

**KARAKTERISTIK FISIK BIJI TERHADAP KERAGAMAN  
RESPON KECEPATAN TUMBUH PADA 36 GENOTIP  
KEDELAI (*Glycine max* L. Merrill)**

Oleh  
**VANYA NATASHA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG  
2019**

**KARAKTERISTIK FISIK BIJI TERHADAP KERAGAMAN  
RESPON KECEPATAN TUMBUH PADA 36 GENOTIPE  
KEDELAI (*Glycine max* L. Merrill)**

Oleh  
**VANYA NATASHA**  
**155040207111036**

**MINAT BUDIDAYA PERTANIAN  
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana  
Pertanian Strata Satu (S-1)**

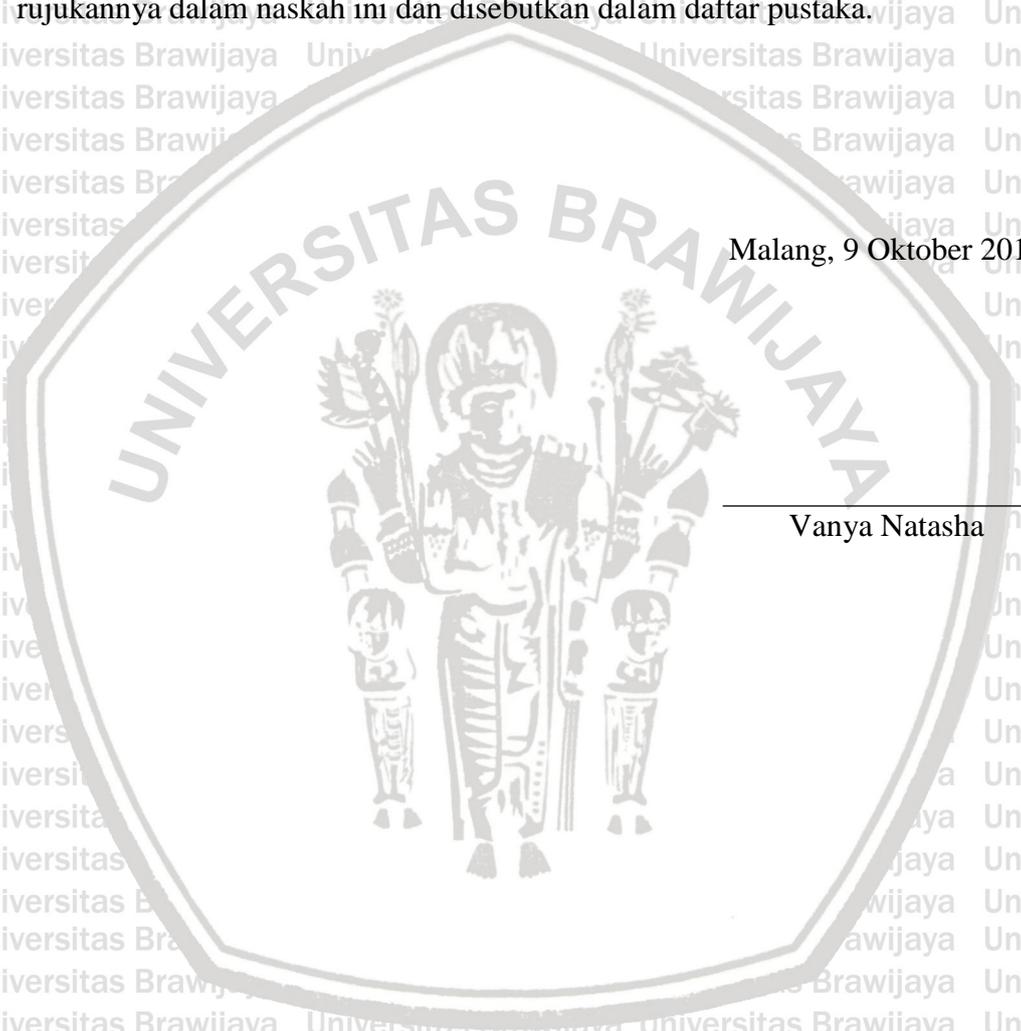
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN  
MALANG  
2019**

### PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar diperguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 9 Oktober 2019

Vanya Natasha



**LEMBAR PERSETUJUAN**

Judul Penelitian : **Karakteristik Fisik Biji Terhadap Keragaman Respon Kecepatan Tumbuh Pada 36 Genotip Kedelai (*Glycine max* L. Merrill)**

Nama Mahasiswa : Vanya Natasha

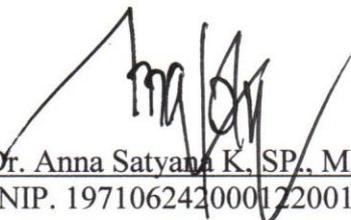
NIM : 155040207111036

Program Studi : Agroekoteknologi

Minat : Budidaya Pertanian

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

  
Dr. Anna Satyana K., SP., MP  
NIP. 197106242000122001

Diketahui,

Ketua Jurusan Budidaya Pertanian,

  
  
Dr. Noef Rahmi Ardiarini, SP., M.Si  
NIP. 197011181997022001

Tanggal Persetujuan: 02 JAN 2020





LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Ellis Nihayati, MS.  
NIP. 195310251980022002

Dr. Anna Satyana Karyawati SP., MP.  
NIP. 19710624200121001

Penguji III

Afifudin Latif Adiredjo, SP., M.Sc., Ph.D  
NIP. 198111042005011002

Tanggal Lulus : 02 JAN 2020



Skripsi ini kupersembahkan untuk

Bapak dan Mama serta Theresia dan Yohanes adikku tercinta. Puji syukur kepada Tuhan atas pertolongan-Nya.

## RINGKASAN

**Vanya Natasha. 155040207111036. Karakteristik Fisik Biji Terhadap Keragaman Respon Kecepatan Tumbuh Pada 36 Genotip Kedelai (*Glycine max* L. Merrill). Dibawah bimbingan Dr. Anna Satyana K, SP., MP sebagai pembimbing utama.**

Kedelai merupakan salah satu tanaman pangan yang semakin diminati masyarakat Indonesia sebagai protein nabati yang rendah kolesterol dan bernilai gizi tinggi. Jumlah permintaan kedelai terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan membaiknya tingkat pendidikan masyarakat mengenai kesehatan dan mutu pangan yang akhirnya akan meningkatkan konsumsi terhadap bahan pangan berkualitas (Pusdatin, 2013). Namun sebaliknya, produksi kedelai terus mengalami fluktuasi. Produktivitas yang rendah disebabkan salah satunya yaitu belum adanya ketersediaan benih bermutu yang menjadi hal penting untuk kesinambungan produksi tanaman. Salah satu usaha yang dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman kedelai ialah dengan mengetahui karakteristik fisik pada biji. Pengetahuan tentang sifat fisik biji kedelai sangat penting untuk optimasi peningkatan produktivitas kedelai. Ketersediaan biji bermutu menjadi hal yang penting untuk kesinambungan produksi tanaman. Mutu suatu biji dapat dilihat dari beberapa aspek seperti kebenaran varietas, kemurnian benih, daya hidup, serta bebas hama dan penyakit (Mugnisjah, 1994). Disamping itu, benih yang digunakan harus memiliki tingkat kekuatan tumbuh dan daya kecambah yang tinggi sehingga mencapai produksi secara maksimum. Oleh karena itu penelitian ini untuk mempelajari respon kecepatan tumbuh dari beberapa genotip berdasarkan karakter fisik biji kedelai.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Produksi Benih Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian dilakukan pada bulan April hingga Mei 2019. Alat yang digunakan untuk pengamatan di laboratorium adalah kertas merang, cawan petri (*petridish*), timbangan analitik, jangka sorong, mikrometer, baki, *germinator*, *spiral separator*, kaca pembesar, pinset, cutter, sprayer, amplas, label dan kamera digital. Bahan yang digunakan untuk penelitian terdiri dari benih F6 hasil pengembangan galur populasi bersegregasi. Terdiri dari 30 genotip, masing-masing terdapat 10 biji kedelai. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 30 genotip kedelai sebagai perlakuan. Setiap perlakuan terdiri atas 10 ulangan yang masing-masing terdiri atas 10 butir biji. Penelitian dilakukan pada 3 unit rancangan percobaan yaitu persiapan benih, penentuan kadar air dan sterilisasi alat dan bahan. Pengamatan yang dilakukan di laboratorium terdapat pengamatan karakter fisik biji dan perkecambahan biji kedelai. Pengamatan karakter fisik biji dilakukan terhadap bobot 100 biji, berat biji per individu, panjang biji (P), lebar biji (L), tebal biji (T), diameter biji (aritmatik), diameter biji (geometri), kebulatan biji, volume biji dan luas permukaan biji. Pengamatan perkecambahan dilakukan terhadap laju pertumbuhan dan daya berkecambah (%) benih kedelai. Analisis data menggunakan analisis ragam (ANOVA). Jika dari hasil uji F pada taraf 5% menunjukkan hasil berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut dengan uji rata-rata bergerombol Scott-Knott (Scott & Knott, 1974). Kemudian data pengamatan yang diperoleh dianalisis menggunakan analisa korelasi.

Uji korelasi menggambarkan nilai keeratan antar karakter. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, analisa korelasi mampu menggambarkan hubungan antara karakter fisik biji dengan karakter fisiologis biji. Pada karakter fisik biji (panjang biji, lebar biji, tebal biji, diameter biji, volume biji, kebulatan biji, luas permukaan biji) memiliki hubungan positif yang nyata pada masing-masing karakter fisik biji. Sementara karakter fisik biji memiliki hubungan yang tidak nyata dengan karakter fisiologis daya berkecambah. Karakter kadar air biji memiliki hubungan negatif yang nyata dengan karakter fisiologis daya berkecambah. Karakter fisik panjang biji, tebal biji, diameter biji, volume biji, kebulatan biji dan luas permukaan biji memiliki hubungan negatif yang nyata dengan karakter fisiologis laju perkecambahan. Karakter berat kering kecambah memiliki hubungan positif yang nyata dengan karakter fisiologis panjang hipokotil dan panjang akar primer.



## SUMMARY

**Vanya Natasha. 155040207111036. Seed Morphology Characteristics Towards The Variation Of Growth Rate Responses In 36 Genotypes Of Soybean (*Glycine max* L. Merrill. Supervised by Dr. Anna Satyana K, SP., MP.**

Soybean is one crop that is increasingly popular in Indonesian society as vegetable protein, low in cholesterol and high nutritional value. The amount of soybean demand continues to increase along with the increase in population and the improvement in the level of public education regarding health and food quality which will ultimately increase consumption of quality food (Media Center, 2013). Instead, soybean production continues to fluctuate. Low productivity caused by the lack of availability of quality seeds that are that are important for the sustainability of crop production. One attempt was made to increase the productivity of soybean plants is to determine the physical characteristics of the seed. Knowledge of the physical properties of soybean seeds is essential for the optimization of the productivity of soybeans. Availability of quality seeds becomes important for the sustainability of crop production. The quality of a seed can be seen from several aspects such as the truth of varieties, seed purity, vitality, and free of pests and diseases (Mugnisjah, 1994). In addition, the seeds used must have a level of strength is growing and high germination rate as to achieve maximum production.

The experiment was conducted in Seed Production Technology Laboratory Brawijaya University, The study was conducted in April and May 2019. The instrument used for observation in the laboratory is rice paper, a petri dish (petridish), analytic scales, calipers, micrometers, tray, germinator, spiral separator, a magnifying glass, tweezers, cutter, sprayer, sandpaper, labels and digital cameras. The materials used for the study consisted of F6 seed strain development results segregating population. Consisting of 30 genotypes, each of which contained 10 soybean seeds. The research method using a completely randomized design (CRD) with 30 soybean genotypes as treatments. Each treatment consisted of 10 replicates, each consisting of 10 grains of seed. The study was conducted at three units of the experimental design that seed preparation, determination of water content and strelisisasi tools and materials. The observations made in the laboratory observations are physical characteristics and seed germination of soybean seeds. Observation of the physical character of seed carried out on 100-seed weight, seed weight per inividu, long beans (P), broad beans (L), a thick seed (T), the diameter of the seed (arithmetic), diameter of the seed (geometry), sphericity seeds, the volume of grain and the surface area of the seeds. Observations carried out on the growth rate of germination and germination percentage (%) of soybean seeds. Analysis of data using analysis of variance (ANOVA). If the results of the F test at 5% level showed significantly different results, then followed by a further test with an average test clustered Scott-Knott (Scott & Knott, 1974). long beans (P), seed width (L), seed thickness (T), the diameter of the seed (arithmetic), diameter of the seed (geometry), sphericity seeds, seed volume and surface area of the seeds. Observations carried

out on the growth rate of germination and germination percentage (%) of soybean seeds. Analysis of data using analysis of variance (ANOVA). If the results of the F test at 5% level showed significantly different results, then followed by a further test with an average test clustered Scott-Knott (Scott & Knott, 1974). long beans (P), seed width (L), seed thickness (T), the diameter of the seed (arithmetic), diameter of the seed (geometry), sphericity seeds, seed volume and surface area of the seeds. Observations carried out on the growth rate of germination and germination percentage (%) of soybean seeds. Analysis of data using analysis of variance (ANOVA). If the results of the F test at 5% level showed significantly different results, then followed by a further test with an average test clustered Scott-Knott (Scott & Knott, 1974).

Correlation test illustrates the value of closeness between the characters. From the research results can be concluded that the correlation analysis is able to describe the relationship between the physical characteristics of the physiological characteristics of seeds. On the physical characteristics of seeds (seed length, seed width, seed thickness, seed diameter, seed volume, seed roundness, seed surface area) have a significant positive relation on each physical character of the seeds. While the physical character of the seeds have no real relation with the physiological characteristics of germination. Seed moisture content has a significant negative relation with the physiological character of germination. Physical characteristics of seed length, seed thickness, seed diameter, seed volume, seed roundness and seed surface area have a significant negative relation with the physiological character of germination rate. Seedling dry weight character was positively associated with the physiological characteristics of hypocotyl length and primary root length.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan rahmat-Nya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik Fisik Biji Terhadap Keragaman Respon Kecepatan Tumbuh Pada 36 Genotip Kedelai (*Glycine max* L. Merrill)”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada Dr. Anna Satyana Karyawati, SP., MP., selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Ellis Nihayati, MS., selaku penguji atas nasihat, arahan dan bimbingan kepada penulis. Serta penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh dosen atas bimbingan dan arahan yang selama ini diberikan serta kepada karyawan Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang telah diberikan.

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orangtua dan adik atas doa, cinta, kasih sayang, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Juga kepada rekan-rekan Agroekoteknologi 2015 khususnya teruntuk sahabat-sahabat dekat penulis atas bantuan, dukungan dan kebersamaan selama ini. Kiranya perjuangan yang telah kami lakukan akan membuahkan hasil yang baik dimasa depan. Penulis juga ingin berterima kasih kepada saya sendiri selaku penulis yang sudah berjuang sampai tahap ini.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Januari 2019

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bekasi pada tanggal 2 Mei 1997 sebagai putri pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak dr. Sondang Sinuraya dan Ibu Tionar Bertha Ermina Simbolon.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Santa Lucia Bekasi pada tahun 2004. Kemudian menempuh pendidikan di SMP Kristen IPEKA Bekasi pada tahun 2010 yang dilanjutkan dengan SMA di SMAN 9 Bekasi pada tahun 2013. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur SPMK (Seleksi Program Minat dan Kemampuan).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan kepanitiaan CC (Christian Community) sebagai divisi PDD (Publikasi Dekorasi dan Dokumentasi) (2015-2017). Penulis pernah mengikuti konferensi UB MUN (Model United Nations) merepresentasikan United States of America dengan topik *Death Penalty* (2018). Serta pada tahun 2018 penulis melaksanakan magang kerja di Kampong Djamoë Martha Tilaar Cikarang selama tiga bulan.

**DAFTAR ISI**

Halaman

<b>RINGKASAN</b> .....	i
<b>SUMMARY</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Hipotesis.....	2
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Tanaman Kedelai.....	4
2.2 Fase Tanaman Kedelai.....	6
2.3 Morfologi Kedelai.....	9
2.4 Karakteristik Biji.....	12
2.5 Mutu Biji.....	15
<b>3. BAHAN DAN METODE</b> .....	13
3.1 Tempat dan Waktu.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.2 Rancangan Penelitian.....	13
3.4 Pelaksanaan Percobaan.....	13
3.4.1 Persiapan benih.....	13
3.4.2 Penentuan kadar air benih.....	13
3.4.3 Sterilisasi Alat Bahan dan Penyiapan Media Perkecambahan.....	14
3.5 Karakter Pengamatan.....	15
3.5.1 Karakter fisik biji.....	15
3.5.2 Karakter fisiologis.....	17
3.6 Analisis Data Penelitian.....	19
3.6.1 Analisis Varians.....	19
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	20
4.1 Hasil.....	20
4.1.1 Pengamatan Kuantitatif.....	20
4.2 Pembahasan.....	23
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran.....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	31
<b>LAMPIRAN</b> .....	35



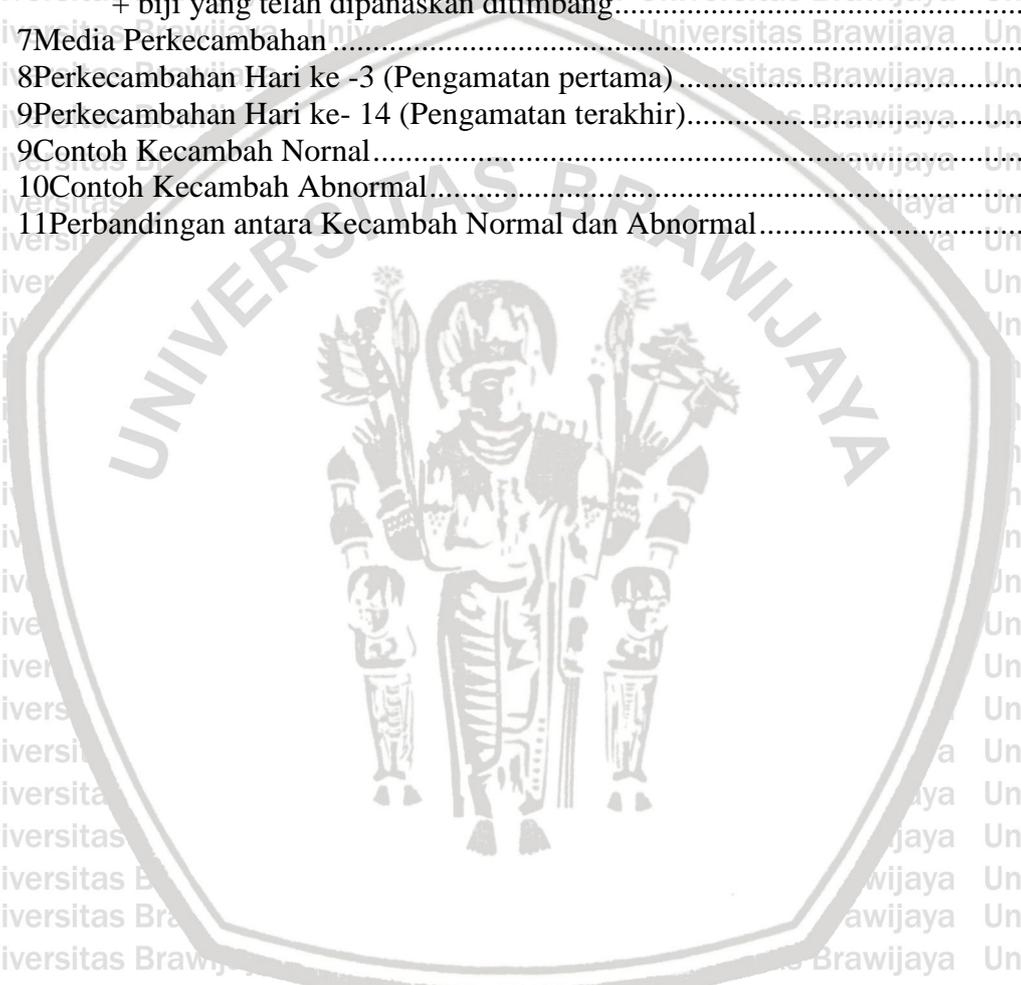
DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Analisis Ragam .....	19
2	Rerata Daya Berkecambah, Laju Perkecambahan, Panjang Pucuk, Panjang Hipokotil, Panjang Akar Primer dari 36 Genotip Kedelai .....	22
3	Anova Daya Berkecambah .....	37
4	Anova Laju Perkecambahan .....	37
5	Anova Panjang Pucuk .....	37
6	Anova Panjang Hipokotil .....	37
7	Anova Panjang Akar Primer .....	37



**DAFTAR GAMBAR**

Nomor	Teks	Halaman
1	Fase vegetatif dan reproduktif kedelai .....	9
2	Tipe Percambahan Epigeal .....	10
3	Pengamatan panjang biji, lebar biji dan tebal biji .....	10
4	Struktur Biji .....	17
5	Proses Pengeringan Biji untuk Pengamatan Kadar Air .....	38
6	Pengambilan Data Kadar Air; (1) Tutup + wadah ditimbang, (2) tutup + wadah + biji yang telah dipanaskan ditimbang .....	39
7	Media Perkecambahan .....	39
8	Perkecambahan Hari ke -3 (Pengamatan pertama) .....	40
9	Perkecambahan Hari ke- 14 (Pengamatan terakhir) .....	44
9	Contoh Kecambah Nornal .....	50
10	Contoh Kecambah Abnormal .....	50
11	Perbandingan antara Kecambah Normal dan Abnormal .....	50



### DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1	Denah percobaan.....	36
2	Analisis ANOVA beberapa karakter pada 36 genotip biji kedelai.....	36
3	Dokumentasi .....	38



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kedelai merupakan salah satu komoditi primer yang banyak dibutuhkan sebagai input untuk menghasilkan komoditi sekunder, seperti, susu kedelai, tempe, tahu, tepung kedelai dan lain - lain. Selain itu, tanaman kedelai merupakan salah satu tanaman pangan yang semakin diminati masyarakat Indonesia sebagai protein nabati yang rendah kolesterol dan bernilai gizi tinggi. Biji kedelai memiliki kandungan gizi yakni diantaranya, protein sebesar 30-40%, air 9%, lemak 8%, serat 3,5 % dan karbohidrat sebesar 35% (Suprpto, 2000). Namun, kebutuhan kedelai yang semakin meningkat tidak diimbangi dengan peningkatan produksi di Indonesia. Menurut Haroen (2010), Indonesia baru bisa memproduksi 40% dari permintaan, sedangkan sisanya diimpor.

Produktivitas kedelai perlu diperhatikan guna memenuhi kebutuhan masyarakat dalam jumlah banyak dengan menggunakan sumberdaya yang sedikit. Permasalahan tersebut antara lain disebabkan oleh rendahnya mutu bahan tanaman, diantaranya kemunduran benih dalam produksi tanaman, yang menyebabkan hilangnya benih dan kekuatan tumbuh bibit (Douglas, 1999), kerusakan benih dapat didefinisikan sebagai perubahan deterioratif yang terjadi seiring waktu yang meningkatkan kerentanan benih terhadap tantangan eksternal dan mengurangi kemampuan benih untuk bertahan hidup (Powell et al., 2002). Kerusakan benih tidak bisa dihindari, dan yang terbaik yang bisa dilakukan ialah mengendalikan mutu fisik benih. Benih merupakan salah satu komponen yang sangat menentukan dalam peningkatan produktivitas tanaman. Oleh sebab itu mutu dan jumlahnya perlu mendapatkan perhatian semua pihak yang terkait terutama pada saat musim tanam. Benih adalah bagian tanaman yang digunakan untuk memperbanyak dan atau mengembangkan tanaman. Mutu benih mencakup mutu fisik dan fisiologis serta memenuhi persyaratan kesehatan benih. Mutu benih yang sering dijadikan ukuran ialah meliputi bentuk dan ukuran benih, daya tumbuh dan laju perkecambahan benih (Salomao, 2002).

Karakteristik fisik biji erat kaitannya dengan ukuran dan bentuk biji. Ada beberapa perdebatan tentang pengaruh karakteristik fisik biji terhadap perkecambahan dalam kedelai. Ukuran biji yang besar secara luas dianggap

meningkatkan peluang munculnya tanaman di berbagai lingkungan. Secara umum juga dipertimbangkan bahwa, biji dengan ukuran biji lebih besar memiliki cadangan penyimpanan yang lebih besar dan dengan demikian akan meningkatkan kekuatan berkecambah benih. Namun, dalam penelitian lain Barkke dan Gradner (2004), menyatakan bahwa kedelai berukuran kecil lebih efisien dalam mobilisasi cadangan makanan dalam benih. Mengidentifikasi karakter fisik biji kedelai tidak hanya bermanfaat untuk industri, namun juga penting untuk mengetahui informasi mengenai sifat-sifat morfologi biji yang dapat membantu dalam proses perkecambahan.

Penelitian ini dilakukan pada 30 genotip dan 6 tetua benih kedelai generasi ke 6 (F6). Varietas yang digunakan yaitu varietas Grobogan, Anjasmoro, Argopuro, Tanggamus dengan galur UB1 dan UB 2. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui keragaman daya berkecambah dan laju perkecambahan pada 30 genotip dan 6 tetua benih kedelai.

### 1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter fisik biji sebagai penduga keragaman daya berkecambah dan laju perkecambahan pada 30 genotip dan 6 tetua benih kedelai (*Glycine max* L. Merrill).

### 1.3 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah terdapat keragaman daya berkecambah dan laju perkecambahan pada 30 genotip kedelai dan 6 tetua benih kedelai (*Glycine max* L. Merrill).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kedelai

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) merupakan tanaman legum yang paling penting di dunia sehubungan dengan perannya sebagai bahan pangan dan pakan. Kedelai merupakan salah satu tanaman dikotil yang termasuk dalam famili *leguminosae*. Kedelai yang dibudidayakan termasuk ke dalam spesies *Glycine max* (L.) Merrill. Suatu spesies liar, *Glycine urens* diperkirakan merupakan asal dari spesies budidaya. Spesies lainnya adalah *Glycine gracilis* yang mempunyai karakter-karakter kedua spesies di atas. Jenis ini banyak dibudidayakan di Machuria. Klasifikasi kedelai diantaranya divisi *Spermatophyta*, sub. divisi *Angiospermae*, kelas *Dicotyledonae*, ordo *Polypetales*, famili *Leguminosae*, sub. Famili *Papilionideae*, genus *Glycine*, dan spesies *Glycine max* (L.) Merrill (Hidajat, 2012).

Tanaman kedelai menghendaki tanah yang subur, gembur dan kaya akan humus atau bahan organik. Nilai pH ideal bagi pertumbuhan kedelai dan bakteri rhizobium adalah 6,0- 6,8. Apabila pH di atas 7,0 tanaman kedelai akan mengalami klorosis sehingga tanaman menjadi kerdil dan daunnya menguning. Tanaman kedelai dapat tumbuh pada kondisi suhu yang beragam. Suhu tanah yang optimal dalam proses perkecambahan yaitu 30°C. Lama penyinaran matahari 12 jam / hari dan kelembaban rata-rata (RH) 65%. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, tanaman kedelai membutuhkan curah hujan antara 100-200 mm perbulan (Adisarwanto, 2006).

Karakteristik kedelai yang dibudidayakan di Indonesia merupakan tanaman semusim, tanaman tegak dengan tinggi 40 – 90 cm. Secara morfologis bagian-bagian kedelai terdiri dari akar, batang, daun, bunga, buah dan biji. Akar tanaman kedelai merupakan akar tunggang yang membentuk cabang-cabang akar. Akar kedelai berfungsi sebagai tempat bertumpunya tanaman, alat pengangkut air dan hara, dan tempat terbentuknya bintil akar. Tanaman kedelai berbatang pendek (30-100 cm), memiliki 3-6 percabangan dan tanaman berbentuk perdu. Pola pertumbuhan tanaman kedelai di lapang berbeda-beda, tergantung pada varietasnya. Umur tanaman kedelai dikelompokkan menjadi genjah (<80 hari), sedang (80-85 hari) dan dalam (>85 hari). Kedelai berumur dalam dominan

(dilambangkan dengan E) terhadap kedelai umur genjah (e). Varietas kedelai berumur genjah antara lain: Malabar, Petek, Burangrang, dan Argomulyo (Adie, 2000). Karakter utama pada kedelai meliputi hari berbunga, tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah polong per tanaman, berat per polong, jumlah biji per polong, persentase biji keras (Handayani, 2012).

Pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe *determinate* dan *indeterminate*. Perbedaan sistem pertumbuhan batang ini didasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe *determinate* ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang tipe *indeterminate* dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga (Adisarwanto, 2006). Tanaman kedelai mempunyai dua bentuk daun yang tumbuh saat tanaman masih berbentuk kecambah dengan dua helai daun tunggal dan daun bertangkai tiga (*trifoliolate leaves*) yang tumbuh selepas masa pertumbuhan. Umumnya, bentuk daun kedelai ada dua jenis yaitu bulat (*oval*) dan lancip (*lanceolate*). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Bentuk daun diperkirakan mempunyai korelasi yang sangat erat dengan potensi produksi biji.

Tanaman kedelai memiliki dua stadia tumbuh, yakni stadia vegetatif dan stadia reproduktif. Stadia vegetatif dimulai dari tanaman berkecambah sampai saat berbunga, sedangkan untuk stadia reproduktif dimulai dari pembentukan bunga sampai pemasakan biji (Sumarno *et al.*, 2007). Polong tanaman kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7 – 10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm. Pada setiap tanaman, jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50 bahkan mencapai ratusan. Biji tanaman kedelai terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu kulit biji dan janin (embrio). Pada kulit biji terdapat bagian yang disebut pusar (hilum) yang berwarna coklat, hitam, atau putih. Pada ujung hilum terdapat mikrofil, berupa lubang kecil yang terbentuk pada saat proses pembentukan biji (Adisarwanto, 2006).

## 2.2 Fase Tanaman Kedelai

Pitojo (2003) menyatakan bahwa fase pertumbuhan vegetatif dibagi menjadi beberapa yaitu fase pemunculan (Ve), fase kotiledon (Vc), fase buku pertama (V1), fase buku kedua (V2), fase buku ketiga (V3), fase buku keempat (V4) dan fase buku ke- n (Vn). Fase pemunculan (Ve) ditandai dengan pemunculan kotiledon dari permukaan tanah tempat biji kedelai ditanam. Sebelum kotiledon muncul, terjadi perkecambahan biji di dalam tanah, yang didukung oleh kondisi tanah yang lembab dan tersedianya cukup oksigen di dalam tanah. Penanaman benih yang terlalu dalam dan kurangnya oksigen akan menghambat proses perkecambahan. Stadium pemunculan kotiledon terjadi sekitar 36 – 48 jam sejak penanaman benih. Biji kedelai akan mengalami perkecambahan ketika air telah diserap sekitar 50% dari berat bijinya. Radikula atau akar utama ialah bagian yang pertama keluar dari biji. Setelah itu hipokotil akan muncul dan mulai tumbuh sehingga mendorong kotiledon keluar dari permukaan tanah. Fase pemunculan (Ve) biasanya membutuhkan waktu lima sampai sepuluh hari tergantung pada suhu, kondisi kelembaban, varietas dan kedalaman penanaman. Selama ini, akar lateral juga mulai tumbuh dari akar primer. Rambut akar terlihat dalam lima hari setelah tanam (McWilliams, Berglund dan Enders, 1999). Hasil penelitian Mulatsih (2000), menyatakan bahwa kecambah kedelai mulai muncul dipermukaan tanah 5 hari setelah tanam (hst) dan menjadi merata pemunculannya diseluruh petak percobaan pada 7 hst.

McWilliams *et al.*, (1999), menyatakan bahwa fase Vc dimulai ketika daun unifoliate telah membuka sepenuhnya. Selama fase Vc, kotiledon menyediakan kebutuhan unsur hara tanaman muda selama tujuh sampai sepuluh hari. Kotiledon akan kehilangan sekitar 70% dari berat keringnya untuk menyediakan nutrisi yang dibutuhkan tanaman. Jika satu kotiledon hilang pada saat ini, terdapat sedikit pengaruh terhadap laju pertumbuhan. Kehilangan kedua kotiledon pada saat itu atau secepatnya setelah tahap Ve akan mengurangi hasil sekitar 8-9%. Fase selanjutnya ialah fase V yang dihitung dari daun trifoliate dari batang utama yang telah membuka. Daun trifoliate pada cabang tidak dihitung ketika menentukan fase V. Pitojo (2003) menyatakan bahwa fase buku pertama (V1), yang ditandai

dengan terurainya daun pertama yang berasal dari buku unifoliolate secara penuh. McWilliams *et al.*, (1999), menyatakan bahwa fase ini dicapai ketika daun trifoliolate pertama telah muncul dan membuka. Fase buku kedua (V2), yaitu fase yang ditandai dengan mekarnya daun bertiga pertama (trifoliolate) pada buku diatas buku unifoliolate secara penuh (Pitojo, 2003).

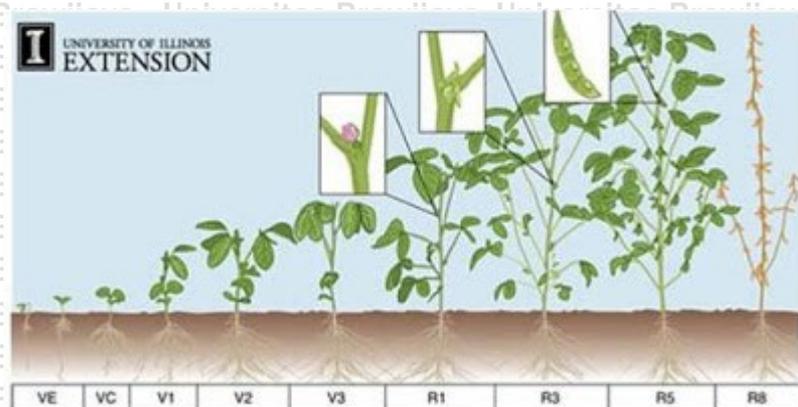
McWilliams *et al.*, (1999), menyatakan bahwa fase tinggi tanaman sekitar 6 sampai 8 inchi dan mempunyai tiga node dengan dua daun muda yang telah membuka. Fiksasi nitrogen mulai terjadi pada fase V2. Fase buku ketiga (V3), yaitu fase yang ditandai dengan mekarnya daun bertiga (trifoliolate) kedua pada buku ketiga batang utama (Pitojo, 2003). McWilliams *et al.*, (1999) menyatakan bahwa pada fase V3 tinggi tanaman kedelai sekitar 7 sampai 9 inchi dengan 4 node. Pitojo (2003) menyatakan bahwa fase buku keempat (V4), kelima (V5) dan keenam (V6) ialah fase pertumbuhan daun selanjutnya, atas dasar buku unifoliolate. McWilliams *et al.*, (1999) menyatakan bahwa pada fase V5 tanaman biasanya telah memiliki kuncup diketiak batang yang kemudian akan berkembang menjadi kelompok bunga (racemes). Fase V5 terjadi sekitar satu minggu sebelum fase R1 atau bunga pertama muncul. Pada fase V6 tinggi tanaman sekitar 12 sampai 14 inchi dengan 7 node. Pada fase ini unifoliolate dan kotiledon telah menua. Pada fase ini 50% daun yang hilang hanya akan mempengaruhi hasil panen sekitar 3%.

Fase reproduktif meliputi fase pembentukan bunga, perkembangan polong, perkembangan biji dan fase tanaman telah dewasa (Fehr dan Caviness, 2001). Pitojo (2003) menyatakan bahwa fase mulai berbunga (R1) ditandai dengan bunga pada salah satu buku batang utama mebuca pertama kali. McWilliams *et al.*, (1999) menyatakan bahwa sedikitnya terdapat satu bunga yang terletak pada tanaman di node bagian mana saja pada batang utama. Fase bunga penuh (R2), yaitu fase yang ditandai dengan terbukanya bunga yang terletak pada salah satu dari dua buku teratas pada batang utama, dengan daun terbuka penuh Pitojo (2003). McWilliams *et al.*, (1999) menyatakan bahwa pada fase ini kedelai telah mengakumulasi sekitar 25% dari berat kering total. Munculnya bunga baru pada tanaman akan mulai lambat antara R2 sampai R3 dan akan selesai pada R5. Pada fase ini terjadi defoliiasi sekitar 50% yang akan mengurangi hasil panen sekitar 6%. Oleh sebab itu, penambahan nitrogen diperlukan agar tidak terjadi defoliiasi

sehingga hasil panen tidak berkurang. Pitojo (2003) menyatakan bahwa fase mulai berpolong (R3) ditandai dengan terbentuknya polong sepanjang 5 mm pada salah satu dari empat buku teratas pada batang utama, dengan daun terbuka penuh.

Pitojo (2003) menyatakan bahwa fase berpolong penuh (R4), yaitu fase yang ditandai dengan adanya polong sepanjang 2 cm pada salah satu dari empat buku teratas pada batang utama. McWilliams *et al.*, (1999) menyatakan bahwa pada fase ini menunjukkan kecepatan pertumbuhan polong dan awal perkembangan biji pada saat berpolong penuh. Berat kering polong sangat meningkat dari fase R4 ke R5. Fase ini merupakan fase yang paling penting untuk hasil panen biji.

Hasil penelitian Fehr dan Caviness (2000), menyatakan bahwa fase mulai berbiji (R5) ditandai dengan telah terbentuknya biji sebesar 3 mm dalam polong pada salah satu buku teratas, dengan daun terbuka penuh. McWilliams *et al.*, (1999) menyatakan bahwa pengisian biji terjadi pada fase ini. Selama fase R5 biji membutuhkan banyak air dan unsur hara. Pada fase ini terjadi redistribusi unsur hara. Menjelang akhir dari fase ini, akumulasi unsur hara di daun bagian atas akan direistribusi ke biji. Akumulasi biji akan berlanjut sampai setelah R6 dengan sekitar 80% dari total berat kering biji dicapai. Pitojo (2003) menyatakan bahwa fase berbiji penuh (R6) ditandai oleh terisinya rongga polong dengan satu biji berwarna hijau pada salah satu dari empat buku batang utama teratas, dengan daun terbuka penuh. McWilliams *et al.*, (1999) menyatakan bahwa pada fase ini biji sudah mulai penuh dan berat total polong akan maksimal. Pada fase ini daun akan cepat menguning sampai R8, atau semua daun akan gugur. Pada fase R7 dimulai dengan adanya polong normal pada batang utama yang telah berwarna coklat. Hal ini terlihat ketika semua warna hijau telah hilang. Pada masak fisiologis kelembaban biji mencapai 60% (McWilliams *et al.*, 1999).



**Gambar 1.** Fase vegetatif dan reproduktif kedelai (Frananta, 2016)

### 2.3 Morfologi Kedelai

Tinggi tanaman kedelai berkisar antara 30 cm – 100 cm. Batangnya beruas-ruas 3 – 6 cabang. Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam, yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang. Selain itu kedelai juga seringkali membentuk akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Pada umumnya, akar adventif terjadi karena cekaman tertentu, misalnya kadar air tanah yang terlalu tinggi (Wawan, 2006). Kedelai memiliki ciri-ciri daun yang khas yaitu helai daun (lamina) berbentuk oval dan tata letaknya pada tangkai daun bersifat majemuk berdaun tiga (*trifoliolatus*). Daun ini berfungsi sebagai alat untuk proses asimilasi, respirasi, dan transpirasi (Rukmana dan Yuniarsih, 1996).

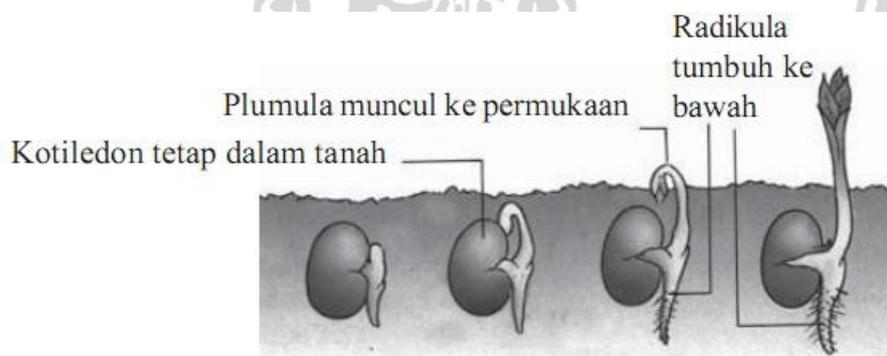
Tanaman kedelai adalah tanaman yang memiliki bunga sempurna (*hermaphrodite*), yaitu pada tiap kuntum bunga terdapat alat kelamin betina (putik) dan kelamin jantan (benang sari). Penyerbukannya bersifat menyerbuk sendiri (*self pollinated*). Buah kedelai disebut polong yang tersusun tiap rangkaian buah (Rukmana dan Yuniarsih, 1996). Perkembangan biji kedelai dimulai sekitar 5 hari setelah pembuahan dan mencapai maksimum setelah 15-20 hari. Biji merupakan komponen kedelai yang bernilai ekonomis. Setiap polong kedelai memiliki 1-5 biji. Menurut Phoelman (1999), ukuran biji kedelai sangat beragam mulai dari 5-35 gram. Pengelompokan ukuran biji kedelai di Indonesia dibagi tiga, yaitu (bobot ukuran besar (bobot >14 g/100 butir), sedang (10-14 g/100 butir), dan kecil (bobot <10g/100 butir) (Adie dan Krisnawati, 2007).

Hipokotil dan dua keping kotiledon yang masih melekat pada hipokotil akan menerobos ke permukaan tanah. Bagian batang kecambah yang berada diatas

kotiledon tersebut dinamakan epikotil (Wawan *et al.*, 2006). Biji kedelai yang kering akan berkecambah bila memperoleh air yang cukup. Kecambah kedelai tergolong epigeal, yaitu keping biji muncul diatas tanah. Warna hipokotil kedelai ungu akan berbunga ungu, sedangkan yang berhipokotil hijau berbunga putih.

Urutan tahapan pertumbuhan tipe epigeal tanaman kedelai yakni (1) Biji kedelai, cadangan makanan disimpan pada kotiledon; (2) Radikal keluar, cadangan makanan disimpan pada kotiledon; (3) Hipokotil (bagian antara radikal dan kotiledon) memanjang agak membesar; (4) Hipokotil membengkok karena aktivitas hormon kemudian mengangkat kotiledon ke atas permukaan tanah; (5) Radikal tumbuh menjadi akar primer darimana akar lateral keluar, sehingga berbentuk sistem perakaran permanen yang menjadi pertumbuhan dan kehidupan bibit atau tanaman selanjutnya.

Biji kedelai berkeping dua terbungkus kulit biji dan tidak mengandung jaringan endosperm, embrio terletak diantara keping biji. Warna kulit biji kuning, hijau atau coklat. Puser biji (hilum) adalah jaringan bekas biji melekat pada dinding buah, berwarna coklat tua, kuning, putih atau hitam. Bentuk biji kedelai pada umumnya bulat lonjong, tetapi ada yang bundar atau bulat agak pipih. Besar biji seragam tergantung pada varietas (Sumarno, 1986).



**Gambar 2.** Tipe Percambahan Epigeal.

Perkecambahan dipengaruhi oleh faktor-faktor luar yaitu air, temperatur, oksigen, cahaya, dan medium perkecambahan (Sutopo, 1998). Air merupakan salah satu syarat penting bagi berlangsungnya proses perkecambahan benih. Dua faktor penting yang mempengaruhi penyerapan air oleh benih adalah sifat dari benih itu sendiri terutama kulit pelindungnya dan jumlah air yang tersedia pada medium disekitarnya. Banyaknya air yang diperlukan bervariasi tergantung

kepada jenis benih. Benih tanaman kacang-kacangan (Legumes) merupakan benih yang berkecambah pada kandungan air tanah sedang sampai diatas kapasitas lapang. Kapasitas lapang dari suatu tanah adalah jumlah air maksimum yang tertinggal setelah air permukaan dikuras dan setelah air yang keluar dari tanah karena gaya berat habis (Shao *et al.*, 2007). Temperatur merupakan syarat penting kedua bagi perkecambahan benih. Temperatur optimum adalah temperatur yang paling menguntungkan bagi berlangsungnya perkecambahan benih. Pada kisaran temperatur ini terdapat persentase perkecambahan yang tertinggi. Temperatur optimum pada kebanyakan benih tanaman adalah antara 80—950 F (26,5—35°C).

Di bawah temperatur itu yaitu pada temperatur minimum, kebanyakan jenis benih akan gagal untuk berkecambah, atau terjadi kerusakan yang mengakibatkan terbentuknya kecambah abnormal. Pada temperatur maksimum akan terjadi kerusakan benih dan jaringan kecambah tanaman. Pengambilan oksigen oleh benih dan pelepasan karbondioksida, air, dan energi yang berupa panas akan meningkat pada saat perkecambahan berlangsung. Terbatasnya oksigen yang dapat dipakai akan mengakibatkan terhambatnya proses perkecambahan benih. Energi yang digunakan untuk kegiatan mekanisme sel-sel dan mengubah bahan baku bagi proses pertumbuhan dihasilkan melalui proses oksidasi dari cadangan makanan di dalam benih. Tanaman kacang-kacangan adalah golongan tanaman yang dapat berkecambah baik di tempat gelap maupun ada cahaya. Benih yang dikecambahkan pada keadaan yang sangat kurang cahaya ataupun gelap dapat menghasilkan kecambah yang mengalami etiolasi, yaitu terjadinya pemanjangan yang tidak normal pada hipokotil atau epikotilnya, kecambah berwarna pucat dan lemah. Medium yang baik untuk perkecambahan benih harus mempunyai sifat fisik yang baik, gembur, mempunyai kemampuan menyimpan air dan bebas dari organisme penyebab penyakit terutama cendawan.

Faktor dalam yang mempengaruhi perkecambahan benih, yakni tingkat kemasakan benih, ukuran benih dan dormansi. Benih yang dipanen sebelum tingkat kemasakan fisiologisnya tercapai tidak mempunyai viabilitas tinggi, karena diduga pada tingkatan tersebut benih belum memiliki cadangan makanan yang cukup dan juga pembentukan embrio belum sempurna. Diduga pada benih yang berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan yang lebih

banyak dibandingkan dengan benih kecil, mungkin pula embrionya lebih besar. Didalam jaringan penyimpanannya benih memiliki karbohidrat, protein, lemak dan mineral. Dimana bahan-bahan ini diperlukan sebagai bahan baku dan energi bagi embrio pada saat perkecambahan. Worker dan Rukman (1968), menyatakan bahwa berat benih berpengaruh terhadap kecepatan pertumbuhan dan produksi, karena berat benih menentukan besarnya kecambah pada saat permulaan dan berat tanaman pada saat dipanen. Benih yang lebih besar atau berat biasanya dihasilkan kecambah yang lebih besar (Soetono,1979). Bila suatu benih viable (hidup) tetapi tidak mau berkecambah walaupun diletakkan pada keadaan lingkungan yang memenuhi syarat bagi perkecambahannya, hal ini disebut dorman. Dormansi dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain seperti, impermeabilitas kulit biji baik terhadap air atau gas ataupun karena resistensi kulit biji terhadap pengaruh mekanis. Tetapi dengan perlakuan khusus maka benih yang dorman dapat dirangsang untuk berkecambah. Hal yang dapat dilakukan untuk memecah dorman yakni dengan perlakuan stratifikasi, direndam dalam larutan asam sulfat (Sutopo, 1980).

#### 2.4 Karakteristik Biji

Bahan tanam seperti biji atau bagian vegetatif merupakan modal awal pertumbuhan tanaman sehingga dapat menyebabkan perbedaan dalam pertumbuhan awal tanaman yang akan menjadi pemicu keragaman pertumbuhan tanaman lebih lanjut. Biji, benih, dan bibit merupakan istilah yang hampir sama sehingga rancu dalam penggunaannya. Menurut Fischer (2012), benih dan bibit mempunyai pengertian yang sama yakni tanaman atau bagian tanaman yang dipergunakan untuk tujuan pertanaman. Meskipun demikian, dalam kegiatan bercocok tanam, ketiga istilah tersebut berbeda pengertiannya. Biji menjadi istilah untuk menyebut salah satu bagian tanaman yang berfungsi sebagai unit penyebaran (*dispersal unit*) atau perbanyakan tanaman secara alamiah. Biji tersebut dapat tumbuh menjadi tanaman tanpa campur tangan manusia, misalnya terbawa angin atau tersebar dengan perantara binatang. Benih diartikan sebagai biji tanaman yang telah mengalami perlakuan sehingga dapat dijadikan sarana dalam memperbanyak tanaman. Secara agronomis, benih disamakan dengan bibit karena fungsinya sama, tetapi secara biologis berbeda. Bibit digunakan untuk

menyebut benih yang telah berkecambah. Dalam perkembangbiakan secara generatif, bibit biasanya diperoleh dari benih yang disemaikan. Sementara dalam perkembangbiakan secara vegetatif, bibit dapat diartikan sebagai bagian tanaman yang berfungsi sebagai alat reproduksi.

Benih kedelai merupakan benih yang cepat mengalami deteriorasi atau penurunan viabilitas dan vigor terutama jika disimpan pada kondisi simpan yang kurang optimum. Benih kedelai sangat rentan kehilangan daya berkecambah karena mengandung protein yang tinggi, sehingga lebih sering terjadi kerusakan fisik akibat alat pasca panen maupun selama penyimpanan. Ukuran biji berpengaruh terhadap keseragaman pertumbuhan tanaman dan daya simpan benih. Berdasarkan ukurannya, benih kedelai terbagi menjadi tiga, yaitu ukuran besar, ukuran sedang, dan ukuran kecil. Biji yang berukuran besar umumnya lebih vigor dibandingkan benih yang berukuran kecil. Biji yang relatif berat cenderung mempunyai vigor yang lebih baik. Biji yang berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan lebih banyak dibandingkan benih yang berukuran kecil dan diduga bahwa ukuran embrionya juga lebih besar. Kandungan yang tersimpan dalam biji yaitu karbohidrat, protein, lemak dan mineral. Bahan-bahan tersebut diperlukan sebagai bahan baku dan energi bagi embrio pada saat proses perkecambahan berlangsung (Sutopo, 2002). Embriogenesis dapat menjadi salah satu sumber awal keragaman pertumbuhan tanaman baik akibat kondisi biofisik serbuk sari dan bunga betina maupun faktor lain yang mempengaruhi pembentukan embrio. Sebagaimana diketahui embriogenesis adalah proses awal perkembangan bakal tanaman. Salah satu faktor yang menentukan kualitas bahan tanam, disamping kualitas embrio yang telah disinggung sebelumnya, ialah jumlah substrat seperti karbohidrat yang tersedia untuk metabolisme yang mendukung pertumbuhan awal tanaman.

Menurut Danapriantna (2010), varietas kedelai ukuran biji kecil umumnya memiliki kulit berwarna gelap, tingkat permeabilitas rendah, dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kondisi penyimpanan yang kurang optimal dan tahan terhadap cuaca lapangan dibanding varietas yang berbiji besar dan berkulit terang. Pada beberapa spesies, biji-biji yang lebih kecil dalam suatu lot benih dari varietas yang sama mempunyai masa hidup yang lebih pendek (Priestley, 2015).

Hill *et al.*, (2017) menyatakan bahwa benih yang berukuran lebih kecil memiliki impermeabilitas terhadap air lebih tinggi karena benih kecil memiliki kualitas kulit yang lebih baik. Namun benih besar dapat mengalami kehilangan kualitas yang disebabkan oleh benturan fisik. Mugnisjah *et al.*, (1987) juga menyatakan bahwa benih berukuran kecil mempunyai viabilitas tinggi karena kerusakan membran yang dialaminya lebih ringan daripada benih berukuran besar. Ukuran biji berpengaruh terhadap pemanfaatan kedelai. Ukuran biji kedelai juga merupakan faktor penentu kualitas suatu produk olahan kedelai, terutama bobot dan volume produk olahan. Semakin besar biji yang dihasilkan maka semakin baik mutu yang di dapat.

Viabilitas benih mencakup vigor dan daya kecambah benih. Viabilitas adalah daya hidup benih yang ditunjukkan dengan gejala pertumbuhan atau gejala metabolisme. Vigor adalah kemampuan benih menumbuhkan tanaman normal yang berproduksi normal pada kondisi lapangan yang optimum maupun suboptimum (Sadjad *et al.*, 2002). Menurut Subantoro (2013), vigor merupakan kondisi benih yang sehat, apabila di tanam akan menghasilkan kecambah yang cepat, serentak dan seragam pada lingkungan yang berbeda kemudian mengalami pertumbuhan cepat pada kondisi normal di lahan. Menurut Copeland dan McDonald (2001), viabilitas benih dapat diukur dengan tolok ukur daya berkecambah (*germination capacity*). Perkecambahan benih ialah muncul dan berkembangnya struktur terpenting dari embrio benih serta kecambah tersebut menunjukkan kemampuan untuk berkembang menjadi tanaman normal pada kondisi lingkungan yang menguntungkan. Viabilitas benih menunjukkan daya hidup benih, aktif secara metabolik dan memiliki enzim yang dapat mengkatalis reaksi metabolik yang diperlukan untuk perkecambahan dan pertumbuhan kecambah. Vigor sebagai sekumpulan sifat yang dimiliki benih yang menentukan tingkat potensi aktivitas dan kinerja benih atau lot benih selama perkecambahan dan munculnya kecambah. Copeland dan McDonald (2001) menyatakan kinerja tersebut adalah proses dan reaksi biokimia selama perkecambahan seperti reaksi enzim, aktivitas respirasi, keserempakkan pertumbuhan kecambah di lapang, dan kemampuan munculnya kecambah pada kondisi dan lingkungan yang tidak menguntungkan.

Menurut Sutopo (2002), benih yang memiliki vigor rendah akan berakibat terjadinya kemunduran benih yang cepat selama penyimpanan, makin sempitnya keadaan lingkungan, tempat benih dapat tumbuh, kecepatan berkecambah benih yang menurun, serangan hama dan penyakit meningkat, jumlah kecambah abnormal meningkat, dan rendahnya produksi tanaman.

Benih yang memiliki vigor mampu menumbuhkan tanaman normal pada kondisi alam suboptimum yang dikatakan memiliki vigor kekuatan tumbuh (VKT) yang mengindikasikan bahwa vigor benih mampu menghadapi lahan pertanian yang kondisinya suboptimum (Sadjad, 1994). Faktor genetik yang mempengaruhi vigor benih adalah pola dasar perkecambahan dan pertumbuhan yang merupakan bawaan genetik dan berbeda antara satu spesies dan spesies lain. Faktor fisiologis yang mempengaruhi vigor benih adalah semua proses fisiologis yang merupakan hasil kerja komponen pada sistem biokimia benih. Faktor eksternal yang mempengaruhi vigor benih adalah kondisi lingkungan pada saat memproduksi benih, saat panen, pengolahan, penyimpanan, dan penanaman kembali (Bedell, 1998). Faktor-faktor yang dapat menyebabkan perbedaan vigor benih menurut Powell (1998), adalah penuaan benih akibat kemunduran benih, kerusakan benih pada saat imbibisi, dan kondisi lingkungan pada saat pengembangan benih serta ukuran benih. Perbedaan yang cukup besar pada awal pertumbuhan akan menjadi modal yang potensial untuk menghasilkan perbedaan pertumbuhan dikemudian.

## 2.5 Mutu Biji

Peran mutu biji sangat penting dalam budidaya tanaman. Biji yang berkualitas mencakup tiga mutu biji, yaitu mutu genetik, fisik dan fisiologis. Mutu genetik menunjukkan identitas benih dari varietasnya dan memiliki sifat genetik yang unggul. Mutu fisik biji merupakan penampilan dari fisik biji yang terdiri dari keseragaman ukuran, kemurnian dan kesehatan biji. Mutu fisiologis lebih mengacu pada penampilan biji yang diuji berdasarkan viabilitas dan vigor benih (Sutopo, 2002).

Mutu fisiologis biji yang telah menurun dapat meningkatkan biaya produksi karena banyak bibit yang harus disulam, kebutuhan biji meningkat, waktu perawatan yang semakin lama karena mundurnya waktu panen dan hasil panen

kurang optimal (Hasanah, 2002). Penurunan berat kering hasil kedelai terjadi pada biji yang memiliki mutu awal biji yang rendah. Mutu biji yang rendah ini terlihat pada vigor tanaman, yakni pertumbuhan kecambah yang lambat, jumlah tanaman yang tumbuh sedikit dan tidak tahan terhadap cekaman lingkungan. Mutu fisiologi mencakup kemampuan biji untuk tumbuh menjadi individu baru, seperti daya berkecambah, kekuatan tumbuh dan periode simpan benih.

Pengujian benih ditujukan untuk mengetahui mutu atau kualitas benih. Informasi tersebut akan sangat bermanfaat bagi produsen, penjual maupun konsumen benih. Karena mereka bisa memperoleh keterangan yang dapat dipercaya tentang mutu atau kualitas dari sesuatu benih. Pengujian viabilitas benih atau daya hidup benih dicerminkan oleh dua faktor informasi masing-masing daya kecambah dan kekuatan tumbuh dapat ditunjukkan melalui gejala metabolisme benih dan atau gejala pertumbuhan. Dalam melakukan pengujian benih yang pertama-tama dilakukan adalah pengambilan contoh benih, kemudian pengujian kemurnian benih dan kadar air. Setelah itu barulah dilakukan uji daya kecambah dan uji kekuatan tumbuh benih (Sutopo, 1980). Uji viabilitas benih dapat dilakukan secara langsung, yaitu dengan cara menilai struktur-struktur penting kecambah dan secara tidak langsung, yaitu dengan melihat gejala metabolismenya. Pada pengujian secara langsung, beberapa substrat pengujian yang dapat digunakan seperti kertas, kapas, pasir, tanah, dan lain-lain. Namun substrat kertas lebih banyak digunakan karena lebih praktis dan memenuhi persyaratan-persyaratan dalam prosedur pengujian mutu benih secara modern (Kamil, 1979). Semua substrat baik kertas, pasir dan tanah hanya boleh digunakan sekali saja. Substrat kertas biasanya diletakkan pada baki perkecambahan atau *petridish*. Sedangkan untuk pasir dan tanah digunakan kotak aluminium atau kotak kayu. Ukurannya tergantung pada besar kecilnya benih (Sutopo, 1980).

Hasil penelitian Sadjad *et al.*, (2002) menyatakan bahwa kertas merang dapat digunakan sebagai substrat perkecambahan dalam pengujian viabilitas benih di Indonesia. Selain sudah tersebar di seluruh wilayah Indonesia, warna kertas merang yang coklat muda, polos dan tidak luntur akan memudahkan para penguji dalam mengamati dan menilai kecambah yang tumbuh. Menurut Sadjad *et al.*, (2002), kertas merang dipilih karena warnanya mirip dengan kertas *towel* di

Amerika, memiliki daya absorpsi air yang tinggi seperti lazimnya kertas saring serta harganya yang murah.



### 3. BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pemuliaan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Kegiatan dimulai pada bulan Mei - Juni 2019.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kertas merang, cawan petri (*petridish*), timbangan analitik, jangka sorong, baki, *germinator*, kaca pembesar, pinset, sprayer, label dan kamera digital. Bahan penelitian terdiri dari benih F6 sejumlah 36 galur yang masing-masing galur terdapat 10 biji kedelai.

#### 3.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan 36 genotip kedelai. Setiap perlakuan terdiri atas 3 ulangan yang masing-masing terdiri atas 10 butir biji.

#### 3.4 Pelaksanaan Percobaan

##### 3.4.1 Persiapan benih

Persiapan benih dilakukan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Persiapan benih dilakukan dengan melakukan sortasi kemurnian benih pada galur F6. Sortasi benih kedelai dilakukan secara visual dengan memisahkan biji dari kotoran seperti potongan daun, serbuk kayu, pecahan biji, biji kopong dan kayu.

##### 3.4.2 Penentuan kadar air benih

Untuk mencegah terjadinya perubahan kadar air benih selama dalam pengiriman ke laboratorium, maka benih harus dimasukkan dalam kantong aluminium dan analisa harus secepat mungkin dikerjakan. Sebelum analisa dilakukan, untuk benih yang berukuran besar seperti kedelai perlu dihaluskan (*grinding*) terlebih dahulu. Penetapan kadar air adalah banyaknya kandungan kadar air dalam benih yang diukur berdasarkan hilangnya kandungan air tersebut dan dinyatakan dalam persentase terhadap berat asal contoh benih. Tujuan

penetapan kadar air untuk mengetahui kadar air benih sebelum disimpan dan untuk menetapkan kadar air yang tepat selama penyimpanan dalam rangka mempertahankan viabilitas benih tersebut (ISTA, 2006). Metode penentuan kadar air menggunakan metode dasar yaitu kadar air ditentukan dengan mengukur kehilangan berat yang diakibatkan oleh pengeringan / pemanasan pada kondisi tertentu, dan dinyatakan sebagai persentase dari berat mula – mula. Metode dasarnya ialah metode dengan menggunakan metode oven pada suhu 40°C.

Prosedur pada metode 40°C:

1. Wadah yang kosong + tutupnya dipanaskan pada oven 40°C selama  $\pm 30$  menit, kemudian didinginkan dalam desikator sampai mencapai suhu ruang setelah itu ditimbang bobot cawan kosong (a gram).
2. 4 gram benih yang akan diuji dimasukkan kedalam wadah, lalu biji diratakan hingga menutupi dasar wadah, tutup wadah tersebut dan timbang (b gram).
3. Wadah yang berisi benih yang akan diuji diletakkan kedalam oven yang sudah mencapai suhu 40°C. Dipastikan wadah dimasukkan dalam keadaan terbuka dan tutup ditaruh dibagian bawah.
4. Waktu pengeringan diatur selama 2 hari dan berhenti secara otomatis.
5. Setelah itu wadah dikeluarkan menggunakan alat penjepit dan ditutup secepat mungkin. Lalu wadah diletakkan ke dalam desikator untuk didinginkan selama 30 menit.
6. Bila sudah dingin, wadah beserta benih yang akan diuji kemudian ditimbang (c gram).

Rumus kadar air benih:  $\frac{b-c}{b-a} \times 100$

a = berat wadah + tutup

b = berat wadah + tutup + benih mula-mula

c = berat wadah + tutup + benih setelah dikeringkan (Purwanti, 2004).

Kelembaban relatif ruang laboratorium harus lebih rendah dari 70%. Karena pada kelembaban yang tinggi akan mempengaruhi hasil penentuan kadar air (Sutopoo, 1980).

### 3.4.3 Sterilisasi Alat Bahan dan Penyiapan Media Perkecambahan

Alat-alat yang digunakan pada pengamatan harus dalam keadaan steril agar terbebas dari hal-hal yang dapat menimbulkan kontaminasi. Sterilisasi diawali dengan pencucian semua alat dengan detergen dan dicuci dengan air mengalir. Setelah dikeringkan, alat-alat seperti pinset dan cawan petri terlebih dahulu dibungkus dengan kertas sampul setelah itu disterilisasikan dengan pembakaran atau pemanasan dalam oven pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Kertas merang disterilkan dengan dicelupkan sebentar pada aquades dan *bayclean* (Sutopo, 1980).

## 3.5 Karakter Pengamatan

### 3.5.1 Karakter fisik biji

Pengamatan dilakukan pada tiap individual tanaman. Pengamatan dilakukan sebelum biji dikecambahkan. Karakter yang diamati berupa karakter fisik biji antara lain:

#### a. Panjang biji

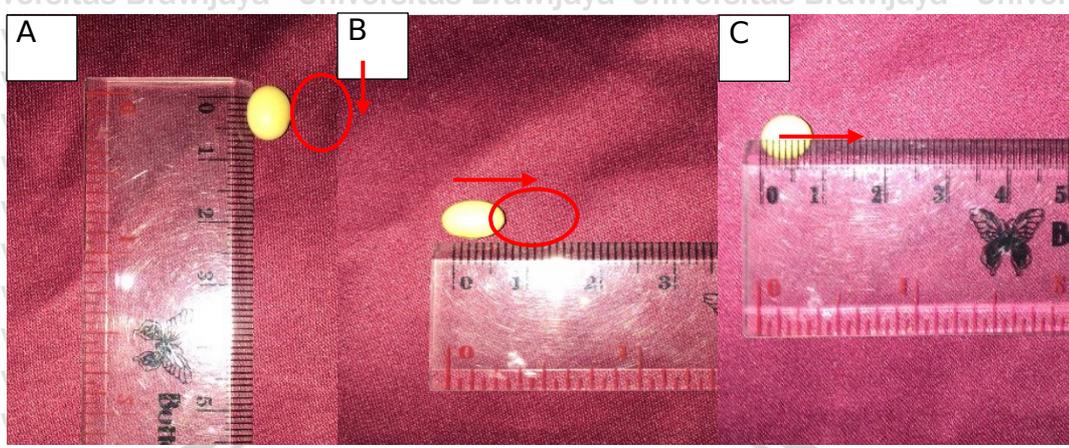
Diukur menggunakan jangka sorong dengan mengukur biji mulai dari pangkal sampai ujung biji.

#### b. Lebar biji

Diukur dengan mengukur lebar biji kedelai dengan menggunakan jangka sorong.

#### c. Tebal biji

Diukur dengan mengukur tebal biji kedelai dengan menggunakan jangka sorong.



**Gambar 3.** (a) Panjang biji, (b) Lebar biji, (c) Tebal biji (Dokumentasi Pribadi).

d. Diameter biji (geometri)

Diukur dengan mengukur diameter biji kedelai dengan menggunakan jangka sorong. Perhitungan karakter metrik diamater biji (geometric,  $D_g$ ) =  $(L \times W \times T)^{1/3}$  (Mohsenin, 1986).

Keterangan:

L = Panjang biji (mm)

W = Lebar biji (mm)

T = Tebal (mm)

$D_g$  = Diameter geometrik (mm)

e. Kebulatan biji

Perhitungan karakter kebulatan biji dihitung dengan rumus kebulatan biji  $(\phi) = (D_g/L) \times 100 \%$  (Mohsenin, 1986).

Keterangan:





L = Panjang biji (mm)

Dg = Diameter geometrik (mm)

(φ) = Derajat kebulatan

f. Volume biji

Diukur dengan mengukur volume biji kedelai dengan menggunakan gelas pengukur yang diisi air. Perhitungan karakter volume biji dihitung dengan

$$\text{rumus (V)} = \left(\frac{\pi}{6}\right) \times Dg^3 \quad (\text{Kara et al., 2013}).$$

Keterangan:

Dg = Diameter geometrik (mm)

V = Volume biji (mm<sup>3</sup>)

g. Luas permukaan biji

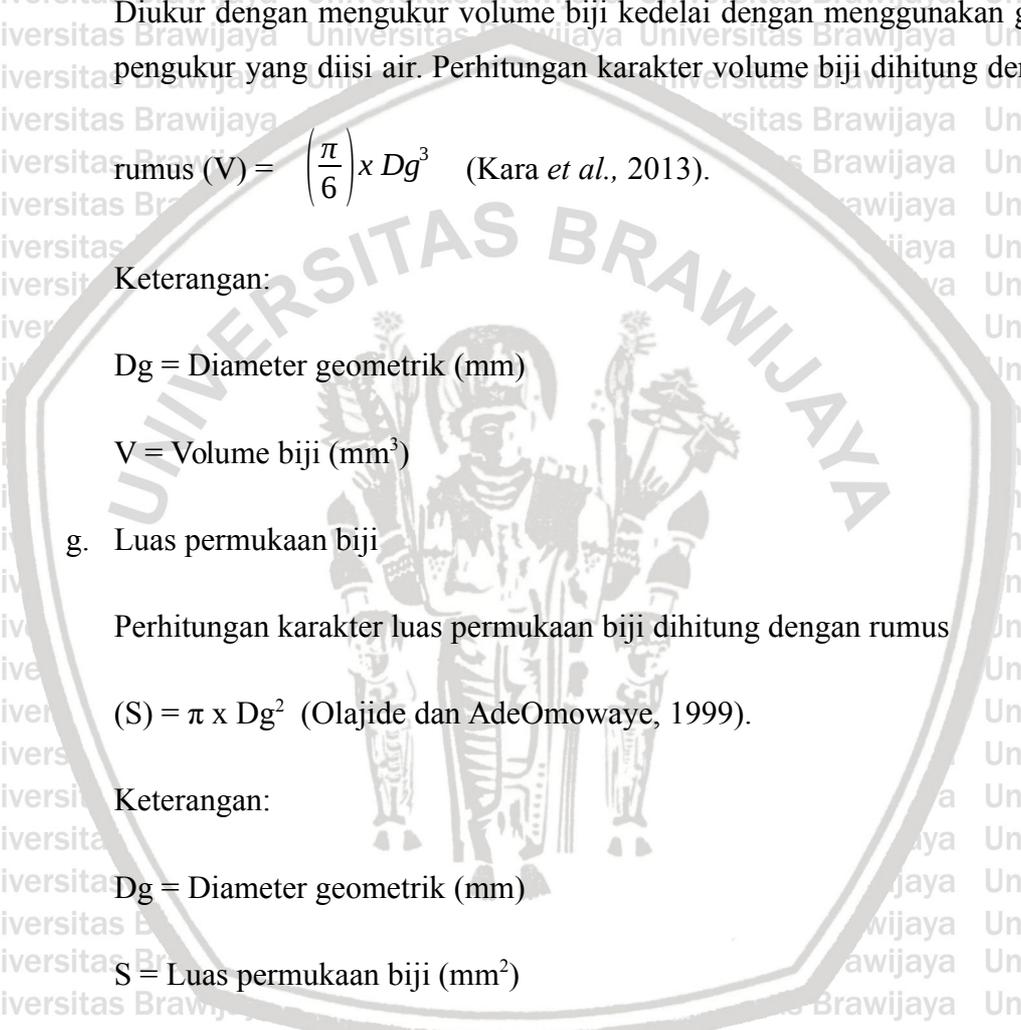
Perhitungan karakter luas permukaan biji dihitung dengan rumus

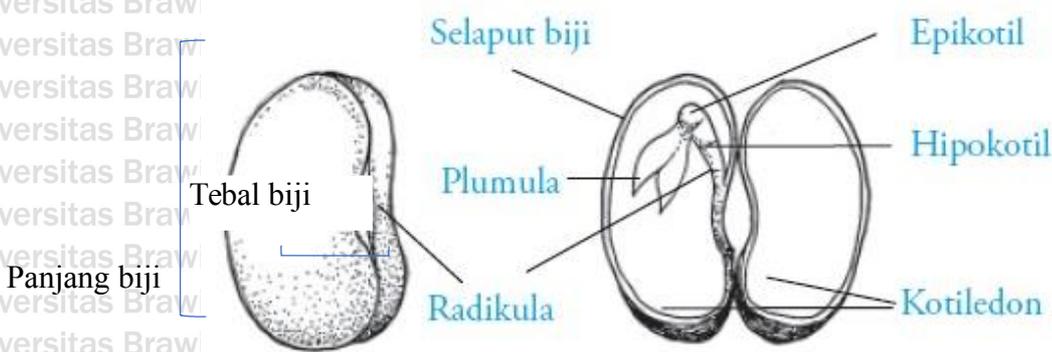
$$(S) = \pi \times Dg^2 \quad (\text{Olajide dan AdeOmowaye, 1999}).$$

Keterangan:

Dg = Diameter geometrik (mm)

S = Luas permukaan biji (mm<sup>2</sup>)





Lebar biji

**Gambar 4.** Struktur biji (Frananta, 2016).

### 3.5.2 Karakter fisiologis

#### a. Laju pertumbuhan

Pengujian ini dilakukan dengan metode uji diatas kertas (UDK). Sebanyak 10 biji tiap genotip dikecambahkan didalam cawan petri yang telah diberi alas kertas merang berukuran 9 cm (3 lembar) dan dijaga agar selalu tetap basah dengan setiap hari diberi larutan akuades dengan volume konstan per harinya. Bagian luar cawan petri diberi label sesuai perlakuan dan ulangan. Perkecambahan diamati selama 14 hari. Pengamatan pertama dilakukan pada hari ke-3 dan pengamatan kedua diamati pada hari ke-14. Biji dikatakan berkecambah bila radikulanya telah tumbuh memanjang sebesar  $\pm 2$  mm. Umumnya sebagai parameter untuk viabilitas benih digunakan persentase perkecambahan. Dimana perkecambahan harus cepat dan pertumbuhan kecambahnya kuat, dan ini mencerminkan kekuatan tumbuhnya, yang dapat dinyatakan dengan laju perkecambahan. Laju perkecambahan dapat diukur dengan menghitung jumlah hari yang diperlukan untuk munculnya radikul atau plumula ( Sadjad, Munarti, Ilyas, 1999):

$$\text{Rata-rata hari} = \frac{N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_x T_x}{\text{Jumlah total benih yang berkecambah}}$$

Keterangan :

$N$  = jumlah benih yang berkecambah pada satuan waktu tertentu;

$T$  = menunjukkan jumlah waktu antara awal pengujian sampai dari interval tertentu suatu pengamatan;

#### b. Daya berkecambah (%)

Pengujian daya kecambah benih merupakan suatu pengujian viabilitas benih yang diukur dengan perentase kecambah normal sampai pada pengamatan terakhir. Pengujian ini dilakukan dengan metode uji diatas kertas (UDK). Sebanyak 10 biji tiap genotip dikecambahkan didalam cawan petri yang telah diberi alas kertas merang berukuran 9 cm (3 lembar) dan dijaga agar selalu tetap basah dengan setiap hari diberi larutan akuades dengan volume konstan per harinya. Kemudian diberi label bagian luar cawan petri sesuai perlakuan dan ulangan. Pengamatan perkecambahan dilakukan setiap hari selama 14 hari. Biji dikatakan berkecambah bila radikulanya telah tumbuh memanjang sebesar  $\pm 2$  mm. Pertumbuhan kecambah meliputi panjang radikula, panjang plumula, panjang kecambah. Hasil penghitungan jumlah biji yang berkecambah setiap hari dan pengamatan pertumbuhan kecambah pada akhir perkecambahan digunakan untuk menentukan persentase perkecambahan. Rumus daya berkecambah yaitu :

$$DB = \sum \frac{KN}{N} \times 100$$

Keterangan:  $DB$  : Daya berkecambah (%);

$\sum KN$  : Jumlah benih yang berkecambah normal;

$N$  : Jumlah benih yang ditabur

Suatu benih dikategorikan normal apabila:

#### 1. Benih utuh

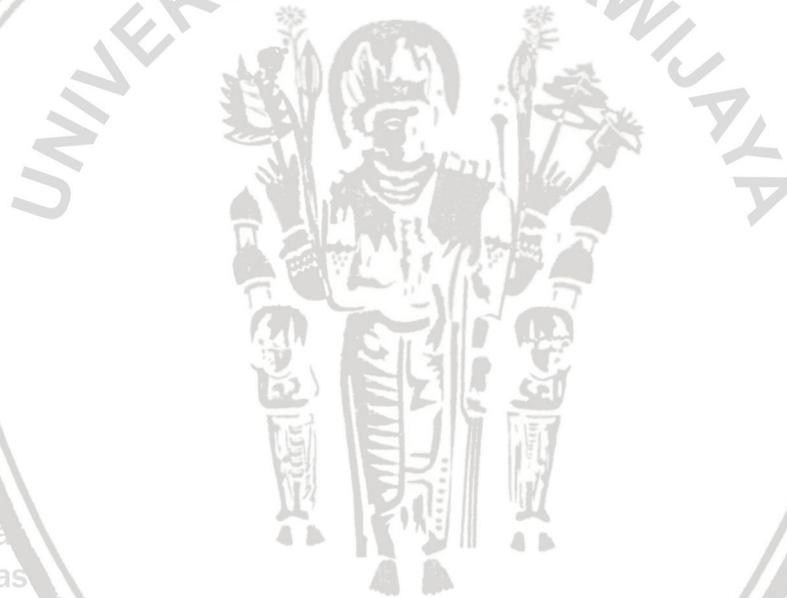
Benih yang seluruh struktur esensialnya berkembang dengan baik, lengkap, proporsional dan sehat.

### 2. Benih dengan sedikit kecacatan

Benih menunjukkan sedikit kecacatan pada struktur esensial tertentu, tetapi perkembangannya memuaskan dan seimbang dibandingkan dengan benih yang utuh dengan pengujian yang sama.

### 3. Benih infeksi sekunder

Benih yang jelas dapat dikatakan sama seperti kategori diatas tetapi telah terserang oleh fungi atau bakteri yang tidak diakibatkan dari induknya (ISTA,2015)



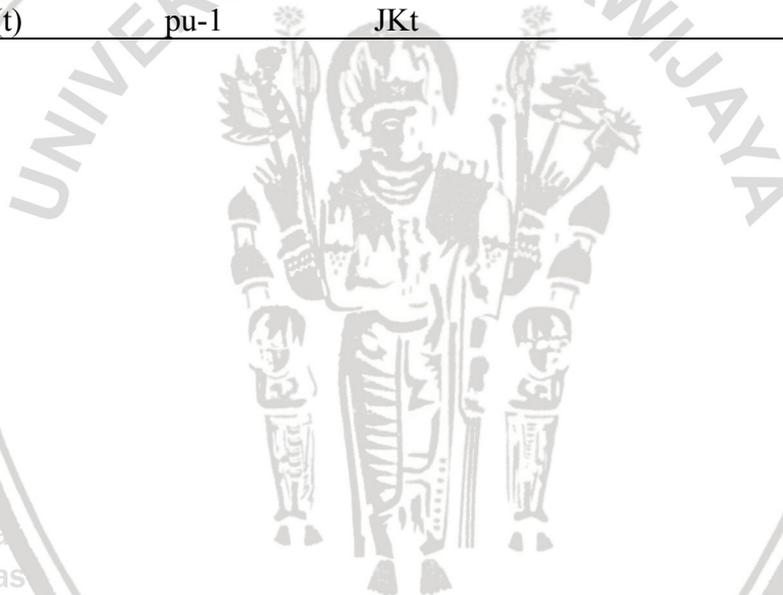
### 3.6 Analisis Data Penelitian

#### 3.6.1 Analisis Varians

Data dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) (Gomez, 2007) dan apabila terdapat perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji rata-rata bergerombol *Scott Knott* dengan menggunakan aplikasi SASM-Agri.

**Tabel 1.** Analisis Ragam

Sumber Ragam	Db	JK	KT	F. Hitung	F. Tabel 5%
Perlakuan (p)	p-1	JKp	JKp/dbp	KTp/KTg	
Galat (g)	p(u-1)	JKg	JKg/dbg		
Total (t)	pu-1	JKt			



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

#### 4.1.1 Pengamatan Kuantitatif

Pengamatan kuantitatif meliputi pengamatan komponen fisik biji dan pertumbuhan kecambah. Pengamatan fisik biji terdiri dari panjang biji, lebar biji, tebal biji, volume biji, diameter biji, kebulatan biji dan luas permukaan biji.

Pengamatan pertumbuhan kecambah terdiri dari daya berkecambah, laju perkecambahan, panjang pucuk, panjang hipokotil dan panjang akar primer.

Selain itu ada pula komponen hasil yaitu berat kering kecambah. Berikut merupakan hasil karakter pertumbuhan kecambah dari 36 genotip kedelai.

##### a. Daya Berkecambah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa 36 genotip kedelai yang diuji memberikan pengaruh yang nyata pada karakter daya berkecambah (Lampiran 3.). Daya berkecambah dari 36 genotip menunjukkan keragaman dengan rentang antara 80-16 %. Genotip-genotip yang memiliki daya berkecambah yang tinggi diantaranya adalah genotip GBGxAGP, UB2xGBG, UB2xTGM, UB2xTGM, UB2xUB1 (Tabel 2.).

##### b. Laju Perkecambahan

Didapatkan hasil laju perkecambahan dari 36 genotip kedelai yang diuji memiliki pengaruh yang nyata (Lampiran 3.) dengan kisaran antara 31-21 %/hari. Genotip-genotip yang memiliki laju perkecambahan yang tinggi diantaranya adalah genotip GBG, UB2xUB1, UB1xGBG, UB1xUB2, TGMxAJM, TGMxGBG, UB1xAGP, UB2xAGP, GBGxUB2, AJMxUB2, AGPxGBG, AJMxAGP, GBGxUB1, AJMxTGM, GBGxAGP (Tabel 2.).

##### c. Panjang pucuk kecambah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa 36 genotip kedelai yang diuji memberikan pengaruh yang nyata pada karakter panjang pucuk (Lampiran 3.).

Nilai panjang pucuk dari 36 genotip menunjukkan tidak memberikan pengaruh atau perbedaan yang nyata dengan rentang antara 0,93-0,50 cm. Genotip-genotip yang memiliki nilai panjang pucuk yang tinggi diantaranya adalah genotip AGPxAJM, GBGxAJM, TGMxAJM, UB1xAJM, AJMxUB2, AGPxUB2, TGMxUB2, AJMxAGP, UB2xAGP, GBGxAGP, TGMxAGP,

UB1xAGP, UB2xGBG, UB2xTGM, AGPxTGM, GBGxTGM, UB1xTGM, TGMxUB1 (Tabel 2.).

d. Panjang hipokotil

Didapatkan hasil dari 36 genotip kedelai yang diuji memberikan pengaruh yang nyata pada karakter panjang hipokotil (Lampiran 3.) dengan kisaran antara 12-4 cm. Genotip-genotip yang memiliki nilai panjang hipokotil yang tinggi

diantaranya adalah genotip UB2xAJM, AJMxAGP, AJMxGBG, TGMxGBG, UB1xGBG, AJMxTGM, AGPxTGM, GBGxTGM, UB2xUB1, TGMxUB1, AGP (Tabel 2.).

e. Panjang akar primer

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa 36 genotip kedelai yang diuji memberikan pengaruh yang nyata pada karakter panjang akar primer (Lampiran 3.). Nilai panjang akar primer dari 36 genotip menunjukkan keragaman dengan rentang antara 31-21 cm. Genotip-genotip yang memiliki nilai panjang akar primer yang tinggi diantaranya adalah genotip AJMxAGP, UB2xUB1, GBGxUB1, UB2 (Tabel 2.).

**Tabel 2.** Rerata Daya Berkecambah, Laju Perkecambahan, Panjang Pucuk, Panjang Hipokotil, Panjang Akar Primer dari 36 Genotip Kedelai

No.	Perlakuan	Daya Berkecambah (%)	Laju Perkecambahan (%/hari)	Panjang Hipokotil (cm)	Panjang Akar Primer (cm)
1	UB2xAJM	50,00b	28,17c	11,20d	27,27a
2	AGPxAJM	30,00a	27,17b	7,87b	25,00a
3	GBGxAJM	40,00a	29,67c	5,87a	21,87a
4	TGMxAJM	40,00a	31,00c	6,13a	27,70a
5	UB1xAJM	36,67a	26,80b	8,30c	27,33a

Keterangan: AJM = Anjasmoro; AGP = Argopuro; GBG = Grobogan; TGM = Tanggamus.



6	AJMxUB2	46,67b	30,67c	8,50c	30,27b
7	AGPxUB2	46,67b	24,83a	5,63a	27,17a
8	GBGxUB2	33,33a	30,67c	7,80b	29,27a
9	TGMxUB2	40,00a	28,63c	8,17c	30,00b
10	UB1xUB2	53,33b	31,00c	8,57c	30,00a
11	AJMxAGP	56,67b	30,27c	10,73d	31,00c
12	UB2xAGP	50,00b	30,67c	11,50d	30,27b
13	GBGxAGP	66,67c	30,00c	7,33b	29,67a
14	TGMxAGP	56,67b	29,00c	8,47c	28,93a
15	UB1xAGP	50,00b	30,67c	5,53a	27,53a
16	AJMxAGP	36,67a	27,53b	10,07d	30,67b
17	UB2xGBG	60,00b	27,17b	7,03b	25,03a
18	AGPxGBG	56,67b	30,67c	9,13c	25,10a
19	TGMxGBG	43,33a	30,67c	12,20d	25,93a
20	UB1xGBG	23,33a	31,00c	9,90d	30,67b
21	AJMxTGM	50,00b	30,00c	10,67d	30,33b
22	UB2xTGM	60,00b	28,67c	9,37c	30,67b
23	AGPxTGM	30,00a	25,03a	9,83d	30,67b
24	GBGxTGM	50,00b	29,67c	9,90d	29,67a
25	UB1xTGM	46,67b	27,33b	6,53b	31,00c
26	AJMxUB1	40,00a	25,10a	4,50a	29,67a
29	GBGxUB1	43,33a	30,00c	8,60c	31,00c
30	TGMxUB1	36,67a	25,93b	9,93d	30,00a
31	AJM	16,67a	29,67c	9,37c	24,83a
32	TGM	36,67a	29,67c	7,63b	29,00a
33	AGP	36,67a	27,27b	10,47d	28,63a
34	GBG	30,00a	31,00c	7,00b	28,17a
35	UB1	53,33b	28,93c	8,43c	28,67a
36	UB2	40,00a	21,87a	9,30c	31,00c
Min		16,67	21,87	12,20	31,00
Max		80,00	31,00	4,37	21,87
KK(%)		20,31	6,21	14,65	14,50

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Hubungan Antar Genotip terhadap Karakter lainnya

Pada hasil pengamatan, daya berkecambah dan laju perkecambahan dari 36 genotip kedelai yang diamati didapatkan hasil berpengaruh nyata. Daya berkecambah pada penelitian ini adalah berdasarkan banyaknya kecambah normal



yang dihasilkan pada akhir pengamatan. Daya berkecambah tertinggi dicapai oleh genotip UB2xUB1 dan memiliki jumlah akar primer tertinggi, sedangkan daya berkecambah terendah dicapai oleh tetua AJM. Menurut Kuswanto (1996), salah satu definisi benih dikatakan berkecambah adalah jika sudah dapat dilihat struktur perkecambahannya, yaitu plumula dan radikula. Pada proses perkecambahan benih bersamaan dengan proses imbibisi akan terjadi peningkatan laju respirasi yang akan mengaktifkan enzim-enzim yang terdapat di dalamnya sehingga proses perombakan cadangan makanan yang akan menghasilkan energi ATP dan unsur hara diikuti oleh senyawa protein untuk pembentukan sel-sel baru embrio. Selanjutnya akan diikuti proses diferensiasi sel-sel sehingga terbentuk plumula yang merupakan bakal batang dan daun serta radikula yang merupakan bakal akar. Jika dihubungkan dengan daya berkecambah pada Tabel 2, genotipe UB1xUB2 yang mempunyai rata-rata jumlah daya berkecambah paling tinggi dari hari ke-3 sampai hari ke-14 setelah tanam, dan sebagian merupakan kecambah yang kurang vigor jika dilihat dari daya berkecambah pada akhir pengamatan. Menurut Kuswanto (1996), kecambah yang kurang vigor adalah kecambah setelah muncul dari benih, tidak dapat melanjutkan pertumbuhannya, atau dapat digolongkan ke dalam kecambah abnormal dalam pengujian benih. Biji akan berkecambah setelah mengalami masa dorman yang dapat disebabkan berbagai faktor internal, seperti embrio masih berbentuk rudimen atau belum masak (dari segi fisiologi), kulit biji yang tahan atau impermeable atau adanya penghambat tumbuh. Perkecambahan sesungguhnya adalah pertumbuhan embrio yang dimulai kembali setelah penyerapan air atau imbibisi (Hidayat, 1995). Daya berkecambah dipengaruhi salah satunya oleh cahaya. Menurut Kamil (1982), cahaya dalam proses perkecambahan berpengaruh pada waktu proses imbibisi, dan kepekaan biji terhadap cahaya meningkat dengan bertambah lamanya waktu imbibisi. Kaitan antara penyinaran dan imbibisi biji tergantung pula kepada besarnya intensitas cahaya dan lamanya waktu sesudah imbibisi dengan penyinaran. Selain itu substrat perkecambahan yang tepat sangat mempengaruhi mutu benih. Selain itu, dengan adanya substrat akan memudahkan suplai air saat perkecambahan. Menurut Sadjad (1980), media dan kondisi lingkungan harus optimal saat perkecambahan agar dapat memenuhi segala sesuatu yang diperlukan benih

sehingga sesuai dan merepresentasikan pertumbuhan dari benih pada kondisi lapang yang optimum.

Pada hasil pengamatan, genotip yang memiliki laju perkecambahan dan daya berkecambah tertinggi dicapai oleh genotip UB2xUB1. Laju perkecambahan terendah dicapai oleh tetua UB2 namun memiliki jumlah akar primer tertinggi.

Kemampuan benih yang cepat untuk berkecambah tentunya didukung oleh nilai daya berkecambah yang tinggi (Lesilolo et al., 2013). Semakin tinggi nilai laju perkecambahan menunjukkan semakin lama jumlah hari yang di butuhkan benih untuk berkecambah. Genotip yang mempunyai rata-rata jumlah laju perkecambahan lebih tinggi dibanding genotipe lainnya kemungkinan disebabkan laju respirasi benih genotip ini pada kedua lingkungan lebih tinggi, sehingga enzim-enzim yang ada di dalamnya aktif lebih cepat untuk menjalankan proses perkecambahan berikutnya. Laju perkecambahan dipengaruhi oleh cahaya, suhu dan kelembaban. Ketiga faktor tersebut sangat mempengaruhi perkecambahan selama pertumbuhan anakan. Selain itu kondisi media pertumbuhan seperti pH, salinitas dan drainase menjadi sangat penting. Selama perkecambahan dan tahap awal pertumbuhan benih dan anakan sangat rentan terhadap tekanan fisiologis, infeksi dan kerusakan mekanis, maka dari itu tujuan lain dari penyediaan kondisi lingkungan yang optimal adalah untuk mempercepat perkecambahan hingga anakan dapat melalui tahap ini dengan cepat (Utomo, 2006).

Pada hasil pengamatan, jumlah panjang hipokotil tertinggi dicapai pada genotip TGMxGBG dan terendah pada genotip GBGxAJM. Menurut (Sutopo, 2004), panjang kecambah suatu tanaman ditentukan oleh ukuran benih pada berbagai kecambah, dan juga dipengaruhi oleh viabilitas benih kedelai. Pada hasil panjang akar primer, didapatkan hasil tertinggi pada genotip AJMxAGP, UB2xUB1, GBGxUB1, UB2. Menurut Pace et al., (1999), pemanjangan akar membantu tanaman untuk mendapatkan air selama mengalami cekaman salinitas. Pemanjangan tersebut merupakan respon tanaman untuk memperoleh air ke dalam media perkecambahan yang lebih dalam. Menurut Dwijoseputro (1990), panjang pendeknya akar dipengaruhi oleh faktor-faktor pembawaan dan juga oleh faktor-faktor luar seperti keras lunaknya media perkecambahan, banyak sedikitnya air, dan jauh dekatnya air dari media perkecambahan. Menurut Pace et al., (1999),

bahwa genotip yang toleran memiliki pertumbuhan akar yang lebih panjang, selain itu mampu menggunakan air secara lebih efisien, sehingga kekurangan air tidak terlalu banyak mempengaruhi pertumbuhan kecambah. Mardjono (2001) dan Soemartono (1995) menambahkan bahwa tanaman dengan perakaran yang dalam memiliki mekanisme ketahanan terhadap cekaman air dengan cara beradaptasi. Adaptasi terhadap cekaman air diperlukan terutama untuk memperbaiki keseimbangan air guna mempertahankan potensial air dan turgor, serta seluruh proses biokimia untuk pertumbuhan dan berbagai aktifitas normal.

#### 4.2.1 Hubungan Karakter Fisik Biji terhadap Karakter lainnya

Menurut Coskuner dan Karababa (2017), panjang biji, lebar biji dan tebal biji merupakan 3 dimensi aksial. Ketiga dimensi aksial meningkat secara linear dengan adanya peningkatan kadar air biji. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan air akan memperbesar panjang, lebar dan tebal biji. Air yang masuk ke dalam biji akan menempati sel-sel di dalam biji tersebut, sehingga sel tersebut akan meregang. Semakin banyak air yang diserap, akan menyebabkan peregangan semakin besar yang pada akhirnya akan meningkatkan dimensi biji. Setiap peningkatan volume, diameter, kebulatan, luas permukaan biji erat kaitannya dengan peningkatan ketiga dimensi aksial biji kedelai karena dihitung menggunakan data ketiga dimensi aksial dari biji tersebut (Coskuner dan Karababa, 2007).

Peningkatan kebulatan biji kedelai berkaitan erat dengan adanya perbedaan peningkatan lebar biji karena meningkatnya jumlah kadar air ke dalam sel biji.

Peningkatan kadar air pada benih kedelai dipengaruhi oleh suhu yang tinggi dan lamanya waktu penyimpanan. Justice dan Bass (2002) menyatakan bahwa hasil respirasi dalam simpanan benih berupa panas dan uap air yang dihasilkan akan menambah kadar air benih selama penyimpanan. Menurut Kuswanto (2003)

kadar air benih sangat dipengaruhi oleh kondisi kelembaban relatif ruang tempat penyimpanan benih karena sifat benih yang higroskopis, mudah menyerap uap air dari udara sekitar dan mencapai keseimbangan dengan kondisi lingkungan.

Pranoto *et al.*, (1990), juga memaparkan bahwa benih yang mengandung protein yang tinggi lebih cepat menyerap air. Peningkatan luas permukaan disebabkan

adanya peningkatan lebar biji kedelai secara linear yang disebabkan peningkatan kadar air benih tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar air benih pada saat penyimpanan akan memperbesar lebar biji. Air yang masuk ke dalam biji akan menempati sel-sel di dalam biji tersebut, sehingga sel tersebut akan meregang. Semakin banyak uap air yang diserap dari udara pada saat penyimpanan, akan menyebabkan peregangan semakin besar yang pada akhirnya akan meningkatkan dimensi biji (Coskuner dan Karababa, 2007).

Biji yang semakin tebal akan menyebabkan air menjadi sulit untuk menembus kulit biji akibat kulit biji yang semakin keras sehingga mampu mempengaruhi proses penyerapan air secara imbibisi. Imbibisi menyebabkan biji mengembang dan memecahkan kulit pembungkusnya serta memicu perubahan metabolik pada embrio sehingga dapat melanjutkan pertumbuhannya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yaklich *et al.*, (1986), bahwa laju imbibisi oleh kulit biji terkait dengan kecepatan perkecambahan. Proses awal terjadinya imbibisi benih adalah melalui kulit biji. Benih berkulit tipis lebih cepat menyerap air sehingga mempercepat perkecambahan benih. Sebaliknya, proses imbibisi benih berkulit tebal lebih lambat. Hasil penelitian yang terdahulu menyatakan bahwa terdapat korelasi antara kecepatan imbibisi dengan morfologi benih kedelai yang terdiri dari ketebalan epidermis, hipodermis, dan parenkim. Epidermis merupakan lapisan terpenting karena merupakan lapisan kulit terluar biji, sehingga menjadi penentu berhasil tidaknya air masuk ke dalam benih (Ragus, 1987) dan dilapisi oleh lignin atau kitin (Fahn, 1982). Selain itu, lapisan epidermis tersusun oleh jaringan palisade yang didalamnya terdapat sebuah lapisan (*light line*), yang diduga berfungsi sebagai pengatur proses imbibisi ke dalam benih kedelai (Peske dan Pereira, 1983). Esau (1977) melaporkan bahwa semakin tebal kulit biji pada biji legum, semakin lambat waktu yang diperlukan air untuk dapat menembus biji dan kondisi ini akan memperlambat perkecambahan benih.

Meningkatnya daya kecambah benih yang disimpan berkaitan/berhubungan dengan menurunnya kadar air selama masa simpan. Kadar air benih yang disimpan pada suhu kulkas selama penyimpanan menyebabkan proses metabolisme benih berjalan lambat. Hal ini mengakibatkan daya kecambah semakin meningkat karena tersedianya cadangan makanan yang cukup sebagai

substrat untuk mendukung proses perkecambahan. Bertambahnya susbstrat untuk respirasi menyebabkan energi yang dihasilkan untuk proses perkecambahan menjadi meningkat (Tatipata, *et al.*, 2004). Sebagaimana menurut Hendrawati (1993), daya berkecambah benih merupakan salah satu parameter yang bersifat langsung menggambarkan viabilitas benih.

Menurut Suita dan Nurhasybi (2008), benih berukuran besar dapat dipergunakan sebagai salah satu kriteria seleksi karena berkorelasi dengan kecepatan berkecambah benih. Benih berukuran besar menghasilkan bibit dengan pertumbuhan lebih cepat daripada benih kecil karena benih besar mempunyai embrio dan cadangan makanan yang lebih besar sehingga mendukung proses fisiologis dan biokimia benih dalam proses perkecambahan benih. Pada ukuran benih tersebut, dapat memberikan perkecambahan benih yang optimal. Namun Schmidt (2000) menyatakan kondisi tersebut tidak berlaku umum. Ditemui juga pada benih ukuran sedang belum tentu memberikan perkecambahan dan daya hidup benih yang maksimal pada beberapa genotip benih Ellison (2001). Hal ini sesuai dengan penelitian bahwa semakin meningkat karakter fisik biji (panjang, lebar, tebal, diameter, volume, kebulatan, luas permukaan biji) akan menurunkan nilai laju perkecambahan. Hal ini terbukti pada benih genotip TGMxAJM, UB1xUB2, UB2xUB1, UB2xAGP,UB1xGBG, GBG yang berukuran lebih kecil dari genotip lainnya memberikan nilai laju perkecambahan yang tinggi antara 31,00 – 30,27 % butir / hari (Tabel 2.)

Berdasarkan hasil analisa penelitian, pada seluruh karakter fisik biji (panjang biji, lebar biji, tebal biji, diameter biji, volume biji, kebulatan biji, luas permukaan biji) memiliki hubungan negatif nyata dengan laju perkecambahan. Yang berarti setiap penambahan jumlah karakter fisik biji maka laju perkecambahan menurun. Menurut Justice dan Bass (2002), laju kemunduran vigor dan viabilitas benih dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya faktor genetik dari spesies atau kultivarnya, kondisi benih, kondisi penyimpanan, keseragaman lot benih serta cendawan gudang, bila kondisi penyimpanan memungkinkan pertumbuhannya. Faktor lain yang menyebabkan kemunduran viabilitas benih selain genetik yaitu respirasi. Menurut Justice dan Bass (2002), respirasi meningkat sejalan dengan kenaikan kadar air benih dan peningkatan suhu pada ruang penyimpanan benih.

Pada suhu rendah aktivitas enzim dapat ditekan sehingga respirasi akan diperlambat sebaliknya pada suhu tinggi, aktivitas enzim berlangsung lebih aktif sehingga respirasi lebih cepat, yang mengakibatkan perombakan cadangan makanan secara cepat (Krisnawati *et al.*, 2003). Hasil respirasi dalam simpanan benih berupa panas dan uap air yang dihasilkan akan menambah kadar air benih selama penyimpanan. Menurut Tatipata (2010) peningkatan kadar air dalam penyimpanan menyebabkan peningkatan asam lemak bebas yang menyebabkan daya berkecambah dan kecepatan tumbuh benih kedelai menurun. Berdasarkan penelitian Indartono (2011) benih kedelai tergolong benih ortodoks, yaitu benih yang memiliki kadar air diatas 13% akan mengalami kemunduran lebih cepat.

Benih memerlukan kadar air optimum untuk penyimpanannya. Sebagian besar benih memiliki kadar air optimum penyimpanan 6-11%. Purba *et al.* (2013) menyatakan bahwa kemunduran benih selama masa penyimpanan disebabkan oleh kadar air benih yang semakin tinggi. Hal ini mengakibatkan laju respirasi semakin cepat sehingga semakin banyak CO<sub>2</sub> dan panas yang dihasilkan. Aktivitas fisiologis ini dapat ditekan melalui kadar air penyimpanan yang ideal sehingga daya berkecambah benih masih dapat dipertahankan hingga waktunya benih dikecambahkan. Pranoto *et al.*, (1990), juga memaparkan bahwa benih yang mengandung protein yang tinggi lebih cepat menyerap air. Kadar air benih yang melebihi batas kritisnya akan menyebabkan kerusakan protein yang diduga terbentuknya radikal bebas. Dengan cepatnya benih kedelai menyerap air maka cepat pula terjadi kebocoran-kebocoran pada sel-sel dalam benih kedelai. Dengan demikian bila protein rusak maka akan mengurangi transpor energi yang menyebabkan deteriorasi benih (Sun dan Leopold, 1997).

Pada penelitian didapatkan hasil daya berkecambah tertinggi pada genotip UB2xUB1 yaitu 80%. Standar daya berkecambah yang tergolong tinggi untuk hampir seluruh benih adalah  $\geq 80\%$ . Daya berkecambah benih yang rendah disebabkan oleh proses imbibisi yang tidak serempak pada benih sehingga pertumbuhan benih menjadi kecambah normal tidak serempak dan banyaknya serangan cendawan saat benih dikecambahkan. Timbulnya banyak cendawan kemungkinan diakibatkan oleh mikroorganismenya terbawa benih karena substrat perkecambahan, alat pengecambah benih, dan air yang digunakan sudah

dikondisikan dalam kondisi steril. Ghangaokar dan Kshirsagar (2013) mengemukakan bahwa mikroorganisme yang merupakan *seedborne disease* paling banyak ditemukan pada benih yang tidak mendapatkan perlakuan benih.

Adanya infestasi mikroorganisme ini membuat vigor dan daya berkecambah benih menjadi rendah.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terdapat keragaman daya berkecambah dan laju perkecambahan dari 30 genotip dan 6 tetua benih kedelai.

Dari 36 perlakuan didapatkan genotip UB2xUB1 yang memiliki hasil terbaik.

### 5.2 Saran

Adapun saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan analisis pada penanda molekuler sebagai pelengkap data dari karakter daya berkecambah dan laju perkecambahan pada tanaman kedelai generasi ke 7 (F7).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR PUSTAKA

- Adie MM, A Krisnawati. 2007. Keragaan hasil dan komponen hasil biji kedelai pada berbagai agroekologi. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 7-17.
- Adisarwanto. 2006. Meningkatkan Produksi Kacang Tanah Di Lahan Sawah Dan Lahan Kering. Jurnal Ilmu Tanah Vol. 7.
- Bedell, P.E. 1998. Seed Science and Technology: Indian Forestry Species. Allied Publishers Limited. New Delhi. 346 p.
- BPS. 2014. Berita Resmi Statistik (Online). Available at [http://www.bps.go.id/brs\\_file/aram\\_01juli14.pdf/](http://www.bps.go.id/brs_file/aram_01juli14.pdf/) (Verified 2 Jan 2015).
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 2001. Principles of Seed Science and Technology. 3 th. Ed. McMillan Publi,Co., New York.
- Danapriatna. 2010. Pengaruh Penyimpanan Terhadap Viabilitas dan Benih Kedelai. Hasil Penelitian Penyimpanan Benih. Bandung.
- Coskuner, Y. dan Karababa, E. 2007. Physical Properties of Coriander Seeds (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Food Engineering 80: 408-416.
- Eka, Hanafiah, dan Nuriadi. 2015. Budidaya Kedelai di Lahan Sawah Sumatera Barat. 5(3): 288-296.
- Ellison, A.M. 2001. Interspecific And Interspecific Variation in Seed Size and Germination Requirements of Sarracenia (*Sarraceniaceae*). American Journal of Botany. 8: 429-437.
- Esau, K. 1977. Anatomy of Seed Plants 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc. Canada. 550 p.
- Fahn, A. 1982. Anatomi Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Fehr, W. R., C.E. Caviness, D.T. Burmood, and J.S. pennington. 1971. Stage of Development Description for soybean *Glycine max* (L.) Merril. Crop Sci. Madison. USA. 11 p.
- Fischer, R.A. and R. Maurer. 2012. Drought Resistance In Spring Wheat Cultivars; I.G Rain Yield Responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.
- Ghangaokar, N. M., Kshirsagar, A. D. 2013. Study of Seed Borne Fungi of Different Legumes. Sci Journal; 2(1):32-35.
- Gomez, K.A. dan A.A. Gomez, 1995. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. Diterjemahkan oleh: E. Sjamsuddin dan J.S. Baharsjah. Jakarta: UI Press.
- Handayani, S. 2012. Morfologi Tanaman Kedelai. Puslitbangtan. Bogor
- Hasanah, M. 2002. Peran Mutu Fisiologik Benih dan Pengembangan Industri Benih Tanaman Industri. Jurnal Litbang Pertanian. 21(3): 4-91.
- Hidajat, O.O. 2012. Morfologi Tanaman Kedelai Hal. 73-86. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

- Hill, H. J., S. H. West & K. Hinson. 2017. Soybean Seed Size Influences Expression of the Impermeable Seed-Coat Trait. *Crop-Sci.* 26: 634-636
- Indartono. 2011. Pengkajian Suhu Ruang Penyimpanan dan Teknik Pengemasan terhadap Kualitas Benih Kedelai. *Gema Teknologi* 16(3): 158-163.
- Justice, Oren L dan Bass, Louis N. 2002. Prinsip dan Praktek Penyimpanan Benih. Jakarta: PT. Raga Grafindo Persada.
- Kamil, Jurnalis. 1979. Teknologi Benih. Padang: Angkasa Raya.
- Kara, M., Sayinci, B., Elkoca, E., Ozturk, I., & Osmen, T. B. 2013. Seed size and shape analysis of registered common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in Turkey using digital photography. *Journal of Agricultural Sciences*, 19(2013), 219–234.
- Kuswanto, H. 2003. Teknologi Pemrosesan, Pengemasan dan Penyimpanan Benih. Yogyakarta: Kanisius.
- Kuswanto, B. Waluyo, L. Soetopo, dan A. Afandhi. 2009. Uji Daya Hasil Galur Harapan Kacang Panjang Toleran Hama Aphid Dan Berdaya Hasil Tinggi. *Agivita* 31 (1) : 31-40.
- McWilliams, D. A., D. R. Berglund, and G. J. Endres. 1999. Soybean Growth and Management Quick Guide. North Dakota State University. University of Minnesota.
- Mohsenin NN. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. 2nd Edition. Gordon and Breach Science Publishers. New York.N.Y.
- Mugnisjah, W. 1994. Panduan Praktikum dan Penelitian Bidang Ilmu dan Teknologi Benih. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Mugnisjah, W. Q., I. Shimano & S. Matsumoto. 1987. Studies on the Vigour of Soybean Seeds: 1. Varietal Differences in Seed Vigour. *J. Fac. Agric. Kyushudemu* 31: 213-226.
- Nasution. 2010. Metode Research (Penelitian Ilmiah). Jakarta: Bumi Aksara.
- Pitojo, S. 2016. Persilangan Diallel Enam Varietas Kedelai (*Glycine Max* (L.) Merrill) Dalam Rangka Peningkatan Hasil Dan Kandungan Protein. SP. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Pitojo, S. 2003. Benih Kedelai. Kanisius. Yogyakarta.
- Powell A.A. 1988. Seed vigour and field establishment. *Adv. Appl. Biol.* 10: 217-284.
- Powell, A. A. 2002. Seed Improvement by Selection and Invigoration. *Scientia Agricola*. 55:126-133.
- Pranoto, H.S., W.Q.Mu gnisjah, dan E. Murniati. 1990. Biologi Benih. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor. 138 p.
- Priestley, D.A. 2015. Seed Aging. Comstock publishing associates. A division of cornell Univ. Press.

- Pusdatin. 2013. Buletin Konsumsi Pangan. 4 (3): 1-54.
- Ragus, L.N. 1987. Role of Water Absorbing Capacity in Soybean Germination and Seedling Vigor. Seed Sci. and Tech. 15:285-296.
- Rukmana, R. Dan Yuniarsih, Y. 1996. Kedelai: Budidaya dan Pasca Panen. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Sadjad, S. 1994. Kuantifikasi Metabolisme Benih. PT. Grasindo. Jakarta.
- Sadjad, S., E. Muniarti, dan S. Ilyas. 2002. Parameter Pengujian Vigor Benih Komparatif ke Simulatif. Jakarta : PT. Grasindo
- Sadjad, S., E. Murniati, S. Ilyas. 1999. Parameter Pengujian Vigor Benih Dari Komparatif ke Simulatif. PT Grasindo. Jakarta.
- Schmidt, L. 2000. Pedoman Penanganan Benih Tanaman Hutan Tropis dan Suptropis. Direktorat Jendral Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. Departemen Kehutanan. Buku. Gramedia. Jakarta. 185 p.
- Setiawati, B. B. 2006. Kedelai Hitam Sebagai Bahan Baku Kecap Tinjauan Varietas dan Lama Fermentasi Terhadap Mutu Kecap. Jurnal-jurnal Pertanian Vol.2(2).
- Singh RK, Chaudhary BD. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Ludhiana-New Delhi. Kalyani Publishers.
- Sinukaban, N., dan L.M. Rachman. 2010. Fisika Tanah. Bahan Penataran Kursus Tata Guna Tanah Pejabat BAPENAS. Bogor.
- Suita, E. dan Nurhasybi. 2008. Pengaruh Ukuran Benih terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Bibit Tanjung (*Mimusops elengi* L.). Jurnal Tekno Hutan Tanaman. 14(2): 41-46 p.
- Sumarno dan Mansuri A.G. 2007. Persyaratan tumbuh dan wilayah produksi kedelai di Indonesia. Dalam: Sumarno, Suyamto, Widjono A., Hermanto, dan Kasim H., (Eds). Kedelai: Teknik Produksi dan Pengembangan. Pusat Penelitian, Bogor
- Sumarno dan Zuraida. 2007. Hubungan Korelatif Dan Kausatif Antara Komponen Hasil Dengan Hasil Biji Kedelai. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 25(1): 38-43.
- Sumarno. 1986. Teknik Budidaya Kacang Tanah. Sinar Baru. Bandung.
- Sun, W.Q., A.C. Leopold. 1997. Glassy State and Seed Storage Stability: A Viability Equation Analysis. Annals of Botany. 74:601-604.
- Sutopo, L. 1998. Teknologi Benih. Rajawali. Jakarta.
- Suprpto. 2000. Morfologi Tumbuhan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sutopo, L. 2002. Teknologi Benih. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Tatipata, A., Prpto Y., Aziz P., Woerjono P. 2004. Kajian Aspek dan Biokimia Deteriorasi Benih Kedelai Dalam Penyimpanan. Jurnal Ilmu Pertanian. 11(2): 76-78.

Tatipata, A. 2010. Perubahan Asam Lemak Bebas Selama Penyimpanan Benih Kedelai dan Hubungannya dengan Viabilitas Benih. *J. Agron. Indonesia* 38:30-35.

Wawan, Aep, Irwan. 2006. Budidaya Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). Jatinangor: Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. p. 25.

Yaklich, R.W., E.L. Vigil, and W. Wergin. 1986. Pore Development and Seed Coat Permeability in Soybean. *Crop Sci.* 26:616-624.

