

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Karakteristik kedelai

Tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) merupakan salah satu tanaman semusim yang sudah lama dibudidayakan di Indonesia. Berdasarkan klasifikasinya termasuk Divisio: Spermathopyta, Subdivisio: Angiospermae, Kelas: Dicotyledonae, Ordo: Rosales, Famili: Leguminosae, Genus: Glycine, Species: *Glycine max* (L.) Merrill (Sumarno dan Harnoto, 1983). Kedelai mengandung gizi protein sebesar 35%, lemak 18%, dan karbohidrat 35% (Arifin, 2013). Kedelai sebagai sumber protein nabati yang sangat penting untuk meningkatkan gizi masyarakat karena harganya yang murah dan disukai masyarakat. Kedelai juga memiliki kandungan asam amino seperti metionin, tripsin, dan lisin yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan gizi dan pangan masyarakat (Adie dan Krisnawati, 2016).

Buah kedelai berbentuk polong, banyaknya polong tergantung pada jenis atau varietasnya. Dalam satu polong biasanya berisi 1 sampai 4 biji. Bentuk biji kedelai tidak sama tergantung varietas, ada yang berbentuk bulat, agak gepeng atau bulat telur. Namun, sebagian besar biji kedelai berbentuk bulat telur. Ukuran dan warna biji kedelai juga tidak sama, tetapi sebagian besar berwarna kuning dengan ukuran biji kedelai yang dapat digolongkan dalam tiga kelompok, yaitu berbiji kecil (<10 g/100 biji), berbiji sedang (10 sampai 12 g/100 biji), dan berbiji besar (13 sampai 18 g/100 biji). Polong kedelai pertama kali muncul sekitar 10 sampai 14 hari setelah bunga pertama muncul (Fachrudin, 2000). Pada umumnya warna biji kedelai berbeda-beda, perbedaan warna biji dapat dilihat pada belahan biji ataupun pada selaput biji, biasanya kuning atau hijau transparan (tembus cahaya), selain itu ada juga biji yang berwarna gelap kecoklat-coklatan sampai hitam atau berbintik (Adisarwanto, 2006).

2.1.2 Pengusangan dipercepat

Pengusangan cepat merupakan salah satu metode pendugaan daya simpan benih dengan melihat viabilitas (Rini, 2017). *Accelerated ageing methods* (AAM) atau metode pengusangan cepat ditemukan pertama kali oleh Delouche (1971) dengan menggunakan perlakuan fisik yaitu suhu 41°C dan kelembaban sekitar 100% selama tiga sampai empat hari dan dikembangkan oleh Baskin dan McDonald (Rini, 2017). Menurut Rini (2017), laju kemunduran benih pada metode ini memiliki kemiripan dengan laju kemunduran secara alami akibat kesamaan komponen lingkungan simpan utama berupa suhu dan kelembaban. Benih yang disimpan pada kondisi kelembaban yang tinggi akan lebih cepat mengalami kemunduran. Menurut Rini (2017), AAM berkorelasi dengan penurunan mutu benih (deteriorasi). Semakin lama pengusangan akan mengakibatkan aktivitas enzim semakin menurun.

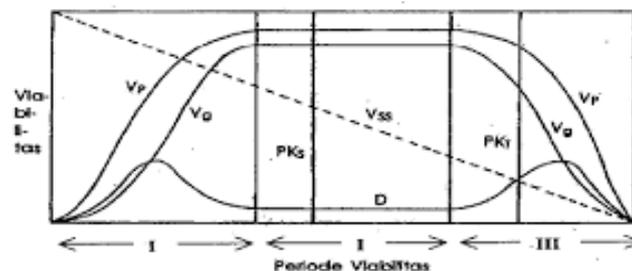
Pengusangan dipercepat adalah pengujian menggunakan kondisi diperburuk berupa panas, oksigen, sinar matahari, getaran, dan lain-lain, untuk mempercepat proses penuaan benih. Hal ini digunakan untuk menentukan efek jangka panjang dari tingkat stres yang diharapkan dalam waktu yang lebih pendek. Pengujian dilaksanakan di laboratorium dengan metode uji standar yang dikendalikan (Suita, 2013).

Metode pengusangan fisik merupakan metode yang paling mudah dan menyerupai kondisi alami saat di penyimpanan. Metode ini memberikan kondisi lingkungan yang suboptimum yang dapat menyebabkan kemunduran benih dalam penyimpanan yang sesuai kondisi sebenarnya (Marbun, Eko dan Muhammad, 2014).

2.1.3 Fisiologi dan biokimia benih kedelai selama kemunduran

Setelah benih mengalami masak fisiologis, mutu benih yang telah mencapai puncaknya secara perlahan akan mengalami kemunduran. Banyak faktor yang menyebabkan bahkan mempercepat kemunduran. Keadaan benih yang tidak sepenuhnya bernas, tidak sehat, rusak karena hama/penyakit mempercepat kemunduran. Disamping tersebut di atas, faktor interaksi kelembaban udara dan suhu lingkungan yang tinggi memungkinkan percepatan kemunduran benih.

Menurut Indartono (2011) benih kedelai merupakan kelompok benih ortodoks. Benih kedelai meskipun tergolong kelompok ortodoks, dikenal sebagai benih berdaya simpan relatif pendek. Benih yang demikian tidak dapat disimpan lama pada suhu dan kelembaban tinggi, misalnya pada suhu kamar. Penyebab pendeknya daya simpan benih kedelai adalah tingginya kandungan protein dan lemak benih. Tatipata dkk. (2004) menyatakan benih kedelai cepat mengalami kemunduran (deteriorasi) di dalam penyimpanan, disebabkan kandungan lemak dan proteinnya relatif tinggi. Menurut Yullianida (2005) kondisi iklim tropis Indonesia dengan suhu dan kelembaban tinggi juga dapat memicu laju deteriorasi benih kedelai di penyimpanan. Kemunduran benih atau deteriorasi dapat digambarkan dengan kurva konsepsi Steinbauer-Sadjad periode ke III dimana proses kemunduran benih terus berlangsung seiring berjalannya waktu sampai akhirnya benih tersebut mati.



Gambar 1. Kurva Konsepsi Steinbauer-Sadjad (Sumber: Anggraeni dan Suwarno, 2013)

Kemunduran benih dapat ditengarai secara biokimia dan fisiologi. Indikasi biokimia kemunduran benih dicirikan antara lain penurunan aktivitas enzim, penurunan cadangan makanan, meningkatnya nilai konduktivitas. Indikasi fisiologi kemunduran benih antara lain penurunan daya berkecambah dan vigor. Beberapa perubahan biokimia yang memengaruhi kualitas dan viabilitas benih terjadi dalam benih kedelai selama periode penyimpanan. Autooksidasi lipid dan meningkatnya kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid*) selama penyimpanan merupakan penyebab kerusakan pada benih yang mengandung kadar minyak tinggi (*oily seed*) (Tatic, 2007).

Selama penyimpanan, kandungan karbohidrat, protein, dan lipid mengalami penurunan, sedangkan *free amino acid*, *free fatty acid*, dan daya hantar listrik meningkat (Begum, Jerlin dan Jayanthi, 2013). Menurunnya substrat karbohidrat akibat respirasi akan menurunkan efek ketahanan integritas membran sel. Perubahan integritas membran sel merupakan gejala awal dari proses deteriorasi benih yang mengakibatkan keluarnya senyawa dari dalam benih yang bisa diamati berdasarkan pada daya hantar listrik dan konsentrasi senyawa metabolit (gula, asam amino, asam lemak, enzim, ion-ion inorganik seperti K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) (Noviana dkk, 2017).

2.1.4 Viabilitas benih

Pada umumnya viabilitas benih diartikan sebagai kemampuan benih untuk tumbuh menjadi kecambah normal. Salah satu gejala biokimia pada benih selama mengalami penurunan viabilitas adalah terjadinya perubahan kandungan beberapa senyawa yang berfungsi sebagai bahan sumber energi utama. Sadjad (1994) menyatakan viabilitas benih di bagi menjadi 2 macam, yaitu viabilitas optimum (viabilitas potensial) dan viabilitas suboptimum (vigor). Viabilitas potensial yaitu apabila benih lot memiliki pertumbuhan normal pada kondisi optimum. Benih memiliki kemampuan potensial, sebab lapangan produksi tidak selalu dalam kondisi optimum. Apabila lot itu menghadapi kondisi suboptimum kemampuan potensial itu belum tentu dapat mengatasi. Lot benih mempunyai kemampuan lebih dari potensial apabila mampu menghasilkan tanaman normal dalam kondisi suboptimum.

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

Viabilitas suboptimum (vigor) merupakan kemampuan benih untuk tumbuh menjadi tanaman yang berproduksi normal dalam keadaan optimum atau mampu

disimpan dalam kondisi simpan yang suboptimum dan tahan simpan lama dalam keadaan yang optimum (Rachmawati, 2010). Justice dan Bass (2002) mengemukakan bahwa vigor dihubungkan dengan kekuatan benih atau kekuatan kecambah, kemampuan benih untuk menghasilkan perakaran dan pucuk yang kuat pada kondisi yang tidak menguntungkan serta bebas dari serangan mikroorganisme. Cakupan vigor benih memiliki aspek-aspek fisiologis selama proses perkecambahan dan perkembangan kecambah. Vigor benih bukan merupakan pengukuran sifat tunggal, tetapi merupakan sejumlah sifat yang menggambarkan beberapa karakteristik yang berhubungan dengan penampilan suatu lot benih yang antara lain:

- a. Kecepatan dan keserampakan daya perkecambahan dan pertumbuhan kecambah.
- b. Kemampuan munculnya titik tumbuh kecambah pada kondisi lingkungan yang tidak sesuai dengan pertumbuhan.
- c. Kemampuan benih untuk berkecambah setelah mengalami penyimpanan.

Pada hakikatnya vigor benih harus relevan dengan tingkat produksi yang tinggi. Vigor benih yang tinggi dicirikan antara lain tahan disimpan lama, tahan terhadap serangan hama dan penyakit, cepat dan tumbuh merata dan mampu menghasilkan tanaman dewasa yang normal dan berproduksi baik dalam keadaan lingkungan tumbuh yang suboptimal (Sutopo, 2010). Menurut Heydecker (1972) dalam Sutopo (2004) rendahnya vigor pada benih dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu sebagai berikut:

- a. Genetis
Ada kultivar-kultivar tertentu yang lebih peka terhadap lingkungan yang kurang menguntungkan, ataupun tidak mampu untuk tumbuh cepat dibandingkan kultivar lainnya.
- b. Fisiologis
Kurang masaknyanya benih pada saat panen dan kemunduran benih selama penyimpanan.
- c. Morfologis

Dalam mutu kultivar biasanya terjadi peristiwa bahwa benih-benih yang lebih kecil menghasilkan bibit yang kurang memiliki kekuatan tumbuh dibandingkan dengan benih yang besar.

d. Sitologis

Kemunduran benih yang disebabkan antara lain oleh abrasi kromosom.

e. Mekanis

Kerusakan mekanis terjadi pada benih baik pada saat panen ataupun penyimpanan sering pula mengakibatkan rendahnya vigor pada benih.

f. Mikroba

Mikroorganisme seperti cendawan dan bakteri yang terbawa oleh benih akan lebih berbahaya bagi benih pada kondisi penyimpanan yang tidak memenuhi syarat ataupun pada kondisi lapangan yang memungkinkan berkembangnya patogen-patogen tersebut. Hal ini akan mengakibatkan penurunan vigor benih.

2.1.5 Pelapisan benih

Seed coating atau pelapisan benih adalah aplikasi senyawa kimia berupa fungisida, insektisida, nutrisi dan zat pengatur tumbuh sehingga benih akan lebih vigor saat ditumbuhkan di lapangan. Benih yang bervigor tinggi berpengaruh baik terhadap daya simpan dan jika disertai aplikasi teknologi budidaya tanaman secara utuh maka potensi hasil akan dicapai (Sumadi, 2014). Efektivitas pelapis benih bergantung pada jenis dan dosis yang diberikan, teknik pelapisan, dan bahan perekat yang tepat.

Tujuan dilakukannya *seed coating* menurut Agustiansyah (2016) antara lain: (1) meningkatkan kinerja benih selama perkecambahan, (2) melindungi benih dari gangguan atau pengaruh kondisi lingkungan, (3) mempertahankan kadar air benih, (4) mengurangi dampak kondisi ruang penyimpanan, dan (5) memperpanjang daya simpan benih.

Menurut Copeland dan McDonald (2001), bahan pelapis yang digunakan untuk melapisi benih harus memiliki persyaratan diantaranya tidak bersifat toksik terhadap benih, mudah pecah, dan larut apabila terkena air sehingga tidak menghambat proses perkecambahan. Selain itu bahan pelapis harus bersifat porus

agar benih masih dapat memperoleh oksigen untuk respirasi, bersifat higroskopis, serta mudah didapat dengan harga yang relatif murah, sehingga tidak meningkatkan harga benih.

Penggunaan teknik *seed coating* untuk memperbaiki perkecambahan benih membutuhkan bahan perekat, selain bahan-bahan tersebut tidak memberikan pengaruh negatif dalam proses perkecambahan benih. Jenis bahan perekat yang umum digunakan untuk pelapis benih adalah *diatomaceous earth*, *charcoal*, *methylethyl cellulose*, arabik gum, dan *polyvinyl alcohol* (Kuswanto, 2003), *carboxymethylcellulose* (CMC), alginat (Zahran dkk., 2008), dan chitosan (Zeng, Luo dan Tu, 2012).

Menurut Agustiansyah (2016), urutan bahan *coating* terbaik yang mampu mempertahankan viabilitas dan vigor benih kedelai selama penyimpanan adalah CMC, *arabic gum* dan tapioka. Teles de Camargo dkk. (2017) menyatakan bahwa penggunaan CMC berpengaruh baik terhadap mutu fisiologis benih kedelai. Karboksimetil selulosa sering disebut dengan CMC adalah turunan dari selulosa dan sering dipakai dalam industri pangan, atau digunakan dalam bahan makanan untuk mencegah terjadinya retrogradasi. Karboksimetil selulosa merupakan zat dengan warna putih atau sedikit kekuningan, tidak berbau dan tidak berasa, berbentuk granula yang halus atau bubuk yang bersifat higroskopis. Hastuti (2015) menyatakan bahwa karboksimetil selulosa mudah larut dalam air panas maupun air dingin.

2.1.6 Pemanfaatan antioksidan pada pelapisan benih

Pelapisan dalam industri benih sangat efektif untuk memperbaiki penampilan benih, meningkatkan daya simpan, mengurangi resiko tertular penyakit benih dari lingkungan sekitarnya, dan dapat digunakan sebagai pembawa zat aditif diantaranya antioksidan, mikroba antagonis, zat pengatur tumbuh, pupuk dan lain-lain (Saipulloh dkk, 2017).

Menurut Dungir (2012), antioksidan adalah senyawa yang dapat digunakan untuk melindungi bahan pangan melalui perlambatan kerusakan, ketengikan atau perubahan warna yang disebabkan oleh oksidasi. Antioksidan mampu bertindak

sebagai penyumbang radikal hidrogen atau dapat bertindak sebagai akseptor radikal bebas sehingga dapat menunda tahap inisiasi pembentukan radikal bebas.

Radikal bebas adalah atom, molekul atau senyawa yang dapat berdiri sendiri yang mempunyai elektron tidak berpasangan, oleh karena itu bersifat sangat reaktif dan tidak stabil. Elektron yang tidak berpasangan selalu berusaha untuk mencari pasangan baru, sehingga mudah bereaksi dengan zat lain (protein, lemak) (Winarti, 2010).

Radikal bebas memiliki reaktivitas yang sangat tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh sifatnya yang sangat menarik atau menyerang elektron di sekelilingnya. Senyawa radikal bebas juga dapat mengubah suatu molekul menjadi suatu radikal. Kemiripan sifat antara radikal bebas dan oksidan terletak pada agresivitas untuk menarik elektron di sekelilingnya. Berdasarkan sifat ini, radikal bebas dianggap sama dengan oksidan. Pemahaman radikal bebas sebagai oksidan memang tidak salah, tetapi perlu diketahui bahwa tidak setiap oksidan merupakan radikal bebas. Radikal bebas lebih berbahaya dibandingkan dengan senyawa oksidan non radikal. Hal ini berkaitan dengan tingginya reaktivitas senyawa radikal bebas tersebut, yang mengakibatkan terbentuknya senyawa radikal baru. Bila senyawa radikal baru tersebut bertemu dengan molekul lain, akan terbentuk radikal baru lagi, dan seterusnya sehingga akan terjadi reaksi berantai (*chain reactions*). Reaksi seperti ini akan berlanjut terus dan baru akan berhenti apabila reaktivitasnya diredam (*quenched*) oleh senyawa yang bersifat antioksidan (Sayuti dan Yenrina, 2015).

Aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kandungan lipid, konsentrasi antioksidan, suhu, tekanan oksigen, dan komponen kimia dari makanan secara umum seperti protein dan air. Proses penghambatan antioksidan berbeda-beda tergantung dari struktur kimia dan variasi mekanisme. Dalam mekanisme ini yang paling penting adalah reaksi dengan radikal bebas lipid, yang membentuk produk non-aktif. (Sayuti dan Yenrina, 2015).

Pelapisan benih dengan antioksidan dapat mencegah peroksidasi lipid dalam membran dengan bertindak sebagai penghalang fisik bagi aktivitas lipoxygenase sepanjang daerah lemak tak jenuh. Mekanisme kerja antioksidan terkait dengan

struktur molekulnya yang dapat memberikan elektronnya kepada molekul radikal bebas, sehingga dapat memutus reaksi berantai dari radikal bebas. Kandungan lipid peroksida dan radikal bebas di dalam benih merupakan salah satu indikasi kemunduran benih karena keberadaannya dapat merusak integritas membran sehingga benih kehilangan viabilitas dan vigor selama penyimpanan.

Sayuti dan Yenrina (2015) menyatakan, adanya antioksidan alami maupun sintetis dapat menghambat oksidasi lipid, mencegah kerusakan, perubahan komponen organik dalam bahan makanan sehingga dapat memperpanjang umur simpan. Ekstrak kulit buah naga merah merupakan jenis antioksidan alami yang dapat dimanfaatkan sebagai zat aditif pada *seed coating*.

Tabel 1. Mekanisme Aktivitas Antioksidan

Jenis Antioksidan	Mekanisme Aktivitas Antioksidan	Contoh Antioksidan
<i>Hidroperoxide stabiliser</i>	- Menonaktifkan radikal bebas	Senyawa fenol
Sinergis	- Mencegah penguraian Hidroperoksida menjadi radikal bebas - Meningkatkan aktivitas antioksidan	Asam sitrat dan Asam askorbat
Chelators logam	- Mengikat berat logam menjadi senyawa non-aktif	Asam fosfat dan Asam sitrat
Unsur mengurangi hidroperoksida	- Mengurangi Hidroperoksida	Protein, Asam amino

Sumber: Sayuti dan Yenrina (2015)

2.1.7 Buah naga merah

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) termasuk kelompok tanaman tropis dan sangat mudah beradaptasi dengan lingkungan tumbuh dan juga perubahan cuaca seperti sinar matahari, angin, dan curah hujan. Buah naga merah memiliki biji yang berwarna hitam kecil - kecil dan memiliki daging buah yang umumnya berwarna merah keunguan (Hardjadinata, 2011). Buah naga dengan warna daging merah diketahui mengandung lebih banyak antioksidan dibandingkan buah naga dengan warna daging putih (Utami, Efri dan Selly, 2020). Buah naga memiliki kulit yang tebal namun dagingnya pun cukup banyak. Menurut Utami dkk. (2020), buah naga memiliki kulit yang berjumlah 30 sampai 35% dari berat utuh buah

naga itu sendiri. Komposisi nilai gizi buah naga merah per 100 gram disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Nilai Gizi Buah Naga Merah per 100 gram

Komposisi	Satuan	Nilai
Air	g	85,70
Energi	kal	71,00
Protein	g	1,70
Lemak	g	3,10
Karbohidrat	g	9,10
Serat total	g	3,20
Abu	g	0,40
Kalsium	mg	13,00
Fosfor	mg	14,00
Besi	mg	0,40
Natrium	mg	10,00
Kalium	mg	128,00
Vitamin C	mg	8,00 - 9,00
Thiamin	g	0,28 - 0,30
Riboflavin	mg	0,04 - 0,04
Niacin	mg	1,30 - 1,30
Dan lain-lain	g	0,54 - 0,68

Sumber: Kementerian Kesehatan RI (2017)

Menurut Saneto (2008) *dalam* Utami dkk. (2020), terdapat beberapa senyawa dalam ekstrak kulit buah naga merah yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan, yaitu betasianin, flavonoid, dan fenol. Nurliyana dkk. (2010) menyatakan kandungan total fenol dalam kulit dan daging buah naga merah yaitu sebesar 1049,18 mg GAE/100g dan 561,76 mg GAE/100g sedangkan total flavonoid sebesar 1310,10 mg CE/100g pada kulit dan 220,28 mg CE/100g pada daging buah. Kulit buah naga merah juga diketahui mengandung pigmen warna betalain, dimana senyawa tersebut memiliki aktivitas antioksidan. Fitokimia dalam kulit buah naga diantaranya flavonoid, vitamin A, C, E, dan polifenol.

Menurut Wu dkk. (2006) *dalam* Utami dkk. (2020), keunggulan dari kulit buah naga yaitu kaya akan polifenol. Berdasarkan uji fitokimia yang dilakukan oleh Mahargyani (2018) diketahui bahwa ekstrak kulit buah naga mengandung senyawa fenolik yang potensial memiliki aktivitas sebagai antioksidan. Turunan polifenol sebagai antioksidan dapat menstabilkan radikal bebas dengan

melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas, dan menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas. Mekanisme senyawa polifenol sebagai antioksidan adalah dengan mendonorkan hidrogen dari gugus hidroksilnya.

2.1.8 Perkecambahan benih

Perkecambahan adalah proses tumbuhnya embrio dari benih yang hidup menjadi kecambah. Perkecambahan dapat ditinjau dari aspek morfologis dan fisiologis. Secara visual dan morfologis terjadinya perkecambahan ditandai oleh keluarnya radikula (bakal akar) dan plumula (bakal tunas) dan berakhir apabila kecambah telah mempunyai akar, batang dan daun. Secara fisiologis perkecambahan dimulai ketika benih yang hidup menyerap air dan berakhir ketika kecambah yang terbentuk telah mampu menghasilkan karbohidrat secara fotosintesis (Mistian, 2012).

Proses perkecambahan benih dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Faktor genetik yang berpengaruh adalah susunan kimiawi benih yang berhubungan dengan daya hidup benih. Sifat ketahanan ini meliputi masalah kadar air benih, aktivitas enzim dalam benih dan sifat fisik atau biokimiawi dari kulit benih. Faktor lingkungan yang sangat berpengaruh adalah air, gas, suhu (Mistian, 2012). Perkecambahan dapat terjadi karena substrat (karbohidrat, protein, lipid) berperan sebagai penyedia energi yang akan digunakan dalam proses morfologi (pemunculan organ-organ tanaman seperti akar, daun dan batang). Dengan demikian kandungan zat kimia dalam biji merupakan faktor yang sangat menentukan dalam perkecambahan biji (Ashari, 1995).

Sutopo (2004) menyatakan bahwa proses perkecambahan benih merupakan suatu rangkaian dari perubahan-perubahan morfologi, fisiologi dan biokimia. Tahapan-tahapannya yaitu: (1) suatu perkecambahan benih dimulai dengan proses penyerapan air oleh benih, melunakkan kulit benih dan hidrasi dari protoplasma. (2) pada tahap ini kegiatan-kegiatan sel dan enzim-enzim serta naiknya tingkat respirasi benih. (3) merupakan tahap dimana terjadi penguraian bahan-bahan seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi bentuk-bentuk yang melarut dan ditranslokasikan ke titik-titik tumbuh. (4) tahap ini adalah asimilasi dari bahan-

bahan yang diuraikan tadi di daerah meristematik untuk menghasilkan energi bagi kegiatan pembentukan komponen dan pembentukan sel-sel baru. (5) tahap kelima adalah pertumbuhan dari kecambah melalui proses pembelahan, perbesaran dan pembagian sel-sel pada titik tumbuh. Sementara daun belum dapat berfungsi sebagai aparat fotosintesis maka pertumbuhan kecambah sangat tergantung pada persediaan makanan yang ada dalam biji. Kriteria evaluasi kecambah menurut Sumarno dan Widiati (1985) adalah sebagai berikut:

a. Kecambah Normal

- 1) Kecambah mempunyai akar primer atau satu set akar-akar sekunder yang cukup kuat untuk menambatkan kecambah bila ditumbuhkan pada tanah atau pasir.
- 2) Hipokotil panjang atau pendek, tetapi tumbuh baik tanpa ada luka yang mungkin mengakibatkan jaringan pengangkut menjadi rusak.
- 3) Epikotil paling kurang ada satu daun primer dan satu tunas ujung yang sempurna.
- 4) Jika biji terinfeksi, terjadi pada sebagian epikotil atau seluruhnya sedangkan hipokotil dan akar tumbuh baik.

b. Kecambah Abnormal

- 1) Tidak ada akar primer atau akar-akar sekunder yang tumbuh baik.
- 2) Hipokotil pecah atau luka yang terbuka, merusak jaringan pengangkut, cacat, berkeriput dan membengkak atau memendek.
- 3) Kedua kotiledon hilang dan kecambah lemah sehingga tidak vigor.
- 4) Tidak ada daun primer atau tunas ujung, ada satu atau dua daun primer, tetapi tidak ada tunas ujung, epikotil membusuk, yang menyebabkan pembusukan menyebar dari kotiledon dan bibit lemah.

c. Benih Tidak Berkecambah

Benih yang tidak berkecambah meliputi:

- 1) Benih keras, benih yang hingga akhir pengujian tetap keras, sebab benih-benih tersebut tidak menyerap air.
- 2) Benih segar, benih yang tidak keras dan juga tidak berkecambah hingga akhir pengujian tetapi tetap bersih, mantap dan tampaknya masih hidup.

- 3) Benih mati, benih yang pada akhir pengujian tidak berkecambah tetapi bukan sebagai benih keras maupun benih segar. Biasanya benih mati lunak, warnanya memudar dan seringkali bercendawan.

2.2 Kerangka berpikir

Kedelai dikenal sebagai benih berkadar lemak dan protein tinggi sehingga benih kedelai di daerah tropis seperti Indonesia ini mengalami kemunduran yang cepat. Penurunan kualitas benih merupakan proses alami yang tidak dapat dihindari. Salah satu cara mengetahui percepatan penurunan kualitas benih adalah melalui pengusangan dipercepat (*accelerated ageing*) (Suita, 2013). Menurut Herlambang dkk. (2017), metode pengusangan cepat merupakan metode yang sesuai dalam menilai vigor benih dan dapat dijadikan sebagai indikator perkecambahan di lapang.

Imaniar (2012) dalam Mustika, Muhammad dan Abdul (2014) menyebutkan bahwa adanya korelasi negatif antara waktu pengusangan cepat dengan parameter viabilitas dan vigor benih, artinya semakin lama waktu pengusangan maka viabilitas dan vigor benih akan semakin rendah yang menandakan benih mengalami kemunduran dan menyatakan bahwa metode pengusangan fisik lebih konsisten dalam hasil pengusangan dilihat dari konsistensi nilai vigor yang dihasilkan pada tolak ukur yang diamati. Selaras dengan Imaniar, penelitian yang dilakukan Mustika dkk. (2014) menunjukkan adanya kesesuaian (korelasi nyata) laju penurunan viabilitas dan vigor antara penyimpanan alami selama 8 minggu dengan pengusangan selama 60 menit pada benih kedelai varietas Anjasmoro dan Wilis. Amrina dkk. (2019) menyatakan bahwa viabilitas benih kedelai Grobogan dan Dena-1 turun secara nyata akibat pengusangan cepat masing-masing setelah didera selama 1 hari namun viabilitas benih pasca-simpan 1 bulan belum setara dengan pengusangan cepat selama 1 hari untuk varietas Grobogan sedangkan pada viabilitas benih kedelai varietas Dena-1 pasca simpan 3 bulan setara dengan pengusangan cepat selama 1 hari. Penelitian yang dilakukan Marbun dkk. (2014) menunjukkan bahwa pengusangan menggunakan suhu 39°C dengan lama pengusangan 24 jam atau suhu 41°C dengan lama pengusangan 24 jam sudah menurunkan viabilitas benih tomat.

Menurut Junita, Syamsudin dan Hasanuddin (2019), benih yang berkadar lemak tinggi selama penyimpanan akan mengalami proses autooksidasi. Reaksi oksidatif tersebut menghasilkan radikal-radikal bebas yang berbahaya bagi protein, enzim, kromosom, dan senyawa biologis lainnya. Radikal bebas tersebut dapat menyebabkan kerusakan jaringan-jaringan yang terdapat pada benih kedelai, sehingga menyebabkan benih kedelai mengalami deteriorasi (Tatipata dkk., 2004). Salah satu cara untuk menghambat proses kemunduran benih karena autooksidasi dapat dilakukan dengan penggunaan antioksidan pada benih (Tasfa, Syamsuddin dan Halimursyadah, 2016).

Tenore, Novellino dan Basile (2012) menemukan bahwa buah naga merah mengandung senyawa fenolik yang potensial digunakan sebagai antioksidan. Selain itu, kulit buah naga juga mengandung vitamin C, vitamin E, vitamin A, alkaloid, terpenoid, flavonoid, tiamin, niasin, piridoksin, kobalamin, fenolik, karoten, dan fitoalbumin (Jaafar dkk., 2009). Aktivitas antioksidan kulit buah naga merah lebih besar dibanding aktivitas antioksidan pada daging buahnya, hal tersebut dibuktikan oleh Nurliyana dkk. (2010). Nurliyana dkk. (2010) menyatakan bahwa di dalam 1 mg/ml kulit buah naga merah mampu menghambat $83,48 \pm 1,02\%$ radikal bebas, sedangkan pada daging buah naga hanya mampu menghambat radikal bebas sebesar $27,45 \pm 5,03\%$. Sedangkan Winahyu dkk. (2019) yang juga melakukan uji aktivitas antioksidan pada kulit buah naga merah dengan metode DPPH dengan pelarut etanol 96% dan HCl 1% menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 2,6949 ppm.

Suryaman, Hadiyah dan Inten (2020) menyatakan bahwa ekstrak kulit buah naga meningkatkan laju perkecambahan, panjang akar dan mengurangi daya hantar listrik secara signifikan, serta dapat meningkatkan daya kecambah, panjang epikotil, dan bobot kering. Tasfa dkk. (2016) menemukan bahwa ekstrak jambu biji merah 50% mampu mempertahankan viabilitas dan vigor benih kedelai yang diusangkan secara fisik pada suhu $40^{\circ}C$ dan kelembapan 100%. Sari, Eny dan Pitri (2013) menyatakan bahwa kacang tanah yang diberi perlakuan *coating arabic gum* + asam askorbat 350 ppm mampu mempertahankan daya berkecambah dan indeks vigor terbaik selama penyimpanan sementara penelitian

yang dilakukan oleh Junita dkk. (2019) menunjukkan bahwa perlakuan ekstrak kunyit 25% mampu mempertahankan vigor benih dan berpengaruh nyata terhadap daya simpan benih kedelai.

Pelapisan benih menggunakan zat antioksidan merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mempertahankan vigor benih kedelai dengan cara memperlambat proses kemunduran benih (Hapsari dkk., 2016). Salah satu bahan perekat yang dapat digunakan dalam *seed coating* adalah *carboxymethylcellulose* (CMC) (Zahran dkk., 2008). Penelitian yang dilakukan Agustiansyah (2016) menunjukkan bahwa bahan *coating* terbaik yang mampu mempertahankan viabilitas dan vigor benih kedelai selama penyimpanan adalah CMC 1,5%. Berdasarkan penelitian-penelitian diatas, pelapisan benih kedelai dengan ekstrak kulit buah naga merah mampu mempertahankan nilai viabilitas benih setelah mengalami pengusangan.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, rumusan hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat interaksi antara pelapisan dengan ekstrak kulit buah naga merah dengan lama pengusangan terhadap viabilitas benih kedelai.
2. Diketahui konsentrasi ekstrak kulit buah naga merah yang berpengaruh baik terhadap viabilitas benih kedelai setelah mengalami pengusangan.