

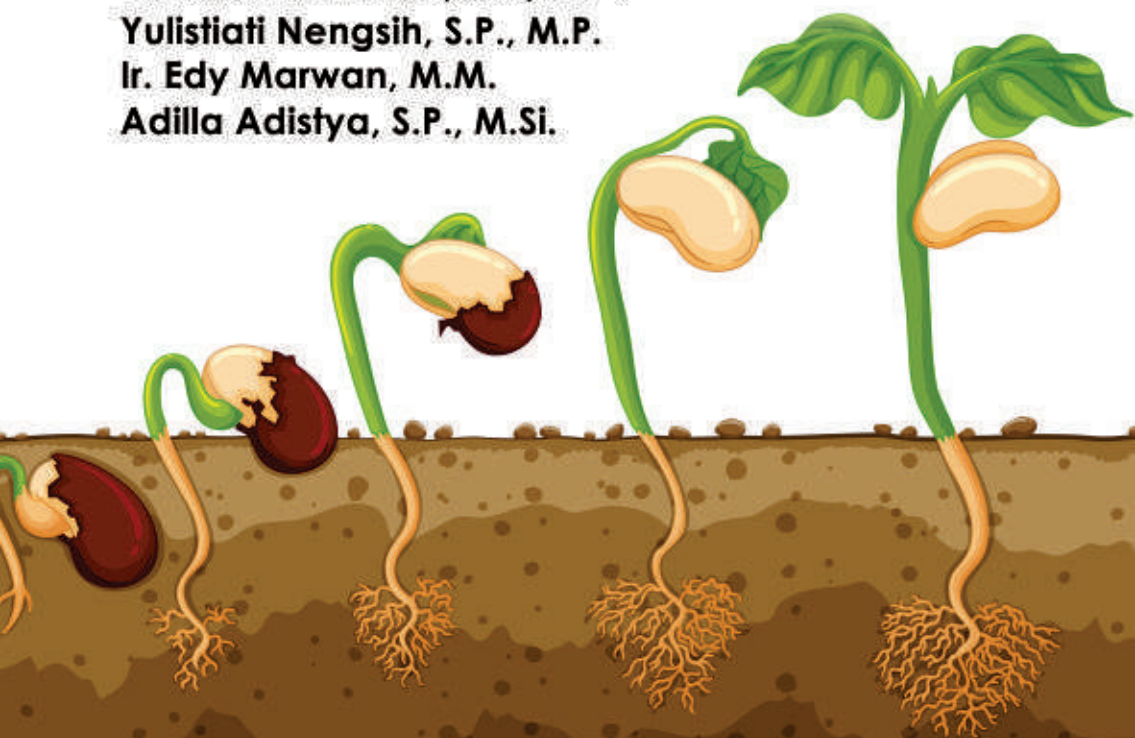
BUKU MONOGRAF



Teknologi

PRODUKSI BENIH KEDELAI RAMAH LINGKUNGAN

Dr. Rudi Hartawan, S.P., M.P.
Yulistiati Nengsih, S.P., M.P.
Ir. Edy Marwan, M.M.
Adilla Adisty, S.P., M.Si.





☎ 0858 5343 1992
✉ eurekamediaaksara@gmail.com
📍 Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-516-261-4



**BUKU MONOGRAF
TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH KEDELAI
RAMAH LINGKUNGAN**

Dr. Rudi Hartawan, S.P., M.P.

Yulistiati Nengsih, S.P., M.P.

Ir. Edy Marwan, M.M.

Adilla Adistya, S.P., M.Si.



eureka
media aksara

PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA

BUKU MONOGRAF
TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH KEDELAI
RAMAH LINGKUNGAN

Penulis : Dr. Rudi Hartawan, S.P., M.P.
Yulistiati Nengsih, S.P., M.P.
Ir. Edy Marwan, M.M.
Adilla Adistyia, S.P., M.Si.

Editor : Darmawan Edi Winoto, S.Pd., M.Pd.

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Nur Cholifatun Nisa

ISBN : 978-623-516-261-4

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA,**
SEPTEMBER 2024
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan
Bojongsari Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau
seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara
apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik
perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan buku “Teknologi Produksi Benih Kedelai Ramah Lingkungan” dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan buku ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Sehingga buku ini bisa hadir di hadapan pembaca.

Adapun buku ini terdiri dari empat bab, yaitu bab 1 tentang pendahuluan, bab 2 tentang faktor pendukung perkembangan benih kedelai, bab 3 tentang strategi pengembangan teknologi produksi benih kedelai yang ramah lingkungan, dan bab 4 tentang implementasi pengembangan teknologi produksi benih kedelai yang ramah lingkungan.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran pembaca demi kesempurnaan buku ini kedepannya. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, mudah-mudahan buku ini bermanfaat bagi para pembaca.

Jambi, September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 FAKTOR PENDUKUNG PERKEMBANGAN BENIH KEDELAI	7
A. Komponen Dasar Benih	7
B. Peran Hara Nitrogen dan Bakteri Rhizobium pada Tanaman Kedelai	11
C. Peran Posfor pada Tanaman Kedelai	13
D. Kompos	15
E. Pola Tanam.....	16
F. Faktor yang Mempengaruhi Jangka Hidup Benih	17
BAB 3 STRATEGI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH KEDELAI YANG RAMAH LINGKUNGAN	20
A. Pengembangan Tahap I	21
B. Pengembangan Tahap II.....	26
C. Pengembangan Tahap III	32
BAB 4 IMPLEMENTASI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH KEDELAI YANG RAMAH LINGKUNGAN	35
A. Pengembangan Tahap I	35
B. Pengembangan Tahap II.....	46
C. Pengembangan Tahap III	53
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	69
TENTANG PENULIS.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Nilai efisiensi pola tanam bersisipan dan beruntun dibandingkan pola tanam standar	56
Tabel 4. 2	Kebutuhan energi, pupuk, dan durasi tanam pada pola tanam standar, bersisipan, dan beruntun.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Perkembangan embrio kedelai (Campbell et al., 2000).....	8
Gambar 2. 2	Posisi bagian-bagian benih (Tapis, 2019)	8
Gambar 2. 3	Lapisan kulit benih (Miller et al., 1999). Lapisan palisade (P), sel hourglass (h), perenkim (pa), endothelium (em), aleuron (a), dan endosperm (c)	8
Gambar 3. 1	Peta jalan penelitian sampai tahun 2025	21
Gambar 4. 1	Diagram sistem lintasan hubungan kausal antara ILD, LAB, LTR dan BKA dan produksi benih kedelai.....	36
Gambar 4. 2	Skematis pencernaan pati pada benih.....	43
Gambar 4. 3	Skematis pencernaan protein pada benih	44
Gambar 4. 4	Skematis pencernaan lemak pada benih	45

BAB

1

PENDAHULUAN

Produksi benih kedelai menempati posisi yang penting bila dikaitkan dengan upaya meningkatkan produksi guna mewujudkan swasembada kedelai. Produksi benih yang mengandalkan pupuk anorganik telah banyak dilakukan dan memberikan hasil yang baik. Beberapa kelemahan yang diketahui adalah penggunaan pupuk anorganik tidak ramah lingkungan dan sampah (*waste*) yang dihasilkan dalam produksi benih tersebut terbuang percuma karena tidak dimanfaatkan. Beberapa pemikiran tentang pemanfaatan sampah dari kegiatan produksi benih diharapkan dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Penggunaan pola tanam yang tepat dapat meningkatkan efisiensi tenaga kerja karena tidak ada pengolahan tanah pertanaman kedua, meningkatkan efisiensi harga pupuk karena harga pupuk organik lebih ekonomis, serta meningkatkan efisiensi waktu tanam dalam siklus produksi benih kedelai.

Hasil sampingan dalam produksi benih adalah serasah (potongan-potongan kecil batang, ranting dan polong). Serasah ini langsung terbentuk saat dilakukan perontokan benih. Hasil perhitungan yang dilakukan oleh Hartawan dan Nengsih (2012) bahwa dalam satu hektar, dihasilkan serasah sebanyak 0,5 ton. Pada umumnya serasah ini dibakar karena hanya dianggap sebagai limbah. Penelitian pendahuluan

menunjukkan kandungan hara kompos serasah kedelai adalah; N 0,6%, Rasio C/N 18, kadar air 46%, pH 6-7, P₂O₅ total 0,25%, K₂O total 0,34%. Kandungan hara ini berpotensi sebagai fortifikasi untuk menurunkan penggunaan pupuk anorganik. Penggunaan serasah dari hasil panen ini merupakan sebuah prinsip dari produksi bersih dalam produksi benih kedelai.

Penggunaan hara organik dalam produksi benih memerlukan sebuah pengkajian yang cermat guna mengetahui mutu benih kedelai yang dihasilkan serta kemampuannya bertahan pada penyimpanan alami. Hasil penelitian Hartawan (2011) dan Hartawan et al. (2011a) mengindikasikan bahwa protein merupakan faktor utama dalam menjaga konsistensi mutu benih kedelai. Pengujian dengan sidik lintas serta regresi langkah maju (*step up*) dan langkah mundur (*step down*) menunjukkan protein memiliki skor tertinggi dalam mempertahankan mutu dan daya hidup dengan indikator daya kecambah dan kecepatan berkecambah setelah benih disimpan secara alami selama 90 hari.

Protein sangat penting dalam menjaga konsistensi membran. Protein pada membran akan menjaga konsistensi dan menghambat laju kebocoran ion. Menurut Mattioni et al. (2015) kebocoran ion merupakan salah satu indikator mutu benih. Garud et al. (2014) bahwa benih kedelai dengan kandungan lemak yang tinggi paling cepat mengalami deteriorasi dibandingkan benih lain dengan kandungan lemak yang lebih rendah.

Percobaan tahun pertama berhasil membuat kompos dari serasah kedelai dengan kualitas yang sesuai dengan standar SNI No. 19-7030-2004. Substitusi hara anorganik sebanyak 50% dengan kompos (dosis 5 ton ha⁻¹) menghasilkan benih kedelai label biru dengan produksi 1,72 ton ha⁻¹ dengan peubah kualitas berupa bobot 1000 butir benih (140,98 g),

kadar air 10,82%, kandungan protein 34,98%, daya hantar listrik $57,42 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$; daya kecambah 80,98% dan kecepatan berkecambah $27,48\% \text{ etmal}^{-1}$ setelah benih tersebut disimpan selama 90 hari.

Penelitian tahun kedua perlu dilaksanakan dengan pola tanam bersisipan dan beruntun. Tujuan penggunaan pola tanam ini adalah untuk meningkatkan efisiensi masukan hara, masukan energi dan masukan waktu dalam sistem produksi benih. Pada aktivitas normal, durasi untuk panen benih mencapai 115 hari, perlu diupayakan agar durasi tersebut dapat dipersingkat menjadi 100 hari. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah menggunakan pola tanam sisipan (*relay cropping*) dan pola tanam beruntun (*sequential planting*). Selisih hari pertanaman ini akan menghemat waktu dan energi yang digunakan dalam produksi benih. Pola tanam sisipan dan pola tanam beruntun dilakukan tanpa melakukan olah tanah pada pertanaman kedua. Cara ini akan mengurangi biaya pemupukan dan mengurangi pelepasan karbon karena tidak dilakukan pengolahan tanah.

Pendapat-pendapat di atas jelas meniadakan sampah dalam produksi benih kedelai, mengurangi biaya karena tidak dilakukan pengolahan tanah pada pertanaman kedua, mengurangi waktu dalam produksi benih karena menggunakan pola tanam yang tepat. Akumulasi dari semua ini adalah produksi benih kedelai yang ramah lingkungan. Produksi benih yang ramah lingkungan tidak serta merta menghasilkan benih dengan kualitas yang tinggi. Setelah mendapatkan kombinasi yang tepat yang dimulai dari pengomposan serasah batang dan polong kedelai, persentase substitusi hara anorganik dengan kompos serasah, maka perlu penerapan dan pengaturannya dengan pola tanam yang tepat, sehingga didapatkan benih dengan kandungan protein yang tinggi, efisien dan ramah lingkungan.

Swasembada pangan (termasuk dalam hal ini swasembada kedelai) merupakan target Pemerintah Republik Indonesia yang tertuang dalam Program Pajale (padi, jagung dan kedelai). Salah satu faktor pendukung ketercapaian swasembada kedelai adalah penggunaan benih bermutu. Sistem produksi benih yang ramah lingkungan dan efisien akan meningkatkan nilai tambah dalam produksi tersebut: pertama pengurangan sampah hasil produksi benih berupa serasah yang dimanfaatkan sebagai bahan kompos, kedua pengurangan penggunaan hara anorganik karena adanya substitusi dari hara organik.

Upaya menjadikan sisa produksi benih kedelai menjadi kompos dan percobaan mensubstitusi hara anorganik telah dilakukan dengan indikator produktivitas produksi benih dan kualitas benih dalam periode simpan. Substitusi hara anorganik dengan organik sebanyak 50% ternyata cukup handal. Kehandalan ini juga mesti diuji dengan pola tanam bersisipan dan beruntun pada pertanaman pertama dan pertanaman kedua agar dapat diukur tingkat efisiensinya dalam aktivitas produksi benih.

Indonesia dengan tingkat konsumsi kedelai yang tinggi harus mandiri dalam menyiapkan komoditas tersebut untuk memantapkan ketahanan pangan. Hingga kini Indonesia baru mampu menyiapkan 40% dari kebutuhan nasional, sedangkan 60% masih diimpor. Menyiapkan kebutuhan kedelai dengan cara impor hanya menuntaskan masalah jangka pendek dan cara ini akan menguras devisa. Adanya industri olahan primer kedelai dan ditambah dengan kebutuhan bungkil kedelai (biji kedelai yang telah diambil minyaknya) sebagai pakan ternak, sebenarnya merupakan peluang pendapatan tunai bagi petani di pedesaan. Berdasarkan perkiraan data kasar, Indonesia masih harus mengimpor 1,5 juta ton kedelai dan 1 juta ton bungkil kedelai (setara dengan 1,2 juta ton biji kedelai) atau

bila ditotalkan mencapai 2,2 juta ton per tahun atau setara dengan 4,6 trilyun. Bila devisa sebanyak itu digunakan untuk pengembangan komoditas tersebut di dalam negeri, akan banyak sekali manfaatnya baik dari segi ekonomi, kesejahteraan petani dan kewibawaan bangsa sebagai negara agraris. Mengingat besarnya kebutuhan kedelai, maka Indonesia perlu meningkatkan kapasitas produksinya. Salah satu elemen penting dalam meningkatkan produksi adalah penggunaan benih yang bermutu.

Menghasilkan produk-produk pertanian yang ramah lingkungan merupakan salah satu upaya untuk melestarikan lingkungan. Untuk itu rakitan teknologi produksi benih kedelai yang ramah lingkungan perlu diterapkan. Konsep ini akan mendukung terciptanya pertanian yang ramah lingkungan dan efisien dalam waktu dan masukan energi. Namun demikian perlu juga dibuat batasan bahwa sistem produksi yang ramah lingkungan itu juga harus menghasilkan benih kedelai yang bermutu sehingga mampu bertahan pada penyimpanan alami.

Dalam perjalanan hidupnya, terkadang benih harus melewati simpan untuk beberapa waktu yang disebabkan oleh penundaan waktu tanam ataupun benih dalam transportasi. Bagi penangkar benih yang tidak dilengkapi dengan alat pendingin udara, kemungkinan benih akan rusak sebelum ditanam. Upaya menghasilkan benih yang mampu bertahan pada penyimpanan alami dengan sistem produksi yang ramah lingkungan menjadi topik yang penting. Dalam penelitian dilakukan upaya meningkatkan protein benih dengan dengan memanfaatkan serasah batang dan polong serta penggunaan pola tanam yang tepat.

Luaran yang diharapkan dari rangkaian pembahasan ini adalah tersusunnya model teknologi produksi benih kedelai label biru yang ramah lingkungan dengan produktivitas yang tinggi dan efisien waktu. Model teknologi ini juga tergolong

mudah untuk diaplikasikan sehingga diharapkan dapat dengan mudah diadopsi oleh petani penangkar benih kedelai.

Luaran kuantitatif yang diharapkan adalah terbentuknya model produksi benih dengan prinsip *rescycle* dan *reuse*, peningkatan produktivitas produksi benih dan menghasilkan benih kedelai yang mampu bertahan dalam penyimpanan alami. Metode yang diterapkan dalam kegiatan ini diharapkan dapat menghasilkan benih kedelai label biru sebanyak 1,7 sampai 2 ton per hektar dengan pengurangan penggunaan hara anorganik sebanyak 50%. Secara teknis semua benih tersebut (100%) diyakini dapat lolos dalam pengujian benih baik pengujian standar maupun khusus sehingga dapat dilabel dan dijual sebagai benih label biru.

Keuntungan yang akan didapat dari kegiatan ini adalah efisiensi tenaga kerja. Efisiensi tersebut didapat dari penurunan jumlah hari orang kerja (HOK) yang dibutuhkan pada pola bersisipan dan beruntun. Efisiensi lainnya adalah waktu. Efisiensi ini didapat dari penggunaan metode pola tanam bersisipan dan beruntun. Dampak lain yang diharapkan adalah teknologi yang akan dihasilkan sangat *user friendly*. Teknologi yang sederhana ini akan sangat mudah diadopsi oleh petani penangkar. Dengan demikian, produksi benih kedelai label biru ini akan dilaksanakan di sentra-sentra produksi. Keuntungan yang akan didapat dari sistem ini adalah meniadakan biaya transportasi dan juga akan mendatangkan benih sesuai waktu atau terpenuhinya prinsip tujuh tepat dalam sistem produksi benih.

BAB 2

FAKTOR PENDUKUNG PERKEMBANGAN BENIH KEDELAI

A. Komponen Dasar Benih

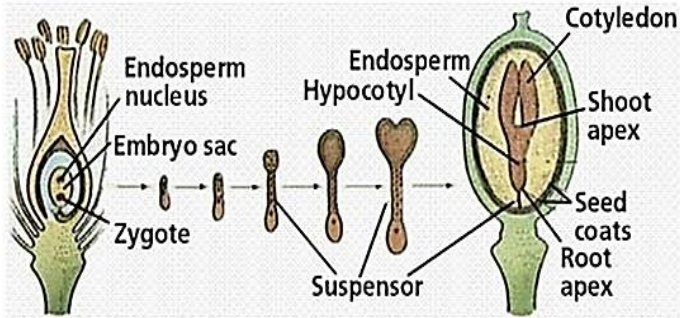
Ada tiga bagian utama benih yang berpengaruh terhadap mutu, yaitu kulit benih, jaringan cadangan makanan, dan embrio.

1. Kulit benih

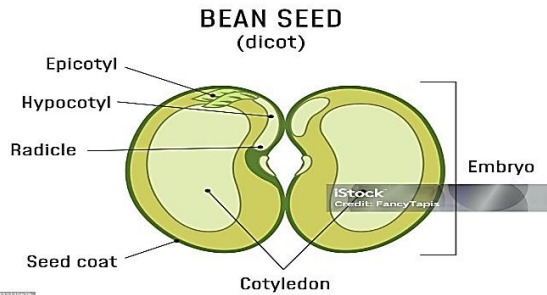
Pembentukan kulit benih dimulai sejak terjadinya pembuahan. Setelah pembuahan terjadi integumen bagian dalam akan menebal sekitar 10 lapisan sel dan integumen bagian luar sekitar 12 sampai 15 lapisan sel. Dalam 4 sampai 5 hari setelah pembuahan, dua prokambium lateral berdekatan dengan ovul menjadi kulit benih. Perkembangan kulit benih berlanjut dari pematangan sampai jaringan kulit benih tidak berfungsi sebagai jaringan vasikular.

Kulit benih berasal dari tanaman induk betina dan pada umumnya terbentuk dari integumen, bisa juga dari nusellus, lapisan luar dari endosperma ataupun chalaza. Pada kedelai, kulit benih berasal dari integumen (Miller et al., 1999). Krzyzanowski et al. (2008) menyatakan ada dua fungsi utama kulit benih, pertama untuk melindungi embrio saat perkembangan, kedua untuk suplai nutrisi saat benih dalam perkembangan. Gambar 2.1, 2.2, dan

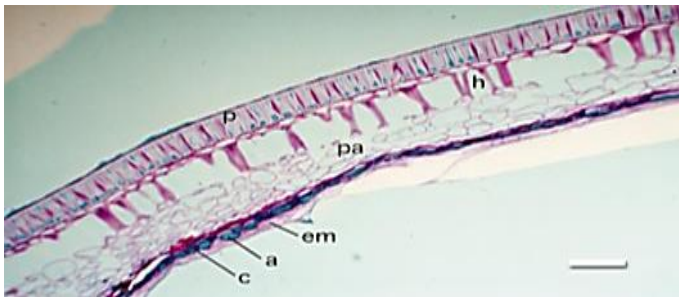
2.3 menunjukkan perkembangan embrio dan kulit pada benih kedelai.



Gambar 2. 1 Perkembangan embrio kedelai (Campbell et al., 2000)



Gambar 2. 2 Posisi bagian-bagian benih (Tapis, 2019)



Gambar 2. 3 Lapisan kulit benih (Miller et al., 1999). Lapisan palisade (P), sel hourglass (h), perenkim (pa), endothelium (em), aleuron (a), dan endosperm (c)

Penelitian Krzyzanowski et al. (2008) menunjukkan bahwa kulit benih berperan penting dalam memperlambat laju deteriorasi. Kulit benih akan menahan uap air di lingkungan penyimpanan agar tidak terserap oleh embrio dan mempertahankan kadar air benih agar sesuai untuk kondisi penyimpanan.

Lignin merupakan bahan kimia yang terdapat pada jaringan kulit benih dan merupakan bagian utama dinding sel. Menurut Miller et al. (1999) kulit benih sebagai faktor penentu permeabilitas berfungsi; 1) sebagai penghalang mekanis sewaktu benih menyerap air dari udara sekelilingnya yang lembab karena kulit memiliki sifat higroskopis, dan 2) sebagai penghalang merembesnya elektrolit dan keluarnya senyawa-senyawa dari dalam benih seperti gula melalui kulit sewaktu benih berada dalam udara yang lembab maupun media basah lainnya. Menurut Marwanto (2003), ada hubungan yang erat antara kandungan lignin kulit benih dengan banyaknya rembesan isi sel.

Lignin sangat tipis dan kandungannya juga rendah pada kulit benih. Marwanto (2003) mendapatkan kandungan lignin mulai dari 0,830% sampai 17,28%, sedangkan Krzyzanowski et al. (2008) menunjukkan bahwa kandungan lignin pada kulit benih bervariasi antara 2,21 sampai 6,20%.

2. Jaringan Cadangan Makanan

Cadangan makanan pada benih berguna untuk menyediakan zat makanan untuk embrio dan pertumbuhan. Suplai makanan dalam bentuk energi digunakan untuk pertumbuhan, perkembangan, dan diferensiasi sel dan proses metabolisme. Ada tiga

macam jaringan cadangan makanan yang terdapat pada benih, yaitu endosperm, perisperm dan kotiledon.

Jaringan makanan pada kedelai berupa kotiledon yang merupakan bagian terbesar dari benih dan tempat menyimpan cadangan makanan. Senyawa-senyawa yang terkandung di dalamnya adalah protein, lemak, dan karbohidrat. Menurut Borek et al. (2009) kandungan cadangan makanan ditentukan oleh faktor genetik, akan tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kultur teknis dan keadaan lingkungan. Persentase ketiga senyawa tersebut bersifat keseimbangan, artinya bila salah satu meningkat kandungannya maka kandungan yang lain akan menurun.

Saino et al. (2006) menyatakan bahwa vigor kecambah sangat tergantung dengan cadangan makanan. Menurut Gusta et al. (2003) benih yang berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan lebih banyak dibandingkan dengan benih kecil. Menurut Allen et al. (2009) pada kedelai, cadangan makanan utama adalah protein, diikuti oleh karbohidrat dan lemak.

Patil yang disimpan dalam cadangan makanan ada dua bentuk yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa adalah polimer D-glukosa tetapi mempunyai rantai yang pendek dengan kandungan 20 – 25 %. Amilopektin juga polimer D-glukosa dengan rantai yang panjang dengan kandungan 50 – 75% (Allen et al., 2009). Pada benih kedelai yang tergolong dikotil, patil disimpan dalam kotiledon. Cadangan makanan lainnya yaitu lemak, tersimpan dalam kotiledon berupa lemak.

Protein dalam benih ada yang bersifat aktif dan tidak aktif. Protein yang tidak aktif dikenal dengan protein body yang berfungsi sebagai cadangan makanan dan digunakan oleh embrio dalam perkecambahan.

Protein yang bersifat aktif berupa enzim dan nukleoprotein. Enzim disini sangat berperan dalam metabolisme perkecambahan. Nukleoprotein juga bersifat aktif yang mempunyai dua bentuk yaitu deoxyronucleid acid (DNA) dan ribonucleid acid (RNA) (Murray, 1984). Deoxyronucleid acid maupun RNA sangat penting dalam sintesis protein, struktur, dan fungsi kromosom serta gen.

3. Embrio

Embrio adalah tumbuhan baru dalam ukuran mini, yang berasal dari penggabungan gamet jantan dan betina pada peristiwa pembuahan di dalam kantung embrio. Menurut Le et al. (2007), pada benih kedelai, embrio disusun oleh embrionik aksis (plumula dan radikula) dengan dua kotiledon.

Embrio dibentuk dua kutub apikal yaitu calon akar (radikula) di satu ujung dan calon tajuk di ujung lainnya. Hasil akhir dari perkembangan embrionik di dalam ovul adalah sebuah biji dewasa. Integumen akan kehilangan air dalam jumlah besar sehingga membentuk kulit biji resisten yang mengelilingi embrio dan endosperm. Pada saat tersebut perkembangan embrio terhenti dan biji mengalami dormansi. Embrio tetap bertahan pada kondisi dorman sampai tiba saat kondisi yang menguntungkan untuk berkecambah (Hartmann et al., 1992).

B. Peran Hara Nitrogen dan Bakteri Rhizobium pada Tanaman Kedelai

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro yang sangat esensial untuk pertumbuhan tanaman dan umumnya tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk

amonium dan nitrat yang dapat disediakan melalui pemupukan. Menurut Tranaviciene (2007), fungsi nitrogen sebagai hara esensial bagi pertumbuhan tanaman adalah; 1) sebagai komponen molekul klorofil, 2) sebagai komponen asam amino pembentuk protein, 3) esensial bagi aktivasi karbohidrat, 4) sebagai komponen enzim, 5) merangsang pertumbuhan akar dan aktivitasnya, dan 6) mendukung pengambilan hara lainnya.

Tanaman kedelai dapat mengikat nitrogen di atmosfer melalui aktivitas bakteri pengikat nitrogen, *Rhizobium japonicum*. Bakteri ini terbentuk di dalam akar tanaman yang diberi nama nodul atau bintil akar. Keberadaan *Rhizobium* dapat terjadi karena tanah tersebut ditanami kedelai atau memang sengaja ditambahkan ke dalam tanah. Menurut Rahayu (2004), nodul atau bintil akar tanaman kedelai umumnya dapat mengikat nitrogen dari udara pada umur 10 – 12 hari setelah tanam, tergantung kondisi lingkungan tanah dan suhu.

Menurut Ogutcu et al. (2008), kemampuan memfiksasi nitrogen ini akan meningkat dengan bertambahnya umur tanaman, dan mencapai maksimal sampai akhir masa berbunga atau mulai pembentukan biji. Kemampuan bintil akar memfiksasi nitrogen akan menurun bersamaan dengan semakin banyaknya bintil akar yang tua dan luruh. Partisi fotosintat lebih banyak ke arah proses pembentukan biji yang mengakibatkan aktivitas bintil akar menurun karena kekurangan energi. Namun demikian, hasil penelitian Fischinger dan Schulze (2010) menunjukkan bahwa kemampuan bakteri memfiksasi nitrogen meningkat 25% pada saat pengisian biji bila kondisi pertumbuhan menguntungkan bagi bakteri.

Penelitian di Kansas Amerika Serikat menunjukkan bahwa pemupukan tambahan nitrogen pada fase pembentukan polong (R_3) dengan dosis 24 kg N ha^{-1} menghasilkan biji sebanyak 2400 kg ha^{-1} (Osborne dan Riedell, 2006). Ditambahkan bahwa pada saat pembentukan polong bakteri *Rhizobium* tidak lagi aktif karena fotosintat banyak dipartisikan ke polong sehingga bakteri kekurangan makanan. Alternatif yang dapat dilakukan agar bakteri *Rhizobium* tetap mendapatkan fotosintat adalah meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman induk pada fase pembentukan polong, sehingga fotosintat yang terbentuk selain dipartisikan ke biji juga ke bakteri *Rhizobium*.

C. Peran Posfor pada Tanaman Kedelai

Pemupukan memegang peranan penting dalam produksi benih kedelai. Kemampuan tanaman induk benih untuk tumbuh dan berkembang akan mempengaruhi fase pengisian biji dan perkembangan embrio. Dampak lanjutnya adalah mempengaruhi perkembangan embrio, baik terhadap volume maupun bobotnya. Muara dari semua itu akan ditunjukkan oleh viabilitas dan vigor benih yang tinggi.

Posfor merupakan bagian esensial sel hidup, seperti bagian dari nukleotida dan fosfolipid membran sel (Wiedenhoef, 2006). Posfor juga diperlukan tanaman antara lain untuk merangsang akar, khususnya akar kecambah dan tanaman muda. Posfor juga dapat mempercepat pembungaan serta pemasakan biji dan buah (Anetor dan Akinrinde, 2006 dan Saino et al., 2006).

Menurut Bowen et al. (2006) dan Saino et al. (2006), proses pemasakan biji memerlukan unsur hara yang cukup dan sebagian besar posfor dalam biji berupa asam fitat.

Senyawa ini berfungsi sebagai sumber energi yang dipergunakan selama perkecambahan. Penelitian Coelho et al. (2002) menyimpulkan bahwa fitat berpengaruh terhadap vigor benih.

Kenaikan hasil panen kedelai dengan pemupukan posfor ada hubungannya dengan aktivitas bakteri *Rhizobium* yang mengikat nitrogen dari udara. Bakteri *Rhizobium* memerlukan energi berupa adenosin tri posfat (ATP). Energi tersebut diperoleh dari fotosintesis tanaman induk. Baldirici dan Yilmas (2005) menunjukkan bahwa kedelai yang diinokulasi dengan bakteri *Rhizobium* membutuhkan posfor yang lebih banyak dibandingkan yang tidak diinokulasi. Kontinyuitas energi karena ketersediaan posfor menyebabkan bakteri *Rhizobium* tetap eksis saat tanaman dalam fase pengisian biji.

Hasil penelitian Mulyaman (2005) menunjukkan bahwa seluruh faktor perlakuan takaran pupuk posfor dan varietas kedelai tidak saling berinteraksi terhadap semua variabel pengamatan. Pemberian posfor sebanyak 70 kg P_2O_5 ha⁻¹ meningkatkan hasil tanaman kedelai yang ditunjukkan dengan berat biji per petak tertinggi mencapai bobot 370,61 gram. Pengaruhnya terhadap peningkatan mutu benih tanaman kedelai ditunjukkan dengan bobot 100 biji tertinggi mencapai 10,36 gram, daya kecambah benih mencapai 83,00%, berat kering kecambah mencapai 2,87 gram, dan kecepatan berkecambah benih mencapai 40,37% KN etmal⁻¹. Kandungan protein benih tertinggi yaitu 36,78% dicapai pada dosis posfor 72 kg P_2O_5 ha⁻¹.

D. Kompos

Kompos adalah pupuk yang dihasilkan dari bahan organik melalui proses pembusukan. Pembuatannya di suatu tempat yang terlindung dari hujan dan sinar matahari. Kompos merupakan salah satu upaya reduksi sampah, sehingga akan mereduksi biaya operasional pemusnahan sampah. Menurut Ambarwati (2006) dengan reduksi sampah, maka akan memperpanjang usia tempat pembuangan akhir (TPA) sampah, sehingga akan mengurangi investasi lahan untuk TPA. Kompos sangat dibutuhkan khususnya dalam bidang pertanian, sehingga merupakan produk yang dapat dijual. Proses pengomposan merupakan proses daur ulang alamiah, sehingga mengembalikan bahan organik kedalam siklus biologisnya.

Adanya reduksi sampah, maka tumpukan sampah berkurang, pembakaran sampah serta pembuangan sampah ke sungai juga akan berkurang, lingkungan menjadi bersih, sehat, dan mengurangi pencemaran. Untuk mempercepat proses fermentasi, strategi yang dapat dilaksanakan adalah dengan menambah aktivator pengomposan. Aktivator pengomposan yang sering digunakan adalah kotoran ternak dan cacing (*vermicompost*). Aktivator pengomposan lain yang banyak beredar di pasaran, antara lain: PROMI (*Promoting Microorganism*), Orga Dec, Super Dec, Acti Comp, Bio Pos, EM₄, Superfarm, dan lain-lain. Penambahan aktivator pengomposan akan dapat mempersingkat waktu pengomposan hingga 2 minggu. Pada tahap penumpukan dipasang widrow (terowongan udara), sehingga dapat memperbaiki pH agar masuk dalam komposisi yang disyaratkan.

E. Pola Tanam

Sistem pertanaman sisipan merupakan sistem pertanaman yang dapat memberi pengaruh positif dan negatif terhadap tanaman yang diusahakan. Pengaruh positif yang dapat diperoleh yaitu intensitas penggunaan lahan/produktivitas lahan meningkat dengan bertambahnya jumlah populasi, mencegah terjadinya erosi dan kehilangan unsur hara, dan meningkatkan pendapatan petani, sedangkan pengaruh negatif yang ditimbulkan adalah dapat terjadi interaksi intra-spesies maupun inter-spesies.

Menurut Bunyamin dan Aqil (2009) pola tanam beruntun merupakan salah satu cara pemanfaatan lahan pertanian yang dikembangkan untuk meningkatkan hasil. Dengan sistem ini diharapkan akan diperoleh hasil persatuan luas lahan lebih tinggi dengan waktu sesingkat mungkin serta dapat analisis pendapatan pola tanam beruntun dilaksanakan petani dengan lebih mudah. Dalam keadaan ekonomi petani yang masih rendah, petani cenderung untuk menghindari resiko kegagalan sebanyak mungkin. Oleh karena itu, pola tanam beruntun adalah salah satu cara tanam yang dapat dilakukan untuk mengurangi resiko kegagalan tersebut, karena jika panen salah satu tanaman gagal dapat diimbangi dengan panen tanaman berikutnya. Apabila usahatani pola tanam beruntun berhasil, maka petani dapat mengurangi biaya produksi perjenis tanaman dan dapat menambah pendapatan petani.

Kondisi tersebut merupakan salah satu tindakan yang dilakukan petani saat ini dalam pengembangan hortikultura pada khususnya, karena dalam pengusahaannya dituntut untuk efisien dan mampu meningkatkan hasil. Oleh karena itu dalam pengembangan hortikultura tidak lagi hanya memperhatikan aspek produksi, tetapi lebih menitik

beratkan pada pengembangan komoditi yang berorientasi pasar/agribisnis (Rusastra et al., 2009).

F. Faktor yang Mempengaruhi Jangka Hidup Benih

Proses kemunduran mutu benih tidak dapat dihindarkan, yang dapat dilakukan hanyalah mengurangi kecepatannya. Untuk mengurangi kecepatan kemunduran dapat dilakukan dengan beberapa usaha dan perlakuan pada penyimpanan benih yaitu dengan cara penyimpanan yang tepat (Kartono, 2004 dan Purwanti, 2004). Perlakuan pada tanaman induk benih juga berpengaruh terhadap jangka hidup benih.

Kemunduran atau matinya benih dapat dilihat dari dua aspek, yaitu: 1) hilangnya viabilitas/matinya sekelompok benih, dan 2) kematian suatu individu benih. Proses kemunduran ini terjadi secara gradual dan kumulatif, akibat terjadinya perubahan-perubahan fisiologis yang akhirnya menyebabkan hilangnya viabilitas benih (Tatipata et al., 2004).

Kemunduran benih diartikan sebagai turunnya mutu benih yang mengakibatkan rendahnya vigor yang berdampak terhadap kemunduran mutu. Menurut Sharma et al. (2007), peralihan dari keadaan hidup sampai benih mengalami kematian dapat berlangsung secara cepat atau lambat tergantung pada jenis benih, tingkat kerusakan, pengaruh lingkungan, terutama kelembaban dan suhu di lapangan saat panen dan perlakuan-perlakuan yang diberikan pada tanaman induk dan benih tersebut. Kondisi-kondisi seperti inilah sebenarnya yang menentukan masa hidup benih, sehingga benih dapat mati dalam waktu beberapa hari atau minggu setelah masak fisiologis atau tetap viabel selama bertahun-tahun.

Tekanan lingkungan selama pembuahan sampai masak fisiologis dapat mempengaruhi jangka hidup benih kedelai. Tanaman induk benih yang tumbuh dalam tanah yang kekurangan suatu unsur hara mineral juga dapat mempengaruhi jangka hidup benih (Suzuki, 2003). Golunggu et al. (2006) menyatakan bahwa faktor lingkungan seperti kekurangan air, suhu udara terlalu tinggi atau terlalu rendah, salinitas tanah, penyakit tanaman, dan serangan hama dapat mempengaruhi tanaman induk benih yang mengakibatkan turunnya mutu benih yang dihasilkan.

Penyimpanan benih kedelai di daerah tropis lembab seperti di Indonesia menyebabkan turunnya daya simpan benih. Sadjad et al. (1999) menyatakan bahwa dalam waktu 3 bulan pada suhu 30°C, benih kacang-kacangan tidak dapat mempertahankan viabilitasnya pada kadar air 14%.

Menurut Sadjad et al. (1999), tingkat mutu benih paling tinggi, termasuk viabilitasnya, adalah tingkat maksimum teoritis yang dicapai dalam kondisi faktor-faktor lingkungan yang saling mempengaruhi dan menimbulkan interaksi yang paling menguntungkan antara susunan genetik benih dengan lingkungan tempat benih itu dihasilkan, dipanen, diolah dan disimpan. Kemasakan fisiologis dapat ditafsirkan sebagai kondisi fisiologis yang harus tercapai sebelum tingkat mutu optimum untuk memanen benih dapat dimulai. Normalnya kondisi ini bersamaan dengan tingkat mutu maksimal. Jadi dalam proses menghasilkan benih yang bermutu baik, praktek-praktek budidaya yang dijalankan sebelum benih mencapai kemasakan fisiologis sempurna akan membantu mendekati mutu benih dengan kualitas maksimum teoritis, sedangkan cara memanen, mengeringkan dan menyimpan yang baik akan memperlambat kemunduran benih agar nanti mutunya bisa sedekat mungkin dengan

tingkat mutu tertinggi seperti pada awal kemasakan fisiologis. Menurut Sharma et al. (2007), kondisi fisik dan keadaan fisiologis benih banyak mempengaruhi jangka hidupnya. Benih yang pecah, retak atau lecet kondisi fisik dan fisiologisnya akan turun lebih cepat daripada benih yang baik.

Daerah yang beriklim tropis seperti di Indonesia kelembaban relatif udara bebas adalah 80-90%. Benih yang mempunyai kadar air yang rendah menyerap uap air dari udara bebas sehingga kadar airnya meningkat. Benih kedelai dengan kadar lignin yang rendah sangat cepat menyerap uap air dan menyebabkan benih yang disimpan dalam wadah terbuka segera kehilangan viabilitasnya.

Kemunduran benih kedelai dapat diketahui secara biokimia dan fisiologi. Indikasi biokimia kemunduran benih dicirikan antara lain penurunan aktivitas enzim, penurunan cadangan makanan, dan meningkatnya nilai konduktivitas. Indikasi fisiologi kemunduran benih antara lain penurunan viabilitas dan vigor (Tatipata, 2010). Vigor benih juga dapat dinyatakan dengan pengukuran konduktivitas air perendaman benih. Kerusakan mekanik yang terjadi selama benih berada di lapangan setelah masak fisiologis akan menyebabkan kerusakan membran sel benih. Ketika direndam dalam air, benih tersebut akan melepaskan elektrolit. Viera et al. (2001) dan Panobianco et al. (2007) menyatakan bahwa konduktivitas yang tinggi dalam air rendaman benih menunjukkan rendahnya vigor benih. Waktu panen yang tepat terhadap benih di lapangan sangat penting untuk mendapatkan viabilitas dan vigor benih yang tinggi. Lingkungan mempengaruhi waktu panen benih dilapangan sehingga secara otomatis akan berpengaruh terhadap mutu benih.

BAB 3

STRATEGI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH KEDELAI YANG RAMAH LINGKUNGAN

Strategi pengembangan model produksi benih kedelai yang ramah lingkungan dilaksanakan selama empat tahun. Tahun pertama untuk mengubah komposisi cadangan makanan benih kedelai. Tahun kedua menguji kualitas benih dengan komposisi cadangan makanan yang berbeda. Tahun ketiga mengolah kompos serasah kedelai menjadi kompos dan menguji produksi benih dengan kompos serasah kedelai. Tahun keempat untuk menguji penggunaan kompos serasah kedelai dalam produksi benih secara bersisipan dan beruntun.

Peta jalan (*road map*) penelitian yang dirancang sampai tahun 2025 dengan beberapa skim pendanaan dan target yang diharapkan disajikan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Peta jalan penelitian sampai tahun 2025

Peta jalan ini mengindikasikan adanya keberlanjutan penelitian dengan target utama buku teks tentang Produksi Benih Kedelai yang bersumber dari hasil-hasil kajian yang dilaksanakan secara berkesinambungan.

A. Pengembangan Tahap I

1. Pengembangan Seri 1

Pengubahan Komposisi Cadangan Makanan Benih Kedelai dengan Perlakuan Nitrogen dan Posfor

a. Tujuan

Pengembangan ini bertujuan untuk 1) mengubah komposisi cadangan makanan benih, dan 2) menganalisis perbedaan input hara serta output produksi dan mutu benih yang diproduksi pada musim hujan dan musim kemarau.

b. Bahan dan Alat

Benih kedelai yang digunakan adalah benih pokok kedelai varietas Anjasmoro dari Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian di Malang. Bahan lain yang digunakan adalah pupuk nitrogen (*urea*), pupuk fosfat (SP-36), pupuk kalium (KCl), pestisida (Sevin), dan inokulan Rhizobium (Legin). Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat analisis tanah, seperangkat alat untuk analisis protein, lemak dan karbohidrat, timbangan analitik (Scout HL-100), desikator, *leaf area meter* (Bioscientific AM 300), oven listrik (*Sanyo Gallenkamp*), penyemprot, *sprinkler portable* untuk penyiraman tanaman, dan thermometer lapangan (Hanna HI 98509-1).

c. Pelaksanaan

- 1) Persiapan Lahan, Inokulasi Benih dan Penanaman
Penelitian dilaksanakan di lapangan dengan tanah jenis ultisol dan lahan diolah agar sesuai untuk pertumbuhan tanaman kedelai. Masing-masing petak penelitian berukuran 2 m x 2 m. Dosis pupuk dasar adalah 50 kg K₂O ha⁻¹. Lubang tanam dibuat dengan tugal dengan diameter lubang 4 cm dan kedalaman 3 cm. Jarak tanam yang digunakan adalah 40 cm x 15 cm. Sehari sebelum penyemaian, benih telah diinokulasi dengan bakteri Rhizobium dari Legin dengan ukuran 1 kg benih dengan 10 g Legin. Setiap lubang tanam ditanam 3 butir benih. Seleksi tanaman terbaik dilakukan pada umur 14 hari setelah tanam (HST) dan dipilih dua tanaman untuk setiap lubang tanam.

2) Pengendalian Hama, Penyakit, dan Gulma serta Penyiraman

Pengendalian hama dengan Decis konsentrasi 4 cc L⁻¹ saat tanaman berumur 14 HST, selanjutnya dilakukan berdasarkan pengamatan ada tidaknya serangan hama. Penyakit dikendalikan dengan Dithane M-45 konsentrasi 2 cc L⁻¹ saat tanaman berumur 15 HST dan selanjutnya dilakukan berdasarkan ada tidaknya serangan penyakit. Pengendalian gulma dilakukan dengan pencabutan saat tanaman berumur 14 HST dan dilakukan 3 kali selama pertumbuhan tanaman sesuai dengan intensitas serangan gulma.

Penyiraman tanaman dilakukan bila selama tujuh hari tidak turun hujan atau tanah mulai retak. Sumber air berasal berasal di sekitar areal pertanaman. Air ditampung dalam bak (*tower air*) lalu penyiraman dilakukan dengan cara memompa air untuk diteruskan pada sprinkler. Volume air yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan.

3) Perlakuan Hara Nitrogen dan Posfor

Sebelum penelitian dilaksanakan, tanah dianalisis untuk mengetahui tingkat kesuburannya. Pemberian hara untuk perlakuan berdasarkan analisis tanah tersebut. Dari unsur hara yang telah diketahui jumlahnya (H), jumlah pupuk yang diberikan dapat dihitung berdasarkan kadar unsur hara di dalam pupuk. Jumlah pupuk yang diberikan dihitung dengan rumus $P = H \times \left(\frac{100}{H_p} \right)$,

dimana P adalah jumlah pupuk yang diberikan dalam tanah (kg) dan H_p adalah kadar unsur hara

di dalam pupuk (%). Seluruh perlakuan hara nitrogen dan posfor diberikan dalam larikan diantara baris tanaman pada awal tanam.

4) Pengambilan Sampel, Panen, dan Pasca Panen

Sampel untuk analisis tumbuh, produksi benih ditentukan dengan metode acak sederhana. Tanaman-tanaman sampel yang telah ditentukan diberi tanda dan selanjutnya peubah produksi benih diamati dari tanaman sampel ini. Metode panen dan pasca panen mengacu pada SNI 01-6234.4-2003 (Badan Standardisasi Nasional, 2003). Panen dilakukan saat masak fisiologis pada fase R8 dengan tanda visual daun telah rontok, warna polong kuning, atau cokelat (Fehr dan Caviness, 1977). Polong dibiarkan kering di lapangan sampai kadar air 14%. Panen dilakukan pada pagi hari dan berangkasan dikumpulkan, dijemur dengan diberi alas terpal plastik agar polong mudah pecah.

Pembijian dilakukan secara manual dengan tangan. Benih dijemur kembali sampai kadar air maksimal 11%. Penjemuran benih kedelai dilakukan maksimal 2 jam setiap hari pada pukul 10 sampai 12 siang. Penjemuran ditunda bila suhu terlalu tinggi atau penjemuran dilakukan lebih awal pada jam 9 sampai 11 siang. Benih-benih yang telah dikeringkan disimpan dengan wadah plastik polyetilen densitas tinggi (HDPE, *high density polyethylene*) dengan ketebalan 0,08 mm dan diberi kode yang disesuaikan untuk Pengembangan ke II.

d. Data Iklim Mikro

Data iklim mikro berupa suhu dan kelembaban diamati pada areal pertanaman. Data curah hujan, intensitas penyinaran serta lama penyinaran didapat dari Stasiun Pengamat Cuaca Sultan Thaha Jambi yang berjaran sekitar 8 km dari areal Pengembangan.

2. Pengembangan Seri 2

Mutu dan Daya Hidup Benih Kedelai pada Berbagai Komposisi Cadangan Makanan

a. Tujuan

Pengembangan bertujuan untuk 1) mengkaji mutu dan daya hidup benih kedelai berdasarkan perbedaan komposisi cadangan makanan, dan 2) menganalisis perbedaan input hara dan iklim mikro terhadap mutu dan daya hidup benih yang diproduksi pada musim hujan dan musim kemarau.

b. Bahan dan Alat

Benih kedelai yang diproduksi dari percobaan I. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat untuk analisis protein, lemak dan karbohidrat, seperangkat alat untuk mengukur respirasi benih, seperangkat alat untuk mengukur kadar lignin kulit benih, timbangan analitik (*Scout HL-100*), desikator, oven listrik (*Sanyo Gallenkamp*), thermometer (Hanna HI 98509-1), Pemisah benih (Indiamart Model No. STE-02), dan *electric conductivity meter* (Kelilong KL-138).

c. Pelaksanaan Pengembangan

Persiapan Benih dan Pengambilan Sampel

Benih-benih yang telah dikeringkan disimpan dengan wadah plastik polyetilen densitas tinggi (HDPE, *high density polyethylene*) dengan ketebalan

0,08 mm dan diberi kode sesuai perlakuan. Kantong-kantong benih tersebut dianggap sebagai lot dan pengambilan sampel dilakukan dengan pemisah benih.

d. Data Iklim Mikro

Data iklim mikro ruang simpan yang diperlukan adalah suhu dan kelembaban. Data ini diperoleh dengan cara menempatkan termometer ruang dan higrometer pada ruang simpan dan secara berkala diamati suhu dan kelembabannya.

B. Pengembangan Tahap II

1. Pengembangan Seri I

Kualitas Kompos dari Serasah Batang dan Polong Kedelai pada Berbagai Lama Pengomposan dan Dosis Starter

a. Tujuan

Pengembangan bertujuan untuk 1) mendapatkan kompos dengan kualitas terbaik pada berbagai lama pengomposan dan dosis starter, dan 2) menganalisis kualitas kompos dari interaksi antara lama pengomposan dengan dosis starter.

b. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah serasah batang dan polong dari kegiatan produksi benih pada tahun 2016 di Balai Benih Induk Palawija, Sebapo Jambi. Bahan-bahan lain yang digunakan dalam produksi kompos adalah starter dari pupuk kandang (kotoran ayam) yang siap pakai dan urea. Peralatan yang digunakan bak pengomposan, alat pencacah serasah, dan seperangkat alat analisis tanah.

c. Pelaksanaan Percobaan

Persiapan serasah dan lobang pengomposan

Serasah batang dan polong kedelai didapat dari Balai Benih Induk Palawija, Sebapo Muaro Jambi. Serasah merupakan sampah hasil panen benih kedelai pada bulan November 2016. Serasah selanjutnya kembali dicacah dengan mesin pencacah dengan ukuran panjang 4-5 cm. Serasah diletakkan di luar ruangan agar kelembaban mencapai sekira 50%. Nisbah karbon nitrogen (C/N ratio) sekira 10-12. Selanjutnya serasah siap untuk dikomposkan. Lobang pengomposan dibuat dengan ukuran 1 m³ dan dipastikan lobang tersebut tidak tergenang air bila terjadi hujan.

Pengomposan

Pengomposan dilakukan dengan metode wind row sistem yang dilakukan sebagai berikut: Susun kompos berdasarkan bahan baku. Serasah yang mengandung karbon tinggi terlebih dahulu disusun paling bawah sebagai alas. Selanjutnya di atas bahan tadi susun kotoran ayam. Lapisan berikutnya adalah sedikit serasah kemudian di taburi kapur. Tinggi tumpukan 0,75 m dan lebar tumpukan 2 m. Tumpukan bahan ditutup dengan plastik. Pengadukan dilakukan secara berkala setiap 15 hari. Lama pengomposan disesuaikan dengan perlakuan.

2. Pengembangan Seri II

Produksi Benih Kedelai pada Berbagai Kombinasi Hara Organik dan Anorganik

a. Tujuan

Pengembangan bertujuan untuk 1) mengkaji efektivitas kombinasi hara organik (kompos serasah

batang dan polong kedelai) dan hara anorganik pada produksi benih kedelai, dan 2) mendapatkan produksi benih tertinggi dari kombinasi hara yang diaplikasikan pada tanaman induk.

b. Bahan dan Alat

Benih kedelai yang digunakan adalah benih pokok kedelai varietas Anjasmoro dari Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian di Malang dan kompos hasil percobaan seri pertama. Bahan penelitian lainnya adalah pupuk nitrogen (*urea*), pupuk fosfat (SP-36), pupuk kalium (KCl), pestisida (Sevin), dan inokulan *Rhizobium* (Legin). Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat analisis tanah, timbangan analitik (Scout HL-100), desikator, *leaf area meter* (Bioscientific AM 300), oven listrik (*Sanyo Gallenkamp*), penyemprot, *sprinkler portable* untuk penyiraman tanaman, dan termometer lapangan (Hanna HI 98509-1).

c. Pelaksanaan Pengembangan

Persiapan Lahan, Inokulasi Benih dan Penanaman

Penelitian dilaksanakan di lapangan dengan tanah jenis ultisol dan lahan diolah agar sesuai untuk pertumbuhan tanaman kedelai. Masing-masing petak penelitian berukuran 2 m x 2 m. Lubang tanam dibuat dengan tugal dengan diameter lubang 4 cm dan kedalaman 3 cm. Jarak tanam yang digunakan adalah 40 cm x 15 cm. Sehari sebelum penyemaian, benih telah diinokulasi dengan bakteri *Rhizobium* dari Legin dengan ukuran 1 kg benih dengan 10 g Legin. Setiap lubang tanam ditanam 3 butir benih. Seleksi tanaman terbaik dilakukan pada umur 14 hari setelah

tanam (HST) dan dipilih dua tanaman untuk setiap lubang tanam.

Pengendalian Hama Penyakit, dan Gulma serta Penyiraman

Pengendalian hama dengan Decis konsentrasi 4 cc L⁻¹ saat tanaman berumur 14 HST, selanjutnya dilakukan berdasarkan pengamatan ada tidaknya serangan hama. Penyakit dikendalikan dengan Dithane M-45 konsentrasi 2 cc L⁻¹ saat tanaman berumur 15 HST dan selanjutnya dilakukan berdasarkan ada tidaknya serangan penyakit. Pengendalian gulma dilakukan dengan pencabutan saat tanaman berumur 14 HST dan dilakukan 3 kali selama pertumbuhan tanaman sesuai dengan intensitas serangan gulma.

Penyiraman tanaman dilakukan bila selama tujuh hari tidak turun hujan atau tanah mulai retak. Sumber air berasal berasal di sekitar areal pertanaman. Air ditampung dalam bak (tower air) lalu penyiraman dilakukan dengan cara memompa air untuk diteruskan pada sprinkler. Volume air yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan.

Kombinasi Hara Organik dan Anorganik

Sebelum penelitian dilaksanakan, tanah dianalisis untuk mengetahui tingkat kesuburannya. Pemberian hara untuk perlakuan berdasarkan analisis tanah tersebut. Dari unsur hara yang telah diketahui jumlahnya (H), jumlah pupuk yang diberikan dapat dihitung berdasarkan kadar unsur hara di dalam pupuk. Jumlah pupuk yang diberikan dihitung dengan rumus $P = H \times \left(\frac{100}{Hp} \right)$, dimana P adalah jumlah pupuk

yang diberikan dalam tanah (kg) dan Hp adalah kadar unsur hara di dalam pupuk (%). Seluruh perlakuan hara nitrogen dan posfor diberikan dalam larikan diantara baris tanaman pada awal tanam.

Penentuan kombinasi hara diawali dengan mengetahui kandungan nitrogen (N), posfor (P) dan kalium (K) pada kompos yang dihasilkan. Guna mendapatkan persentase kandungan hara organik dan anorganik dilakukan dengan menentukan bobot kompos berdasarkan kandungan hara dan persentase hara organik seperti disusun pada rancangan perlakuan.

Pengambilan Sampel, Panen, dan Pasca Panen

Sampel untuk analisis tumbuh, produksi benih ditentukan dengan metode acak sederhana. Tanaman-tanaman sampel yang telah ditentukan diberi tanda dan selanjutnya peubah produksi benih diamati dari tanaman sampel ini. Metode panen dan pasca panen mengacu pada SNI 01-6234.4-2003 (Badan Standardisasi Nasional, 2003). Panen dilakukan saat masak fisiologis pada fase R8 dengan tanda visual daun telah rontok, warna polong kuning, atau cokelat (Fehr dan Caviness, 1977). Polong dibiarkan kering di lapangan sampai kadar air 14%. Panen dilakukan pada pagi hari dan berangkasan dikumpulkan, dijemur dengan diberi alas terpal plastik agar polong mudah pecah.

Pembijian dilakukan secara manual dengan tangan. Benih dijemur kembali sampai kadar air maksimal 11%. Penjemuran benih kedelai dilakukan maksimal 2 jam setiap hari pada pukul 10 sampai 12 siang. Penjemuran ditunda bila suhu terlalu tinggi

atau penjemuran dilakukan lebih awal pada jam 9 sampai 11 siang. Benih-benih yang telah dikeringkan disimpan dengan wadah plastik polyetilen densitas tinggi (HDPE, *hight density polyethilene*) dengan ketebalan 0,08 mm dan diberi kode seperti perlakuan pada tanaman induk.

3. Pengembangan Seri III

a. Tujuan

Pengembangan bertujuan untuk mengkaji mutu dan daya hidup benih kedelai berdasarkan perlakuan pada tanaman induk.

b. Bahan dan Alat

Benih kedelai yang diproduksi dari percobaan seri II. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat untuk analisis protein, lemak dan karbohidrat, seperangkat alat untuk mengukur respirasi benih, seperangkat alat untuk mengukur kadar lignin kulit benih, timbangan analitik (Scout HL-100), desikator, oven listrik (*Sanyo Gallenkamp*), thermometer (Hanna HI 98509-1), Pemisah benih (Indiamart Model No. STE-02), dan electric conductivity meter (Kelilong KL-138).

c. Pelaksanaan Pengembangan

Benih-benih yang telah dikeringkan disimpan dengan wadah plastik polyetilen densitas tinggi (HDPE, *hight density polyethilene*) dengan ketebalan 0,08 mm dan diberi kode sesuai perlakuan. Kantong-kantong benih tersebut dianggap sebagai lot dan pengambilan sampel dilakukan dengan pemisah benih.

C. Pengembangan Tahap III

Produksi dan Kualitas Benih Kedelai dengan Pola Tanam Bersisipan dan Beruntun

1. Tujuan

Pengembangan bertujuan untuk 1) menghasilkan benih kedelai bermutu dengan mensubstitusi 50% hara anorganik dengan hara organik (kompos serasah kedelai) berdasarkan hasil penelitian tahun pertama pada pola tanam bersisipan dan beruntun serta menguji efektivitasnya pada musim hujan dan musim kemarau, dan 2) meningkatkan efisiensi masukan energi, efisiensi masukan hara dan efisiensi waktu dalam dua siklus produksi benih.

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah serasah batang dan polong dari kegiatan produksi benih, EM 4, pupuk kandang, benih pokok kedelai varietas Anjasmoro, pupuk nitrogen (urea), pupuk fosfat (SP-36), pupuk kalium (KCl), pestisida (Sevin), dan inokulan *Rhizobium* (Legin). Peralatan yang digunakan adalah bak pengomposan, alat pencacah serasah, seperangkat alat analisis tanah, timbangan analitik (Scout HL-100), desikator, leaf area meter (Bioscientific AM 300), oven listrik (*Sanyo Gallenkamp*), penyemprot, *sprinkler portable* untuk penyiraman tanaman, dan thermometer lapangan (Hanna HI 98509-1), seperangkat alat untuk analisis proksimat (protein, lemak dan karbohidrat), seperangkat alat untuk mengukur laju penyerapan air benih, timbangan analitik (Scout HL-100), desikator, oven listrik (*Sanyo Gallenkamp*), thermometer (Hanna HI 98509-1), Pemisah benih (Indiamart Model No. STE-02), dan *electric conductivity meter* (Kelilong KL-138).

3. Pelaksanaan Pengembangan

Pembuatan Kompos dilakukan dengan metode wind row system (Kurnia et al., 2014). Serasah kedelai dikomposkan dengan perlakuan 450 ml EM4 per 10 kg serasah dan dikomposkan selama 60 hari. Kompos ini digunakan dalam produksi benih dengan dosis 5 ton ha⁻¹ sebagai hara organik.

Persiapan Lahan, Inokulasi Benih dan Penanaman. Petak penelitian berukuran 2 m x 4 m. Lubang tanam dibuat dengan tugal dengan diameter lubang 4 cm dan kedalaman 3 cm. Jarak tanam yang digunakan adalah 40 cm x 15 cm. Sehari sebelum penyemaian, benih telah diinokulasi dengan bakteri *Rhizobium* dari Legin dengan ukuran 1 kg benih dengan 10 gram Legin.

Pemupukan Standar dan Substitusi 50% Hara Anorganik. Produksi benih kedelai label biru pada tanah jenis ultisol untuk pertanaman standar (P0) menggunakan 100% hara anorganik. Dosis yang digunakan adalah 25 kg nitrogen ha⁻¹, 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ dan 50 kg K₂O ha⁻¹. Produksi benih dengan pola tanam bersisipan (P1) dan beruntun (P2) hara anorganik disubstitusi sebanyak 50% dengan hara organik (kompos serasah kedelai). Dosis kompos yang digunakan sebanyak 2,5 ton ha⁻¹ dan dosis hara anorganik berturut-turut adalah 12,5 kg nitrogen ha⁻¹, 25 kg P₂O₅ ha⁻¹ dan 25 kg K₂O ha⁻¹. Sebelum penelitian dilaksanakan, tanah dianalisis untuk mengetahui tingkat kesuburannya. Pemberian hara untuk perlakuan berdasarkan analisis tanah tersebut.

Pengambilan Sampel, Panen, dan Pasca Panen

Sampel untuk analisis tumbuh, produksi benih ditentukan dengan metode acak sederhana. Tanaman-tanaman sampel yang telah ditentukan diberi tanda dan selanjutnya peubah produksi benih diamati dari tanaman sampel ini. Metode panen dan pasca panen mengacu pada SNI 01-6234.4-2003 (Badan Standardisasi Nasional, 2003). Panen dilakukan saat masak fisiologis pada fase R8 dengan tanda visual daun telah rontok, warna polong kuning, atau cokelat (Fehr dan Caviness, 1977). Polong dibiarkan kering di lapangan sampai kadar air 14%. Panen dilakukan pada pagi hari dan berangkasan dikumpulkan, dijemur dengan diberi alas terpal plastik agar polong mudah pecah.

Pembijian dilakukan secara manual dengan tangan. Benih dijemur kembali sampai kadar air maksimal 11%. Penjemuran benih kedelai dilakukan maksimal 2 jam setiap hari pada pukul 9 sampai 11 siang. Benih-benih yang telah dikeringkan disimpan dengan wadah plastik polyetilen densitas tinggi (HDPE, *hight density polyethilene*) dengan ketebalan 0,08 mm dan diberi kode seperti perlakuan pada tanaman induk.

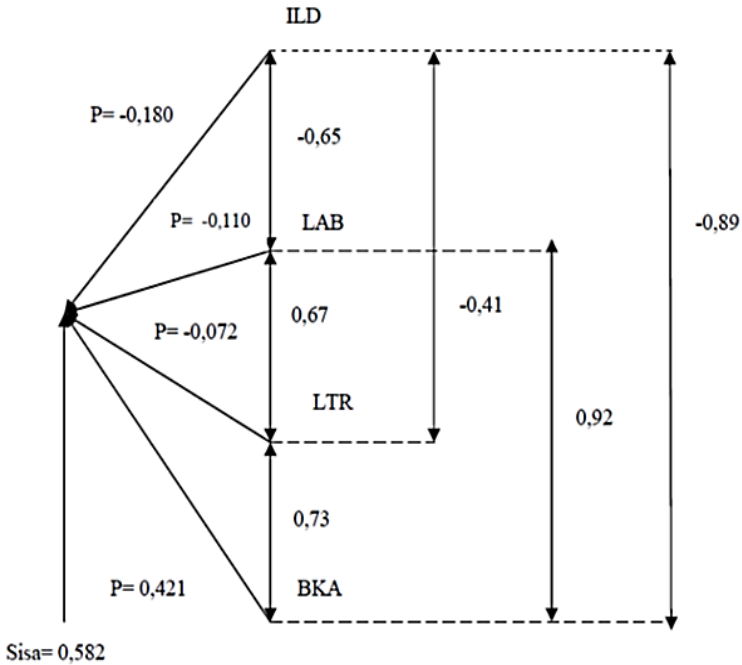
BAB 4

IMPLEMENTASI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH KEDELAI YANG RAMAH LINGKUNGAN

A. Pengembangan Tahap I

Pertumbuhan kedelai yang diukur dengan peubah indeks luas daun (ILD), laju asimilasi bersih (LAB), laju tumbuh relatif (LTR), dan bobot kering akar (BKA) dipengaruhi oleh nitrogen dan posfor baik secara tunggal maupun interaksi dua faktor. Peubah BKA berperan penting dalam meningkatkan produksi benih. Komposisi cadangan makanan juga dipengaruhi oleh interaksi antara nitrogen dan posfor kecuali karbohidrat.

Analisis tumbuh sangat penting dalam fisiologis tanaman, dengan cara ini pertumbuhan digambarkan secara kuantitatif. Pengamatan analisis tumbuh pada hari ke 49 paling signifikan dengan pertumbuhan tanaman. Analisis tumbuh tersebut disusun ulang dalam sidik lintas untuk mengetahui peubah utama yang mempengaruhi produksi benih kedelai. Hasil analisis disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram sistem lintasan hubungan kausal antara ILD, LAB, LTR dan BKA dan produksi benih kedelai

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa koefisien lintas BKA ($P = 0,421$) lebih besar dibandingkan koefisien lintas lainnya. Koefisien lintas menggambarkan pengaruh langsung peubah independen dengan peubah dependen. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh langsung BKA terhadap produksi benih lebih besar dibandingkan ILD, LAB, dan LTR.

Menurut Li (1981) jika koefisien korelasi antara peubah independen dan peubah dependen hampir sama koefisien lintasnya, maka seleksi dan peramalan peubah dependen berdasarkan peubah independen tersebut akan sangat efektif. Koefisien korelasi BKA terhadap produksi benih positif besar dan koefisien lintasnya juga positif besar

Dengan demikian peubah BKA dapat digunakan sebagai penduga produksi benih.

Peningkatan kandungan protein diikuti dengan penurunan kandungan lemak pada benih, sedangkan kandungan karbohidrat tidak mengalami perbedaan. Secara umum diketahui bahwa bobot kering akar, produksi dan bobot 1000 butir benih optimal didapat pada kombinasi nitrogen 45 kg ha⁻¹ dan posfor sebesar 90 kg ha⁻¹.

Fakta kandungan kimia ini menunjukkan bahwa hara posfor mempengaruhi kualitas benih dengan dua cara; pertama, melalui pengaruh tak langsung yaitu meningkatkan aktifitas bakteri *Rhizobium*; kedua, melalui pengaruh langsung yaitu terlibat dalam metabolisme pembentukan benih. Secara tidak langsung posfor mendorong laju fiksasi nitrogen oleh *Rhizobium* melalui suplai energi berupa ATP. Nitrogen asimbiotik dari pemupukan sama baiknya digunakan dalam budidaya kedelai dengan tujuan meningkatkan kandungan protein kedelai (Corre et al., 2007). Inokulasi *Rhizobium* pada tanaman kedelai meningkatkan kandungan protein pada benih dengan nyata (Stefan et al., 2009).

Pada umur 70 hari setelah tanam, bintil akar masih aktif yang ditandai dengan keberadaan leghemoglobin. Kondisi ini memungkinkan tanaman mendapat suplai nitrogen yang cukup pada fase R₃ sampai R₅, mengingat kebutuhan nitrogen sangat tinggi pada fase pengisian benih. Aktivitas bakteri *Rhizobium* dalam memfiksasi nitrogen meningkat 25% pada fase pengisian benih dibandingkan fase vegetatif. Menurut Fischinger dan Schulze (2010) bahwa aktivitas bakteri yang tinggi saat pengisian benih berhubungan dengan aktivitas enzim fosfoenolpyruvat karboksilase di dalam nodul yang memfiksasi CO₂. Aktivitas fosfoenolpyruvat karboksilase yang didukung

oleh glukosa-6-fosfat dari hasil fotosintesis tanaman inang meningkat sejalan dengan peningkatan dosis posfor.

Fiksasi CO_2 oleh fosfoenolpiruvat karboksilase bertujuan membentuk oksaloasetat (OAA) sebagai kerangka karbon untuk aktivitas fiksasi nitrogen dan transportasi nitrogen ke bagian tajuk tanaman. Selain itu fosfoenolpiruvat karboksilase bertransformasi menjadi piruvat dan memasuki siklus Krebs untuk menghasilkan energi. Energi yang terbentuk digunakan oleh bakteri untuk memfiksasi nitrogen dari udara.

Pada tanaman kedelai dengan produk benih berprotein tinggi, pada dasarnya pada saat pengisian benih tanaman memerlukan nitrogen yang banyak. Bila benih tidak mendapat suplai nitrogen yang cukup untuk mensintesis protein, maka benih akan menarik nitrogen yang ada pada daun tanaman. Nitrogen yang ditarik tersebut merupakan nitrogen pada enzim Rubisco dan nitrogen pada klorofil. Pemindahan nitrogen ini menyebabkan aktivitas Rubisco dalam menangkap CO_2 di udara menjadi berkurang, sedangkan CO_2 merupakan bahan kering utama pada tanaman. Menurut Allen et al. (2009) pemindahan nitrogen dari klorofil ke benih menyebabkan klorofil rusak dan daun lebih cepat menguning bahkan ada yang terbakar. Kondisi ini menyebabkan kemampuan daun menangkap cahaya matahari dan melaksanakan fotosintesis menjadi berkurang.

Kedelai merupakan tanaman *self destroyer* karena perkembangan benih membutuhkan banyak nitrogen. Pemindahan nitrogen dari bagian vegetatif khususnya daun, menyebabkan daun menua sehingga berdampak terhadap menurunnya kemampuan tanaman menyerap cahaya matahari.

Kualitas benih kedelai dengan komposisi cadangan makanan yang berbeda belum menunjukkan perbedaan terhadap kualitas benih setelah disimpan selama 30 dan 60 hari. Perbedaan yang tajam mulai terjadi saat penyimpanan 90 hari. Benih dengan kandungan protein yang tinggi (>39%) secara umum menunjukkan mampu mempertahankan kualitas benih tetap tinggi setelah disimpan selama 90 hari pada suhu kamar.

Makanan cadangan berhubungan erat dengan daya kecambah dan kecepatan berkecambah. Kemampuan benih mempertahankan cadangan makanan berdampak terhadap kemampuan benih tersebut mempertahankan nilai daya kecambah dan kecepatan berkecambah. Cadangan makanan merupakan sumber energi yang berasal dari karbohidrat dan lemak. Cadangan makanan lainnya yaitu protein, selain sebagai sumber energi juga berfungsi dalam pembentukan dan perbaikan sel dan jaringan, sebagai sintesis hormon, enzim, dan antibodi, serta pengatur keseimbangan kadar asam basa dalam sel. Beberapa fungsi di atas membuktikan bahwa protein memegang peranan yang penting dalam meningkatkan kualitas benih kedelai.

Ada tiga hal penting dalam proses pengisian benih: 1) faktor produksi fotosintat yang dihasilkan oleh organ tanaman yang berfungsi sebagai sumber, 2) sistem translokasi dari sumber ke limbung, dan 3) alokasi fotosintat pada limbung. Dapat dikatakan bahwa nitrogen dan posfor merupakan upaya untuk meningkatkan kemampuan sumber dan meningkatkan kapasitas limbung. Peningkatan kapasitas limbung sebagai respon dari perlakuan akan meningkatkan laju fotosintesis sehingga meningkatkan kebutuhan tanaman akan hara nitrogen dan posfor. Hara posfor merupakan bahan dasar ATP yang juga diperlukan bakteri *Rhizobium* untuk memfiksasi nitrogen di

udara yang sangat diperlukan untuk membangun struktur tubuh tanaman kedelai.

Kualitas benih yang tetap tinggi saat akan digunakan merupakan salah satu syarat dari “syarat enam tepat” dalam penyediaan benih. Bila benih memasuki masa simpan maka dapat terjadi degradasi kualitas sehingga tidak layak untuk mendapat sertifikat atau perpanjangan sertifikat. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa tidak terjadi penurunan peubah indikator kualitas benih secara tajam dalam selang waktu pengamatan 30 hari. Penurunan kualitas secara tajam diduga setelah penyimpanan lebih dari 60 hari. Pola penurunan kualitas benih bersifat konstan. Penurunan yang konstan diduga disebabkan oleh teknik produksi benih yang sesuai standar SNI 01-6234.4-2003, dimana faktor kadar air maksimal 11%, packaging dalam plastik Polietilena berdensitas tinggi (HDPE), kemasan benih tidak kontak langsung dengan lantai ruang penyimpanan, serta ventilasi ruang simpan yang baik.

Peningkatan cadangan makanan akan meningkatkan bobot benih dan bobot benih berhubungan dengan kadar air. Nilai kadar air benih meningkat sejalan dengan peningkatan kandungan protein, karbohidrat, dan lemak. Menurut Meyer et al. (2007), peningkatan bobot benih menyebabkan luas permukaan kontak benih dengan uap air di udara meningkat, sehingga menyebabkan peningkatan kadar air benih juga tinggi selama penyimpanan. Peningkatan bobot benih menyebabkan luas permukaan kontak benih dengan uap air di udara meningkat, sehingga menyebabkan peningkatan kadar air benih juga tinggi selama penyimpanan. Kadar air benih yang tinggi berdampak negatif dan langsung terhadap daya kecambah benih.

Peningkatan kadar air dalam penyimpanan menyebabkan peningkatan asam lemak bebas yang bersifat racun dan menyebabkan daya berkecambah dan kecepatan berkecambah menurun (Tatipata, 2010). Fenomena peningkatan kadar air dan respirasi merupakan hal yang wajar karena penyimpanan benih dilakukan pada suhu kamar ($T= 25\text{--}27^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}= 80\text{--}85\%$). Terjadinya perubahan kadar air benih diduga karena perubahan kelembaban sekitar benih akibat proses penyimpanan secara tertutup. Sebagai makhluk hidup benih berespirasi untuk menghasilkan energi dan produk akhir respirasi adalah uap air. Uap air yang terbentuk tidak dapat keluar karena terhalang kantong plastik dan terserap oleh benih karena adanya perbedaan potensial air. Penyerapan uap air oleh benih menyebabkan peningkatan kadar air benih.

Benih yang berkualitas dapat disimpan sampai 90 hari dengan nilai indeks vigor $32\% \text{ KN etmal}^{-1}$. Nilai ini menggambarkan bahwa 90% benih telah berkecambah dalam waktu 72 jam. Data ini mengindikasikan energi yang diperlukan benih untuk berkecambah masih tinggi serta enzim-enzim yang mencerna cadangan makanan masih aktif. Kemampuan benih berkecambah sangat tergantung dengan asam pitat yang merupakan sumber energi benih untuk segera berkecambah bila *critical point moisture for germination* (CPMG) tercapai. Mengenai enzim yang diperlukan untuk mencerna cadangan makanan, hal ini terkait dengan protein benih, karena enzim merupakan protein aktif. Coelho et al. (2002) menyatakan bahwa asam fitat berkorelasi positif dengan protein aktif benih dan posfor.

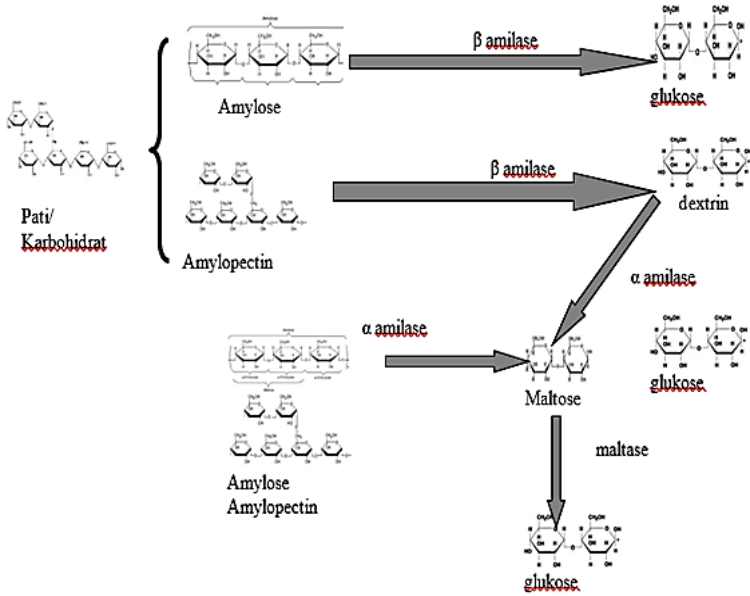
Kecepatan berkecambah mengindikasikan vigor kekuatan tumbuh karena benih yang cepat berkecambah lebih mampu menghadapi kondisi lapang yang

suboptimum. Benih yang mempunyai kecepatan berkecambah $>30\%$ KN etmal^{-1} memiliki vigor kuat, sedangkan $25\text{--}30\%$ KN etmal^{-1} kurang kuat. Pada proses kematangan benih diperlukan unsur hara yang memadai dan sebagian besar posfor dalam benih berupa fitat (Israel et al., 2007). Selanjutnya dikatakan bahwa senyawa ini berfungsi sebagai sumber energi yang dipergunakan selama perkecambahan.

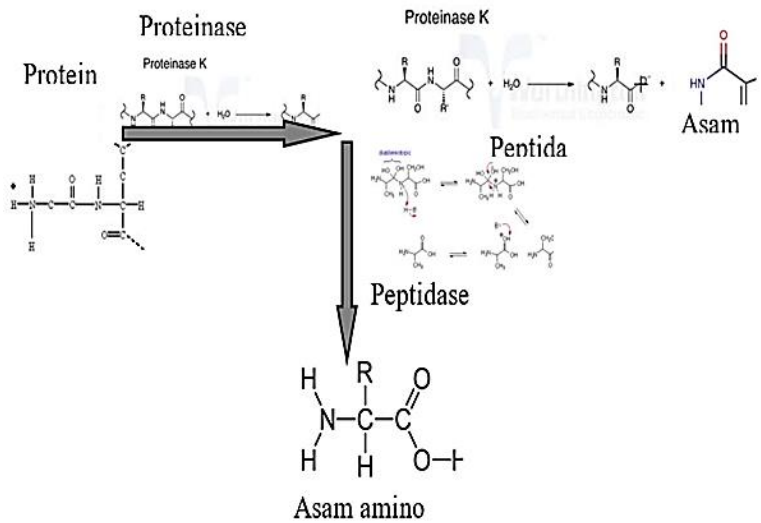
Bahwa makanan cadangan berhubungan erat dengan daya kecambah dan kecepatan berkecambah. Kemampuan benih mempertahankan cadangan makanan berdampak terhadap kemampuan benih tersebut mempertahankan nilai daya kecambah dan kecepatan berkecambah. Cadangan makanan merupakan sumber energi yang berasal dari karbohidrat dan lemak. Cadangan makanan lainnya yaitu protein, selain sebagai sumber energi juga berfungsi dalam pembentukan dan perbaikan sel dan jaringan, sebagai sintesis hormon, enzim, dan antibodi, serta pengatur keseimbangan kadar asam basa dalam sel. Beberapa fungsi di atas membuktikan bahwa protein memegang peranan yang penting dalam meningkatkan kualitas benih kedelai.

Penjelasan sebelumnya bahwa makanan cadangan berhubungan erat dengan daya kecambah dan kecepatan berkecambah. Kemampuan benih mempertahankan cadangan makanan berdampak terhadap kemampuan benih tersebut mempertahankan nilai daya kecambah dan kecepatan berkecambah. Cadangan makanan merupakan sumber energi yang berasal dari karbohidrat dan lemak. Cadangan makanan lainnya yaitu protein, selain sebagai sumber energi juga berfungsi dalam pembentukan dan perbaikan sel dan jaringan, sebagai sintesis hormon, enzim, dan antibodi, serta pengatur keseimbangan kadar asam basa dalam sel. Beberapa fungsi di atas membuktikan bahwa

protein memegang peranan yang penting dalam meningkatkan kualitas benih kedelai. Makanan cadangan dicerna saat benih akan berkecambah, lintasan pencernaan cadangan makanan disajikan pada Gambar 4.2 dan 4.3.



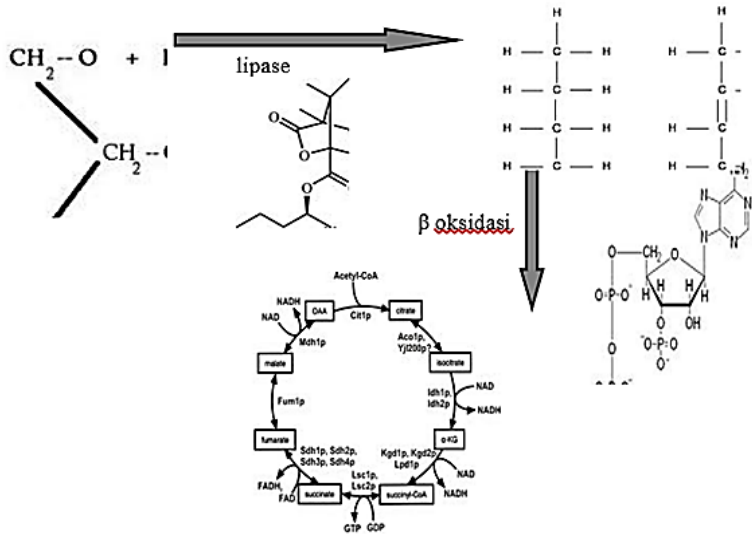
Gambar 4. 2 Skematis pencernaan pati pada benih



Gambar 4. 3 Skematis pencernaan protein pada benih

Pada perkecambahan benih, pencernaan pati dimulai dengan proses hidrasi, di mana air diserap oleh benih dan mengaktifkan enzim-enzim yang terlibat dalam pencernaan pati. Pati adalah polimer karbohidrat kompleks yang terdiri dari unit-unit glukosa yang dihubungkan bersama oleh ikatan glikosidik. Proses pencernaan pati pada perkecambahan benih melibatkan beberapa langkah; 1) Aktivasi enzim-enzim: Ketika benih direndam dalam air, enzim-enzim seperti α -amilase mulai diaktifkan. α -amilase adalah enzim yang bertanggung jawab untuk menghidrolisis pati menjadi maltosa, oligosakarida, dan polisakarida yang lebih kecil; 2) Hidrolisis pati: Enzim-enzim seperti α -amilase memecah ikatan glikosidik antara unit-unit glukosa dalam rantai pati, menghasilkan molekul-molekul yang lebih sederhana seperti maltosa, glukosa, dan oligosakarida; 3) Penyerapan produk-pencernaan: Molekul-molekul sederhana yang dihasilkan dari

pencernaan pati kemudian diserap oleh embrio atau tumbuhan yang sedang tumbuh untuk digunakan sebagai sumber energi dan bahan bangunan; 4) Pertumbuhan: Glukosa dan produk-produk pencernaan lainnya yang diserap dari pencernaan pati akan digunakan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan perkecambahan benih, seperti pembentukan akar dan tunas.



Gambar 4. 4 Skematis pencernaan lemak pada benih

Pencernaan lemak pada perkecambahan benih dimulai dengan proses hidrasi dan aktivasi enzim-enzim lipase. Lemak disimpan dalam bentuk triasilgliserol dalam biji dan perlu dipecah menjadi asam lemak dan gliserol agar dapat diserap oleh embrio yang sedang tumbuh. Langkah-langkah pencernaan lemak pada perkecambahan benih: 1) Hidrasi: Proses perkecambahan dimulai dengan penyerapan air oleh biji. Hidrasi ini memicu aktivasi enzim-enzim pencernaan, termasuk lipase, yang terdapat dalam benih; 2) Aktivasi Lipase: Enzim lipase diaktifkan oleh air dan mulai

bekerja untuk memecah triasilgliserol menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Lipase merupakan enzim yang bertanggung jawab untuk hidrolisis ikatan ester dalam molekul lemak; 3) Hidrolisis Lemak: Lipase memecah triasilgliserol menjadi asam lemak dan gliserol. Asam lemak yang dihasilkan kemudian dapat diserap oleh embrio benih untuk digunakan sebagai sumber energi; 4) Penyerapan Asam Lemak: Asam lemak bebas yang dihasilkan dari hidrolisis lemak diserap oleh embrio benih. Asam lemak ini kemudian dapat dimetabolisme untuk menyediakan energi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan awal tanaman.

B. Pengembangan Tahap II

Kompos memiliki hubungan yang erat dengan pertanian berkelanjutan karena menyediakan sejumlah manfaat yang mendukung praktik pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Berikut adalah beberapa cara di mana kompos berkontribusi pada pertanian berkelanjutan: 1) Peningkatan kesuburan tanah: Kompos adalah sumber nutrisi organik yang kaya akan unsur hara dan mikroorganisme yang bermanfaat bagi tanaman. Menggunakan kompos untuk memperbaiki struktur tanah dan menyediakan nutrisi penting membantu meningkatkan kesuburan tanah secara alami, mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang dapat merusak lingkungan; 2) Pengurangan limbah: Proses pembuatan kompos melibatkan penggunaan bahan organik yang sebelumnya dianggap sebagai limbah, seperti sisa-sisa dapur, sisa-sisa kebun, dan bahan organik lainnya. Dengan mengubah limbah organik menjadi kompos, pertanian berkontribusi pada pengurangan jumlah limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir, mengurangi polusi lingkungan; 3)

Penyediaan sumber energi: Kompos mengandung energi yang dilepaskan secara perlahan ke tanah selama proses dekomposisi, menyediakan sumber energi bagi mikroorganisme tanah yang membantu dalam pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Hal ini membantu mengurangi kebutuhan akan input energi luar, seperti pupuk kimia, yang sering kali diproduksi melalui proses yang memerlukan banyak energi; 4) Pemeliharaan keanekaragaman hayati: Penggunaan kompos yang tepat dapat meningkatkan keanekaragaman hayati tanah dengan menyediakan lingkungan yang cocok bagi mikroorganisme tanah, seperti bakteri, jamur, dan cacing tanah. Mikroorganisme ini membantu dalam memecah bahan organik, meningkatkan sirkulasi nutrisi, dan menjaga keseimbangan ekosistem tanah; 5) Mengurangi erosi tanah: Tanah yang sehat dan subur, yang didukung oleh penggunaan kompos, memiliki struktur yang baik dan kemampuan penahan air yang tinggi. Ini membantu mengurangi erosi tanah akibat hujan dan angin, mempertahankan produktivitas lahan pertanian dalam jangka Panjang.

Kualitas kompos meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi EM4 dan lama pengomposan sampai pada batas tertentu. Perlakuan yang baik dan ekonomis didapat pada kombinasi 300 mL EM4 per 10 kg serasah dengan lama pengomposan 90 hari atau 450 mL EM4 per 10 kg serasah dengan lama pengomposan 60 hari. Pada percobaan berikutnya, akan digunakan kompos dari kombinasi perlakuan 450 mL EM4 per 10 kg serasah dengan lama pengomposan 60 hari.

Efektivitas penggunaan hara anorganik akan meningkat bila aplikasinya dilapangan dikombinasikan dengan hara organik seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Menurut Yagoub et al. (2012) dan Yagoub et

al. (2015), penambahan hara organik tanah akan meningkatkan kesuburan kimia lahan kering masam melalui dua fungsi penting, yakni (a) menurunkan unsur Al terlarut dan meningkatkan pH, dan (b) sebagai sumber hara esensial makro dan mikro.

Kombinasi hara organik dan anorganik dapat menjadi strategi yang efektif untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik dalam pertanian. Berikut adalah penjelasan tentang bagaimana kombinasi ini dapat membantu mengurangi penggunaan pupuk anorganik: 1) Peningkatan kesuburan tanah: Hara organik dalam kompos atau bahan organik lainnya menyediakan nutrisi penting bagi tanaman dan memperbaiki kesuburan tanah. Nutrisi yang diperoleh dari hara organik berupa bahan organik yang terurai perlahan oleh mikroorganisme tanah, memberikan nutrisi yang berkelanjutan bagi tanaman. Hara anorganik, seperti yang terdapat dalam pupuk kimia, memberikan nutrisi yang cepat tersedia untuk tanaman. Dengan mengkombinasikan keduanya, tanaman dapat menerima nutrisi yang cukup dari sumber organik dan anorganik, yang pada gilirannya mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik yang mahal; 2) Penyediaan nutrisi seimbang: Kombinasi hara organik dan anorganik dapat membantu menyediakan nutrisi yang lebih seimbang bagi tanaman. Pupuk anorganik seringkali hanya mengandung beberapa unsur hara utama, seperti nitrogen, posfor, dan kalium, sementara bahan organik dapat menyediakan berbagai nutrisi dan mikroorganisme yang mendukung kesehatan tanah. Dengan menggunakan kombinasi keduanya, tanaman dapat menerima nutrisi yang lebih lengkap dan seimbang, yang dapat mengurangi kebutuhan akan pupuk anorganik dalam jangka Panjang; 3) Meningkatkan kesehatan tanah: Hara organik membantu

meningkatkan kesehatan tanah dengan meningkatkan aktivitas mikroorganisme dan meningkatkan kualitas struktur tanah. Tanah yang sehat memiliki kapasitas penyerapan air yang lebih baik dan lebih efisien dalam menyediakan nutrisi bagi tanaman. Dengan demikian, kombinasi hara organik dan anorganik membantu meningkatkan kesehatan tanah secara keseluruhan, yang pada gilirannya dapat mengurangi kebutuhan akan pupuk anorganik; 4) Mengurangi dampak lingkungan: Penggunaan kombinasi hara organik dan anorganik dapat membantu mengurangi dampak lingkungan negatif dari penggunaan pupuk anorganik, seperti pencemaran air tanah dan penurunan kualitas tanah akibat akumulasi residu pupuk. Dengan mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan menggantinya dengan sumber nutrisi organik, pertanian dapat menjadi lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Dari dekomposisi bahan organik tanah akan dihasilkan: (a) asam humat dan fulfat, yakni kompleks senyawa organik dengan bobot molekul tinggi tersusun oleh polimer fenolat (*phenolic polymers*), dan (b) asam organik dengan bobot molekul rendah, diantaranya asam format, asetat, propionat, butirat, laktat, oksalat, dan citrat. Sebagian besar (70-80%) bahan organik tanah pada tanah mineral berupa bahan humat. Kadar asam organik dalam larutan tanah umumnya rendah, 1-5 mM, namun pada daerah perakaran (*rhizosphere*) dapat lebih tinggi. Pemberian kotoran sapi dan residu tanaman meningkatkan kadar asam organik dalam larutan tanah.

Kompos serasah kedelai mempunyai kandungan hara makro yang cukup (sesuai kriteria SNI 19-7030-2004 (Badan Standardisasi Nasional, 2013). Selain itu, bakteri-bakteri kompos dari starter EM4 yaitu bakteri fotosintetik

yang merupakan bakteri bebas yang dapat mensintesis senyawa nitrogen dan substansi bioaktif lainnya, bakteri *Lactobacillus sp.* adalah bakteri yang mereduksi asam laktat sebagai hasil penguraian gula dan karbohidrat lain yang bekerja sama dengan bakteri fotosintetik dan ragi, ragi yang dapat memproduksi susutasi yang berguna bagi tanaman dengan cara fermentasi dan bakteri *Streptomyces sp.* berperan untuk mengeluarkan enzim yang bersifat racun terhadap hama dan penyakit yang merugikan.

Mikrobioma tanah mengacu pada komunitas mikroorganisme yang hidup di dalam tanah. Mikrobioma tanah memiliki beragam fungsi penting yang mendukung kesehatan tanah, produktivitas pertanian, dan keberlanjutan ekosistem. Fungsi utama dari mikrobioma tanah adalah sebagai berikut: 1) Dekomposisi bahan organik: Mikroorganisme dalam tanah, seperti bakteri dan jamur, memainkan peran penting dalam mendekomposisi bahan organik yang terurai, seperti daun-daun gugur, ranting-ranting, dan sisa-sisa tumbuhan. Proses dekomposisi ini menghasilkan nutrisi yang penting bagi tanaman, seperti nitrogen, posfor, dan kalium; 2) Siklus unsur hara: Mikroorganisme tanah terlibat dalam siklus unsur hara, seperti nitrogen, posfor, dan sulfur, dengan melakukan transformasi dan konversi unsur hara antara bentuk-bentuk yang berbeda. Contohnya, bakteri rhizobium mengubah nitrogen atmosfer menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman dalam proses yang dikenal sebagai fiksasi nitrogen; 3) Symbiosis dengan tanaman: Beberapa mikroorganisme membentuk hubungan simbiotik dengan tanaman, seperti mikoriza dan bakteri rhizosfer. Mikoriza membantu tanaman dalam penyerapan air dan nutrisi dari tanah, sementara bakteri rhizosfer membantu meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman dengan

mengubah bentuk unsur hara dalam tanah; 4) Proteksi tanaman: Mikroorganisme dalam tanah dapat melindungi tanaman dari serangan penyakit dan patogen. Beberapa bakteri dan jamur menghasilkan senyawa-senyawa antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan patogen tanaman, sementara yang lain membentuk hubungan simbiotik dengan tanaman yang meningkatkan kekebalan tanaman terhadap penyakit; 5) Struktur tanah dan agregasi: Bakteri dan jamur dalam tanah membantu dalam pembentukan agregat tanah dan meningkatkan struktur tanah. Hal ini penting untuk meningkatkan drainase tanah, infiltrasi air, dan aerasi tanah, yang semuanya mendukung pertumbuhan akar tanaman; 6) Pemecahan polutan: Beberapa mikroorganisme dalam tanah memiliki kemampuan untuk mendegradasi atau menguraikan senyawa-senyawa polutan, seperti pestisida dan bahan kimia berbahaya lainnya. Proses ini membantu dalam membersihkan tanah dari kontaminan dan meminimalkan dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Mikrobioma tanah memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kesehatan tanah, mendukung pertumbuhan tanaman, dan mempertahankan keberlanjutan ekosistem pertanian. Promosi keseimbangan mikrobioma tanah melalui praktik pertanian yang berkelanjutan dapat meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi ketergantungan pada input luar, dan meningkatkan ketahanan sistem pertanian terhadap perubahan lingkungan.

Aktivitas aktivitas mikrobial tanah menjadi salah satu indikator kesuburan biologi tanah. Walaupun biomas mikrobial hanya merupakan sebagian kecil dari bobot bahan organik dalam tanah, namun sangat berperan dalam proses pelepasan/penyediaan unsur hara, sehingga mendorong

penyerapan unsur hara oleh tanaman. Peran penting bahan organik terhadap sifat fisiko-kimia tanah adalah meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Lahan percobaan yang digunakan mempunyai KTK rendah, sehingga diperlukan penambahan bahan organik untuk menaikkan KTK tanah. Bahan organik dalam tanah diperlukan sebagai sumber energi mikroba dan mikrofauna untuk menghasilkan senyawa organik, yang diperlukan dalam proses agregasi partikel membentuk struktur tanah. Pupuk organik mendorong pembentukan makro agregat daripada mikro agregat tanah yang akan memperbaiki aerasi dan drainase, sehingga lebih sesuai bagi pertumbuhan akar.

Penggunaan hara organik yang dikombinasikan dengan hara anorganik pada komposisi 50%-50% lebih baik daripada hara anorganik dan organik tunggal. Perlakuan hara organik dan anorganik dengan komposisi 50%-50% menunjang pertumbuhan tanaman kedelai dan menghasilkan benih label biru sebanyak 1,76 ton ha⁻¹, bobot 1000 butir sebesar 147,47 g (kategori benih besar) dan kandungan protein benih sebanyak 43,40%.

Kandungan protein benih menurun selama penyimpanan. Penyebab menurunnya kandungan protein pada benih kedelai yang disimpan berhubungan dengan reaksi oksidasi asam amino dan peningkatan kadar air. Peningkatan kadar air benih menyebabkan hidrolisis protein dan fluiditas membran mitokondria berkurang sehingga merubah bentuk protein yang terikat pada bilayer lipid. Selama deteriorasi benih telah mengalami degradasi protein.

Kandungan protein yang tinggi pada membran sel akan meningkatkan integritas membran sel tersebut sehingga tidak mudah mengalami kebocoran. Menurut

Campbell et al. (2000) model membran Mosaik Floida oleh Singer dan Nicolson menempatkan protein yang tersebar secara individual dan bersifat hidrofilik (mempunyai afinitas atau daya gabung dengan air) dan tertanam dan menembus kedalam interior membran. Kebocoran membran sel terjadi karena protein yang tertanam dan terhubung dengan interior membran terdegradasi sehingga sel menjadi terbuka. Sel yang terbuka menyebabkan elektrolit dalam sel akan terlarut dan keluar dari bila benih direndam dalam air. Degradasi protein menyebabkan membran sel menjadi rusak sehingga kebocoran ion menjadi tinggi yang menyebabkan daya berkecambah dan kecepatan berkecambah benih menurun.

Penggabungan hara organik dan anorganik sangat penting diaplikasikan upada tanaman induk guna menghasilkan benih kedelai yang bermutu. Perkembangan tanaman induk yang baik tentu akan menghasilkan benih yang baik pula dan tercermin dari kemampuan benih tersebut untuk bertahan pada penyimpanan alami.

Benih yang berasal dari tanaman induk dengan perlakuan kombinasi 50% hara organik dan 50% hara anorganik menunjukkan indikator kualitas benih yang masih baik saat memasuki periode simpan alami selama 90 hari dengan indikator bobot 1000 butir benih 140,98 g, kadar air 10,82%, kandungan protein 34,98%, daya hantar listrik $57,42 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$, daya berkecambah 80,98% dan kecepatan berkecambah 27,48 (% KN etmal⁻¹).

C. Pengembangan Tahap III

Pemanfaatan serasah kedelai sebagai bahan kompos dapat mensubstitusi penggunaan hara anorganik sebanyak 50% merupakan salah satu upaya menciptakan proses produksi bersih dalam produksi benih kedelai label biru.

Kualitas benih masih dapat dipertahankan selama 90 hari dalam penyimpanan alami.

Hasil analisis tanah mengindikasikan bahwa pertanaman kedua tanpa olah tanah dan olah tanah minimum akan meningkatkan nilai berat volume. Pertumbuhan dan produksi benih tanam kedua lebih rendah pada pola tanam bersisipan dan beruntun dibandingkan pola tanam standar. Produksi benih pada pola tanam bersisipan turun sebesar 13,33% dibandingkan pola tanam standar. Produksi benih pada pola tanam beruntun turun sebesar 7,5% dibandingkan pola tanam standar. Kualitas benih tidak dipengaruhi oleh pola tanam sehingga pola tanam bersisipan dan beruntun dapat digunakan dalam produksi benih kedelai. Pola tanam bersisipan akan meningkatkan tenaga kerja sebesar 22,88%, efisiensi hara pupuk sebesar 75,30%, dan efisiensi waktu tanam 14,63%. Pola tanam beruntun akan meningkatkan efisiensi tenaga kerja sebesar 8,25%, efisiensi harga pupuk sebesar 75,30%, dan efisiensi waktu tanam 6,82%.

Pola tanam bersisipan adalah metode penanaman di mana dua atau lebih jenis tanaman ditanam dalam satu lahan secara bersamaan. Dalam pola tanam ini, tanaman-tanaman yang berbeda ditanam dalam barisan atau ruang yang teratur. Tujuannya adalah untuk memanfaatkan ruang secara efisien, meningkatkan hasil panen, dan memperbaiki keseimbangan ekosistem.

Pola tanam beruntun adalah metode penanaman di mana satu jenis tanaman ditanam dalam lahan yang sama secara berulang-ulang, biasanya dalam musim tanam yang berbeda. Dalam pola tanam ini, tanaman yang sama ditanam kembali setelah panen sebelumnya telah dipanen atau dipanen. Tujuannya adalah untuk memanfaatkan

keberadaan nutrisi di tanah dan memperoleh hasil yang konsisten dari tanaman tertentu.

Beberapa keuntungan menggunakan kombinasi pola tanam bersisipan dan beruntun dapat memberikan adalah:

- 1) Peningkatan hasil panen: Pola tanam bersisipan memungkinkan pemanfaatan ruang yang lebih efisien dan pengaturan pola tanam yang lebih kompleks. Dengan menanam beberapa jenis tanaman dalam satu lahan, petani dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meningkatkan hasil panen secara keseluruhan;
- 2) Diversifikasi produksi: Kombinasi pola tanam bersisipan dan beruntun memungkinkan diversifikasi produksi. Hal ini berarti petani dapat menanam lebih dari satu jenis tanaman dalam satu musim tanam atau di musim-musim tanam yang berbeda. Diversifikasi produksi dapat membantu mengurangi risiko kegagalan panen karena cuaca buruk atau serangan hama dan penyakit tertentu;
- 3) Pengelolaan nutrisi tanah yang lebih baik: Pola tanam beruntun memungkinkan tanaman yang berbeda menyerap nutrisi yang berbeda pula dari tanah. Hal ini membantu menjaga keseimbangan nutrisi tanah dan mengurangi risiko penurunan kesuburan tanah yang disebabkan oleh penyerapan nutrisi yang berlebihan atau kekurangan oleh satu jenis tanaman tertentu;
- 4) Pengendalian hama dan penyakit: Dengan menggunakan pola tanam bersisipan dan beruntun, petani dapat memanfaatkan prinsip-prinsip rotasi tanaman untuk mengurangi risiko serangan hama dan penyakit tanaman. Penanaman tanaman yang berbeda secara bergantian dapat mengganggu siklus hidup hama dan penyakit, sehingga mengurangi populasi dan kebutuhan akan pestisida;

Keseimbangan ekosistem: Kombinasi pola tanam bersisipan dan beruntun memungkinkan pengembangan ekosistem pertanian yang lebih seimbang.

Dengan menanam berbagai jenis tanaman, petani dapat mendukung keberagaman hayati dan mengurangi tekanan pada tanah dan lingkungan.

Penggunaan pola tanam bersisipan dan beruntun bertujuan untuk meningkatkan efisiensi tenaga kerja (hari orang kerja, HOK), efisiensi hara (kg ha^{-1}), dan efisiensi waktu yang diperlukan untuk pertanaman. Hasil pengukuran efisiensi yang didapat dari penelitian ini disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Nilai efisiensi pola tanam bersisipan dan beruntun dibandingkan pola tanam standar

No.	Efisiensi	Nilai (%)
1.	Tenaga kerja pertanaman pertama dan pertanaman kedua pola tanam bersisipan	22,88
2.	Tenaga kerja pertanaman pertama dan pertanaman kedua pola tanam beruntun	8,25
3.	Hara pertanaman pertama dan pertanaman kedua pola tanam bersisipan	75,30
4.	Hara pertanaman pertama dan pertanaman kedua pola tanam beruntun	75,30
5.	Waktu pertanaman pertama dan pertanaman kedua pola tanam bersisipan	14,63
6.	Waktu pertanaman pertama dan pertanaman kedua pola tanam bersisipan	6,82

Kebutuhan tenaga kerja dan durasi waktu berbeda pada pola tanam standar, bersisipan dan beruntun. Kebutuhan pupuk dan komposisi pupuk berbeda antara pola tanam standar dengan pola tanam bersisipan dan beruntun. Kebutuhan pupuk dan komposisi pupuk sama antara pola tanam bersisipan dan beruntun. Data disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Kebutuhan energi, pupuk, dan durasi tanam pada pola tanam standar, bersisipan, dan beruntun

Peubah	Pola Tanam		
	Standar	Bersisipan	Beruntun
Jumlah energi tanam pertama dan kedua (HOK)	227	185	210
Biaya pupuk (Rp)	984.468	796.414	796.414
Komposisi pupuk (% organik + % anorganik)	0% organik + 100 anorganik	50% organik + 50% anorganik	50% organik + 50% anorganik
Durasi tanam (hari)	235	205	220

Pola tanam pertama dan kedua membutuhkan tenaga kerja sebesar 227 HOK, pola tanam bersisipan 185 HOK, dan pola tanam beruntun 210 HOK. Kebutuhan tenaga kerja pada pola tanam bersisipan dan beruntun meningkat khusus untuk kegiatan pengendalian gulma dan pengendalian hama dan penyakit. Pada pola tanam standar, jumlah tenaga kerja untuk pengendalian gulma sebesar 16 HOK sedangkan pola tanam bersisipan dan beruntun sebanyak 32 HOK.

Peningkatan jumlah tenaga kerja disebabkan intensitas serangan hama dan gulma yang meningkat sehingga intensitas pengendaliannya juga meningkat. Peningkatan serangan hama dan gulma ini disebabkan tidak adanya rotasi tanam ataupun bera pada tanam kedua. Secara umum, penggunaan pola tanam bersisipan akan menghemat tenaga kerja sebesar 22,88% dan pola tanam beruntun akan menghemat tenaga kerja sebesar 8,52%. Penghematan ini didapat dari tidak adanya pengolahan tanah tanam kedua

pada pola tanam bersisipan dan olah tanah minimum pada pola tanam beruntun. Tenaga kerja untuk pengolahan tanah pola tanam standar sebesar 100 HOK, pola tanam bersisipan 50 HOK, dan pola tanam beruntun 75 HOK.

Waktu yang diperlukan untuk tanam pertama dan tanam kedua pola tanam standar adalah 235 hari, pola tanam bersisipan sebesar 205 hari, dan pola tanam beruntun 220 hari. Pada pola tanam standar, dilakukan bera selama 14 hari, pola tanam beruntun tidak dilakukan bera. Pada pola tanam bersisipan, pertanaman kedua ditanam 14 hari sebelum tanam pertama dipanen. Berdasarkan data jumlah hari tersebut, maka penggunaan pola tanam bersisipan akan meningkatkan efisiensi waktu pertanaman sebesar 14,63% dan pola tanam beruntun sebesar 6,82%.

Produktivitas benih tanam kedua pada pola tanam bersisipan turun 13% dan pola tanam beruntun turun 8,12%. Penurunan ini diharapkan dapat ditutupi oleh terjadinya peningkatan efisiensi tenaga kerja sebesar 22,88% dan 8,25%, efisiensi harga pupuk sebesar 75,30%, dan efisiensi waktu sebesar 14,63% dan 6,82%. Peningkatan efisiensi dalam produksi benih kedelai berupa peningkatan efisiensi tenaga kerja, efisiensi hara, dan efisiensi waktu pertanaman.

Penggunaan hara organik sangat dianjurkan pada aktivitas produksi benih kedelai secara beruntun. Hara organik yang bersumber dari serasah kedelai membantu terciptanya sistem produksi bersih yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiansyah, S. Ilyas, Sudarsono, dan M. Machmud. 2010. Pengaruh perlakuan benih secara hayati pada benih padi yang terinfeksi *Xantomonas oryzae* pv. *Oryzae* terhadap mutu benih dan pertumbuhan bibit. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 38: 185-191
- Allen, D.K., J.B. Ohlrogge and Y. S. Hill. 2009. The role of light in soybean seed filling metabolism. *The Plant Journal*. 58: 220-234
- Ambarwati, D. L. S dan Y. Kusumawati. 2006. Peran Effective Inoculant 4DalamMeningkatkan Kualitas KimiaKompos Ampas Tahu. Program StudiKesehatan Masyarakat, Fakultas IlmuKedokteran, Universitas Muhammadiyah. Surakarta. [Http:// eprints.ums.ac.id](http://eprints.ums.ac.id)
- Anetor, M.O. dan E.A. Akinrinde. 2006. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) to lime and phosphorus fertilizer treatments on an acidic alfisol of Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*. 5: 286-293
- AOAC. 2005. *Official Methods for Analysis*. AOAC. Washington DC. USA
- Badan Standardisasi Nasional. 2003. SNI 01-6234.4-2003. *Produksi Benih Kedelai Label Biru*.Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- Baldirici, N. and N. Yilmaz. 2005. The effect of different nitrogen and phosphorus doses and bacteria inoculant on the yield and yield componen of field bean. *Agronomy Journal*. 4: 207-215

- Bellaloui, N. and A. M. Gillen. 2010. Soybean seed protein, oil, fatty acids, N, and S partitioning as affected by node position and cultivar differences. *Agriculture Science*.1: 110-118
- Borek, S, S. Pukacka, K. Michalski³ and L. Ratajczak. 2009. Lipid and protein accumulation in developing seeds of three lupine species: *Lupinus luteus* L., *Lupinus albus* L., and *Lupinus mutabilis* Sweet. *Journal of Experimental Botany*. 60: 345-3466
- Borisjuk, L. T. H. Nguyen, and T. Neuberger. 2006. Gradients of lipid storage, photosynthesis and plastid differentiation in developing soybean seeds. *New Phytologist*. 167: 761–776
- Bowen, D.E., M. J. Guttieri, K. Peterson, K. Peterson, V. Raboy, and E. J. Souza. 2006. Phosphorus fractions in developing seeds of four low phytate barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes. *Crop Science*. 46: 2468–2473
- Bunyamin, Z dan M. Aqil. 2009. Pengaruh sistem pertanian sisipan terhadap pertumbuhan tanaman jagung. *Prosiding Semnas Serealia*. ISBN: 978-979-8140-27-9
- Cayuela, M.L., C. Mondini, H. Insam, T. Sinicco, and I. Franke-Whittle. 2009. Plant and animal wastes composting: Effects of the N source on process performance. *Bioresource Technology*, 100. 3097-3106.
- Coelho, C.M.M., J. C. P. Santos, and V. A. Vitorello. 2002. Seed phytate content and phosphorus uptake and distribution in dry bean genotypes. *Plant Physiology*. 14: 51-58

- Djuarnani, N. Kristiani dan B. S. Setiawan. 2008. Cara Cepat Membuat Kompos. Penerbit PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Dos Santos, E. L., A. E. Pípolo, R. T. de Faria and C. E. C. Prete. 2010. Influence of genotype on protein and oil concentration of soybean seeds. *Brazilian Biology and Technology*. 53: 793-799
- Draper, N dan H. Smith. 1992. *Analisis Regresi Terapan*. Edisi 2. Terjemahan oleh: B. Sumantri. Gramedia. Jakarta, Indonesia. 671 p
- Fehr, W. R. and C.E. Caviness. 1977. Stages of Soybean Development. Special Report 80. Iowa State University, Ames. 11p
- Fischinger, S. A. and J. Schulze. 2010. The importance of nodule CO₂ fixation for the efficiency of symbiotic nitrogen fixation in pea at vegetative growth and during pod formation. *Journal of Experimental Botany*. 61: 2281–2291
- Garud, C.B., S.B. Borgaonkar, B.N. Chinchane. 2014. Correlation and path analysis of seed quality characters in Soybean. *International Journal of Plant Sciences*. 9: 293-294
- Golezani, K. G., M. T. Noori, S. Oustan, M. Moghaddam, S. S. Rahmani. 2010. Oil and protein accumulation in soybean grains under salinity stress. *Notulae Scientia Biologicae*. 2: 64-67
- Golombek, S., U. Heim, C. Hortsmann, U. Wobus and H. Weber. 2000. Phosphoenolpyruvat carboxylase in developing seed of *Vicia faba*. *The Planta*. 208: 66-72

- Golunggu, L., H. Arioglu and M. Arslan. 2006. Effect of some plant growth regulators and nutrient complexes on above ground biomass and seed yield of soybean growth under heat stressed environment. *Agronomy Journal*. 5: 126-130
- Graves, R.E., G.M. Hattemer, D. Stetter, J.N. Krider and C. Dana. 2000. *National Engineering Handbook*. United States Departement of Agriculture
- Griffith, B. 2005. Essential role of phosphorus. *Efficient Fertilizer Use (News Letter)*. 4: 1-8
- Gusta, L.V., E.N. Johnson, N.T. Nesbitt, and K.J. Kirkland, 2003. Effect of seeding date on canola seed vigor. *Canadian Journal of Plant Science*. 45: 32-39
- Hartawan, R dan Y. Nengsih. 2012. Pembuatan Kompos dari Serasah Kedelai. Laporan Penelitian. Lemabaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. 21 p.
- Hartawan, R. 2011. Strategi Meningkatkan Mutu dan Daya Hidup Benih Kedelai (*Glycine max (L.) Merr*) melalui Beberapa Perlakuan Agronomi. Disertasi. Universitas Sriwijaya, Palembang. 153 p
- Hartawan, R. dan Y. Nengsih. 2011. Sidik Lintas dan Pola Hubungan Peubah Kualitas Benih Kedelai dari Tanaman Induk yang Dipupuk Posfor. Laporan Penelitian Universitas Batanghari.
- Hartawan, R., Z.R. Djafar, Z.P. Negara, M. Hasmeda, dan Zulkarnain. 2011a. Pengaruh panjang hari, asam indol aasetat, dan posfor terhadap tanaman kedelai dan kualitas benih dalam penyimpanan. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 39: 7-12

- Hartawan, R., Z.R. Djafar, Z.P. Negara, M. Hasmeda, dan Zulkarnain. 2011b. Aplikasi Fotoperiodesitas, Asam Indol Asetat, dan Posfor pada Tanaman Induk dan Pengaruhnya terhadap Komposisi Cadangan Makanan dan Mutu Benih Kedelai dalam Penyimpanan. Seminar Nasional Menggali Potensi Daerah dalam Rangka Mewujudkan Ketahanan Pangan Nasional. Fakultas Pertanian Universitas Jambi, 19 Februari 2011 Bidang Agroteknologi, ISBN: 978-602-97051-4-0, Halaman 182-191
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, and F.T. Davis. 1992. *Plant Propagation: Principles and Practices*. 5th ed. Prentice Hall, New Jersey. 647 p
- Horlings, G.P., E.E. Gamble and S. Shanmugasundaram. 1991. The influence of seed coat and seed size characteristic on seed quality of soybean in the tropic. *Field Weathering. Seed. Sci. Tech.* 19: 665-685
- Irvan, P. Mahardela dan B. Trisakti. 2014. Pengaruh Penambahan berbagai aktivator dalam proses pengomposan sekam padi (*Oryza sativa*). *Jurnal Teknik Kimia USU Vol. 30 No. 2. Medan*
- Isroi. 2008. *Kompos*. Bogor: Peneliti pada Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia
- Kartono. 2004. Teknik penyimpanan benih kedelai varitas wilis pada kadar air dan suhu penyimpanan berbeda. *Bulletin Teknik Pertanian.* 9: 71-82
- Krzyzanowski, C. F., J. D. Barros, J. M. G. Mandarino And M. Kaster. 2008. Evaluation of lignin content of soybean seed coat stored in a controlled environment. *Revista Brazilian de Sementes.* 30: 220-223

- Kurnia, V.C., S. Sumiyati, G. Samudro. 2017. Pengaruh kadar air terhadap hasil pengomposan sampah organik dengan metode open windrow. *Jurnal Teknik Mesin*. 6: 58-62.
- Le, B. H., J. A. Wagmaister, T. Kawashima, A. Q. Bui, J. J. Harada, and R.B. Goldberg. 2007. Using genomics to study legume seed development. *Plant Physiology*. 144: 562–574
- Li, C.C. 1981. *Path Analysis- a Primer*. Pacific Grove. California. 347 p
- Manuputty, M.C., A. Jacob dan J.P. Haumahu. 2012. pengaruh effective inoculant promi dan em4 terhadap lajudekomposisi dan kualitas kompos dari sampah kota ambon. *Agrologia* Vo. 1 No. 2
- Marwanto. 2003. Hubungan antara kandungan lignin kulit benih dengan permeabilitas dan daya hantar listrik rendaman benih kedelai. *Jurnal Akta Agrosia*. 2: 51-54
- Mattioni, N.M., L.L. Mertz, A.P.P. Barbieri, F.M. Haesbaert, W. Giordani, S.J. Lopes. 2015. Individual electrical conductivity test for the assessment of soybean seed germination. *Semina: Ciências Agrárias*. 36:31-38.
- Meyer, C. J., E. Steudle, C. A. Peterson. 2007. Patterns and kinetics of water uptake by soybean seeds. *Journal of Experimental Botany*. 58: 717–732
- Miller, S. S., L. A. Bowman, M Gijzen and B L. Miki. 1999. Early development of the seed coat of soybean (*Glycine max*). *Annals of Botany*. 84: 297-304
- Muhammad, A., S. K. Khalil, A. Z. Khan, Amanullah, S. Mehmood. 2013. Growth analysis of indigenous soybean land races. *Pak. J. Bot.* 45: 941-949.

- Mulyman, K. 2005. Kajian Pemberian Posfor Terhadap Hasil dan Mutu Benih Beberapa Varietas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). Tesis S2 IPB Bogor. Tidak dipublikasikan
- Murray, D.R. 1984. Accumulation of Seed Reserve of Nitrogen. In Murray, D. R. Seed Physiology Vol. I. AP. Sydney. 279 p
- Muzaiyanah, S dan Subandi. 2016. Peranan bahan organik dalam peningkatan produksi kedelai dan ubi kayu pada lahan kering masam. *Iptek Tanaman Pangan* (11): 149-157
- Nkoa, R., B. Ondoua, P. Voroney, J. Tambong. 2014. Evidence of the Interaction Between Crop Species and Organic Amendments: Modelling of the Differential Grain Yield Response of Wheat, Soybean, and Canola to Organic Amendments. *Sustainable Agriculture Research*; Vol. 3, No. 4; 33-45
- Ogutchu, H., O. F. Algur, E. Elkoca, and F. Kantar. 2008. The Determination of symbiotic effectiveness of rhizobium strains isolated from wild chickpeas collected from high altitudes in Erzurum. *Turky Journal of Agriculture*. 32: 21-248
- Osborne, S.L. and W.E. Riedell. 2006. Fertilizer impact on soybean yield and quality in The Northern Great Plain. *Agronomy Journal*. 98: 1569-1574
- Panobianco, M and R. D. Vieira. 2007. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. *Revista Brasileira de Sementes*. 29: 97-105

- Piper, P. L. and K. J. Boote. 2000. Temperature and cultivar effects on soybean seed oil and protein concentrations. *JAACS*. 76: 1233-1241
- Pratiwi, I. G. A. P., Atmaja, I. W. D. Soniari. 2013. Analisis Kualitas Kompos Limbah Persawahan dengan Mol Sebagai Dekomposer. *Jurnal Online Agroekoteknologi Tropika* 2 (4) : 2301-6515
- Purwanti, S. 2004. Kajian suhu ruang simpan terhadap kualitas benih kedelai hitam dan kedelai kuning. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 11: 22-31
- Rahayu, M. 2004. Pengaruh pemberian Rhizoplus dan takaran *urea* terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. prosiding seminar nasional pemberdayaan petani miskin di lahan marginal melalui inovasi teknologi tepat guna. Pusat Penelitian Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Rastegar, Z., M. Sedghi and S. Khomari. 2011. Effects of accelerated aging on soybean seed germination indexes at laboratory conditions. *Not. Sci. Biol.* 3:126-129.
- Sadjat, S., E. Murniati, dan S. Ilyas, 1999. Parameter Benih: dari Kualitatif ke Kuantitatif. Gramedia. Jakarta. 200 p
- Saino, P.P., M. Katteri and J. Pattonen. 2006. Phosphorus seed coating enhancement on early growth and yield component in oat. *Agronomy Journal*. 98: 206-211
- Shaheen, A., T. Rabia and A. Khaliq. 2017. Comparative and Interactive Effects of Organic and Inorganic Amendments on Soybean Growth, Yield and Selected Soil Properties. *Asian J Agri & Biol.* (2):60-69

- Sharma, S., S. Gambhir and S.K. Munshi. 2007. Changes in lipid, carbohydrate, and protein soybean seed under different storage condition. *Asian Journal of Agricultural Science*. 6: 502-507
- Sitompul, S. M. dan B. Guritno. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. GMU Press, Yogyakarta. 412 p
- Spiegel, M.R. 1996. Statistika. Terjemahan oleh: I. N. Fusila dan E. Gunawan. Erlangga. Yogyakarta. Indonesia. 552 p
- Steel, R.G.D. dan J.H. Torrie. 1993. Prinsip dan Prosedur Statistika: Suatu Pendekatan Biometrik. Terjemahan oleh : M . Badaraja dan R. Korawi. Gramedia. Jakarta, Indonesia. 748 p
- Stefan, M, M Mihasan, L. Raus, D. Topa, S. Duncai, And L. Hritcu. 2009. Rhizosphere bacteria help protein accumulation in soybean seeds. *Secuitunea Genetica si Biologie Molecular*. 10: 23-28
- Sudarmadji, S. 1996. Teknik Analisis Biokimiawi. Liberty, Yogyakarta. 160 p
- Suzuki, M. 2003. Simple Methods for storing soybean seeds in the tropics. *AVRDC Taiwan* 146-147
- Tatipata, A. 2010. Perubahan asam lemak bebas selama penyimpanan benih kedelai dan hubungannya dengan viabilitas benih. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 38: 30-35
- TeKrony, D.M., D.B. Egli, and A.D. Philips. 1987. Effect of wheathering on viability and vigor of soybean seed. *Agronomy Journal*. 72: 749-753

- Tranaviciene, T., J.B. Silksnianiene, A. Urbonaviciute, I. Vaguseviciene, G. Samuoliene, P. Duchovskis, and A. Sliesaravicius. 2007. Effect of nitrogen fertilizar on wheat photosynthetic pigment and carbohidrate contents. *Biologija* 53: 80-84
- Viera. R.D., D. M. Tekrony, D. M. Egli and M. Rucker. 2001. Electrical conductivity of Soybean seeds after storage in several environments. *Seed Science and Technology*. 29: 599-608
- Wiedenhoeft, A. C. 2006. *Plant Nutrition*. Chelsea House. USA. 144 p
- Wilcox, J. R. and R. M. Shibles. 2001. Interrelationships among seed quality attributes in soybean. *Crop Science*. 41: 11–14
- Win, M., S. Nakasathien, and E. Sarobol. 2010. Effects of phosphorus on seed oil and protein contents and phosphorus use efficiency in some soybean varieties. *Journal Kasetsart*. 44: 1 - 9
- Yagoub, S.O., A. S. Kamel, M. M. Hassan and M. A. Hassan. 2015. Effects of organic and mineral fertilizers on growth and yield of soybean (*Glycine max* L. Merril). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)* (7): 45-52
- Yagoub, S.O., W. M. A. Ahmed and A. A. Mariod. 2012. Effect of *urea*, NPK and compost on growth and yield of Soybean (*Glycine max* L.), in Semi-Arid Region of Sudan. *ISRN Agronomy* (3): 1-6

LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Varietas Kedelai yang digunakan

No.	Deskripsi	Varietas			
		Anjasmoro	Burangrang	Ijen	Rajabasa
1.	Tahun pelepasan	: 2001	1999	2003	2004
2.	Nomor galur	: Mansuria 395-49-4	CI-I-2/KRP-3	B4F3WH-177-382-109	GH-7/BATAN
3.	Asal	: Seleksi massa galur murni Mansuria	Segregat silang alam, diambil dari tanaman petani di Jember	Silang balik varitas Wilis dengan Himeshirazu	Galur mutan No. 214 x 23-D yang berasal dari iridiasi sinar Y varitas Guntur dosis 150 Gy
4.	Daya hasil (ton/ha)	: 2,03-2,25	1,6-2,5	1,5-2,49	2,05
5.	Warna hipokotil	: Ungu	Ungu	Ungu	Ungu
6.	Warna bunga	: Ungu	Ungu	Ungu	Ungu
7.	Warna bulu	: Hijau	Cokelat	Cokelat	Cokelat
8.	Warna kulit biji	: Kuning	Kuning	Kuning	Kuning
9.	Bentuk daun	: Oval	Oblong	Lonjong	Lanceolate
10.	Tipe tumbuh	: Determinit	Determinit	Determinit	Determinit
11.	Umur berbunga	: 35,7-39,4	35	32	35
12.	Umur polong matang	: 80-82	80-82	83	82-85
13.	Tinggi tanaman	: 60-65	60-70	51	54
14.	Percabangan	: 2,9-5,6	1-2		
15.	Bobot biji 100 biji	: 14,8-15,3	17	11,3	15
16.	Protein biji	: 41,8-42,1	39	36,4	39,62
17.	Minyak biji	: 17,2-18,6	20	13,2	19,93
18.	Kerebahan	: Tahan rebah	Tahan rebah	Tahan rebah	Tahan rebah

No.	Deskripsi	Varietas			
		Anjasmoro	Burangrang	Ijen	Rajabasa
19.	Ketahanan penyakit	: Moderat terhadap karat daun	Toleran karat daun	Agak tahan ulat gerayak	Tahan karat daun
20.	Pemulia	: Takashi Sanbuichi, Nagaaki Sekiya, Jamaluddin Susanto, Darman dan Mukhlis Adi	Rodiah S., Ono Sutrisno, Gatot Kustiyono, Sumarno dan Soegito	M. Muklis Adie, K. Igata, G.W.A Susanto, Darman M. Arsyad, Suharsono, Trijaka, dan Arifin	Masrizal, H. Is Mulyana, Siswoyo, K. Dewi, Yuliasti, Arwin, dan I.I. Rahma

Lampiran 2. Tahapan perkembangan tanaman kedelai

Stadium	Tingkatan Stadium	Uraian
VE	Perkecambahan	Kotiledon diatas permukaan tanah
VC	Kotiledon	Daun unifoliolate terbuka
V1	Buku pertama	Daun pada buku unifoliolate telah berkembang sempurna
V2	Buku kedua	Daun trifoliolate pada buku diatas unifoliolate telah berkembang sempurna
V3	Buku ketiga	Daun pada tiga buku batang utama (dimulai dengan buku unifoliolate) telah berkembang sempurna
V(n)	Buku ke-n	n-buku pada batang utama telah memiliki daun yang berkembang sempurna (dimulai dengan buku unifoliolate)
R ₁	Mulai berbunga	Bunga pertama kali terbuka pada buku manapun
R ₂	Berbunga penuh	Bunga terbuka pada satu dari dua buku teratas pada batang utama dengan daun terbuka penuh
R ₃	Mulai berpolong	Polong sepanjang 5 mm pada salah satu diantara 4 buku teratas pada batang utama dengan daun terbuka penuh
R ₄	Berpolong penuh	Polong sepanjang 2 cm pada salah satu dari 4 buku teratas pada batang utama dengan daun terbuka penuh
R ₅	Mulai berbiji	Biji sebesar 3 mm dalam polong pada salah satu dari 4 buku teratas dengan daun terbuka penuh
R ₆	Berbiji penuh	Polong berisikan satu biji hijau yang mengisi rongga dari 4 buku teratas pada batang utama dengan daun terbuka penuh
R7	Mulai matang	Satu polong pada batang utama telah mencapai warna polong matang

Stadium	Tingkatan Stadium	Uraian
R8	Matang penuh	95 % dari polong telah mencapai warna polong matang

Sumber : Fehr dan Caviness (1977)

Lampiran 3. Hasil analisis tanah BBI Sebapo Jambi

Penelitian pertama, kedua, dan ketiga

No.	Sifat	Satuan	Hasil Analisis	Kriteria
1.	pH (H ₂ O) 1:1	-	5.00	Masam
2.	pH KCl 1:1	-	4.11	Masam
3.	C-organik	%	1.05	Sangat rendah
4.	N-total	%	0.08	Sangat rendah
5.	P ₂ O ₅ -Bray	µg g ⁻¹	10.00	Rendah
6.	K-dd	µg g ⁻¹	0.19	Rendah
7.	Na	µg g ⁻¹	0.33	Rendah
8.	Ca	µg g ⁻¹	0.44	Sangat rendah
9.	Mg	µg g ⁻¹	0.05	Sangat rendah
10.	KTK	µg g ⁻¹	15	Rendah
11.	Al-dd	µg g ⁻¹	5.30	Tinggi

Penelitian keempat musim hujan

No.	Sifat	Satuan	Hasil Analisis	Kriteria
1.	pH (H ₂ O) 1:1	-	5.08	Masam
2.	pH KCl 1:1	-	4.21	Masam
3.	C-organik	%	1.10	Sangat rendah
4.	N-total	%	0.09	Sangat rendah
5.	P ₂ O ₅ -Bray	µg g ⁻¹	10.10	Rendah
6.	K-dd	µg g ⁻¹	0.18	Rendah
7.	Na	µg g ⁻¹	0.35	Rendah
8.	Ca	µg g ⁻¹	0.44	Sangat rendah
9.	Mg	µg g ⁻¹	0.04	Sangat rendah
10.	KTK	µg g ⁻¹	16	Rendah
11.	Al-dd	µg g ⁻¹	5.25	Tinggi

Penelitian keempat musim kemarau

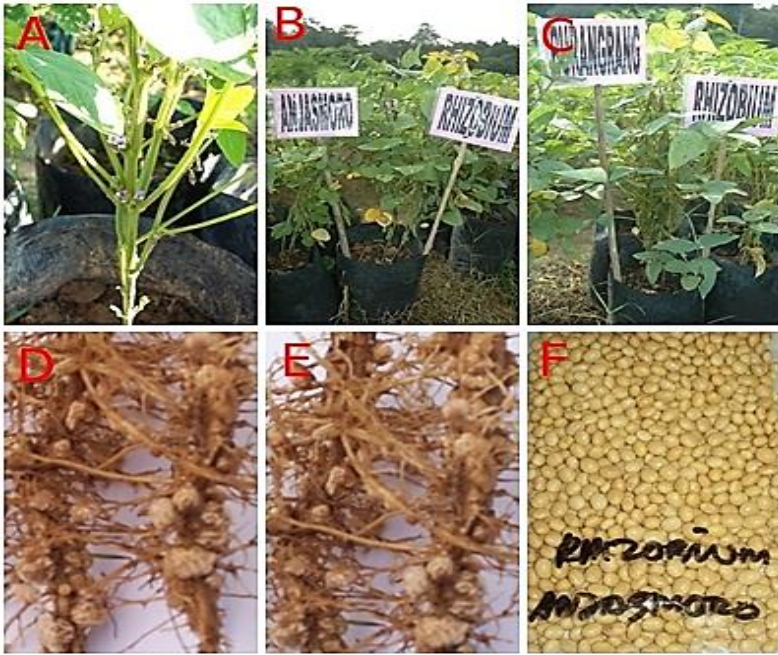
No.	Sifat	Satuan	Hasil Analisis	Kriteria
1.	pH (H ₂ O) 1:1	-	5.06	Masam
2.	pH KCl 1:1	-	4.19	Masam
3.	C-organik	%	1.10	Sangat rendah
4.	N-total	%	0.09	Sangat rendah
5.	P ₂ O ₅ -Bray	μg g ⁻¹	10.12	Rendah
6.	K-dd	μg g ⁻¹	0.18	Rendah
7.	Na	μg g ⁻¹	0.35	Rendah
8.	Ca	μg g ⁻¹	0.44	Sangat rendah
9.	Mg	μg g ⁻¹	0.04	Sangat rendah
10.	KTK	μg g ⁻¹	16	Rendah
11.	Al-dd	μg g ⁻¹	5.20	Tinggi

Lampiran 4. Dokumentasi penelitian



Keterangan :

- A. Balai benih Induk palawija, Sebapo-Jambi. Tempat pelaksanaan kegiatan lapangan
- B. Pertumbuhan tanaman umur 20 HST
- C. Pertumbuhan tanaman umur 80 HST
- D. Pemilahan sampel dalam pengamatan peubah produksi dan bobot 100 butir



Keterangan :

- A, B, dan C = Perkembangan varietas Anjasmoro dan Burangrang yang diinokulasi dengan *Ruizobium*
- D dan E = Bintil akar kedelai varietas Anjasmoro dan Burangrang
- F = Benih kedelai varietas Anjasmoro

TENTANG PENULIS

Dr. Rudi Hartawan, S.P., M.P.



Rudi Hartawan lahir di Bengkulu pada tanggal 28 Oktober 1970. Menyelesaikan pendidikan dasar dan menengah di Bengkulu yaitu SDN No. 28 tahun 1983, SMPN No. 4 tahun 1986, dan SMAN No. 4 tahun 1989. Melanjutkan pendidikan tinggi pada Jurusan Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu dan tamat tahun 1993 dengan beasiswa Tunjangan Ikatan Dinas. Mendapat beasiswa BPPS untuk mengikuti pendidikan Magister Pertanian di Jurusan Agronomi Program Pascasarjana Universitas Andalas tahun 1995 dan lulus tahun 1997 dengan predikat pujian. Pada tahun 2008 kembali mendapatkan beasiswa BPPS untuk mengikuti Program Doktor Ilmu Pertanian, BKU Agronomi di Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya dan diselesaikan tanggal 9 Juni 2011 dengan predikat pujian.

Mulai tahun 1994 bekerja di Kopertis Wilayah X dan ditugaskan di Universitas Batanghari Jambi. Pada tahun 2007 mendapat penghargaan sebagai Dosen Berprestasi pada Kopertis Wilayah X. Jabatan struktural yang pernah diemban adalah Sekretaris LPPM tahun 2001-2006 dan Wakil Dekan Bidang Akademik pada Fakultas Pertanian tahun 2006-2014. Dekan Fakultas Pertanian 2014- saat ini.

Yulistiati Nengsih, S.P., M.P.



Yulistiati Nengsih lahir di Jambi pada tanggal 29 April 1969. Menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 28 Jambi tahun 1982, Pendidikan pertama SMPN 2 Jambi tahun 1985, dan Pendidikan menengah SMAN 3 Jambi tahun 1988. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi pada Jurusan Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jambi dan tamat tahun 1993. Mendapat beasiswa URGE untuk mengikuti pendidikan Magister Pertanian di Jurusan Agronomi Program Pascasarjana Universitas Andalas tahun 1995 dan lulus tahun 1997.

Mulai tahun 1995 sampai sekarang bekerja di Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Batanghari Jambi. Pada tahun 2006-2014 menjabat sebagai ketua Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian. Tahun 2014-2018 mengemban tugas sebagai kepala Laboratorium Dasar. Tahun 2023 pernah menjabat sebagai kepala Badan Penjaminan Mutu. Saat ini sebagai Ketua Gugus Penjaminan Mutu Fakultas Pertanian.

Ir. Edy Marwan, M.M.



Edy Marwan lahir di Bengkulu pada tanggal 30 Maret 1967. Menyelesaikan pendidikan dasar dan menengah di Bengkulu yaitu SDN No. 5 tahun 1980, SMPN No. 4 tahun 1983, dan SMAN Pagar Dewa tahun 1986. Melanjutkan pendidikan tinggi pada Jurusan Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu dan tamat tahun 1990 dengan beasiswa Tunjangan Ikatan Dinas. Pada tahun 2007 menyelesaikan pendidikan Magister Manajemen SDM di Program Studi Manajemen Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Tahun 1991 diangkat menjadi dosen Pegawai Negeri Sipil Diperbantukan pada Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Bengkulu. Pada tahun 2011 dinyatakan lulus sertifikasi dosen dan dinyatakan sebagai dosen professional dalam bidang ilmu Budidaya Pertanian dan Perkebunan dan jabatan fungsional saat ini adalah Lektor Kepala.

Adilla Adistya, S.P., M.Si.



Adilla Adistya lahir di Jambi pada tanggal 17 Februari 1999. Menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN 1/IV Kota Jambi tahun 2004 – 2010, pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Kota Jambi tahun 2010 – 2013, dan pendidikan menengah atas di SMA N 3 Kota Jambi tahun 2013 – 2016. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi pada Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya di tahun 2016 – 2020, serta melanjutkan pendidikan magister di Magister Sains Agribisnis, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor di tahun 2020 – 2022. Tahun 2022 penulis memulai karir sebagai tenaga pengajar pada program studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Batanghari Jambi.