benih yang ditanam di kertas merang dalam satu Perlakuan

5. Panjang hipokotil (PH)

Panjang hipokotil diukur pada kecambah hasil uji keserempakan perkecambahan benih (UksP) dari 20 sampel pada empat gulungan yang diambil secara acak setiap perlakuan. Panjang hipokotil diukur dari pangkal hipokotil hingga kotiledon. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan penggaris. Nilai panjang hipokotil yang telah diperoleh kemudian dirata-ratakan. Satuan pengukuran yang digunakan adalah sentimeter (cm).

6. Bobot kering kecambah normal (BKKN)

Bobot kering kecambah normal adalah rata rata bobot kering dari 20 sampel kecambah normal diambil masing-masing pada setiap perlakuan. Pengukuran dilakukan pada kecambah normal uji keserempakan perkecambahan pada hari ke- 5 setelah tanam. Kecambah yang tumbuh dengan normal dipisahkan dari kotiledon, kemudian dimasukkan ke dalam amplop coklat ukuran 11 x 23 cm. Amplop coklat tersebut dimasukkan ke dalam oven tipe *Memmert* dengan suhu 80 °C selama 3 x 24 jam sampai mencapai bobot kering konstan. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik tipe *Ohaus*. Bobot kering kecambah normal dinyatakan dalam satuan milligram (mg).

Rumus untuk menghitung bobot kering kecambah normal adalah

$$\text{BKKN (mg)} = \frac{\text{Bobot kering kecambah normal dalam satu ulangan}}{20 \text{ kecambah normal sampel}}$$

7. Kadar air (KA)

Pengujian kadar air benih dilakukan untuk mengetahui kandungan air dalam benih sebelum dan selama penyimpanan. Pengukuran dilakukan setiap bulan selama empat bulan penyimpanan. Metode pengukuran kadar air benih sudah dijelaskan pada subbab pelaksanaan pengecambahan benih. Satuan kadar air adalah persen (%). Nilai kadar air benih diperoleh dengan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Bobot sampel awal} - \text{bobot sampel akhir}}{\text{Bobot sampel awal}}$$

8. Daya hantar listrik (DHL)

Daya hantar listrik benih dilakukan untuk mengetahui tingkat kebocoran benih. Konduktivitas sampel (X) merupakan nilai daya hantar listrik air rendaman benih kedelai yang terbaca pada alat *Conductivitymeter* (ISTA, 2010). Metode pengukuran daya hantar listrik sudah dijelaskan pada subbab pelaksanaan pengecambahan benih. Satuan daya hantar listrik adalah $\mu\text{S/cm g}$. Nilai daya hantar listrik diperoleh dengan rumus:

$$\text{DHL } (\mu\text{S/cm g}) = \frac{\text{Konduktivitas sampel} - \text{blanko}}{4 \text{ gram}}$$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

1. Respons viabilitas benih kedelai pada proporsi kapur tohor 0,0; 7,5; 15,0; 22,5; dan 30,0% tidak berbeda selama penyimpanan empat bulan.
2. Respons viabilitas benih kedelai pada wadah simpan tiga dan lima liter tidak berbeda selama penyimpanan empat bulan.
Respons viabilitas benih pada proporsi kapur tohor juga ukuran wadah simpan menghasilkan viabilitas benih tetap tinggi ditunjukkan rata-rata daya berkecambah (91,29%); potensi tumbuh maksimum (98,44%); kecepatan perkecambahan (25,28%/hari); kecambah normal kuat (84,73%); panjang hipokotil (8,78 cm); dan bobot kering kecambah normal (32,53 mg) tinggi sedangkan kadar air (7,45%) dan daya hantar listrik (165,13 $\mu\text{S/cm g}$) rendah selama penyimpanan empat bulan.
3. Respons viabilitas benih pada berbagai proporsi kapur tohor tidak bergantung pada ukuran wadah simpan.

5.2. Saran

1. Penelitian lanjutan perlu dilakukan periode penyimpanan yang lebih lama sehingga dapat diketahui proporsi kapur tohor dan ukuran wadah yang tepat, karena pada periode empat bulan belum menunjukkan hasil yang berbeda.
2. Penelitian lanjutan perlu dilakukan metode uji lapang dibandingkan dengan hasil uji laboratorium terhadap viabilitas benih.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T. 2007. *Budidaya Kedelai Tropika*. Penebar Swadaya. Jakarta. 76 hlm.
- Akbar, H.F. 2020. *Studi Bahan Kemasan dalam Mempertahankan Viabilitas Benih Kedelai (Glycine max (L.) Merrill.) Selama Periode Simpan Empat Bulan di Kondisi Ruang dengan Zat Pengering Udara*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 96 hlm.
- Andrianto, T. dan Indarto, N. 2004. *Budidaya dan Analisis Usaha Tani; Kedelai, Kacang Hijau, Kacang Panjang*. Penerbit Absolut. Yogyakarta. 92 hlm.
- Balai Penelitian dan Pengembangan Tanaman. 2006. *Buku Panduan Hak Kekayaan Intelektual*. Bogor. 65 hlm.
- Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 2016. Dega 1: VUB Kedelai Genjah, Biji Besar, Hasil Tinggi. <https://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/infotek/dega-1-vub-kedelai-genjah-besar-hasil-tinggi/> [7 Juni 2022]
- Chang, R. dan Tikkanen, W. 1988. *The Top Fifty Industrial*. Chemicals Random House. New York. USA. 191 pp.
- Colder, P.C. dan Burdge, G.C. 2004. *Fatty Acids. In Bioactive Lipids*. Oily Press. Bridgwater. 36 pp.
- Copeland, O. dan McDonald, M.B. 2001. *Principles of Seed Science and Technology*. 4th edition. Kluwer Academic Publishers. London. 481 pp.
- Destiana, I.D., Darmawati, E., dan Nugroho, L.P.E. 2016. Pengaruh Beberapa Kemasan Plastik terhadap Kualitas Benih Kedelai Selama Penyimpanan. *JTEP (Jurnal Keteknik Pertanian)*. 4(1): 45–52.
- Dinarto, W. 2010. Pengaruh Kadar Air dan Wadah Simpan terhadap Viabilitas Benih Kacang Hijau dan Populasi Hama Kumbang Bubuk Kacang Hijau (*Callosobruchus Chinensis L.*). *Jurnal Agrisains*. 1(1): 68-78.

- Dirjen Tanaman Pangan. 2020. Laporan Tahunan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Tahun 2019. Dirjen Tanaman Pangan. Kementerian Pertanian. Jakarta. 169 hlm.
- Hasanah, M. 2002. Peran Mutu Fisiologi Benih dan Pengembangan Industri Benih Tanaman Industri. *Jurnal Litbang Pertanian*. 21(3): 84-91.
- Irsan, M.A. 2021. *Studi Bahan Kemasan pada Viabilitas Benih Kedelai (Glycine max [L.] Merril.) Selama Periode Simpan di Ruang Simpan dengan Kapur Tohor*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 100 hlm.
- ISTA. 2010. *International Rules for Seed Testing*. ISTA. Switzerland. 464 pp.
- Justice, O.L. dan Bass, L.N. 2002. *Prinsip dan Praktek Penyimpanan Benih*. Cetakan ke-3. Terjemahan: Rennie Roesli. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 446 hlm.
- Kartasapoetra, A.G. 2003. *Teknologi Benih (Pengolahan Benih dan Tuntunan Praktikum)*. PT Rineka Cipta. Jakarta. 187 hlm.
- Kartono. 2004. Teknik Penyimpanan Benih Kedelai Varietas Wilis pada Kadar Air dan Suhu Penyimpanan yang Berbeda. *Buletin Teknik Pertanian*. 9(2): 79-82.
- Kristiani, S. 2012. Kajian Suhu dan Kadar Air terhadap Kualitas Benih Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) Selama Penyimpanan. Makalah Seminar. Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 14 hlm.
- Kristiwidiyanti. 2019. Mutu Benih Kedelai yang Disimpan pada Berbagai Jenis Wadah dan Lama Penyimpanan. Naskah Publikasi. Fakultas Agroindustri Universitas Mercu Buana. Yogyakarta. 17 Desember 2019. 17 hlm.
- Kusno, W. 2010. *Budidaya Kacang Kedelai*. Epsilon Grup. Bandung. 49 hlm.
- Kuswanto, H. 2003. *Teknologi Pemrosesan, Pengemasan, dan Penyimpanan Benih*. Kanisius. Yogyakarta. 103 hlm.
- Lesilolo, M.K., Patty, J., dan Tetty, N. 2012. Penggunaan Desikan Abu dan Lama Simpan terhadap Kualitas Benih Jagung (*Zea Mays L.*) pada Penyimpanan Ruang Terbuka. *Jurnal Agrologia*. 1(1): 51-59.
- Mugnisjah, W.Q. dan Setiawan, A. 1995. *Produksi Benih*. Bumi Aksara. Jakarta. 129 hlm.
- Mugnisjah, W.Q., Setiawan, A., Suwanto, dan Santiwa, C. 2002. *Panduan Praktikum dan Penelitian Bidang Ilmu dan Teknologi Benih*. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 232 hlm.

- Nugraha, S., Sudaryono, dan Lubis, R. 2005. Pengaruh Pengemasan terhadap Kandungan Oksigen (*Oxygen level*) dan Perubahan Kualitas Gabah Selama Penyimpanan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*. Bogor. 17 Maret 2005. Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian. Hlm 189-197.
- Nurisma, I., Agustiansyah, dan Kamal, M. 2015. Pengaruh Jenis Kemasan dan Suhu Ruang Simpan terhadap Viabilitas Benih Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 15(3): 183-190.
- Pedersen, P. dan Lauer, J.G. 2004. Response of Soybean Yield Components to Management System and Planting Date. *Agronomy Journal*. 96(5): 1372–1381.
- Pramono, E. 2011. Kesetaraan antara Periode Simpan Alamiah (PSA) dan Intensitas Pengusangan (IP) untuk Benih Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.). *Prosiding Seminar Ilmiah Sains dan Teknologi-IV*. Bandar Lampung. 29-30 November 2011. Hlm 279-290.
- Purwanti, S. 2004. Kajian Suhu Ruang Simpan terhadap Kualitas Benih Kedelai Hitam dan Kedelai Kuning. *Ilmu Pertanian*. 11(1): 22-31.
- Rahayu, E. dan Widajati, E. 2007. Pengaruh Kemasan, Kondisi Ruang Simpan dan Periode Simpan terhadap Viabilitas Benih Caisin (*Brassica chinensis* L.). *Bul. Agron*. 35(3): 191–196.
- Rakatika, R.R. dan D. Hernawati. 2014. Perbedaan Konsumsi Oksigen (O₂) pada Proses Respirasi Kecambah. *Penelitian Internal*. (1): 1-7.
- Sadjad, S. 1994. *Metode Uji Langsung Viabilitas Benih*. PT Grasindo. Jakarta. 103 hlm.
- Sadjad, S., Murniati, E., dan Ilyas, S. 1999. *Parameter Pengujian Vigor Benih dari Komparatif ke Simulatif*. Grasindo. Jakarta. 185 hlm.
- Sajimin, Fanindi, A., dan Hutasoit, R. 2017. Pengaruh Metoda Penyimpanan terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Calopo (*Calopogonium mucunoides*). *Journal of Tropical Forage Science*. 6(2): 98-101.
- Schmidt, L. 2002. *Pedoman Penanganan Benih Tanaman Hutan Tropis dan Subtropis 2000*. PT Gramedia. Jakarta. 530 hlm.
- Sopian, K.A., Nurmauli, N., Ginting, Y.C., dan Ermawati. 2021. Pengaruh Varietas dan Pelembaban pada Viabilitas Benih Kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill) Pascasimpan Tujuh Belas Bulan. *Jurnal Balitbangda*. 9(3): 327-339.
- Sucahyono, D. 2013. Invigorasi Benih Kedelai. *Buletin Palawija*. (25): 18-25.

- Sucahyono, D. 2014. *Teknologi Penyimpanan dan Invigorasi Benih Kedelai*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang. 194 hlm.
- Sukarman dan Rahardjo, M. 2000. Karakter Fisik, Kimia dan Fisiologis Benih Beberapa Varietas Kedelai. *Buletin Plasma Nutfah*. 6(2): 31-36.
- Suparto, H., Saputra, R.A., dan Novitriani. 2021. Pengaruh Jenis Wadah Simpan Kedap terhadap Mutu Benih Padi. *Gontor Agrotech Science Jurnal*. 7(2): 109-135.
- Suprpto. 2001. *Bertanam Kedelai*. Jakarta. Penebar Swadaya. 74 hlm.
- Sutopo, L. 1985. *Teknologi Benih*. CV Rajawali. Jakarta. 247 hlm.
- Sutopo, L. 2004. *Teknologi Benih*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 238 hlm.
- Sutopo, L. 2012. *Teknologi Benih*. Cetakan Ke-8. Rajawali Pers. Jakarta. 238 hlm.
- Tatipata, A., Prapto, Y., Aziz, P., dan Woerjono, M. 2004. Kajian Aspek Fisiologi dan Biokimia Deteriorasi Benih Kedelai dalam Penyimpanan. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 11(2): 76-87.
- Tatipata, A. 2008. Pengaruh Kadar Air Awal, Kemasan dan Lama Simpan terhadap Protein Membran dalam Mitokondria Benih Kedelai. *Bul. Agron*. 36(1): 8-16.
- Winarsi, H., Purwanto, A., dan Dwiyantri, H. 2010. Kandungan Protein dan Isoflavon pada Kedelai dan Kecambah Kedelai. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 15(2): 181-187.