

# **KACANG BERAS**

## **TEKNOLOGI PRODUKSI DI LAHAN KERING**



**Oleh:**  
**Dr. Ir. Lolita Endang Susilowati, MP.**  
**Dr. Ir. Lestari Ujinto, M.Sc.**  
**Ir. Uyek Malik Yakop, M.Sc., Ph.D.**

**FAKULTAS PERTANIAN**  
**UNIVERSITAS MATARAM**  
**2015**

*KACANG BERAS TEKNOLOGI PRODUKSIDI LAHAN KERING*

Dr. Ir. Lolita  
Endang Susilowati,  
MP.Dr. Ir. Lestari  
Ujinto, M.Sc.  
Ir. Uyek Malik Yakop, M.Sc., Ph.D.

Fakultas Pertanian Universitas Mataram

@ *Hak Cipta* 2015

Edisi 1

*Penebit*

Mataram University Press

ISBN 978-979-8911-92-7

## KATA PENGANTAR

Segala puji kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala karunia, rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga kami sebagai tim penyusun buku telah diberikan kesempatan untuk menyelesaikan penulisan buku dengan judul Kacang Beras “Teknologi Produksi di Lahan Kering “. Buku ini merupakan luaran dari hibah penelitian Insentif Riset SiNas dari Kementerian Ristek tahun Anggaran 2013-2014 dan Kementerian Ristek-Dikti tahun Anggaran 2015 terkait sebagai rangkaian penelitian “Pengembangan Tanaman Kacang Beras Toleran Kekeringan dan Berkualitas Sebagai Bahan Pangan Alternatif Berbasis Pola Tanam Tumpangsari Dan Peningkatan Kesuburan Tanah Di Lahan Kering Melalui Masukan Berbagai Sumber Bahan Organik dan Pupuk Hayati-MVA”

Buku ini tersusun atas tiga bagian yaitu:

Bagian I : Kacang Beras

Bagian II : Lahan Kering Di Nusa Tenggara Barat (Potensi, Masalah dan Peningkatan Produktivitas Lahan Kering Untuk Tanaman Pangan)

Bagian III : Budidaya Kacang Beras di Lahan Kering di Nusa Tenggara Barat

Isi buku ini bersumber dari berbagai sumber, diperkaya dengan pengetahuan praktis dan data hasil kajian tentang kacang beras dan pengembangannya di lahan kering. Kajian mengenai kacang beras telah dimulai sejak tahun 2010 dengan diawali dengan fokus kajian evaluasi potensi plasma nutfah kacang beras baik sifat kualitatif, sifat kuantitatif, ketahanan terhadap kekeringan dan hama, kandungan nutrisi terutama protein, karbohidrat dan antosianin. Penulis juga melakukan persilangan kacang beras baik intraspesies maupun antarspesies untuk plasma nutfah kacang beras yang memiliki keunggulan tertentu.

Pada akhirnya perkenankan kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepadasemua pihak yang telah membantu kami mulai dari kegiatan penelitian sampai dengan penulisan buku. Semoga curahan tenaga, pikiran dan waktu Bpk/ibu/sdr tercatat sebagai amal ibadah dan mendapatkan imbalan setimpal dari Allah SWT. Harapan kami dengan diterbitkannya buku ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Penulis menyadari apa yang tertuang dalam buku ini hanyalah sebagian kecil dari permasalahan yang ada di lapangan. Kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan untuk penyempurnaan buku ini.,

Mataram, 15 Desember 2015

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
I. KACANG BERAS .....	I-1
1.1. Pendahuluan .....	I-1
1.2. Biologi Tanaman Kacang Beras .....	I-4
1.2.1. Klasifikasi .....	I-4
1.2.2. Morfologi .....	I-4
1.2.3. Fase dan Tipe Pertumbuhan .....	I-8
1.3. Asal Usul dan Pengelolaan Sumber Daya Genetik .....	I-13
1.3.1. Asal Usul .....	I-13
1.3.2. Eksplorasi .....	I-15
1.3.3. Seleksi .....	I-16
1.3.4. Hibridisasi dan Kajian Genetik .....	I-18
1.4. Genetik Tanaman Kacang Beras .....	I-19
1.4.1. Sitogenetik .....	11-19
1.4.2. Karakterisasi Populasi Bahan Genetik .....	II-22
1.5. Persilangan Pada Tanaman Kacang Beras .....	I-23
1.5.1. Pemilihan Tetua .....	I-24
1.5.2. Pelaksanaan Persilangan .....	I-25
1.5.3. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Persilangan ....	I-28
1.5.4. Hasil Hibridisasi dan Kajian Genetik .....	I-35
1.5.5. Faktor-faktor Genetik .....	I-35
DAFTAR PUSTAKA .....	I-39
INDEKS .....	I-42
II LAHAN KERING DI NUSA TENGGARA BARAT.....	II-1
2.1. Potensi Lahan Kering Untuk Pertanian Tanaman Pangan di NTB	II-3
2.1.1. Luas Lahan Kering .....	II-3
2.1.2. Jenis Tanah di Lahan Kering di NTB .....	II-5
2.2. Masalah Produktivitas Lahan .....	II-10
2.2.1. Kesuburan Tanah Rendah .....	II-10
2.2.2. Agroklimat dan Perubahan Iklim .....	II-13
2.3. Peningkatan Produktivitas Lahan Kering Untuk Tanaman Pangan	II-14
2.3.1. Peningkatan Kadar Bahan Organik Tanah .....	II-14
2.3.2. Penerapan Pupuk Berimbang .....	II-17
2.3.3. Aplikasi Mikoriza .....	II-19

2.3.4. Pemillihan Jenis Tanaman dan Varietas Adaptif .....	II-21
2.3.5. Penerapan Pola Tanam Tumpangsari .....	II-22
DAFTAR PUSTAKA .....	II-25
INDEKS .....	II-32
<b>III BUDIDAYA KACANG BERAS DI LAHAN KERING DI NUSA</b>	
<b>TENGGARA BARAT .....</b>	<b>III-1</b>
3.1. Evaluasi dan Seleksi Galur Toleran Terhadap Kekeringan .....	III-1
3.1.1. Seleksi Galur Murni .....	III-1
3.1.2. Seleksi Silsilah .....	III-6
3.1.3. Mekanisme ketahanan Kacang Beras terhadap Kekeringan .....	III-9
3.1.4. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan Vegetatif .....	III-11
3.1.5. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan Generatif dan Hasil .....	III-13
3.1.6. Genetik Sifat Ketahanan dan Perakitan Varietas Toleran Kekeringan .....	III-15
3.2. Perbaikan Kesuburan Tanah Untuk Budidaya Kacang Beras .....	III-16
3.2.1. Pola Pemupukan Terpadu dan Berimbang .....	III-16
3.2.2. Pola Tanam Tumpang Sari Berbasis Kacang Beras .....	III-29
DAFTAR PUSTAKA .....	III-45
INDEKS .....	III-55

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Karakteristik Kromosom Tanaman Kacang Beras	I-21
1.2. Karakteristik Plasma Nutfah Tanaman Kacang Beras	I-23
2.1. Sifat fisik dan kimia tanah Entisol dari Ds Gumantar dan Ds Motong	II-12
2.2. Takaran dan Saat Aplikasi Pupuk Untuk Tanaman Jagung di Lahan kering	II-19
2.3. Penggunaan BWD di Lahan kering	II-19
3.1. Nilai Statistik Deskriptif pada Populasi Tanaman Terpilih untuk Semua Peubah yang Diamati	III-2
3.2. Nilai Statistik Deskriptif pada Populasi Dasar untuk Semua Peubah yang Diamati	III-3
3.3. Nilai Koefisien Korelasi antar Sifat Kuantitatif yang Diamati	III-4
3.4. Rerata Kadar N & P, Serapan N & P dan ESN& ESP Pada Berbagai Pola Pemupukan	III-22
3.5. Kandungan Karbohidrat dan Antosianin Pada Berbagai Pola Pemupukan	III-28
3.6. Kadar NPK dalam jaringan tanaman kacang beras	III-35
3.7. Kadar NPK dalam jaringan tanaman jagung	III-37
3.8. Rerata bobot biji (g/ tan), dan produksi tanaman per ha (ton/ha) untuk kacang beras, jagung dan ubikayu pada berbagai pola tanam	III-40
3.9. Nilai NKL pada masing-masing sistem tumpangsari	III-42

## DAFTAR GAMBAR

### Gambar

#### Halaman

1.1.	Morfologi Tanaman Kacang Beras	I-4
1.2.	Batang Tanaman Kacang Beras	I-5
1.3.	Daun Tanaman Kacang Beras	I-6
1.4.	Bunga Tanaman Kacang Beras	I-7
1.5.	Polong Tanaman Kacang Beras	I-8
1.6.	Biji Tanaman Kacang Beras	I-8
1.7.	Akar Tanaman Kacang Beras	I-9
2.1.	Penampang Vertikal Entisol	II-6
2.2.	Hamparan Tanah <i>Entisol</i> di Lahan Kering untuk Pertanaman Jagung Di Desa Sukadane, Kec.Bayan Kab. Lombok Utara	II-6
2.3.	Penampang Vertikal Inceptisol.	II-7
2.4.	Penampang vertikal Andisol	II-8
2.5.	Kebun Sayuran (kiri) dan Sawah (kanan) di Andisol Sembalun Kaki Gunung Rinjani, Lombok Timur, NTB)	II-8
2.6.	Bentuk Retakan Vertisol	II-9
2.7.	Kenampakan <i>Vertisol</i> tadah hujan Lombok di akhir kemarau dan Persiapan lahan pada <i>Vertisol</i> Untuk sistem gogorancah	II-10
3.1.	Derajat infeksi MVA (%), Jumlah bintil akar (bintil/2 tan), bintil aktif (%total bintil) pada berbagai pola pemupukan	III-20
3.2.	Serapan N pada berbagai pola pemupukan	III-22
3.3.	Jumlah polong per tan.(polong/2 tan), Bobot biji (g/2 tan), Bobot 100 biji (g) dan Produksi tanaman (ton/ha) pada berbagai pola pemupukan	III-26
3.4.	Kandungan karbohidrat dalam biji kacang beras pada berbagai pola pemupukan	III-28
3.5.	Derajat Infeksi Akar Tanaman Kacang beras dan Jagung	III-34
3.6.	Grafik Diameter Batang, Tinggi dan Jumlah Daun Tanaman Kacang Beras pada Berbagai Pola Tanam	III-38
3.7.	Grafik Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun pada Berbagai Pola Tanam	III-39

## I. KACANG BERAS

### 1.1. Pendahuluan

Kacang beras (*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & Ohashi) merupakan salah satu kacang-kacangan yang belum banyak dikaji oleh para peneliti dan belum banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Tanaman ini berasal dari Asia Selatan dan Asia Tenggara yang dianggap memiliki potensi hasil biji dan kualitas nutrisi yang tinggi (Lokesha dan Veeresh, 1993). Selain bijinya digunakan sebagai bahan pangan, tanaman ini digunakan sebagai pakan ternak serta tanaman penutup tanah (*cover crops*). Tanaman ini juga dikenal memiliki daya adaptasi yang luas termasuk pada lahan yang baru dibuka, pada tanah asam yang tingkat kesuburannya rendah maupun pada daerah bersuhu tinggi dan lembab (Arya & Singh, 1994).

Tanaman ini merupakan salah satu tanaman yang penting dalam sistem pola tanam karena kemampuannya dalam memfiksasi Nitrogen di udara oleh *Rizobium* dalam bintil akar. Plasma nutfah tanaman ini memiliki keragaman genetik yang cukup luas untuk termostabilitas membran sel yang merupakan salah satu indikator toleransi terhadap suhu tinggi (Poerba & Syarif, 1999). Kacang beras mengandung energi sebesar 358 kkal, protein 17,1 - 23,4 g, karbohidrat 60,6 g, lemak 2,4 g, kalsium 269 mg, fosfor 264 mg, dan zat besi 0,5 mg. Selain itu, di dalam kacang beras terkandung vitamin A sebanyak 0 IU, vitamin B1 0,1 mg dan vitamin C 2 mg. Hasil tersebut didapat dari melakukan penelitian terhadap 100 g kacang beras, dengan jumlah yang dapat dimakan sebanyak 100%. Kacang beras yang dikenal dengan *rice bean* memiliki jumlah polong per tanaman yang tinggi. Selain memiliki jumlah polong yang tinggi itu, kacang beras tahan terhadap beberapa hama penting seperti hama kumbang bubuk (Ullah *et al.*, 2007; Somta *et al.*, 2006). Jumlah polong merupakan komponen utama hasil, dengan perbaikan jumlah polong akan memperbaiki hasil selama komponen lain dapat dipertahankan (Rahim *et al.*, 2010, Machado *et al.*, 1982, Gopinathan & Babu, 1986).

Kacang beras mempunyai banyak keragaman baik keragaman sifat kualitatif maupun kuantitatif, sehingga mempunyai potensi yang besar untuk dikembangkan menjadi varietas unggul baru melalui program pemuliaan tanaman. Keragaman merupakan faktor penting dalam program pemuliaan karena dengan adanya keragaman ini pemulia dapat melakukan perbaikan sifat-sifat. Keragaman sifat banyak kita dapatkan pada varietas lokal. Keragaman sifat kuantitatif yang mudah dilihat yaitu umur berbunga dan umur panen,



jumlah polong per tanaman, berat dan ukuran biji, ukuran polong, jumlah biji per polong, dan ketahanan terhadap kekeringan. Oleh karena itu, kacang beras mempunyai prospek yang baik untuk dirakit menjadi varietas unggul baru yang umumnya genjah, hasilnya tinggi, dan tahan terhadap kondisi kekeringan. Disamping itu kacang beras yang berbiji coklat dan abu-abu cocok untuk dikembangkan sebagai tanaman penutup tanah sebagai usaha untuk konservasi lahan dan peningkatan kesuburan lahan (Karsono, 1998; Ujianto, dkk., 2006).

Tanaman ini juga dikenal memiliki daya adaptasi yang luas, termasuk pada tanah masam, tanah yang berkesuburan rendah maupun pada daerah bersuhu tinggi dan lembab (Arya and Singgih, 1994). Kandungan nutrisi yang tinggi didukung oleh daya adaptasinya yang luas, maka tanaman ini sangat potensial untuk dikembangkan sebagai sumber pangan alternatif lahan-lahan sub marginal termasuk lahan kering. Propinsi NTB luas lahan kering mencapai 83,04 % dari luas NTB dengan luas mencapai  $\pm$  1,8 juta ha (Suwardji dkk, 2004).

Pengembangan kacang beras di lahan kering dihadapkan pada masalah kesuburan tanah yang rendah dan juga keterbatasan ketersediaan air yang sepenuhnya bergantung pada air hujan. Curah hujan yang minim dengan intensitas dan distribusinya yang tidak dapat diramalkan (*unpredictable*) menyebabkan budidaya tanaman di kawasan ini seringkali menghadapi kendala ketersediaan air (Suwardji dkk, 2007). Karena itu ketersediaan ragam tanaman pangan termasuk kacang beras toleran kekeringan perlu terus dikembangkan.

Tanah di lahan kering umumnya berkesuburan rendah, sebagaimana yang ditemukan di Kabupaten Lombok Utara Propinsi NTB. Karakteristik fisik, kimia dan biologi tanahnya tidak menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman (Kusumo dkk, 2011). Sifat fisik tanah dicirikan oleh tekstur tanah kasar (pasir berloam), kadar lengas dan kapasitas simpan lengas tanah rendah, dan stabilitas agregat yang tidak kuat. Sifat kimia tanah dicirikan oleh kandungan C-organik rendah (kurang dari 1%), kapasitas tukar kation (KPK) rendah dan kekurangan unsur N, kandungan P-tersedia berstatus rendah, akan tetapi kandungan unsur K berharkat tinggi dan tingkat kemasaman tanahnya ber-pH netral (Kusumo dkk, 2011). Sifat biologi tanah dicirikan dengan rendahnya jumlah mikrobia tanah pendaur hara seperti bakteri pelarut fosfat yang populasinya hanya sekitar  $10^4$ cfu/gam tanah, sementara tanah subur mencapai  $10^7$ cfu/gam tanah (Kusumo dkk, 2011).

Terkait dengan faktor pembatas kesuburan tanah, pengkayaan bahan organik tanah menjadi prioritas strategi dalam memperbaiki ketiga sifat tanah.

Sumber bahan organik yang banyak tersedia adalah kotoran hewan ternak (pupuk kandang), hanya jasa seringkali jumlah yang tersedia di setiap rumah tangga petani tidak mencukupi takaran rekomendasi pupuk kandang per ha lahan kering 5-10 ton per ha) (Adimihardja dkk, 1999; Ma'shum dkk, 2003). Karenanya perlu tersedia sumber bahan organik lain yang dapat dikembangkan dan disediakan secara *in situ*. Sumber bahan organik dimaksud adalah kelompok pupuk hijau dari tanaman *Crotalaria juncea*. *C. juncea* sebagai tanaman yang tahan terhadap kondisi marjinal dan mampu menghasilkan biomassa 14 ton per ha ketika tanaman dipanen saat memasuki fase pertumbuhan vegetatif maksimum (Odhiambo, 2010). Selanjutnya terkait dengan aplikasi kombinasi pupuk kandang dan pupuk hijau *Crotalaria juncea* dalam memperbaiki kesuburan tanah di lahan kering belum didapatkan informasinya. Sementara Setyorini dkk (2004) menyebutkan bahwa setiap jenis bahan organik memberikan pengaruh berbeda terhadap tingkat produksi tanaman.

Selain masalah kandungan BOT yang rendah, persoalan efisiensi penggunaan pupuk anorganik juga menjadi faktor penting dalam budidaya pertanian di lahan kering. Perbaikan efisiensi penggunaan pupuk anorganik dapat dilakukan melalui pengkayaan mikrobial tanah yang memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman. Kelompok fungsional mikrobial tersebut dikenal dengan pupuk hayati. Salah satu jenis pupuk hayati dimaksud adalah MVA. Mikoriza memperbaiki pertumbuhan dan hasil tanaman melalui perannya dalam memfasilitasi peningkatan ketersediaan P dalam tanah, penyerapan unsur P dan unsur hara lain oleh tanaman (Susilowati dan Sukartono, 2007; Musfal, 2010). Musfal (2010) melaporkan inokulasi mikoriza 15 g per tanaman jagung di lahan kering terbukti dapat efisiensi 50% penggunaan pupuk NPK dengan hasil pipilan jagung tidak berbeda secara nyata dengan pemberian 100% pupuk NPK. Di samping itu, telah juga dilaporkan bahwa tanaman yang terinfeksi mikoriza menjadi lebih tahan terhadap cekaman kekeringan daripada tanaman tanpa mikoriza (Endang dan Santosa, 2005). Seberapa besar keefektifan mikoriza dalam menopang pertumbuhan dan hasil tanaman sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan tanah dan kesesuaian antara tanaman inang dengan fungsi MVA (Susilowati dan Kartono, 2007).

Terkait dengan keterbatasan agroklimat lahan kering, maka evaluasi dan seleksi tipe genotip kacang beras toleran kekeringan penting dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dalam pengembangannya. Melalui kegiatan ini akan diperoleh genotip toleran kekeringan dan unggul dalam produksi dan nutrisi

(Ujianto, dkk. 2011). Selanjutnya dalam rangka menghindari gagal panen total pada usahatani di lahan kering, maka pola tanam tumpangsari kacang beras dengan tanaman pangan lain toleran kekeringan (ubikayu dan jagung) perlu dikembangkan. Soemarno (2010) menjelaskan mengkombinasikan tanaman introduksi dengan beberapa tanaman pangan lokal yang biasa dibudidayakan oleh petani di lahan kering, seperti ubikayu dan jagung, dapat memberikan kestabilan produksi yang cukup baik dalam menghadapi curah hujan yang tidak dapat diramalkan. Karenanya penataan pola tanam tumpangsari berbasis kacang beras yang memenuhi kaidah pertanian tumpangsari perlu dilakukan.

## 1.2. Biologi Tanaman Kacang Beras

### 1.2.1. Klasifikasi

*Adapun klasifikasi tanaman kacang beras (Singh et al., 2003) adalah sebagai berikut:*

Kingdom : Plantae  
Divisio : Angiospermae  
Class : Eudicots  
Ordo : Fabales  
Family : Fabaceae  
Genus : Vigna  
Species : *Vigna umbellata* (Thunb) Ohwi & Ohashi

### 1.2.2 Morfologi



Foto oleh: Lestari Ujianto

Gambar 1.1. Morfologi Tanaman Kacang Beras

#### 1.2.2.1. Batang.

Kacang beras memiliki batang lunak tidak berkayu dan merambat tahunan dengan batang tegak, agak tegak atau melentur. Memiliki panjang antara 30-75 cm, biasanya ditutupi dengan rambut halus yang terkeluk turun dan mudah rontok. Batang beralur dengan panjang 1-3 m. Batangnya berwarna

hijau atau merah (Van der Maesen dan Somaatmadja, 1989; Ullah, *et al.*, 2007). Batang kacang beras terdiri dari beberapa buku, di mana tiap buku menghasilkan satu tangkai daun. Pada batang utama terdapat beberapa cabang yang biasanya muncul dari buku bagian bawah. Bunga terdapat pada batang utama ataupun pada cabang. Berdasarkan posisi cabang primer terhadap batang utama dapat dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu tegak (batang lateralnya tegak), agak tegak atau cabangnya menjalar (*procumbent*). Tanaman kacang beras termasuk tanaman yang toleran terhadap kekeringan dan sangat responsif terhadap pemberian air sehingga pada kondisi tanah yang subur dan ketersediaan air yang cukup, pertumbuhan vegetatifnya menjadi sangat subur yang mengakibatkan hasil bijinya menjadi rendah. Kacang beras merupakan tanaman dengan batang tegak, agak tegak atau melentur, biasanya ditutupi dengan rambut halus yang terkeluk turun dan mudah rontok. Batang kacang beras terdiri dari beberapa buku, dimana tiap buku tersebut menghasilkan tangkai daun. Pada batang utama terdapat beberapa cabang yang muncul dari buku bagian bawah yang jumlahnya dapat mencapai 3 sampai 6 buku subur pada setiap tanaman (Van Oers, 1989).



Foto oleh: Lestari Ujianto

Gambar 1.2. Batang Tanaman Kacang Beras

#### **1.2.2.2. Daun.**

Kacang beras beranak daun tiga (*trifoliat*). Panjang tangkai daun 5-10 cm. Daunnya berbentuk bundar telur dengan ukuran 5-10 cm x 2.5-6 cm, menyelaput, agak gundul. Tepi daun biasanya rata tetapi kadang-kadang bercuping tiga (Van der Maesen dan Somaatmadja, 1989; Ullah, *et al.*, 2007). Daun kacang beras terdiri atas tiga helaian daun (*trifoliolate*) yang letaknya berseling. Daunnya berwarna hijau, berbentuk oval (*ovate*) ataupun lanset (*lanseolate*) dengan panjang daun berkisar antara 6,5 – 16 cm dan lebar daun 4-

10 cm dengan panjang tangkai daun (petiole) antara 5-15 cm. Bentuk daun ditentukan berdasarkan perbandingan panjang dan lebar daun, yakni jika perbandingan panjang dan lebar daun berkisar 1,5-2 : 1, daun tersebut termasuk bentuk oval dan bila perbandingannya 3-5 : 1 digolongkan berbentuk lanset. Bentuk daun lanset pada kacang beras adalah dominan terhadap bentuk daun oval yang pewarisannya dikendalikan oleh gen dominan tunggal.



Foto oleh: Lestari Ujianto

Gambar 1.3. Daun Tanaman Kacang Beras

### 1.2.2.3. Bunga.

Perbungaan kacang beras membentuk tandan yang muncul diketiak daun dengan panjang 5-10 cm, dengan jumlah bunga 5-20 bunga. Panjang tangkai bunga hingga 20 cm. Bunga berwarna kuning terang dalam kumpulan 2-3 bunga, berdiameter hingga 2 cm, dengan daun gantilan besar (Van der Maesen dan Somaatmadja, 1989; Ullah, *et al.*, 2007). Bunga merupakan bagian penting karena didalamnya terjadi proses penyerbukan dan pembuahan yang dapat menghasilkan biji. Tanaman kacang beras termasuk tanaman yang menyerbuk sendiri (self pollination) dan mulai menghasilkan bunga umumnya sekitar minggu keenam setelah tanam tergantung varietasnya. Bunganya tersusun dalam bentuk tandan (raceme) yang terdapat pada ujung poros bunga (pedunculus) yang muncul dari ketiak daun dan masing-masing tandan mengandung 6 -12 kuncup bunga dengan tangkai bunga (pedicle) yang pendek. Bunga kacang beras terdiri atas kelopak (calyx) yang berbentuk lonceng berwarna hijau, tajuk atau mahkota bunga (corolla) yang terdiri dari 5 helai (1 helai bendera, 2 helai sayap dan 2 helai cakar) yang berwarna putih kuning atau ungu, benang sari (stamen) berjumlah 10 buah yang terkumpul menjadi 2 kelompok (diadelphous) yaitu 1 bebas dan 9 lainnya bersatu dengan kepala sari

yang sama. Bakal buah (ovarium) terdiri dari beberapa ruang. Beberapa bunga akan mekar pagi hari mulai sekitar pukul 6 sampai 10 tetapi jika keadaan mendung atau berawan bunga mekar lebih siang. Pemasakan serbuk sari terjadi antara pukul 22.00 hingga 01.00 malam hari kemudian kepala sari akan pecah.



Foto oleh: Lestari Ujianto

Gambar 1.4. Bunga Tanaman Kacang Beras

#### **1.2.2.4. Buah (polong).**

Buah kacang beras berbentuk polong yang pada saat masih muda umumnya berwarna hijau muda atau hijau kelim dan setelah tua berwarna krem, coklat atau hitam. Polong kacang beras panjang dan lampai dengan ukuran 6-13 cm x 0.5 cm, gundul, berisi 10-16 biji (Van der Maesen dan Somaatmadja, 1989; Ullah, *et al.*, 2007). Ukuran polong yaitu panjang sekitar 10 cm dan diameter sekitar 0,8 cm yang berisi 8 hingga 20 tergantung varietasnya. Di samping beragam warna dan ukurannya, polong kacang beras juga dapat dibedakan berdasarkan kekerasannya, yakni polong keras seperti kacang hijau dan polong yang tidak keras seperti pada polong kacang panjang yang liat setelah tua. Sudut antar polong juga bervariasi dari yang sempit hingga yang lebar. Karakteristik polong yang demikian berhubungan dengan ketahanan terhadap hama, terutama tanaman-tanaman dengan polong yang keras dan sudut antar polong yang lebar lebih tahan terhadap hama penggerek polong. Letak polong kacang beras juga bervariasi, ada yang tangkai polongnya tidak panjang sehingga polong-polong yang terbentuk terletak di dalam tanaman dan ada pula yang tangkai polongnya panjang sehingga polong terlihat di atas tanaman dengan posisi polong yang berdiri atau menghadap ke atas ataupun menghadap ke bawah.



Foto oleh: Lestari Ujjianto

Gambar 1.5. Polong Tanaman Kacang Beras

#### 1.2.2.5. Biji.

Biji kacang beras berbentuk lonjong hingga memanjang dan agak mentrapesium dengan ukuran 5-10 mm x 2-5 mm, halus, berwarna merah gelap, hijau, kuning, coklat, hitam, dan bercorak (Van der Maesen dan Somaatmadja, 1989; Ullah, *et al.*, 2007). Biji kacang beras bervariasi dalam warna, ukuran, bentuk maupun beratnya. Warna biji adalah sangat beragam mulai dari putih cerah, putih kusam, coklat kekuningan, krem, coklat muda, coklat, coklat tua, burik dengan berbagai macam kombinasi, keunguan dan hitam. Panjang biji umumnya berkisar antar 2 hingga 12 mm. Bentuk biji juga beragam mulai dari agak bulat, oval, pipih, agak lonjong dan lonjong. Berat biji yang biasanya ditunjukkan oleh berat 100 biji yaitu umumnya berkisar 10 hingga 25 g.



Foto oleh: Lestari Ujjianto

Gambar 1.6. Biji Tanaman Kacang Beras

#### 1.2.2.6. Akar

Sistem perakaran kacang beras berupa akar tunggang dengan akar-akar lateral yang berkembang baik. Perkembangan sistem perakaran yang baik sangat diperlukan karena karakter tersebut merupakan salah satu kriteria yang

berhubungan dengan meningkatnya ketahanan terhadap kekeringan. Disamping sistem perakarannya yang berkembang baik, kacang beras dikenal pula sebagai tanaman kacang-kacangan yang efisien menggunakan nitrogen dari udara melalui bakteri *Rhizobium*. Kacang ini memiliki bintil akar yang besar berbentuk bulat seperti biji kacang kapri.



Foto oleh: Lestari Ujjianto

Gambar 1.7. Akar Tanaman Kacang Beras

### 1.2. 3. Fase dan Tipe Pertumbuhan

Dalam pertumbuhannya kacang beras melalui proses-proses pertumbuhan mulai dari embrio, remaja, dewasa dan akhirnya mati. Selama tahap pertumbuhan dan perkembangannya akan terjadi perubahan-perubahan morfologi yang diikuti pula oleh perubahan-perubahan fisiologi. Kreteria utama bahwa suatu tanaman berada dalam fase remaja yaitu ketidakmampuannya untuk membentuk bunga dan buah meskipun kondisi lingkungan memungkinkan untuk pembungaan. Awal pembungaan merupakan akhir fase remaja. Fase pertumbuhan kacang beras terdiri atas dua yaitu fase vegetatif (V) dan fase reproduktif (R). Pembagian fase tumbuh sama dengan jenis kacang-kacangan lainnya yang didasarkan pada pertumbuhan jumlah buku dan perkembangan bunga hingga menjadi polong masak. Fase vegetatif kacang beras sangat beragam tergantung pada varietas dan kondisi lingkungannya. Umumnya fase vegetatif kacang beras antara 40 hingga 50 hari setelah tanam. Selama fase ini tanaman telah mengalami beberapa perkembangan mulai dari perkecambahan, penambahan jumlah daun, peningkatan tinggi tanaman yang diikuti oleh penambahan jumlah buku dan percabangan serta berat tanaman. Pada fase vegetatif ini tanaman belum menghasilkan bunga.

Pembungaan (stadia R1) pada kacang beras sangat beragam tergantung macam varietas dan faktor lingkungan, demikian juga periode pembungaan,



jumlah hari berbunga, jumlah bunga yang dihasilkan, jumlah bunga yang jadi polong. Rata-rata periode reproduktif kacang beras tergolong lebih singkat yaitu sekitar 35 % dari seluruh umurnya dibandingkan kacang hijau dan kacang tanah yaitu 42% dan 67 %. Untuk tipe determinit dan berumur genjah, periode pembungaan berkisar 17 hingga 22 hari dengan jumlah polong sekitar 16 per tanaman. Umumnya bunga yang muncul banyak yang gugur dan hanya sekitar 39 % yang jadi polong. Periode pembentukan polong (R3 – R4) terjadi satu hari setelah pembungaan hingga 4 hari kemudian dan dilanjutkan stadia pengisian polong (R5-R6) yang berlangsung hingga 10 hari setelah pembentukan polong. Pemasakan biji dimulai ketika polong telah terisi biji penuh hingga 10 hari kemudian. Umumnya genotipe yang berbunga lebih awal memiliki periode pembungaan yang lebih pendek dibandingkan dengan genotipe yang berbunga lebih lanjut. Berdasarkan umur masak, kacang beras digolongkan menjadi 3 kelompok yaitu genotipe yang memiliki periode tumbuh pendek yaitu kurang dari 60 hari, berumur sedang yaitu antara 60 hingga 80 hari dan umur dalam yaitu lebih dari 80 hari. Genotipe-genotipe yang memiliki periode tumbuh pendek dengan tipe tumbuh tegak, masak serempak dan pertumbuhannya determinit sangat sesuai untuk ditanam pada lahan dengan periode tumbuh yang sangat pendek seperti padi-padi-kacang beras yaitu untuk memanfaatkan sisa air yang tersedia. Sedangkan genotipe-genotipe yang berumur sedang atau dalam, polong di atas kanopi, miliki hijauan yang tinggi untuk ternak merupakan tipe ideal untuk ditanam pada periode pertumbuhan panjang seperti untuk penutup tanah atau untuk rehabilitasi lahan.

Perkecambahan biji memulai siklus kehidupan tanaman budidaya. Temperatur dan kelembaban yang cukup merupakan persyaratan yang universal untuk perkecambahan, walaupun banyak spesies juga menunjukkan beberapa bentuk dormansi yang harus diatasi. Dormansi dapat diasosiasikan dengan kulit biji yang keras, sensitivitas panjang hari, keperluan untuk proses setelah pemasakan, atau keperluan untuk melindungi temperatur rendah.

Fase juvenil meliputi periode dari perkecambahan sampai pembentukan tunas bunga. Rata-rata bunga terbentuk merupakan fungsi dari temperatur, tetapi waktu dari munculnya awal bunga dipengaruhi oleh panjang hari. Ukuran tanaman dewasa sering ditentukan oleh masa fase juvenil karena tanaman yang berbunga terlambat mempunyai bunga yang lebih banyak, karena tanaman tersebut memiliki buku lebih banyak, dan lebih tinggi dibanding yang berbunga lebih awal. Rata-rata perkembangan juga dipengaruhi oleh kelembaban tanah, tipe tanah, dan kesuburan.

Pembentukan tunas bunga memulai fase reproduktif. Untuk menentukan spesies dan kultivar, pembentukan daun-daun baru berhenti ketika pembungaan mulai, bagaimanapun daun dan batang mungkin terus membesar. Jagung, tanaman determinit tidak membentuk daun baru setelah bunga jantan terbentuk. Untuk tanaman indeterminit, daun baru terbentuk setelah bunga terakhir terbentuk. Kedelai dan kacang beras mempunyai baik kultivar determinit maupun indeterminit.

Fase reproduktif berakhir dari pembentukan bunga sampai pemuatan bunga. Panjang dari fase ini ditentukan oleh panjang hari pada beberapa spesies. Sebagai contoh, primordia reproduktif padi dapat berubah ke primordia vegetatif jika fotoinduksi tanaman tidak sempurna; pemunculan penikel dapat ditunda atau dicegah jika panjang hari adalah terlalu panjang setelah pembentukan bunga atau waktu dari pembentukan bunga sampai antesis untuk sorgum dan kedelai dapat ditunda dengan panjang hari yang lama.

Waktu dari pemuatan bunga sampai pemasakan biji disebut fase pemasakan. Ini dapat dibagi menjadi 3 periode, sesuai rata-rata akumulasi berat kering dalam biji yaitu periode lambat, periode linier, dan periode ketika rata-rata level off sebelum masak. Periode lambat dapat 1 minggu pada gandum atau 20 hari pada kedelai. Lamanya juga dipengaruhi oleh panjang hari dan temperatur. Hari pendek dan temperatur hangat memperpendek periode lambat pada kedelai, spesies hari pendek.

Pengisian biji yang cepat terjadi selama periode linier, rata-rata dan lamanya dipengaruhi oleh panjang hari dan temperatur. Temperatur yang tinggi memperpendek lama pengisian biji dan meningkatkan rata-rata pengisian biji pada sorgum, padi, dan gandum. Pada tanaman hari pendek, pengaruh penundaan temperatur dingin pada musim gugur mungkin mengganti kerugian dengan memperpendek panjang hari. Perbanyakan kacang beras dilakukan oleh biji. Kacang beras pada umumnya ditanam setelah dua atau tiga kali pembajakan tanah. Penaburan dapat dilakukan pada deret dengan jarak 90 cm. Hasil rata-rata benih adalah 40-50 kg/ha jika ditanam untuk mendapatkan biji sedangkan untuk menghasilkan tumbuhan untuk makanan hewan diperlukan sebanyak 60-70 kg/ha (Van Oers, 1989).

Tanaman kacang beras termasuk tanaman yang menyerbuk sendiri dan bunganya termasuk kleistogam yaitu penyerbukan terjadi pada pagi hari sebelum bunga mekar. Perkecambahannya serbuk sari terjadi sekitar 3 jam setelah penyerbukan dan setelah 6 jam tabung serbuk sari sudah mencapai dasar putik serta 12 jam baru mencapai bakal buah. Perkembangan embrio dan endosperm

sudah dapat terlihat 24 jam setelah penyerbukan, semakin lama bentuknya semakin jelas. Kacang beras mulai menghasilkan bunga umumnya pada minggu keenam setelah tanam tergantung varietasnya, ada varietas yang sudah berbunga pada minggu keempat, tetapi ada juga varietas kacang beras baru berbunga setelah delapan minggu bahkan lebih setelah tanam (Blackhurst dan Miller, 1980).

Tanaman kacang beras termasuk tanaman yang menyerbuk sendiri dan bunganya termasuk kleistogam yaitu penyerbukan terjadi pada pagi hari sebelum bunga mekar. Perkecambahan serbuk sari terjadi sekitar 3 jam setelah penyerbukan dan setelah 6 jam tabung serbuk sari sudah mencapai dasar putik serta 12 jam baru mencapai bakal buah. Perkembangan embrio dan endosperm sudah dapat terlihat 24 jam setelah penyerbukan, semakin lama bentuknya semakin jelas. Kacang beras mulai menghasilkan bunga umumnya pada minggu keenam setelah tanam tergantung varietasnya, ada varietas yang sudah berbunga pada minggu keempat, tetapi ada juga varietas kacang beras baru berbunga setelah delapan minggu bahkan lebih setelah tanam (Blackhurst dan Miller, 1980).

Tanaman kacang beras termasuk tanaman yang menyerbuk sendiri dan bunganya termasuk kleistogam yaitu penyerbukan terjadi pada pagi hari sebelum bunga mekar. Perkecambahan serbuk sari terjadi sekitar 3 jam setelah penyerbukan dan setelah 6 jam tabung serbuk sari sudah mencapai dasar putik serta 12 jam baru mencapai bakal buah. Perkembangan embrio dan endosperm sudah dapat terlihat 24 jam setelah penyerbukan, semakin lama bentuknya semakin jelas. Kacang beras mulai menghasilkan bunga umumnya pada minggu keenam setelah tanam tergantung varietasnya, ada varietas yang sudah berbunga pada minggu keempat, tetapi ada juga varietas kacang beras baru berbunga setelah delapan minggu bahkan lebih setelah tanam (Blackhurst dan Miller, 1980).

Tanaman kacang beras termasuk tanaman yang menyerbuk sendiri dan bunganya termasuk kleistogam yaitu penyerbukan terjadi pada pagi hari sebelum bunga mekar. Perkecambahan serbuk sari terjadi sekitar 3 jam setelah penyerbukan dan setelah 6 jam tabung serbuk sari sudah mencapai dasar putik serta 12 jam baru mencapai bakal buah. Perkembangan embrio dan endosperm sudah dapat terlihat 24 jam setelah penyerbukan, semakin lama bentuknya semakin jelas. Kacang beras mulai menghasilkan bunga umumnya pada minggu keenam setelah tanam tergantung varietasnya, ada varietas yang sudah berbunga pada minggu keempat, tetapi ada juga varietas kacang beras baru

berbunga setelah delapan minggu bahkan lebih setelah tanam (Blackhurst dan Miller, 1980).

Tipe pertumbuhan tanaman kacang beras dapat dibedakan menjadi tipe determinit, semi determinit dan indeterminit dengan sifat pertumbuhan yang tegak, agak tegak dan menyebar. Tipe determinit merupakan tipe tanaman dimana pertumbuhan vegetatifnya akan berhenti setelah tanaman berbunga. Sedangkan untuk tipe indeterminit pertumbuhan vegetatifnya terus berlanjut setelah berbunga. Dalam tipe tegak dapat dibedakan dua kelainan yaitu dalam pembentukan polong. Ada varietas-varietas yang polong seolah-olah terdapat dalam satu bidang hampir merata pada puncak tanaman, sedangkan varietas-varietas lain seolah-olah menyebar kesegala bidang (Lawn, 1995). Semi indeterminit ditandai dengan ujung batang yang melilit, pertumbuhannya berlangsung terus walaupun tanaman telah berbunga, pembungaannya berangsur-angsur dari pangkal ke bagian pucuk. Untuk tanaman yang semideterminit yaitu tanaman yang pertumbuhannya seperti indeterminit, tetapi jika kondisi lingkungannya tidak memungkinkan seperti pada musim kemarau pertumbuhannya seperti determinit. Tanaman kacang beras tergolong tanaman herba semusim.

### **1.3. Asal Usul dan Keragaman Genetik**

#### **1.3.1. Asal Usul**

Kacang beras termasuk keluarga leguminosae. Tanaman ini diperkirakan berasal dari Asia Selatan yang didasarkan atas keberadaan tetuanya, baik yang dibudidayakan maupun jenis liar. *Vigna umbellata* yang dibudidayakan memiliki keragaman yang besar dan sangat luas distribusinya dan banyak ditanam di Asia terutama Taiwan dan India. Diversitas utama kacang beras ditemukan di Asia tetapi asal kacang beras secara pasti masih menjadi perdebatan. Observasi awal menunjukkan bahwa kacang beras di Asia sangat menyebar dan beragam dan secara morfologi berbeda dengan yang berasal dari Afrika. Oleh karena itu baik Asia dan Afrika diduga merupakan asal dan pusat keragaman yang bebas (independent). Tetapi ketidakhadiran tipe-tipe liar kacang beras di Asia menyebabkan asal asli kacang beras dari Asia menjadi kurang kuat dasarnya. Sementara itu di Afrika banyak ditemui tipe-tipe liar kacang beras. Semua bukti sekarang ini lebih mengarah dan membuktikan bahwa asal kacang beras adalah dari Afrika bagian Selatan walaupun masih sulit menentukan di Afrika bagian Selatan yang mana tepatnya

kacang beras berasal. Afrika Selatan dan Afrika Timur sepanjang Ethiopia Utara merupakan pusat keragaman jenis liar. Afrika Barat mulai dari Kamerun sampai Senegal merupakan pusat keragaman kedua yang memiliki sejumlah besar varietas-varietas yang primitif dan tipe seperti gulma (weedy). Pusat keragaman lainnya adalah di Asia Selatan, yakni di India, terutama untuk kelompok *Vigna umbellata* sub sp biflora dan *Vigna umbellata* sub sp sesquipedalis. Kacang beras dikenal di India sebelum masehi, diperkirakan mencapai Asia Barat Laut sekitar 2300 SM. Dugaan bahwa kacang beras berasal dari Asia belum dapat didukung sepenuhnya karena ketidakberadaan tetua asalnya.

Sebelum melaksanakan kegiatan hibridisasi atau seleksi perlu dikaji dahulu tentang keragaman genetik plasma nutfah karena tanpa keragaman genetik ini tujuan hibridisasi atau seleksi dalam program pemuliaan tanaman sulit tercapai. Plasma nutfah kacang beras di wilayah Nusa Tenggara Barat mempunyai keragaman yang tinggi baik sifat kualitatif maupun kuantitatifnya. Keragaman sifat kualitatif yang menonjol yaitu warna biji, warna polong, bentuk dan besarnya biji. Demikian juga sifat kuantitatif sangat beragam terutama umur panen, tinggi tanaman, jumlah jabang produktif, banyaknya polong per tanaman, dan banyaknya biji per polong dan ketahanan terhadap kekeringan.

Menurut Fasoula dan Fasoula (2002), dalam setiap kegiatan pemuliaan yang penting adalah adanya keragaman terutama keragaman yang menurun yaitu keragaman yang bersumber pada keragaman genetik. Keragaman genetik merupakan perbedaan-perbedaan sifat tertentu yang terdapat pada suatu tanaman dalam suatu spesies. Secara genetik, perbedaan ini disebabkan oleh adanya perbedaan dalam peran gen serta kemungkinan interaksinya (Fery, 1985). Oleh karena itu tidak akan sama tanggapan genetik antara tanaman terhadap lingkungan sehingga terdapat perbedaan penampilan. Perbedaan-perbedaan penampilan tersebut akan lebih besar apabila varietas tanaman berbeda, daerah penanaman berbeda dan besarnya perubahan perbedaan penampilan ini tidak sama antara satu tanaman dengan tanaman lainnya (Adam, 2003). Hal ini tampak jelas pada varietas-varietas lokal kacang beras yang banyak mempunyai keragaman baik keragaman sifat kualitatif maupun sifat kuantitatif.

Keragaman sifat kualitatif kacang beras umumnya dapat dengan mudah dibedakan dalam kelas-kelas tertentu. Perbedaan-perbedaan tadi dapat berhubungan dengan warna, bentuk, tekstur dan ada tidaknya sifat-sifat

tertentu. Keragaman sifat kualitatif biasanya dikendalikan oleh gen mayor atau gen sederhana dan sedikit dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Sedangkan keragaman sifat kuantitatif umumnya dikendalikan oleh gen ganda dan mudah dipengaruhi oleh lingkungan. Keragaman kuantitatif bersifat kontinu dan tidak mudah membedakan dalam kelas-kelas. Banyak sifat-sifat yang memiliki nilai ekonomis penting yang secara alami adalah sifat kuantitatif, misalnya daya hasil. Varietas lokal umumnya kaya akan keragaman baik keragaman sifat kualitatif maupun kuantitatif (Hall *et al.*, 2003; Ngongolo, 2003).

### **1.3.2. Eksplorasi**

Sebelum eksplorasi dimulai, terlebih dahulu mengumpulkan sebanyak-banyaknya informasi yang terkait dengan plasma nutfah kacang beras baik tentang ciri-ciri maupun keberadaan melalui pustaka, Dinas Pertanian Tanaman Pangan, maupun Kelompok Tani. Eksplorasi dan koleksi plasma nutfah kacang beras ini mencakup tiga kabupaten yaitu Kabupaten Lombok Barat, Kabupaten Lombok Tengah, dan Kabupaten Lombok Timur serta Kota Mataram. Plasma nutfah yang berhasil dieksplorasi yaitu varietas liar, varietas lokal, dan varietas unggul yang sudah lama ditanam oleh petani, sehingga sudah banyak mengalami perubahan dari varietas aslinya. Menurut Mahalakshmi *et al.* (2007), di dalam kegiatan eksplorasi perlu adanya pendataan tentang morfologi tanaman dan kondisi lingkungan tumbuhnya baik lingkungan biotik maupun lingkungan abiotiknya dilakukan untuk memudahkan dalam proses koleksi dan evaluasi, dan dokumentasinya.

Hasil eksplorasi kacang beras tersebut selanjutnya dikoleksi dan disimpan di ruang simpan benih Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Plasma nutfah kacang beras yang bisa dikoleksi sebanyak 21 aksesi yang masing-masing memiliki karakteristik dan keragaman baik sifat kualitatif maupun kuantitatif. Kebanyakan jenis kacang beras tersebut ditemukan di daerah yang kondisinya kering. Tidak semua varietas dilakukan evaluasi terutama karena sifatnya tidak berbeda jauh dengan varietas lokal yang lain, sehingga hanya varietas lokal yang menunjukkan keragaman sifat yang dilakukan evaluasi.

### **1.3.3. Seleksi**

Dari hasil evaluasi 15 aksesori kacang beras didapatkan 4 kultivar yang mempunyai prospek baik untuk dikembangkan lebih lanjut. Keempat kultivar tersebut mempunyai keunggulan dan kelemahan masing-masing. Varietas lokal umumnya sudah tidak murni lagi karena mungkin telah tercampur dengan varietas lain, terjadi persilangan dengan varietas lain, atau telah mengalami mutasi. Untuk memurnikan varietas lokal tersebut telah dilakukan seleksi galur murni terhadap keempat varietas tersebut.

Metode seleksi galur murni didasarkan pada teori dari W.L. Johannsen. Keturunan dari tetua yang baik akan lebih baik dibandingkan dengan tetua yang jelek atau rerata tetua. Pada seleksi galur murni, dari generasi ke generasi dilakukan seleksi antar galur yang masing-masing ditanam secara terpisah dalam baris, dan dilakukan penilaian tentang derajat homogenitas dalam galur. Galur yang terunggul dikembangkan menjadi varietas, sehingga varietas baru hanya terdiri dari genotipe tunggal (Nasrullah, 1994). Menurut Kasno dan Trustinah (1998), seleksi galur murni sering digunakan untuk perbaikan varietas lokal dan varietas introduksi kacang beras. Perbaikan varietas lokal dengan seleksi galur murni diarahkan untuk meningkatkan rata-rata dan menurunkan keragaman sifat yang diperbaiki. Nasrullah (1994) menyatakan bahwa seleksi galur murni masih bermanfaat di negara berkembang karena masih banyaknya varietas lokal yang ditanam secara turun menurun, sehingga terjadi penumpukan keragaman yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh pemulia tanaman. Metode seleksi ini efektif untuk perbaikan sifat-sifat seperti besar biji, berat biji, besar polong, warna, dan umur panen. Sifat-sifat demikian sering ditemukan pada varietas lokal (Kasno dan Trustinah, 1998). Dengan seleksi galur murni maka keragaman sifat akan diturunkan dan rata-rata galur akan ditingkatkan. Hasil akhir dari seleksi galur murni adalah suatu galur yang homosigot dan homogen dengan sifat – sifat yang lebih unggul dari populasi dasarnya.

Seleksi galur murni secara umum mencakup tiga tahap (Briggs and Briggs, 1967):

1. Seleksi untuk memilih sejumlah besar individu-individu dari populasi dasar yang diduga seragam secara genetik. Jika tersedia waktu, dana, dan sarana yang memadai dapat dipilih individu-individu tanaman sebanyak mungkin.
2. Individu-individu tanaman terpilih diperbanyak secara terpisah, masing-masing ditanam dalam barisan-barisan untuk tujuan pengamatan. Pengamatan dilakukan pada galur dengan sifat tertentu yang terbaik dan seragam dalam galur.

3. Selanjutnya galur-galur yang terpilih diperbanyak untuk diuji daya hasilnya pada percobaan berulang. Lama waktu yang diperlukan untuk penilaian tergantung dari berbagai keadaan. Dalam praktek pembuatan galur murni cukup dilakukan satu generasi seleksi saja, karena populasi alam telah homosigot.

Menurut Hall (1997), keberhasilan dan kegagalan program pemuliaan tanaman dengan seleksi galur murni tergantung pada kemampuan pemulia tanaman untuk memisahkan genotipe-genotipe unggul di dalam kegiatan seleksi. Untuk memperkecil kekeliruan seleksi berdasarkan wujud luar (fenotip) tanaman maka perlu memperhatikan : lingkungan yang cocok untuk seleksi sifat yang diinginkan, korelasi genotip dan fenotip antar sifat, ciri genetik sifat yang diseleksi (monogenik, oligogenik, atau poligenik), cara seleksinya, apakah langsung atau tak langsung, dan keragaman genetik.

Dari hasil seleksi murni telah didapatkan beberapa galur murni yang dapat digunakan sebagai bahan pertanaman atau dapat digunakan sebagai bahan pemuliaan. Keempat varietas lokal yang memiliki keunggulan telah tersedia empat galur murni yang dapat digunakan sebagai tetua untuk persilangan dialel karena keempat galur murni yang berasal dari empat varietas lokal tersebut masing-masing mempunyai keunggulan. Galur pertama mempunyai keunggulan yaitu umur pendek, tipe pertumbuhan terbatas, sehingga cocok untuk tanaman sela. Galur kedua mempunyai keunggulan jumlah polong per tanamannya banyak, tipe pertumbuhan terbatas, galur ketiga mempunyai keunggulan jumlah biji per polong banyak dan tipe pertumbuhan tidak terbatas (indeterminate). Galur keempat mempunyai keunggulan yaitu bijinya besar, tipe pertumbuhannya semi indeterminate tergantung pada kondisi lingkungan, pada kondisi kering tipe pertumbuhannya terbatas, tetapi pada kondisi lembab dan sinar kurang tipe pertumbuhannya indeterminate (Ujjianto dan Yakop, 2006). Oleh karena itu dari hasil yang telah dicapai ini, kacang beras varietas lokal Lombok mempunyai prospek yang baik untuk dikembangkan dan perlu penelitian yang intensif mengingat data atau informasi yang berhubungan dengan faktor genetik belum banyak dilakukan. Oleh karena itu kajian genetik tentang pola dan mekanisme pewarisan sifat ini sangat perlu dilakukan agar didapatkan informasi yang cukup dalam rangka perbaikan varietas lokal Lombok melalui program pemuliaan tanaman untuk menciptakan varietas unggul baru.



#### **1.3.4. Hibridisasi dan Kajian Genetik**

Dari hasil eksplorasi, koleksi dan evaluasi plasma nutfah kacang-kacangan di Pulau Lombok didapatkan bahwa kacang beras mempunyai keragaman yang lebih tinggi dibandingkan jenis kacang-kacangan lainnya. Kacang beras varietas lokal Lombok mempunyai banyak keragaman baik keragaman sifat kualitatif maupun kuantitatif, sehingga mempunyai prospek yang baik untuk kajian genetik dan mempunyai potensi yang besar untuk dikembangkan menjadi varietas unggul baru melalui program pemuliaan tanaman. Keragaman yang sangat berbeda nyata antara varietas lokal yang satu dengan varietas lokal yang lainnya yaitu umur berbunga dan umur panen, jumlah polong per tanaman, berat dan ukuran biji, ukuran polong, jumlah biji per polong, warna biji, dan ketahanan terhadap kekeringan. Oleh karena itu, kacang beras varietas lokal Lombok mempunyai prospek yang baik untuk dikembangkan menjadi varietas unggul baru yang umurnya genjah, hasilnya tinggi, dan tahan terhadap kondisi kekeringan.

Menurut Blackhurt dan Miller (1980), keunggulan-keunggulan sifat antara varietas lokal yang satu dengan yang lainnya dapat digabungkan melalui hibridisasi. Untuk mendapatkan penggabungan sifat-sifat unggul tersebut telah dilakukan hibridisasi sistem dialel lengkap yaitu dengan cara saling silang antar tetua terpilih yang memungkinkan. Sistem persilangan ini dipilih agar semua tetua terpilih memiliki peluang yang sama untuk disilangkan dengan tetua terpilih lainnya. Tetua dipilih atas dasar keunggulan sifatnya. Dengan sistem persilangan ini dapat dianalisis daya gabung umum dan khususnya, ragam genetik dan heritabilitas, dan ada tidaknya pengaruh tetua betina. Dari tipe-tipe persilangan terpilih dilakukan persilangan lanjutan dengan silang balik untuk mengetahui pola pewarisan sifat dan kajian genetik lainnya yang akhirnya digunakan untuk menentukan metode pemuliaan yang sesuai. Pada kesempatan ini akan kami uraian tentang hal-hal yang terkait dengan hibridisasi kacang beras mulai dari tujuan dan sasaran hibridisasi, keragaman genetik, biologi kacang beras, pemilihan tetua, pelaksanaan hibridisasi yang terdiri dari kastrasi dan polinasi serta upaya-upaya memanfaatkan hasil hibridisasi.

Tujuan dari hibridisasi buatan pada tanaman menyerbuk sendiri adalah untuk menggabungkan atau menyatukan sifat-sifat baik yang diinginkan dari tetua-tetua yang memiliki keunggulan sifat masing-masing. Tujuan lain dari hibridisasi ini adalah untuk kajian genetik kacang beras lokal Lombok, sehingga hibridisasi dialel dan silang balik yang digunakan. Agar program hibridisasi dapat berjalan lebih efisien perlu adanya sasaran yang jelas. Sasaran

dari hibridisasi ini adalah untuk mendapatkan informasi genetik untuk menentukan metode pemuliaan yang sesuai untuk kacang beras lokal Lombok dan untuk bahan untuk seleksi silsilah.

## **1.4. Genetik Tanaman Kacang Beras**

### **1.4.1. Sitogenetik**

Kacang beras memiliki jumlah kromosom ( $2n = 2x = 22$ ) yang terdiri dari 11 bivalen dengan panjang kromosom dan letak sentromer yang bervariasi. Dari 11 kromosom yang bivalen tersebut terdapat 1 kromosom yang terpanjang yaitu  $85,5 \mu\text{m}$  dan 1 kromosom yang terpendek yaitu  $14,1 \mu\text{m}$  (Umaharan *et al.*, 1997). Dengan peta kromosom ini diharapkan berguna didalam mempelajari kesamaan dan perbedaan di antara *Vigna umbellata* maupun dengan spesies liar lainnya. Persilangan antar spesies atau dengan spesies liarnya dilakukan jika ingin mentransfer satu atau beberapa gen yang mengontrol sifat-sifat tertentu. Persilangan antar spesies atau dengan kerabat liarnya sering sulit dilakukan karena sejumlah masalah terutama inkompatibilitas dan sterilitas (Duvick, 1990) .

Kromosom kacang beras sangat kecil sehingga sulit diidentifikasi saat stadia metafase pada waktu pembelahan mitosis. Kacang beras memiliki jumlah kromosom ( $2n = 2x = 22$ ) yang terdiri dari 11 bivalen dengan panjang kromosom dan letak sentromer yang bervariasi. Dari 11 kromosom bivalen tersebut, terlihat satu kromosom yang terpanjang ( $85,5 \mu\text{m}$ ) dan satu kromosom terpendek ( $14,1 \mu\text{m}$ ), sedangkan kromosom lainnya dapat digolongkan menjadi 3 kelompok yang berukuran intermediet ( $51,5 - 45,8 \mu\text{m}$ ;  $39,2 - 30,5 \mu\text{m}$ ; dan  $22,6 - 22,0 \mu\text{m}$ ). Peta kromosom kacang beras ini diharapkan bermanfaat dalam mempelajari persamaan dan perbedaan *Vigna umbellata* dengan spesies lain sehingga bisa menjadi acuan jika ingin melakukan persilangan. Persilangan antar spesies atau antar genus biasanya dibuat jika ingin mentransfer satu atau beberapa gen yang mengontrol sifat-sifat tertentu dan ini biasanya sulit dilakukan karena sejumlah masalah seperti inkompatibilitas atau hibrida yang steril. Hibridisasi interspesifik pada kacang beras telah dilakukan terutama dengan *Vigna vexillata* ( $2n=22$ ) yang merupakan spesies liar dan memiliki ketahanan terhadap hama penghisap polong dan penggerek polong. Namun hal tersebut belum memberikan hasil yang menggembirakan seperti halnya dengan kacang hijau yang dapat disilangkan dengan *Vigna mungo*, *Vigna umbellata*. Pada hibridisasi interspesifik ini perkecambahan serbuk sari sangat sangat lambat dan perkembangan tabung serbuk sari tertahan sehingga pembuahan

tidak terjadi. Dilaporkan hanya sekitar 12 % yang memiliki tabung serbuk sari normal dan dapat mencapai bakal buah 12 jam setelah penyerbukan. Pada persilangan *Vigna umbellata* x *Vigna vexillata*, 25 % putik menunjukkan perkembangan tabung sari yang normal 24 jam setelah penyerbukan. Pada persilangan resiproknya, hanya 9,5 % putik yang memiliki perkembangan tabung serbuk sari normal yang dicapai 48 jam setelah penyerbukan. Lambatnya pertumbuhan tabung serbuk sari merupakan suatu pertanda pada hibridisasi interspesifik yang merupakan interaksi antara substansi yang dihasilkan oleh kantung embrio dan tabung serbuk sari yang dapat mempengaruhi persentase pembuahan. Selanjutnya beberapa abnormalitas sitologi dapat terjadi seperti serbuk sari tidak dapat berkembang pada kepala putik, serbuk sari dapat tumbuh tetapi dihambat oleh penetrasi jaringan stigmatik atau tabung serbuk sari tidak lurus tetapi berkelok-kelok (Fatakun, 1991). Persilangan pada tingkat spesies ungu telah dilakukan antara jenis yang telah dibudidayakan maupun jenis liar. Dari beberapa penelitian dilaporkan bahwa anggota dari kulti-group (cv-gr) catjang adalah dapat disilangkan dan pertukaran gen dapat dilakukan, namun persilangan tidak terlalu mudah dan dapat menghasilkan hibrida yang sebagian fertil.

Fatakun dan Singh dalam Fatakun et al. (1977) telah berhasil menyilangkan kacang beras yang dibudidayakan dengan jenis liar yang relatif berbulu (*V. umbellata* ssp. *dekindtiana* var. *pubescens*). Tujuannya untuk mentransfer bulu yang merupakan suatu sifat dari *pubescens* yang diharapkan dapat meningkatkan ketahanan terhadap serangga. Persilangan dan pembuahan telah berhasil dilakukan, namun polong dan biji gugur 12 hari setelah persilangan sehingga untuk menyelamatkan embrio hibridanya digunakan teknik kultur jaringan. Tanaman F1 yang dihasilkan menunjukkan pertumbuhan yang baik tetapi hanya sekitar 32% serbuk sari yang tumbuh. Hasil pengujian sitologis dari tanaman F1 menunjukkan adanya normalitas meiotik pada sel induk serbuk sari, tercermin dari sedikitnya univalen dan kuadrivalen yang mengakibatkan diferensiasi struktural dalam kromosom.

Pada persilangan antara *V. umbellata* ssp. *umbellata* dengan *V. umbellata* ssp. *protacta* var. *rhomboidea*, hibrida F1 yang dihasilkan sebagian fertil. Pada kondisi rumah kaca, tanaman F1 berbunga banyak tetapi bunga tersebut gugur setelah anthesis sehingga tidak menghasilkan polong. Pada keadaan kelembaban yang tinggi dan temperatur yang rendah tanaman F1 menghasilkan polong pada frekuensi yang lebih tinggi dan polong yang dihasilkan rata-rata berisi 3 biji. Hampir 30 % tanaman F2 tidak berpolong

meskipun seluruhnya berbunga. Persilangan antara kacang panjang dan *V. umbellata* menghasilkan tanaman F1 yang tumbuh baik dan beberapa sifat antara kedua tetua juga terlihat seperti panjang tangkai daun, panjang dan lebar daun, panjang polong, jumlah biji per polong, berat 100 biji dan panjang tangkai bunga.

Induksi tetraploid dari *Vigna umbellata* telah dilakukan oleh beberapa peneliti dan dilaporkan bahwa terdapat perbedaan karakter morfologi, sterilitas serbuk sari, pembuahan dan ketidakteraturan meiosis yang meliputi pembentukan kuadripleks dan distribusi yang tidak sama pada stadia anafase. Disimpulkan bahwa sterilitas serbuk sari merupakan salah satu faktor pembatas dalam pengembangan varietas tetraploid secara komersial. Perilaku kromosom selama meiosis akan normal bila yang disilangkan adalah tetua yang memiliki homolog lengkap dalam menghasilkan hibrida. Pada kasus tersebut serbuk sari memiliki bentuk dan ukuran yang normal dan umumnya fertilitasnya tinggi. Tingkat fertilitas beberapa hibrida F1 dari persilangan antara anggota grup catjang mengisyaratkan adanya homolog yang tidak lengkap. Pengamatan tersebut mengundang pengujian yang lebih seksama untuk klasifikasi pada grup catjang. Studi daya silang dan analisis DNA akan membantu penempatan anggota sub spesies yang berbeda sehingga memiliki dampak positif terhadap eksploitasi, potensial genetik yang berguna diantara genotipe genotipe yang berbeda.

Tabel 1. Karakteristik Kromosom Tanaman Kacang Beras

Kromosom	Panjang Total	Lengan panjang	Lengan pendek	Nisbah panj. pendek	Letak sentromer
1	81,2	50,7	31,5	1,6	Sm
2	50,4	27,2	24,4	1,1	M
3	46,8	27,4	22,4	1,2	M-Sm
4	43,4	26,5	19,2	1,4	Sm
5	39,2	24,4	14,8	1,7	Sm
6	34,6	20,5	14,1	1,5	Sm
7	33,3	18,2	15,2	1,1	M
8	30,5	15,9	15,3	1,0	M
9	22,6	14,8	7,8	1,9	Sm-St
10	22,0	13,8	8,1	1,7	Sm
11	14,1	7,7	6,4	1,2	M-Sm

M=metasentrik; Sm = Submetasentrik; St = Subtelosentrik

### 1.4.2. Karakterisasi Populasi Bahan Genetik

Plasma nutfah merupakan sumberdaya hayati yang berperan penting sebagai bank gen untuk menopang kegiatan pemuliaan tanaman yang berkelanjutan dalam rentang waktu yang tidak terbatas. Oleh karenanya, koleksi plasma nutfah kacang beras yang ada perlu dipertahankan hidup selamamungkin tanpa mengubahidentitas dan keragaman bahan genetik yang bersangkutan. Karakterisasi merupakan upaya pengenalan yang meliputi pengenalan dasar morfologi dari setiap genotipe atau accession sehingga dapat teridentifikasi ciri-ciri ataupun deskripsinya. Karakterisasi ditekankan pada karakter kualitatif, yaitu sifat-sifat yang sedikit atau tidak dipengaruhi lingkungan. Sedangkan evaluasi pendahuluan lebih ditekankan untuk sifat kuantitatif yang umumnya sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan dikendalikan oleh banyak gen. Dari karakterisasi tersebut diharapkan dapat diketahui potensi dari plasma nutfah yang ada.

Dari karakterisasi plasma nutfah kacang beras yang telah dilakukan oleh Ujianto (2010) terdapat keragaman untuk sifat-sifat kualitatif maupun kuantitatif. Sifat-sifat tersebut meliputi tipe pertumbuhan, bentuk daun, warna daun, warna bunga, warna polong, warna biji, bentuk polong, serta letak polong. Sebagian besar koleksi yang ada memiliki bentuk daun oval dan ada yang berbentuk lanset dengan ukuran yang bervariasi dengan warna daun hijau tua atau hijau muda

Tabel 2. Karakteristik Plasma Nutfah Tanaman Kacang Beras

No	Sifat	Rentang	Rataan	KKF(%)
1.	Panjang daun (cm)	3,7-133,2	7,4	18,5
2.	Lebar daun (cm)	1,3-5,5	3,6	30,8
3.	Panjang x lebar	6,4-63,1	32,6	36,1
4.	Panjang / lebar	0,08-0,17	0,11	12,6
5.	Jumlah kluster/cabang	1—31	14,5	38,7
6.	Jumlah kluster/batang utama	1-8	5	37,8
7.	Jumlah kluster/tanaman	5-38	19	33
8.	Jumlah polong/kluster	1,3-12,6	4,9	86
9.	Jumlah cabang	1-8	3	28,6
10.	Jumlah cabang produktif	0-4	2,3	17,4
11.	Jumlah buku	6-15	12	15,4
12.	Jumlah buku produktif	4-10	7	12,4
13.	Jumlah nodul/tanaman	5-21	10	35,2

14.	Umur berbunga (hari)	42-58	44	4,0
15.	Umur panen (hari)	64-92	77	10,6
16.	Jumlah hari berbunga	15-23	18	7,5
17.	Jumlah polong/tanaman	4-153	56	46,9
18.	Jumlah biji/polong	6-14	15	11,4
19.	Berat polong kering/tanaman (g)	3,1-48,7	24,2	38,3
20.	Berat biji kering/tanaman (g)	1,6-27,9	15,9	23,0
21.	Berat 100 biji (g)	2,1-9,2	6,4	40,6
22.	Tinggi tanaman (cm)	12,6-122	46,1	53,8

Sumber: Ujianto (2010)

Berdasarkan tipe pertumbuhannya dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu tegak, agak tegak dan merambat. Keadaan demikian terlihat jelas bila kacang beras ditanam pada kondisi kering sesuai dengan sifat tanaman tersebut. Namun bila ditanam pada kondisi basah (air dan pupuk berlebihan), maka tipe yang tegak akan cenderung bersulur sehingga tidak terdapat perbedaan jelas antara tipe tegak dan agak tegak. Warna bunga kacang beras sebagian besar adalah ungu dan ada yang berwarna putih. Saat masih muda polong kacang beras berwarna hijau atau keunguan, setelah tua polong tersebut berwarna coklat kehitaman, coklat muda, coklat ataupun coklat tua dengan bentuk tetap keras seperti kacang hijau dan ada yang keriput seperti pada kacang panjang, misalnya pada harapan. Sedangkan letak polong ada yang ke bawah seperti pada kacang hijau ataupun kacang panjang dan ada pula yang polongnya berdiri (menghadap ke atas). Warna biji juga beragam, namun sebagian besar berwarna coklat, merah atau kuning dan sebagian kecil berwarna hitam, abu-abu atau belang.

Keragaman lebih terlihat pada sifat kuantitatif seperti tinggi tanaman, jumlah polong, berat biji, jumlah cabang, jumlah biji per polong. Ukuran daun, tinggi tanaman serta jumlah buku yang dimiliki di antara genotipe cukup beragam. Jumlah buku berkisar 9-15 dan dari seluruh buku tersebut hanya sekitar 58% yang merupakan buku produktif atau buku subur yaitu buku-buku yang menghasilkan bunga.

### **1.5. Persilangan Pada Tanaman Kacang Beras**

Perbaikan mutu genetik tanaman kacang beras dapat dilakukan melalui persilangan. Persilangan merupakan teknik yang biasa dilakukan oleh pemulia tanaman untuk menggabungkan beberapa karakter unggul plasma nutfah yang

ada. Pemulia tanaman baik dahulu maupun sekarang telah menggunakan hibridisasi sangat intensif dan untuk mendapatkan tipe yang lebih baik atau tipe yang tidak biasa perlu dilakukan persilangan antara varietas atau spesies yang berbeda. Hibridisasi yang terencana antara tetua terpilih merupakan metode yang dominan dalam program pemuliaan tanaman. Dalam hibridisasi tanaman menyerbuk sendiri pemulia tanaman sangat memperhatikan tentang: 1). keterbatasan dan susunan segregasi alamiah pada F2 atau generasi segregasi pertama, 2). kemajuan populasi hibrid ke arah homosigositas lengkap; 3). sifat alamiah kombinasi gen yang berhasil.

Gen merupakan unit kromosom, terdapat tiga faktor yang mempengaruhi jumlah rekombinasi gen yang diperoleh melalui hibridisasi yaitu: 1). jumlah gen yang membedakan tetua; 2). keterkaitan gen pada kromosom yang sama; 3). jumlah alel pada setiap gen. Istilah rekombinasi dalam hal ini dalam arti luas termasuk rekombinasi gen kromosom yang sama ataupun berbeda.

Rekombinasi dan segregasi gen bebas merupakan hal yang sulit untuk memahami suatu persilangan antara dua varietas suatu tanaman yang akan menghasilkan hibrida yang tidak heterosigot untuk gen-gen pada banyak lokus. Jumlah tersebut akan menentukan jumlah genotip dan fenotip yang diperoleh dari persilangan dengan asumsi tidak ada keterkaitan. Masalah pemulia tanaman adalah menangani jumlah genotip dan fenotip yang sangat banyak yang terjadi pada generasi segregasi walaupun ketika varietas tetua hanya berbeda dalam sedikit gen. Suatu contoh persilangan dua varietas gandum yang berbeda dalam 21 gen, satu pada setiap kromosom, kemungkinan jumlah minimum pada sebagian besar persilangan varietas. Untuk menumbuhkan tanaman F2 yang cukup untuk memenuhi semua genotipe yang mungkin, kira-kira 50 juta acre akan diperlukan. Dari 2097152 genotipe homosigot, semua merepresentasikan varietas baru yang potensial kecuali dua tetua. Jumlah ini memberikan ide yang realistis populasi hibrid dan menggambarkan pentingnya teknik yang efisien dalam penyaringan populasi-populasi ini.

### **1.5.1. Pemilihan Tetua**

Dalam persilangan tanaman kacang beras, tahap pertama yang harus dijalankan yaitu pemilihan tetua. Tetua yang dijadikan tetua betina adalah tetua yang akan diperbaiki, sedangkan sebagai tetua jantan adalah tanaman yang digunakan untuk memperbaiki atau sebagai tetua donor gen unggul. Menurut Aremu *et al.* (2007), pemilihan tetua untuk disilangkan

merupakan suatu hal yang sangat penting bagi pemuliaan tanaman. Kesalahan dalam memilih tetua bisa mengakibatkan kegagalan dalam program pemuliaan tanaman. Keputusan untuk memilih tetua dipengaruhi oleh tujuan pemuliaan jangka pendek, tujuan jangka panjang dan metode pemuliaan yang diinginkan. Informasi dan pengetahuan tentang sumber plasma nutfah yang akan dijadikan tetua adalah sangat penting. Informasi dan pengetahuan ini dapat diperoleh oleh pemulia tanaman melalui evaluasi plasma nutfah yang ada atau melalui data-data yang tersedia. Evaluasi plasma nutfah ditujukan untuk mengetahui keunggulan sifat-sifat agronomi dan ketahanan dari tetua yang potensial pada agroklimat yang akan digunakan. Berdasarkan hasil evaluasi plasma nutfah dilakukan penyaringan dan pengelompokan sesuai dengan tujuan program pemuliaannya. Tetua yang akan digunakan untuk hibridisasi harus mengandung keunggulan sifat yang diinginkan.

Hibridisasi tanaman kacang beras dilakukan terhadap kultivar yang mempunyai satu atau lebih sifat yang diharapkan. Tetua yang baik adalah tetua yang sejenis tetapi berkerabat jauh serta mempunyai daya gabung umum yang tinggi. Kemampuan daya gabung umum sangat diperlukan dalam proses hibridisasi karena umumnya persilangan antara tetua yang memiliki daya gabung umum tinggi dapat menghasilkan keturunan yang memiliki daya gabung khusus yang tinggi. Tetua-tetua yang disilangkan adalah tetua-tetua yang memiliki sifat potensi produksinya tinggi, umur genjah, tahan terhadap hama/penyakit, atau tahan terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Dari hasil evaluasi plasma nutfah didapatkan lima varietas kacang beras varietas lokal Lombok yang memiliki keunggulan sifat yang berbeda-beda.

Perakitan varietas unggul baru biasanya ditujukan untuk menggantikan varietas yang sudah ada karena memiliki kelemahan sifat tertentu, sebagai konsekuensinya adalah memilih varietas tersebut sebagai salah satu tetua. Pemulia memilih tetua yang lain dengan memperhatikan sifat yang akan diperbaiki atau komplemen sifatnya. Ketika terdapat beberapa pilihan, varietas yang menunjukkan karakter yang diinginkan pemulia akan digunakan sebagai tetua. Jadi pemilihan tetua harus sejalan dengan tujuan dari program pemuliaan. Kadang-kadang tetua ketiga dan keempat diperlukan untuk mencukupi sifat yang diinginkan. Ini merupakan usaha untuk meningkatkan keragaman genetik, yang tentunya pengelolaan generasi segregasi menjadi lebih rumit atau sulit.



### **1.5.2. Pelaksanaan Persilangan**

Persilangan atau hibridisasi pada tanaman kacang beras pada dasarnya tidak berbeda jauh dengan tanaman budidaya pada umumnya. Kegiatan hibridisasi ini terdiri atas dua tahap yaitu hibridisasi dialel dan hibridisasi silang balik. Tahap pertama : penanaman 4 varietas yang berbeda sebagai bahan untuk hibridisasi. Penanaman dilakukan dalam lima periode dengan selisih waktu lima hari. Setiap varietas lokal ditanam dalam 10 pot untuk tiap periode, sehingga total tanaman (pot) untuk 4 varietas lokal selama 5 periode yaitu 200 pot. Setiap varietas lokal ditanam dalam waktu yang tidak bersamaan agar berperiode pembungaan yang sama, varietas yang waktu berbunganya panjang ditanam lebih awal dari yang berbunganya lebih pendek.

Penanaman dilakukan di pot untuk memudahkan pelaksanaan hibridisasi. Sebelum penanaman, dilakukan persiapan media. Tanah yang digunakan adalah tanah regosol. Tanah dikering-anginkan selama 1 minggu kemudian dilembutkan, selanjutnya dimasukkan dalam pot. Setiap pot diisi dengan tanah sebanyak 9 kg. Setiap pot ditanami dengan dua benih. Pemupukan dilakukan pada awal penanaman dengan dosis 1 g Urea, 2 g SP36, dan 1 g KCl per tanaman yang diberikan secara bersamaan dengan jarak 5 cm dari lubang tanam. Setelah umur 2 minggu dilakukan penjarangan dengan menyisakan 1 tanaman yang sehat per pot. Pemeliharaan meliputi penyiangan setiap minggu, pengairan disesuaikan dengan kebutuhan tanaman, biasanya 4 hari sekali, dan pemberantasan hama dengan menggunakan Mipcin dengan konsentrasi 2 g per liter.

Sebelum melakukan hibridisasi harus dipilih tanaman yang betul-betul sehat, kuncup bunganya sudah dewasa dimana kepala putik sudah siap diserbuki kemudian dilakukan kastrasi untuk menghilangkan tepungsari pada tetua betina. Pada satu tangkai umumnya terdiri dari beberapa kuncup bunga, tetapi sebaiknya hanya dipilih salah satu yang sudah dewasa kemudian kuncup bunga yang lain dibuang. Kegiatan hibridisasi dilakukan setelah tanaman berbung, yang diawali dengan kegiatan kastrasi kemudian dilanjutkan kegiatan persarian. Kastrasi terdiri dari beberapa kegiatan yaitu:

1. Memilih kuncup bunga yang belum mekar dan diperkirakan akan mekar besok pagi harinya
2. Membuang mahkota bunga dengan pinset yang runcing hingga tampak kepala putiknya.
3. Membuang semua tangkai sari dengan pinset

4. Memeriksa dengan kaca pembesar untuk melihat bahwa semua tangkai sari telah terbangun dan kepala putik tidak rusak
5. Mengisolasi atau menutup bunga yang telah dikastrasi dengan kantong kertas minyak yang telah berlabel
6. Membuang bunga yang tidak dikastrasi pada cabang yang bersangkutan.

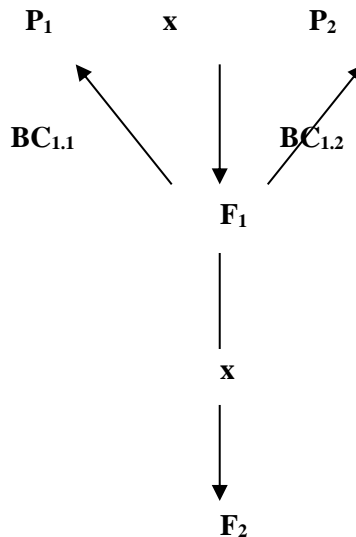
Kegiatan persarian juga terdiri dari beberapa kegiatan yaitu:

1. Mengumpulkan kepala sari (anthera) yang telah masak dari tetua jantan pada cawan /petridis dan pecahkan dengan pinset hingga diperoleh tepung sari.
2. Melakukan persarian dengan kuas kecil dengan cara mencelupkan kuas pada cawan, kemudian mengoleskan pada kepala putik bunga yang telah dikastrasi.
3. Mengisolasi atau menutup bunga yang telah diserbuki dengan kantong kertas minyak.

4. Memberi label pada bunga yang telah mengalami persarian. Label terutama mengenai tanggal persarian dan asal tetua jantan dan betina.

Sistem persarian atau persilangan yang digunakan adalah Metode Diallel I dari Griffing yaitu saling menyilangkan tetua yang digunakan sehingga diperoleh keturunan pertama (F1) dan resiproknya. Metode ini digunakan untuk menggabungkan perbedaan sifat dari tetuanya, menguji daya gabung umum, daya gabung khusus, menentukan ada tidaknya pengaruh tetua betina (maternal effects), dan menentukan ada tidaknya heterosis (vigor hibrid). Kegiatan persarian dilakukan pada pagi hari antara jam 06.00 – 08.00 Wita. Benih yang diperoleh dari hibridisasi ini disebut benih F1. Penanaman tahap kedua untuk perbanyak benih dan evaluasi hasil hibridisasi. Penanaman tahap ketiga digunakan untuk silang balik pertama (BC1.1) yaitu persilangan antara keturunan pertama hasil hibridisasi (F1) dengan tetua betina (P1) dan silang balik antara F1 dengan tetua jantan (P2), dan penanaman F1 untuk mendapatkan keturunan kedua (F2).

Skema persilangan yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Penanaman tahap keempat untuk evaluasi terhadap semua populasi yang ada (P1, P2, F1, F2, BC1.1. dan BC1.2). Pengujian genotipe dilakukan pada lahan petani. Luas lahan yang digunakan adalah kurang lebih 3000 m<sup>2</sup>. Petak lahan dibagi dalam tiga blok, dan tiap blok dibagi dalam plot-plot. Masing-masing plot luasnya tidak sama disesuaikan dengan populasinya. Adapun cara bercocok tanamnya sesuai anjuran tetapi dengan jarak tanam yang lebih luas yaitu 60 cm x 25 cm agar penampakan sifatnya bisa maksimum. Masing-masing tetua (P1 dan P2) dan F1 ditanam 2 baris (40 tanaman tiap ulangan), sedangkan BC1.1. dan BC1.2 ditanam 3 baris (60 tanaman tiap ulangan), dan F2 ditanam 10 baris (200 tanaman tiap ulangan). Pemupukan menggunakan 50 kg/ha Urea, 100 kg/ha TSP dan 50 kg/ha KCl. Pupuk diberikan bersamaan dengan penanaman. Pemupukan dilakukan secara tugal dengan jarak 5 cm dari tanaman. Penyiangan dilakukan pada saat tanaman berumur 2 dan 4 minggu setelah tanam. Pengendalian hama digunakan MIPCIN WC dengan dosis 1,6 l/ha pada konsentrasi 2 cc/l air. Penyemprotan dilakukan pada saat tanaman berumur 7 dan 21 hari setelah tanam. Untuk pengendalian penyakit digunakan Dithane M-45 dengan konsentrasi 2 g/l dan dosis 1 l/ha. Penyemprotan dilakukan pada saat tanaman berumur 35 hari setelah tanam. Pada

pengujian galur ini diikutkan semua genotipe yang ada yaitu tetua betina (P1), tetua jantan (P2), keturunan pertama hasil hibridisasi (F1), keturunan kedua hasil hibridisasi (F2), silang balik dengan tetua betina (BC1.1), dan silang balik dengan tetua jantan (BC1.2) untuk keperluan analisis genetik sifat kualitatif dan kuantitatif kacang beras varietas lokal Lombok.

### **1.5.3. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Persilangan**

Keberhasilan persilangan pada tanaman kacang beras selain dipengaruhi oleh faktor genetik juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Beberapa faktor lingkungan yang memiliki peranan penting dalam persilangan tanaman kacang beras yaitu respon tanaman terhadap lingkungan, Fase perkembangan tanaman, panjang hari, temperatur, kelembaban, curah hujan, dan kesuburan tanah.

#### **1.5.3.1. Respon Tanaman terhadap Lingkungan**

Tanaman budidaya berbeda secara luas dalam responnya terhadap faktor lingkungan. Mereka berbeda antar spesies, antar kultivar dalam spesies, and antar fase perkembangan tanaman dalam kultivar. Respon mencerminkan perbedaan-perbedaan dalam daerah adaptasi dan dalam mekanisme biologi yang terlibat untuk mengatasi perubahan lingkungan.

Faktor lingkungan utama yang mempengaruhi pembungaan adalah panjang hari, juga mengacu pada fotoperiode dan temperatur. Spesies biasanya diklasifikasikan sebagai tipe hari pendek dan hari panjang. Tanaman hari pendek berbunga ketika panjang hari adalah kurang dari panjang kritisnya dan tanaman hari panjang berbunga ketika panjang hari adalah lebih lama dari panjang kritisnya. Beberapa spesies diklasifikasikan tanaman hari netral, tetapi itu tidak mungkin bahwa semua kultivar dari suatu spesies tidak terpengaruh secara sempurna oleh panjang hari. Jagung disebut spesies hari netral tetapi respon hari pendek telah ditemukan walaupun pada jagung hibrida genjah.

Temperatur mempengaruhi rata-rata perkembangan dan jumlah bunga yang menghasilkan biji-biji masak. Tanaman-tanaman musim dingin seperti oat dan baeley menghasilkan biji minimum pada suhu 25<sup>0</sup>C, sementara tanaman tropis seperti kacang lebei mempunyai produksi maksimum di atas 30<sup>0</sup>C.

Keragaman genetik dalam respon terhadap panjang hari dan temperatur telah mengijinkan banyak spesies untuk beradaptasi terhadap rentang yang luas dari garis lintang dan garis bujur. Kedelai, spesies hari pendek, ditumbuhkan dari daerah tropis sampai 50<sup>0</sup>Utara. Kultivar kedelai yang diadaptasikan ke

daerah tropis tidak akan berbunga pada panjang hari 14 jam, sedangkan kultivar yang ditumbuhkan pada garis lintang yang lebih tinggi akan berbunga di bawah penyinaran yang terus menerus. Genotip dari garis lintang yang tinggi cenderung tumbuh baik pada temperatur dingin.

Tanaman juga dipengaruhi oleh lingkungan pada berbagai fase pertumbuhan tanaman. Sebagai contoh, panjang hari mungkin mempengaruhi awal pembungaan pada tanaman, tetapi tidak pada fase setelah pembungaan. Beberapa kultivar kedelai berbunga dengan cepat di bawah penyinaran yang terus menerus pada 14 jam penyinaran tetapi pemasakan biji ditunda oleh penyinaran yang terus menerus. Jumlah hari dari panjang hari yang benar yang diperlukan untuk mendorong pembungaan pada beberapa spesies menurun karena tanaman makin tua.

### **1.5.3.2. Fase Perkembangan Tanaman**

Perkecambahan biji memulai siklus kehidupan tanaman budidaya. Temperatur dan kelembaban yang cukup merupakan persyaratan yang universal untuk perkecambahan, walaupun banyak spesies juga menunjukkan beberapa bentuk dormansi yang harus diatasi. Dormansi dapat diasosiasikan dengan kulit biji yang keras, sensitivitas panjang hari, keperluan untuk proses setelah pemasakan, atau keperluan untuk melindungi temperatur rendah.

Fase juvenil meliputi periode dari perkecambahan sampai pembentukan tunas bunga. Rata-rata bunga terbentuk merupakan fungsi dari temperatur, tetapi waktu dari munculnya awal bunga dipengaruhi oleh panjang hari. Ukuran tanaman dewasa sering ditentukan oleh masa fase juvenil karena tanaman yang berbunga terlambat mempunyai bunga yang lebih banyak, karena tanaman tersebut memiliki buku lebih banyak, dan lebih tinggi dibanding yang berbunga lebih awal. Rata-rata perkembangan juga dipengaruhi oleh kelembaban tanah, tipe tanah, dan kesuburan.

Pembentukan tunas bunga memulai fase reproduktif. Untuk menentukan spesies dan kultivar, pembentukan daun-daun baru berhenti ketika pembungaan mulai, bagaimanapun daun dan batang mungkin terus membesar. Jagung, tanaman determinit tidak membentuk daun baru setelah bunga jantan terbentuk. Untuk tanaman indeterminit, daun baru terbentuk setelah bunga terakhir terbentuk. Kedelai dan kacang beras mempunyai baik kultivar determinit maupun indeterminit.

Fase reproduktif berakhir dari pembentukan bunga sampai pembuahan bunga. Panjang dari fase ini ditentukan oleh panjang hari pada beberapa spesies. Sebagai contoh, primordia reproduktif padi dapat berubah ke primordia vegetatif jika fotoinduksi tanaman tidak sempurna; pemunculan penikel dapat ditunda atau dicegah jika panjang hari adalah terlalu panjang setelah pembentukan bunga atau waktu dari pembentukan bunga sampai antesis untuk sorgum dan kedelai dapat ditunda dengan panjang hari yang lama.

Waktu dari pembuahan bunga sampai pemasakan biji disebut fase pemasakan. Ini dapat dibagi menjadi 3 periode, sesuai rata-rata akumulasi berat kering dalam biji yaitu periode lambat, periode linier, dan periode ketika rata-rata level off sebelum masak. Periode lambat dapat 1 minggu pada gandum atau 20 hari pada kedelai. Lamanya juga dipengaruhi oleh panjang hari dan temperatur. Hari pendek dan temperatur hangat memperpendek periode lambat pada kedelai, spesies hari pendek.

Pengisian biji yang cepat terjadi selama periode linier, rata-rata dan lamanya dipengaruhi oleh panjang hari dan temperatur. Temperatur yang tinggi memperpendek lama pengisian biji dan meningkatkan rata-rata pengisian biji pada sorgum, padi, dan gandum. Pada tanaman hari pendek, pengaruh penundaan temperatur dingin pada musim gugur mungkin mengganti kerugian dengan memperpendek panjang hari.

### **1.5.3.3. Panjang hari**

Setelah tanaman melengkapi fase vegetatif dasar (BVP), pembentukan bunga seringkali tergantung pada panjang hari. Fotoperiod kritis didefinisikan sebagai panjang hari maksimum yang mana tanaman hari pendek akan berbunga dan panjang hari minimum yang mana tanaman hari panjang akan berbunga. Fotoperiode optimum adalah panjang hari yang mana tanaman akan berbunga dalam waktu paling pendek setelah BVP dilengkapi.

Pengetahuan fotoperiode kritis adalah hal yang penting ketika panjang hari digunakan untuk menunda pembungaan kultivar. Fotoperiode kritis kedelai Biloxi, tanaman hari pendek, adalah 13,5 jam. Pemulia dapat menggunakan 14 jam untuk mencegah pembungaan dari kultivar ini sampai tetua yang lain tersedia untuk hibridisasi.

Periode kritis dapat berbeda antar kultivar suatu spesies dan seringkali dihubungkan dengan keleluasaan (garis lintang) adaptasi. Kultivar dari garis lintang rendah mempunyai periode kritis yang lebih pendek dari pada garis lintang tinggi. Kultivar kedelai yang beradaptasi ke Amerika bagian selatan

mempunyai periode kritis 13,5 jam; yang beradaptasi di Minnesota bagian utara dan Kanada bagian selatan tidak mempunyai periode kritis. Periode kritis sorgum yang diadaptasikan ke Amerika adalah lebih lama dari pada di tropis.

Pengetahuan fotoperiode optimum untuk spesies adalah berguna untuk memperoleh pembungaan dan perkembangan biji dalam waktu terpendek. Fotoperiode optimum tidak diketahui untuk sebagian besar spesies tanaman; bagaimanapun juga; pemulia umumnya menggunakan sekitar 12 jam sehari untuk memperoleh pembungaan yang cepat dari spesies hari pendek dan 20 – 24 jam untuk tipe hari panjang. Pengurangan dalam jumlah hari untuk pembungaan kemungkinan linier untuk tiap jam perubahan dalam panjang hari dari periode kritis ke optimum. Kurve respon panjang hari adalah berguna dalam menduga kapan pembentukan bunga akan terjadi pada berbagai panjang hari.

Fotoperiode optimum untuk pembungaan cepat mungkin tidak optimal mungkin tidak optimal untuk mendapatkan bunga-bunga yang diharapkan untuk hibridisasi karena pada fotoperiode optimum terdapat bunga-bunga yang lebih sedikit, yang mempunyai polen lebih sedikit, dan yang mungkin lebih kleistogam dari pada panjang hari lebih dekat ke fotoperiode kritis. Penyinaran buatan dapat digunakan untuk memperpanjang panjang hari tanaman hari pendek untuk mendapatkan bunga yang cocok untuk hibridisasi terutama yang waktu pembungaannya berbeda. Faktor yang perlu diperhatikan dalam mengkreasi panjang hari buatan dengan penyinaran adalah waktunya, lamanya, tingkatnya, dan kualitasnya.

Mendung mempengaruhi tingkat penyinaran dan temperatur, pengaruh yang mempertinggi hibridisasi dari beberapa spesies dan menghambat hibridisasi untuk spesies yang lain. Bunga ketela rambat tetap terbuka lebih lama pada saat mendung dari pada saat panas, dan hibridisasi kacang pea lebih berhasil ketika harinya adalah dingin dan terang dari pada ketika panas, kering dan berangin. Tetapi pada kacang lebei kondisi mendung, cuaca lembab dapat menyebabkan keguguran bunga dan polong. Efisiensi penyinaran buatan dapat diasosiasikan dengan kualitas sinar. Sebagai contoh, sinar merah adalah paling sedikit 30 kali lebih efisien untuk mengontrol pembungaan kedelai dari pada sinar biru.

#### **1.5.3.4. Temperatur**

Temperatur berpengaruh besar pada perkembangan semua spesies, tetapi pengaruh langsungnya pada pembentukan dan perkembangan bunga

adalah sangat beragam antar dan dalam spesies. Ketika setiap respon tanaman secara simultan terhadap temperatur dan fotoperiode, tingkat respon pada setiap stimulus adalah juga beragam.

Keperluan vernalisasi untuk pembungaan tanaman musiman atau tahunan secara langsung berhubungan dengan temperatur. Temperatur juga merupakan faktor utama yang menentukan pembentukan bunga pada spesies dengan respon panjang hari yang terbatas. Jagung, sebagai contoh, mempunyai respon terhadap panjang hari untuk hanya 15 sampai 25 hari setelah berkecambah (emergence) pada daerah sedang (temperate), sehingga pengaruh temperatur lebih penting dibandingkan panjang hari. Pembungaan dan pemasakan jagung dapat diprediksi dengan akumulasi catatan temperatur antara 10 – 30°C selama musim pertumbuhan.

Terdapat temperatur kritis minimum dan maksimum untuk pembentukan dan perkembangan bunga pada sebagian besar tanaman. Temperatur kritis minimum untuk deferensiasi penikel (malai) padi adalah 15 – 18°C, temperatur di bawah 21°C atau di atas 32°C akan menunda pembentukan bunga dan mengurangi biji kedelai dan temperatur kritis minimum dan maksimum untuk pembentukan dan perkembangan bunga kacang tanah adalah 21 dan 33°C.

Temperatur kritis untuk hibridisasi adalah lebih terbatas dari pada untuk pembentukan dan perkembangan bunga. Temperatur dingin meningkatkan kecenderungan untuk berbunga pada tanaman menyerbuk sendiri sebelum mereka cukup besar untuk manipulasi, dan kedinginan mengurangi jumlah tepung sari. Pada sisi lain, temperatur tinggi memperpendek lama reseptif putik, lama dan viability polen. Temperatur 33°C menghasilkan viability yang rendah pada polen kacang tanah. Temperatur tanah dalam daerah podding merupakan temperatur kritis untuk perkembangan kacang tanah; temperatur minimum adalah 15-17°C dan maksimum 37-39°C dan optimum 31-33°C.

Respon banyak tanaman terhadap panjang hari dipengaruhi oleh temperatur. Pentingnya temperatur relatif malam dan siang untuk mengubah respon panjang hari tidak sama pada beberapa kajian. Temperatur malam yang dingin menghambat pembungaan padi pada hari pendek. Temperatur malam yang dikendalikan lingkungan adalah lebih penting dari pada temperatur siang untuk merubah fotoperiode kritis kacang beras dan kedelai. Temperatur



optimum untuk hibridisasi adalah lebih rendah untuk tanaman yang diadaptasikan ke daerah sedang dari pada daerah tropis. Temperatur optimum adalah 19<sup>0</sup>C untuk kentang dan kacang pea yang merupakan tanaman musim dingin. Hibridisasi tanaman leubi berhasil pada suhu sampai 40<sup>0</sup>C.

#### **1.5.3.5. Kelembaban**

Kelembaban tanah yang cukup adalah sangat penting untuk mendapatkan tanaman yang vigor yang akan mempunyai jumlah minimum keguguran bunga dan biji. Sebagian besar spesies dan kultivar tumbuh baik pada tanah yang drainasenya baik dan kapasitas yang baik untuk menjaga air.

Spesies dan kultivar berbeda dalam kemampuan untuk menjaga kelebihan dan kekurangan kelembaban. Persentase yang tinggi keguguran bunga pada tembakau pada cekaman kekeringan, dan tanaman dapat dirusak atau dimatikan dalam 24 – 48 jam ketika temperatur tinggi dan tanah tergenang. Sebagian besar spesies mengurangi produksi biji ketika stres kelembaban terjadi selama pembungaan dan pengisian biji awal. Hal yang sangat penting adalah pemberian air selama periode kritis untuk hibridisasi. Jika irigasi tidak tersedia, stres kelembaban dapat dikurangi dengan pengadaan area lahan yang lebih per tanaman dan mengurangi bunga yang berlebih dari tanaman.

Temperatur tanah dapat mempengaruhi set biji spesies yang buahnya berkembang di bawah tanah. Kandungan kelembaban tanah optimum dalam daerah polong kacang tanah kira-kira 40 % dari total volume tanah di lahan. 80 – 85 % kapasitas tanah merupakan kondisi terbaik penanaman kacang tanah di rumah kaca. Pemasakan dapat dihambat dengan mengurangi ketersediaan air pada akhir musim pertumbuhan. Jika suplai air dikurangi, pemeliharaan harus dilaksanakan dengan baik untuk menjamin bahwa biji diperoleh adalah cukup besar untuk mendapatkan viabilitas yang cukup.

Kelembaban relatif merupakan hal penting pada waktu hibridisasi tanaman menyerbuk sendiri. Terdapat batas atas kelembaban relatif untuk semua tanaman karena perlahan-lahan tepung sari akan layu dan sulit ditangani atau infestasi penyakit terjadi. Ketika kelembaban relatif terlalu tinggi, bunga beberapa spesies dapat dikumpulkan dan dikeringkan. Kelembaban relatif yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kegagalan tepung sari untuk berkecambah pada putik. Penutupan putik pada bagian bunga atau menutupi bunga dengan kantung mungkin meningkatkan kelembaban relatif dan memperbaiki persentase pembentukan biji.

#### **1.5.3.6. Kesuburan Tanah**

Hibridisasi dan pembentukan biji yang berhasil terjadi jika dijaga agar tanaman tetap sehat dan hijau. Uji tanah berguna untuk menentukan jumlah unsur yang akan ditambahkan.

Pemupukan N yang tinggi diharapkan pada beberapa spesies dan kultivar tetapi tidak untuk yang lain. Ketela rambat dan kacang beras akan menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang berlebih jika kandungan N tanah tinggi. Pertumbuhan vegetatif yang berlebih dapat menyebabkan kerebahan, keguguran bunga, dan penundaan pemasakan. Sebaliknya pemupukan N dua kali normal meningkatkan produksi biji tembakau.

Beberapa spesies mempunyai persyaratan tertentu untuk perkembangan biji. Kacang tanah memerlukan jumlah Ca yang tinggi untuk menghindari banyaknya polong yang kosong atau mengandung biji yang layu.

Pembatasan pada pemupukan dan perkembangan menguntungkan untuk pembungaan beberapa spesies tanaman. Pembatasan pertumbuhan akar ketela rambat dengan menanam di pot dapat meningkatkan pembungaan.

#### **1.5.4. Hasil Hibridisasi dan Kajian Genetik**

Hasil dari hibridisasi antar 4 varietas lokal Lombok dengan menggunakan rancangan dialel lengkap adalah diduplikasinya 16 genotipe yang memiliki perbedaan dan keragaman satu sama lainnya baik keragaman kualitatif maupun kuantitatif. Untuk mengetahui besarnya keragaman dan perbedaan tersebut telah dilakukan evaluasi untuk ke-16 genotipe tersebut ditambah dengan satu varietas unggul KT-5 sebagai pembanding. Pada evaluasi ini juga diketahui tentang daya gabung umum dan khusus, nilai duga heritabilitas arti sempit dan arti luas, serta korelasi genotipiknya. Hasil dari evaluasi tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut: 1). Warna bunga, warna polong, dan warna biji dari keturunan 16 type persilangan memiliki keragaman yang cukup besar. Warna bunga sebagian besar adalah ungu, warna polong sebagian besar adalah coklat, dan warna biji sebagian besar adalah coklat muda. 2). Enam belas genotipe yang dievaluasi menunjukkan daya gabung umum dan daya gabung khusus yang berbeda nyata hampir pada semua peubah yang diamati kecuali pada berat biji per tanaman, jumlah bunga mekar per tanaman, dan jumlah polong per tanaman untuk daya gabung umum; sedangkan diameter batang, berat biji per tanaman, prosentase bunga jadi polong, dan panjang polong, daya gabung khususnya tidak berbeda nyata. 3). Gen-gen pengendali sifat sebagian

ada yang di dalam inti sel dan sebagian ada yang di luar inti sel. Sifat-sifat yang dikendalikan oleh gen di dalam inti sel yaitu diameter batang, jumlah bunga mekar per tanaman, jumlah bunga mekar per tandan, umur panen, jumlah cabang, dan jumlah tangkai bunga. 4). Umur berbunga dan umur panen mempunyai nilai duga heritabilitas arti luas maupun arti sempit yang tinggi. 5). Berat biji per tanaman dan umur panen memiliki hubungan keeratan terhadap semua peubah yang diamati kecuali terhadap panjang polong untuk berat biji per tanaman, sedangkan diameter batang dan berat 100 butir biji secara genetik hubungannya tidak berbeda nyata dengan umur panen.

### **1.5.5. Faktor-faktor Genetik**

#### **1.5.5.1. Jumlah alel pada setiap lokus**

Pada persilangan antara dua varietas galur murni atau galur inbrida, setiap lokus akan mempunyai maksimum dua alel yang berbeda, satu dari setiap varietas. Dengan persilangan yang sesuai dari sejumlah varietas galur murni, dan tentunya dalam persilangan tanaman-tanaman yang berbeda dari dua varietas menyerbuk silang, hal itu memungkinkan untuk mempunyai banyak lokus yang direpresentasikan oleh sejumlah alel yang berbeda. Jumlah genotipe meningkat dengan pesat karena lebih banyak lokus direpresentasikan oleh lebih dari dua alel yang berbeda. Sebagai contoh, dengan hanya dua pada setiap dari tiga lokus, 27 genotipe adalah mungkin, tetapi 4 alel yang berbeda pada lokus-lokus ini membuat 1000 genotip berbeda yang mungkin. Untuk keturunan tanaman diploid F1 tunggal, jumlah maksimum alel yang berbeda untuk satu lokus manapun adalah dua. Situasi pada poliploid, dimana lebih dari dua alel mungkin merepresentasikan pada tanaman tunggal akan dipertimbangkan kemudian.

#### **1.5.5.2. Keterkaitan (Linkage)**

Dalam hubungannya dengan hasil rekombinasi sejumlah besar gen, itu hampir pasti bahwa beberapa gen akan terkait. Pengaruh keterkaitan frekuensi kombinasi gen. Besarnya pengaruh akan tergantung pada tingkat keterkaitan. Keterkaitan tidak mempengaruhi rata-rata homosigositas hasil dari inbreeding. Pengaruh dari keterkaitan digambarkan oleh gen T dan R untuk ketahanan thd bunt pada gandum. Gen-gen ini telah ditemukan terkait dengan sekitar 15% pindah silang dan terjadi secara tunggal pada varietas gandum Turki 3005 dan Rio. Gen-gen tersebut terjadi bersama-sama pada Turki 10016. Jika Turki 10016 digunakan sebagai sumber ketahanan pada persilangan dengan varietas

rentan (ttrr), 81,9 % dari tanaman F2 akan tahan karena kehadiran salah satu atau kedua gen ketahanan. Lebih jauh 22 % nya akan homosigot untuk kedua gen tahan. Jika gen-gen ini bebas (tidak terkait), 93,75 % tanaman akan tahan pada F2 tetapi hanya 60% akan mempunyai kedua gen untuk ketahanan dan hanya 6,25 % akan homosigot untuk kedua gen. Jika gen tahan berasal dari dua tetua, seperti Turkey 3005 (TTrr) dan Rio (ttRR), rekombinasi akan mengikuti pola yang lain. Kira-kira 99,5 % tanaman F2 akan tahan, dengan hampir setengah mempunyai dua gen tetapi hanya 0,6 % akan homosigot untuk kedua gen ketahanan.

Pada situasi lain suatu gen yang diharapkan maupun tidak mungkin terkait. Sebagai contoh gen yang mengatur ketahanan thd karat daun pada gandum terkait dengan gen tingkat kemasakan yang lama (umur panjang). Hal ini menyulitkan pemulia untuk mendapatkan varietas yang tahan terhadap penyakit karat dan berumur genjah. Setelah menumbuhkan populasi yang sangat besar, strain yang tahan dengan umur panen yang relatif pendek akhirnya didapatkan. Sekali crossover didapatkan, pemulia tanaman pada posisi yang baik karena kegenjahan dikaitkan dengan ketahanan.

Hal penting untuk dinyatakan ketika dua varietas galur murni disilangkan, jumlah maksimum kombinasi gen berbeda dicapai pada F2; sebenarnya kombinasi terjadi pada tanaman F1 pada waktu pembuahan. Oleh karena itu populasi F2 harus sebesar mungkin, konsisten dengan tujuan dari program dan ketersediaan lahan dan tenaga. Populasi yang besar pada generasi berikutnya akan sedikit pengaruhnya untuk meningkatkan jumlah gen kombinasi gen yang berbeda. Alasannya adalah bahwa sebagian besar tanaman akan menjadi homosigot, ketika pematangan keterkaitan tidak menghasilkan kombinasi gen baru.

Terdapat beberapa bukti bahwa keterkaitan gen-gen tertentu mungkin disukai pada evolusi. Efektivitas gen atau sejumlah gen nampaknya ditambah dalam kehadiran gen lain. Seleksi alam akan menyukai pergantian dalam struktur kromosom komplemen yang membawa bersama-sama gen-gen yang bergabung dengan berhasil. Jika diasumsikan gen-gen yang bergabung baik pada kromosom yang sama, inversi akan mempengaruhi hubungan spasialnya dan derajat gabungannya. Inversi yang membawa gen-gen tersebut bersama-sama lebih dekat akan disenangi oleh seleksi alam karena mereka akan diwariskan sebagai satu kesatuan, pindah silang akan menjadi jarang diantara mereka. Karena seleksi menyukai perubahan dalam hubungannya dengan keterkaitan pada populasi alamiah, pemulia tanaman mungkin dapat

memperoleh keuntungan dengan mengeksplor kemungkinan perubahan dalam susunan gen agar produksi tanaman lebih efisien.

### **1.5.5.3. Perbedaan-perbedaan Struktur dalam Kromosom.**

Jika dua varietas berbeda dalam struktur dari (atau susunan gen pada) kromosom mereka, rekombinasi gen mungkin dipengaruhi. Translokasi resiprokal hasil dari keterkaitan baru gen-gen, tetapi mereka tidak menempatkan hambatan untuk pindah silang kecuali dalam sekitar daerah translokasi pemecahan kromosom yang terikut. Hambatan pindah silang mungkin diperluas dari titik translokasi terhadap sentromer pada spesies dengan ekse segregasi kromosom pada meiosis.

Pada tanaman-tanaman yang heterosigot untuk inversi yang besar, pindah silang pada segmen yang diinversi biasanya hasil dari defisiensi, duplikasi, fragmen (penggalan), atau disentrik kromosom, dan gamet-gamet yang memproses mereka adalah sebagean besar tidak berfungsi. Dengan kata lain, gen-gen dalam inversi diwariskan sebagai satu kesatuan. Pada inversi homosigot, tentu saja, pindah silang akan terjadi dalam bagian yang diinversi, tetapi ketika dua varietas yang berbeda akibat inversi disilangkan, gen-gen dari bagian yang diinversi diwariskan sebagai kelompok.

### **1.5.5.4. Frekuensi Gen**

Hal penting untuk diingat bahwa frekuensi gen populasi F1 akan tetap sama dalam generasi-generasi berikutnya dari populasi hibrida, walaupun frekuensi genotipe akan berubah. Frekuensi gen yang stabil akan berubah jika ada seleksi genotip, mutasi, introduksi, atau jika beberapa genotip kurang produktif dibandingkan yang lain. Pemulia tanaman akan mengelola populasi untuk meningkatkan frekuensi gen yang diinginkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

### **1.5.5.5. Homosigosis**

Mendel telah menyadari pengaruh penyerbukan sendiri dan menunjukkan bahwa pengaruhnya pada lokus heterosigot Aa adalah untuk mengurangi heterosigisitas dengan 50 % setiap generasi. Keturunan Aa akan menjadi AA : 2Aa : aa, yaitu setengah akan heterosigot. Homosigot AA dan aa tidak akan segregasi pada generasi berikutnya, sedangkan 2Aa akan memberikan 50 % homosigot dan 50 % heterosigot, sehingga pada generasi berikutnya heterosigot akan berkurang setengahnya dan homosigot akan

meningkat. Proporsi homosigositas untuk lokus ini diberikan dengan rumus  $(2^m - 1) / 2^m$ , dimana  $m$  merupakan jumlah generasi segregasi, sehingga rumus ini akan memberikan proporsi homosigositas, tidak masalah berapa banyak lokus adalah heterosigot awalnya. Perlu diperhatikan bahwa rumus tersebut mengacu pada lokus, hal itu tidak memberikan jumlah tanaman yang akan menjadi homosigot.

#### **1.5.5.6. Genotipe yang Homosigot**

Proporsi tanaman homosigot bagaimanapun merupakan hal yang lebih menarik bagi pemulia karena tipe demikian biasanya melayani sebagai dasar varietas baru. Jumlah genotip homosigot diberikan dengan rumus  $[(2^m - 1) / 2^n]^n$  dimana  $m$  jumlah generasi segregasi dan  $n$  jumlah lokus segregasi. Jika diasumsika bahwa 2 lokus adalah heterosigot pada tanaman F3, nilai akan menjadi 9/16; pada F4 = 49/64; dst. Perlu dicatat bahwa untuk satu lokus, terdapat 2 genotip homosigot; untuk 2 lokus terdapat 4 genotip homosigot dan untuk  $n$  lokus akan terdapat  $2^n$  genotipe homosigot.

Keterkaitan tidak akan mempengaruhi level heterosigositas yang mengacu pada lokus, tetapi hal ini akan mempengaruhi proporsi genotip homosigot dalam 2 hal: 1). keterkaitan mempunyai pengaruh mengurangi  $n$  dalam rumus, dengan 2 gen terkait akan mempunyai seperti jika dua gen terpaut tadi pada satu lokus; 2). genotip homosigot yang berbeda tidak akan hadir dalam proporsi yang sama, sehingga gen-gen terkait akan lebih sering. Komposisi gen pada berbagai generasi inbrid dapat diperoleh dengan memperluas binomial  $[1 + (2^n - 1)]^n$  dimana  $n$  adalah jumlah pasang gen yang terlibat dan  $m$  adalah jumlah generasi menyerbuk sendiri.

## DAFTAR PUTAKA

- Adimihardja, A., I. Juarsah dan U Kurnia. 1999. Pengaruh Penggunaan Berbagai Jenis dan Takaran Pupuk Kandang Terhadap Produktivitas Tanah Ultisol Terdegradasi di Desa Batin, Jambi. H. 303-319 dalam Pros. Seminar Nasional Sumberdaya Tanah, Iklim dan Pupuk. PUSLITANAK, Bogor.
- Aremu, C.O., M.A. Adebayo, O.J. Ariyo and B.B. Adewale. 2007. Classification of genetic diversity and choice of parent for hybridization in cowpea (*Vigna umbellata* L. Walp.) for humid savana ecology. African J. of Biotechnology 6(20): 2333-2339.
- Arya, M.P.S. and Singh, R.V. 1994. Response of ricebean (*Vigna umbellata*) to the source and the levels of phosphorus. *Legume Research* 17(1):41-46.
- Blackhurst, H.T. and J.C. Miller, Jr. 1980. Cowpea. p. 327-337. In: W.R. Fehr and H.H. Hadley (eds.), Hybridization of crop plants. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Wisconsin, USA.
- Bourion, V., M. Duparque, I.L.Henaut, NGM Jolain. 2002. Criteria for selecting productive and stable pea cultivars. *Euphytica* 126:391-399.
- Briggs, F.N. and P./F. Briggs. 1967. Introduction to Plant Breeding. Reinhold Publishing Corp. p. 341-373.
- Duvick, D.N. 1990. Genetic enhancement and plant breeding. p. 90-96. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR.
- Endang, P. dan Santosa. 2005. Efisiensi pemupukan fosfat, ketahanan terhadap kekeringan dan pertumbuhan kacang tanah (*Arachishypogae* L.) dengan inokulasi jamur mikoriza vesikular-arbuskular pada tanah berkapur. Program Studi Biologi Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 15 hlm
- Fatakun, C.A. 1991. Wide hybridization of cowpea: problems and prospects. *Euphytica* 54:137-140.
- Fatokun, C.A. and B.B. Singh. 1987. Interspecific hybridization between *Vigna pubescens* and *V. umbellata* L. Walp. through embryo rescue. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 9: 229-233.
- Fery, R.L. 1985. The genetics of cowpeas: A review of the world literature. p. 25-61. In: S.R. Singh and K.O. Rachi (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley and Sons.
- Gopinathan M.C., Babu C. R., Shivanna K.R. 1986. Interspecific hybridization

- between rice bean (*Vigna umbellata*) and its wild relative (*V. minima*): Fertility-sterility relationships. *Euphytica*. 35(3): 1017-1022.
- Gopinathan, M. C. and C. R. Babu (1986). Meiotic studies of the F-1 hybrid between rice bean (*Vigna umbellata*) and its wild relative *Vigna minima*. *Genetica* 71(2): 115-118.
- Hall, A.E. 1997. Cowpea Breeding in J. Janick. Plant Breeding Reviews, Volume 15, John Wiley. 216p.
- Karsono, S., 1998. Ekologi dan Daerah Pengembangan Kacang tunggak di Indonesia. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Ubi-ubian, Malang. Hal 59 – 72.
- Kasno dan Trustinah, 1998. Pembentukan Kacang tunggak. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Ubi-ubian , Malang. Hal. 20 – 58.
- Kasno, A. 1991. Pemuliaan Tanaman Kacang-Kacangan. Makalah pada Simposium Pemuliaan Tanaman II. Perhimpunan Pemulia Tanaman Indonesia Komisariat Jawa Timur di Malang
- Kelly, J.D., J.M. Kolkman, dan K.Schneider, 1998. Breeding for Yield in Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 102: 343 – 356.
- Kusumo, B, H., M Ma'shum, I.W. Karda, E.S. Lolita. 2011. Teknologi Pengembangan Sorgum Untuk Pakan Ternak di Lahan Kering Guna Mendukung Program Bumi Sejuta Sapi di NTB.Laporan. Penelitian Ristek. Universitas Mataram
- Lokesha, R. And Veeresh, L.C. 1993. Induced mutagenesis and genetic improvement of rice bean (*Vigna umbellata* (thunb.) Ohwi and Ohashi). *Legume Research* 16(1):37-40.
- Machado M., Tai W., dan Baker L.R.1982. Cytogenetic analysis of the interspecific hybrid *V. Radiata x V. Umbellata* . *The Journal of Heridity* Vol 73(3): 205-208
- Mahalakshmi, V., Q.Ng., M. Lawson and R. Ortiz. 2007. Cowpea (*Vigna umbellata* L. Walp.) core collection defined by geographical, agronomical and botanical descriptors. *Plant Genetic Resources: Characterization and utilization* 5(3): 113-119.
- Ma'shum M., Lolita E.S., Sukartono dan Kunto K., 2003. Optimasi Pemanfaatan Sumberdaya Lahan Kering untuk Pengembangan Budidaya Kedelai dan Jagung Melalui Pendekatan Biologi dan Pemanenan air Hujan menuju Pertanian Berkelanjutan. Laporan Penelitian Riset Unggulan Terpadu (RUT) Tahun 2003.



- Musfal, (2010), Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29 (4): 154-158
- Nasrullah. 1994. *Agriculture - Short Course Plant Breeding*. Vol. 2. Universitas Mataram, Lombok, Indonesia
- Odhiambo, J. J. O. , B. O John, Ogola and T. Madzivhandila. Effect of green manure legume - maize rotation on maize grain yield and weed infestation levels. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5(8), pp. 618-625, 18 April, 2010. <http://www.academicjournals.org/AJAR>
- Poerba, Y.S. dan F. Syarif. 1999. Toleransi beberapa genotipe *Vigna umbellata* (thunb.) terhadap suhu tinggi pada berbagai tahap pertumbuhan. *Berita Biologi* 4(5):247-254.
- Rahim, M.A., Mia A.A., Mahmud F., Zeba N. and Afrin K.S. 2010. Genetic variability, character association and genetic divergence in Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *POJ* 3(1):1-6
- Salimath, P.M., S. Biradar, Linganagowda and M.S. Uma. 2007. Variability parameter in F2 and F3 populations of cowpea involving determinate, semideterminate and indeterminate types. *Karnatak J.Agric.Sci.* 20(2):255-256
- Singh, B.B., H.A. Ajeigbe, S.A. Tarawali, S.F. Rivera, M. Abubakar. 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Research* 84:169-177.
- Soemarno, MS, ( 2010), Ketersediaan unsur hara dalam tanah. FP-UB, Malang. <http://lecture.ub.ac.id/anggota/marno/>. [3 Oktober 2013]
- Somta P., Talekar N.S., Srinives P. 2006. Characterization of *Callosobruchus chinensis* (L.) resistance in *Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & Ohashi. *Journal of Stored Product Research* Vol. 42(3): 313-327.
- Setyorini, D., W. Hartatik, L.R. Widowati dan S. Widawati. 2004. Teknologi Pengelolaan Hara pada Budidaya Pertanian Organik. Lap Akhir Bag. Proyek Penelitian Sumberdaya Tanah dan Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif. PUSLITANAK, Bogor.
- Susilowati, L.E. dan Sukartono, 2007. Respon tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum*) yang diinokulasi MVA pada ragam cara pemberian bahan organik dan jeda pengairan di Lahan Kering Pulau Lombok. *Prosiding Kongres Nasional HITI 5-7 Desember 2007*, Yogyakarta.
- Suwardji, Suardiari, G., dan Hippi, A. 2007. Meningkatkan efisiensi air irigasi dari “sumber air tanah dalam” pada lahan kering pasiran Lombok Utara menggunakan teknologi irigasi sprinkler big gun. *Prosiding Konggres Nasional HITI IX, 5-7 Desember 2007*, Yogyakarta.

- Suwardji, Tejowulan, RS., Rakhman, A., dan Munir, B., 2004. Rencana strategi pengembangan lahan kering Propinsi NTB, 157 hal.
- Ujianto, L dan U.M. Yakop. 2006. Perbaikan kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L.) lokal Lombok melalui seleksi galur murni. Jurnal Penelitian Unram. Vol. 2(10)
- Ujianto, L. (2010), Perbaikan produksi dan ketahanan kacang hijau terhadap hama kumbang bubuk melalui persilangan dengan Kacang beras. Laporan Hibah Doktor, Universitas Barwijaya Malang
- Ujianto, L, (2011), Kajian Persilangan antar Spesies Kacang hijau dengan Kacang beras. Disertasi. Universitas Barwijaya Malang
- Ullah, M.A., A.N. Tariq, and A. Razzaq. 2007. Effect of rice bean (*Vigna umbellata*) intercropping on the yield of perennial grass, *Panicum maximum* CV. Gatton under rainfed conditions. Journal of Agriculture & Social Sciences. J. Agri. Soc. Sci., Vol. 3(2):70-72.
- Van der Maesen, L.J.G. and S. Somaatmadja, (1993), Plant resources of South East Asia. Pudoc Wageningen, 105 p.

## Indeks

- Dormansi, 11, 31  
Eksplorasi, 16  
Fase  
    reproduktif, vegetatif, 3, 10,  
    11, 12, 30, 31, 32, 33  
Fase reproduktif, 12, 32  
Fase vegetatif, 10  
Fotoperiode, 33, 34  
Genetik, 14, 19, 20, 23, 37, 38  
Hibridisasi, 19, 21, 25, 26, 35,  
    36, 37  
Homosigot, 40, 41  
Iklim, 41  
Inversi, 39  
Keragaman kuantitatif, 16  
Kromosom, 20, 22, 40  
Kultivar, 31, 33  
Linkage, 38  
lokus, 25, 38, 40, 41  
Mikoriza, 3, 43  
monogenik, 18  
oligogenik, 18  
Organik, anorganik, hayati, 3,  
    24  
Pemuliaan, 43  
Plasma nutfah, 1, 15, 16, 23  
poligenik, 18  
Populasi, 23, 39  
Rhizobium, 9  
Seleksi, 17, 39  
Sitogenetik, 20  
spesies, 11, 12, 15, 20, 22, 25,  
    30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 40  
Translokasi, 40  
Ultisol, 41  
Varietas lokal, 16, 17

## **II. LAHAN KERING DI NUSA TENGGARA BARAT (Potensi, Masalah dan Peningkatan Produktivitas Lahan Kering Untuk Tanaman Pangan)**

Apa yang dimaksud dengan lahan kering? Di Indonesia batasan mengenai istilah “lahan kering” masih belum ada kesepakatan diantara pakar pertanian. Beberapa pihak menggunakan padanan istilah lahan kering dengan batasan yang digunakan dalam bahasa Inggris: *upland*, *dryland*, atau *non irrigated land* (Soemarno, 2010). Ketiga istilah yang digunakan dalam bahasa Inggris tersebut menyiratkan umumnya lahan pertanian berada di daerah bercurah hujan terbatas. Pengertian *upland* mengandung arti lahan atasan (lahan di daerah dataran tinggi) dengan ciri topografi bergelombang dan sumber air irigasi sepenuhnya bergantung pada curahan air hujan. Sementara *dryland* merupakan lahan pertanian yang terdapat di daerah dengan curah hujan yang sangat sedikit. Istilah *non irrigated land* biasanya digunakan untuk teknik pertanian yang tidak memiliki fasilitas irigasi. Definisi yang diberikan oleh *Soil Survey Staffs* (1998), lahan kering adalah hamparan lahan yang tidak pernah tergenang atau digenangi air selama periode sebagian besar waktu dalam setahun.

Tejoyuwono (1989, dalam Suwardji dkk., 2003) memberikan batasan terkait dengan pengertian lahan kering, sebagai berikut:

- kawasan atau daerah yang memiliki jumlah evaporasi potensial melebihi jumlah curah hujan aktual atau daerah yang jumlah curah hujannya tidak mencukupi untuk usaha pertanian tanpa irigasi; kawasan semacam ini disebut dengan “Daerah Kering”.
- lahan dengan drainase alamiah lancar dan bukan merupakan daerah dataran banjir, rawa, air tanah dangkal, atau lahan basah alamiah lain; lahan semacam ini disebut lahan atasan atau *Upland*.
- lahan pertanian yang diusahakan tanpa penggenangan; lahan semacam ini disebut lahan kering.

Pada Seminar Nasional Pengembangan Wilayah Lahan Kering III di Lampung dibangun suatu batasan lahan kering dengan mengacu pada padanan istilah dalam bahasa Inggris “*upland* dan *rainfed land*”. Lahan kering didefinisikan sebagai hamparan lahan yang didayagunakan untuk usaha pertanian tanpa penggenangan air, baik secara permanen maupun musiman dengan sumber air berupa hujan atau air irigasi (Suwardji dkk., 2003). Tipologi lahan kering dapat dijumpai dari dataran rendah (0-700 m dpl) hingga dataran tinggi (>700m dpl).

Berdasarkan tipe iklim, lahan kering di Indonesia dapat dikategorikan menjadi dua katagori, yaitu (1) lahan kering iklim basah (LKIB) yaitu daerah yang memiliki curah hujan di atas 2500 mm/tahun, banyak terdapat di kawasan Barat

Indonesia; (2) lahan kering iklim kering (LKIK) yaitu daerah dengan ekosistem yang tidak pernah tergenang atau digenangi air pada sebagian besar waktu dalam setahun atau sepanjang waktu (Hidayat dan Mulyani, 2004), dan berada pada wilayah dengan total hujan tahunan <2.000 mm/th, dengan rata-rata bulan basah hanya 3-5 bulan (As Syakur, dkk.2011). LKIK banyak terdapat di kawasan Timur Indonesia. Jenis penggunaan lahan diantaranya sebagai lahan pertanian tadah hujan, tegalan, kebun campuran, perkebunan, hutan, semak, dan padang rumput.

Jenis tanah yang terdapat di LKIB merupakan jenis tanah tua dari ordo Oxisol dan Ultisol (Hardjowigeno, 2003). **Oxisol** merupakan tanah-tanah yang telah mengalami perkembangan sangat lanjut, penampang tanahnya dalam, bertekstur liat sampai liat berat, porositasnya tergolong tinggi, daya menahan air kecil dan didominasi mineral liat kaolinit, oksida besi dan aluminium. Tanah ini relatif resisten terhadap erosi. **Ultisol merupakan** tanah dengan kejenuhan basa kecil dari 35 % pada kedalaman 125 cm. Tanah ini telah mengalami pelapukan lanjut dan terjadi translokasi liat pada bahan induk yang umumnya terdiri atas bahan kaya aluminium-silika dengan iklim basah.

Di daerah LKIK, tanahnya tergolong tanah muda dari ordo Inceptisol dan Entisol (Hardjowigeno, 2003). **Inceptisol merupakan** golongan tanah muda dengan sifat tanah beragam, tergantung pada bahan induknya, tekstur tanah halus, reaksi tanah dari sangat masam sampai netral. **Entisol merupakan** katagori tanah muda yang belum terbentuk secara sempurna dan masih menunjukkan bahan asal pembentuknya berupa bahan induk, tanpa horizon genetik, atau hanya memiliki horizon permulaan. Karakteristik tanah entisol diantaranya kejenuhan basa bervariasi, reaksi tanah mulai dari asam sampai dengan alkalis, KTK bervariasi, rasio C/N < 20, kandungan bahan organik dan total N dalam tataran status rendah.

Lahan kering di daerah pegunungan dari luas lahan kering yang tersedia didominasi oleh ordo **Andisol**. Tanah andisol mempunyai sifat-sifat andik dengan bahan induk berupa abu vulkan yang kaya gelas vulkan dan mineral mudah lapuk. Sifat-sifatnya antara lain berat isi ringan, kaya bahan organik, kaya gelas vulkan yang mengandung mineral amorf (alofan), mempunyai sifat tidak balik terhadap kekeringan, daya menahan air tinggi dan resisten terhadap erosi. Tekstur tanah bervariasi dari liat sampai berlempung kasar, reaksi tanah umumnya agak masam.

Kementerian Pertanian (2008) mencatat bahwa luas lahan kering di Indonesia mencapai 78,64 % dari luas daratan Indonesia yang mencapai 188,20 juta, dengan jenis tanah, iklim, fisiografi, bahan induk, dan elevasi yang beragam (Mulyani dan Irsal Las, 2008). Dari total luas lahan kering yang tersedia, sekitar 52% (76,22 juta ha) sesuai untuk pengembangan budidaya pertanian, sebagian besar terdapat di dataran rendah (70,71 juta ha atau 93% dari luas lahan kering yang tersedia) dan sisanya berada di dataran tinggi. Di wilayah dataran rendah, lahan kering umumnya berada pada topografi datar sampai bergelombang (dengan kelerengan < 15%),

diantara luasan tersebut yang sesuai untuk pertanian tanaman pangan mencakup 23,26 juta ha, dan yang di dataran tinggi hanya sekitar 2,07 juta ha (Abdurachman, *dkk.* 2008).

## **2.1.Potensi Lahan Kering Untuk Pertanian Tanaman Pangan di NTB**

### **2.1.1. Luas Lahan Kering**

Di Indonesia, persoalan ketahanan pangan akan menjadi masalah *crusial* jika tidak segera dicarikan strateginya untuk mencukupi kebutuhan bahan pangan dalam negeri. Pertambahan penduduk Indonesia melaju dengan laju pertumbuhan penduduk sekitar 1,3 -1,5% per tahun, sementara menurut Badan Ketahanan Pangan Nasional, sejak tahun 2009 telah terjadi alih fungsi lahan pertanian pertanian produktif hingga mencapai 110 ribu hektar (ha) per tahu. Ini berarti, Indonesia setiap tahun akan mengalami penurunan ketersediaan bahan pangan sebesar 1320000 ton/th dengan asumsi rata-rata produktivitas lahan sawah intensif (IP 200) sebesar 5,32 ton GKG/ha untuk satu kali musim tanam (Badan Pusat Statistik 2014). Untuk Provinsi NTB dengan luas lahan sawah beririgasi sekitar 167,968 ha mengalami penyusutan sekitar 500 ha per tahun (Kadis Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura NTB, 2014). Untuk itu dalam rangka mempertahankan ketahanan pangan secara berkelanjutan, pemerintah mengeluarkan kebijakan mengenai peningkatan pengelolaan lahan-lahan sub optimal (LSO) sebagai pengasil sumber pangan, salah satunya adalah lahan kering beriklim kering (LKIK)

Pemanfaatan LSO sebagai areal pengembangan pertanian tanaman pangan didasarkan pada keyataan bahwa upaya optimasi intensifikasi pada lahan sawah tidak lagi mampu menghasilkan bahan pangan yang dapat menggantikan kehilangan produksi akibat alih fungsi lahan pada setiap tahunnya. Saat ini, tingkat produktivitas lahan sawah sudah sampai pada tataran yang cukup tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2014, jumlah produksi beras di Indonesia adalah 70.607.231 ton dengan nilai produktivitas 51,28 kwintal per hektar. Nilai produktivitas ini sudah sangat tinggi dibandingkan produktivitas beras dari Negara lain. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan input teknologi pada lahan sawah tidak lagi berpengaruh terhadap peningkatan produksi tanaman (*leveling off*). Peningkatan produktivitas lahan sawah melalui peningkatan IP juga tidak menjanjikan peningkatan produksi padi Nasional. Peningkatan IP lahan sawah dari 200 menjadi 400 dihadapkan pada berbagai faktor kendala, seperti tidak tersedia air irigasi yang cukup, munculnya berbagai serangan hama/penyakit, terjadinya banjir akibat pemanasan global, masalah sosial ekonomi petani. Karenanya, dalam rangka pemenuhan kebutuhan pangan nasional diperlukan upaya untuk mengoptimalkan lahan-lahan suboptimal, termasuk lahan kering iklim kering yang tersebar di Provinsi NTB.

Provinsi NTB dengan luas lahan sekitar 2.015.315 ha, terdiri dari 230,116 ha lahan sawah (lahan sawah irigasi 167,968 ha dan sawah tadah hujan 62,141 ha) dan 1.673.476 ha lahan kering (Dirjen prasarana dan sarana pertanian Kementan RI, 2015). Hamparan lahan kering di Provinsi NTB berada pada kemiringan antara 0% sampai lebih dari 40% dengan topografi cukup beragam, mulai dari datar, bergelombang hingga berbukit dan bergunung. Luas lahan kering dengan kemiringan 0-2% mencapai 16,57%; kemiringan 3-15% mencapai 26,55%; kemiringan 16-40% mencapai 35,06%; dan kemiringan lebih dari 40% mencapai 21,83% dari luas total lahan kering. Dari luas lahan kering yang mencapai 1.673.476 ha terdiri atas 626.034 ha lahan pertanian dan 1.060.057 ha hutan (51,5% hutan negara dan 13,3 % hutan rakyat) (BPS-NTB, 2013). Dari luas lahan kering tersebut di atas yang nyata dapat dikembangkan untuk usaha pertanian dengan mempertimbangkan status lahan adalah sekitar 626.034 ha (31% dari luas wilayah NTB), berada pada kemiringan  $\leq 8\%$  dengan topografi datar sampai bergelombang. Distribusi tipe penggunaan lahan adalah sebagai berikut: tegalan (173.774 ha) atau 9,6%; ladang (49.330 ha) atau 2,70%; padang rumput (38.132 ha) atau 2,1%; kebun (36.663 ha) atau 2,00%; pekarangan (32.667 ha) atau 1,8%; dan penggunaan lainnya seluas (303.898 ha) atau 16,9% (BPS-NTB 20103). Lahan kering tersebut banyak dimanfaatkan untuk usaha pertanian tanaman pangan (padi gogo dan palawija). Komoditi palawija yang umum dikembangkan dan menjadi unggulan di Provinsi NTB adalah jagung, kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau. Tanaman ini diusahakan pada musim penghujan secara tumpang sari dengan tanaman lain seperti ubi kayu, ubi jalar dan/atau sorgum. Beberapa pola tanam tumpang sari jagung/legume yang banyak diaplikasikan pada lahan kering iklim kering adalah: a) jagung/kacang tanah + ubi kayu; b) padi gogo/jagung + ubi kayu; c) padi gogo/kacang tanah + ubi kayu; d) padi gogo + ubi kayu; f) jagung + ubi kayu; g) jagung/kacang tanah + kacang tunggak; dan h) padi gogo/jagung + kacang tunggak (Zairin 2006).

Perolehan hasil panen untuk pertanaman pangan di lahan kering sangat bervariasi tergantung pada kesuburan inheren tanah, kesesuaian lahan, dukungan cuaca dan irigasi setempat (lokasi yang beririgasi setengah teknis lebih tinggi daripada daerah tadah hujan) serta masukan teknologi pertanian. Secara umum, rata-rata produktivitas tanaman pangan yang diusahakan di lahan kering di Provinsi NTB masih jauh di bawah potensi hasil tanaman. Produksi padi di lahan sawah tadah hujan rata-rata berkisar antara 2 – 3,5 ton, sedangkan produksi padi di lahan sawah beririgasi antara 4,5 – 5,5 ton per Ha (Sumarno dan Hidayat 2007), demikian juga untuk komoditas lainnya. Produktivitas lahan kering ini masih dapat ditingkatkan apabila diberikan sentuhan inovasi teknologi pertanian hasil-hasil penelitian, melalui rekayasa sifat fisik, kimia, biologi tanah serta pengelolaan tata air sesuai karakteristik tanahnya.

Teknologi pengelolaan lahan kering beriklim kering berbasis pada potensi sumberdaya lokal sudah banyak tersedia, mulai dari penerapan pola pemupukan

berimbang untuk tujuan efisiensi penggunaan pupuk anorganik, pengaturan pola tanam agar dapat mengurangi resiko kegagalan panen, sampai dengan penggunaan benih komposit sesuai agroklimat untuk memperbesar peluang panen. Akan tetapi pada tataran petani teknologi tersebut belum banyak diadopsi karena berkonskuensi pada besarnya biaya produksi. Kebanyakan petani di lahan kering masih bertani dengan teknologi tradisional, seperti tanpa pengaturan jarak tanam, penggunaan pupuk yang tidak berimbang, penggunaan varietas lokal, serta belum optimal dalam menangani serangan hama dan penyakit. Sementara, aplikasi teknologi pertanian yang berbasis pada potensi sumberdaya lokal dan kapasitas adopsi masyarakat setempat terbukti dapat meningkatkan produksi jagung pada LKIK di NTT menjadi lebih dari 3,5 t/ha, sedangkan pada skala percobaan tingkat produksi dapat mencapai > 5 ton per ha ( BBSDLP, 2013).

### 2.1.2. Jenis Tanah di Lahan Kering di NTB

Jenis tanah yang terhampar di lahan kering Provinsi NTB dikelompokkan ke dalam empat ordo, yaitu *Entisol*, *Andisol*, *Inceptisol*, dan *Vertisol*. Ordo *Entisol* dan *Inceptisol* merupakan hamparan tanah yang dominan di NTB, sedangkan tanah dengan sebaran yang paling sempit adalah *Vertisol* (BPTP NTB, 2005). Secara alami, karakteristik tanah pada hamparan lahan kering mempunyai kesuburan tanah rendah, sedikit berbatu dan bersolum dangkal. Pada wilayah beriklim kering proses pembentukan tanah relatif lambat, sehingga banyak ditemukan tanah-tanah bersolum dangkal (Mulyani 2013)



*Entisol* merupakan tanah-tanah yang menunjukkan sedikit (belum ada) bukti perkembangan horison pedogenik. Penampang vertical Entisol disajikan dalam Gambar 2.1. Umumnya, *Entisol* mempunyai epipedon okrik dan beberapa mempunyai horizon A (epipedon) umbrik atau histik, ketebalan > 25 cm (Subardja dkk., 2014). *Entisol* terbentuk dari bahan aluvium, aluvium-marin, marin, dan vulkan. Penampang tanah bervariasi, tekstur lempung berpasir sampai pasir berlempung, dan berlapis-lapis (*stratified*) atau berselang seling. Warna tanah coklat pucat sampai kelabu terang, drainase sedang sampai agak cepat, struktur lepas sampai masif,

Gambar 2.1. Penampang Vertikal Entisol

<http://urbanext.illinois.edu/soil/orders/sooiord.>)



konsistensi gembur dan lepas pada kondisi kering. Reaksi tanah umumnya agak netral sampai alkalin ( $\text{pH} > 7$ ), kadar C organik dari sangat rendah sampai rendah, kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  potensial berada pada status sedang, basa-basa dapat ditukar berada pada status rendah sampai sedang dan didominasi oleh Ca dan Mg. KTK tanah rendah, akan tetapi kejenuhan basanya tinggi.

Ada lima subordo dalam ordo Entisols, yaitu *Aquepts*, *Arents*, *Psamments*, *Fluvents*, *Orthents*. Di wilayah lahan kering, *Entisol* pada daerah dataran rendah banyak diusahakan untuk areal persawahan tadah hujan (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Hamparan Tanah *Entisol* di Lahan Kering untuk Pertanaman Jagung Di Desa Sukadane, Kec. Bayan Kab. Lombok Utara (Foto Susilowati 2014)



Gambar 2.3. Penampang Vertikal *Inceptisol*. (<http://courses.soil.ncsu.edu>)

*Inceptisol* merupakan tanah yang belum matang (immature), perkembangan profilnya lebih lemah dibandingkan dengan tanah matang, dan masih banyak menyerupai sifat bahan induknya (Hardjowigeno, 2003). Penampang vertikal *Inceptisol* ditunjukkan dalam Gambar 2.3. Tanah ini terbentuk dari berbagai macam bahan induk, yaitu alluvium dan koluvium, bahan vulkanik dan sedimen. *Inceptisol* dicirikan dengan adanya horizon B (endopedon) kambik, tanpa ada endopedon spodik, argillik, kandik, natrik, atau oksik. Penampang tanah dalam sampai dangkal, warna tanah coklat

...ah berlempung atau lebih halus, struktur tanah ...bur sampai teguh. Reaksi tanah asam sampai ...at rendah sampai sedang, kadar P dan K potensial ...asa dapat tukar didominasi oleh Ca dan Mg. KTK

tanah rendah dan kejenuhan basa tinggi. Inceptisol terbagi dalam 7 suborder yaitu : *Aquepts*, *Anthrepts*, *Gelepts*, *Cryepts*, *Ustepts*, *Xerepts*, and *Udepts*.



Gambar 2.4. Penampang vertikal Andisol (Geografi blogspot.co.id)

*Andisol* merupakan tanah dengan karakteristik morfologi sebagai berikut: mempunyai horison A molik atau umbrik (akumulasi humus-alofan) dan horison B kambik; tidak mempunyai horison diagnostik lain (kecuali jika tertimbun oleh 50 cm atau lebih bahan baru); pada kedalaman sampai > 35 cm mempunyai satu atau keduanya dari ciri berikut : (a) *bulk density* (pada kandungan air 1/3 bar) dari fraksi tanah halus(kurang dari 2 mm) kurang dari  $0,85 \text{ g cm}^{-3}$  dan kompleks pertukaran didominasi oleh bahan amorf; (b) 60% atau lebih adalah abu vulkanik vitrik, abu atau bahan piroklastik vitrik yang lain dalam fraksi

vertical Andisol ditunjukkan dalam Gambar 2.4

2014). Tanah ini terbentuk dari bahan induk perti abu, batu apung, dan lava. Penampang

Penampang tanah dangkal sampai dalam, tekstur lempung berpasir sampai pasir berlempung, bobot isi tanah rendah, makro-porositasnya tinggi. Warna tanah coklat tua sampai coklat tua kekuningan, drainase sedang, struktur lepas sampai masif, konsistensi gembur dan keras pada kondisi kering. Reaksi tanah umumnya mntral, kadar C organik dari sangat rendah sampai sedang, kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  potensial tinggi, basa-basa dapat tukar rendah dan didominasi oleh Ca dan Mg. KTK tanah umumnya tinggi, akan tetapi kejenuhan basa seringkali rendah. Ada 7 sub-ordo dalam Andisol yaitu *Aquands*, *Cryands*, *Torrands*, *Xerands*, *Vitrands*, *Ustands*, *Udants*. Jenis tanah ini banyak digunakan untuk areal tanam sayuran (Gambar 2.5)



Gambar 2.5. Kebun Sayuran (kiri) dan Sawah (kanan) di Andisol Sembalun Kaki Gunung Rinjani, Lombok Timur, NTB) (Foto Sukarman dan Ai Dariah, 2014)



Gambar 2.6. Bentuk Retakan Vertisol (

Vertisol merupakan jenis tanah mineral yang mempunyai warna abu kehitaman, bertekstur liat dengan kandungan lempung lebih dari 30% pada horizon permukaan sampai kedalaman 50 cm, terdapat rekahan (*crack*) selebar 1 cm sampai kedalaman 50 cm dari permukaan tanah (Gambar 2.6, Subardja dkk., 2014). Tanah ini didominasi jenis mineral liat *montmorillonit* sehingga dapat mengembang dan mengerut (Buckman and Brady 1982). Pada musim kering tanah ini membentuk retakan (mineral 2:1 mengerut) sampai kedalaman 1 m dan lebar, sehingga sejumlah bahan yang ada di lapisan atas tanah dapat runtuh masuk ke dalam retakan. Pada musim hujan mineral liat mengembang (retakan tertutup). Vertisol berkembang dari bahan induk kaya calcium (Ca). Tanah vertisol umumnya terbentuk dari bahan sedimen yang mengandung mineral *smektite* (mineral liat tipe 2:1) dalam jumlah tinggi. Di provinsi NTB, hamparan tanah Vertisol banyak ditemukan di wilayah Lombok bagian selatan dengan tipe penggunaan lahan sebagai lahan tadah hujan (Gambar 2.7). Secara fisik tanah Vertisol merupakan tanah bertekstur agak halus sampai halus, struktur cukup kuat dengan bentuk gumpal bersudut, konsistensi teguh sampai sangat teguh. Tektur tanah tergolong lempung berat dengan kadar fraksi lempung lebih besar dari 50% sehingga memiliki kemampuan menyimpan air (*water holding capacity*) yang relatif besar. Warna tanah coklat kekelabuan sampai kelabu gelap dan solum tanah relatif dalam (>1m). Tinjauan dari sifat kimia tanah, tanah Vertisol menunjukkan reaksi dari netral sampai alkali, KTK tanah rendah sampai sedang, kejenuhan basa tinggi, didominasi oleh Ca dan Mg. Kadar C dan N organik sangat rendah sampai sedang, kadar P dan K potensial sedang sampai tinggi. Tanah yang berdrainase jelek diklasifikasikan kedalam subgrup *Typic Epiaquerts* dan *Typic Endoaquerts* sedangkan yang berdrainase baik atau sedang diklasifikasikan kedalam *Typic Haplusterts* dan *Typic Calcicusterts*.



(Gambar kiri Kusnarta *et al.*, 2011) dan Persiapan lahan pada *Vertisol* Untuk sistem gogorancah (Gambar kanan, Kusnarta *et al.*, 2016)

## 2.2.Masalah Produktivitas Lahan

Lahan kering di NTB secara alami mempunyai lebih dari satu faktor pembatas produktivitas lahan. Faktor pertama adalah karakteristik inheren dari masing-masing jenis tanah yang kurang mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga dikategorikan sebagai tanah yang berkesuburan rendah. Faktor kedua adalah keterbatasan air irigasi akibat faktor agroklimat. Faktor ketiga adalah kondisi sosial ekonomi petani, sebagian besar mereka berada pada kondisi rentan ekonomi. Namun demikian, dibalik faktor pembatas ada faktor pendukung produktivitas lahan yaitu reaksi tanah netral; kadar  $P_2O_5$  dan  $K_2O$  potensial dalam tanah berstatus sedang sampai tinggi dan kejenuhan basa tinggi dengan unsur yang dominan adalah Ca dan Mg.

### 2.2.1.Kesuburan Tanah Rendah

Kesuburan tanah dapat dideskripsikan sebagai kapabilitas suatu tanah untuk mensuplai unsur hara kepada tanaman dalam jumlah dan proporsi yang dibutuhkan tanaman. Secara umum, jenis tanah yang tersebar di lahan kering di Provinsi NTB memiliki kesuburan tanah rendah. Dari segi kesuburan kimia tanah, faktor pembatas utamanya adalah kadar bahan organik tanah rendah, disamping beberapa faktor lain seperti kapasitas pertukaran kation (KTK), kadar hara N rendah dan kahat unsur hara mikro. Keterbatasan kesuburan tanah dari sisi fisika tanah adalah karakteristik tanah yang umumnya memiliki daya menahan air yang rendah dan peka terhadap erosi. Dari sifat biologi tanah adalah keterbatasan, populasi, keragaman dan aktivitas organisme penyubur tanah dan tanaman..

Kandungan bahan organik tanah (C-organik) di lahan kering rata-rata hanya berada pada kisaran  $\pm 1\%$ . Kandungan C-organik tanah akan berkurang dari waktu ke waktu seiring dengan berlangsungnya proses dekomposisi bahan organik tanah. Sanchez (1976) mengatakan bahwa rendahnya kandungan bahan organik tanah

tropika disebabkan oleh temperatur yang tinggi dan cepatnya laju dekomposisi. Di sisi lain, pengembalian bahan organik baik melalui penggunaan pupuk organik atau pengembalian sisa panen ke lahan pertanian sangat terbatas. Abdurachman dkk (2008) menyebutkan bahwa akibat proses pelapukan BO, kandungan bahan organik di daerah tropis secara alami akan berkurang sekitar 30% dalam waktu 10 tahun.

Di dalam tanah, bahan organik mempunyai peran penting terhadap perbaikan sifat kimia, fisik, dan biologi tanah. Beberapa sifat kimia tanah yang mempunyai korelasi nyata dengan kandungan bahan organik tanah adalah pH tanah, kapasitas pertukaran kation, daya sangga tanah, ketersediaan unsur N, P dan K dan beberapa unsur mikro seperti Zn, Mo (Marschner, 1995) Tanah dengan KTK rendah menyebabkan tanah tidak mampu menyimpan dan menyediakan hara bagi tanam secara berkelanjutan. Komponen tanah penyusun KTK tanah adalah kandungan liat dan bahan organik tanah. Kandungan liat tanah bertanggung jawab terhadap besarnya KTK permanen tanah, sedangkan kandungan bahan organik bertanggung jawab terhadap besarnya KTK-tanah bergantung pH (Buckman and Brady. 1982). KTK menggambarkan jumlah kompleks jerapan tempat terikatnya kation-kation sebagai sumber hara untuk tanaman. Karenanya, KTK-tanah rendah akan mengurangi kemampuan tanah “memegang” hara sehingga jumlah hara yang tersedia akan mudah habis, dan apabila hara ditambahkan mereka akan mudah tercuci (*leaching*) bersama air perkolasi.

Dari sifat fisik tanah, tanah di lahan kering umumnya bertekstur pasir, kecuali tanah *Vertisol* yang bertekstur liat. Tanah-tanah dengan tekstur pasir memiliki beberapa masalah (Kusumo 2011), yaitu (1) rendahnya kemampuan menahan air akibat rendahnya jumlah liat (*clay*), pori-pori mikro dan kandungan bahan organik, (2) tingginya kecepatan meloloskan air, baik kecepatan infiltrasi maupun perkolasi, (3) rapuhnya stabilitas agregat tanah, akibat dari rendahnya kandungan perekat (*cementing agents*) seperti bahan organik, liat dan oksida-oksida besi. Rapuhnya stabilitas agregat (*aggregate stability*) menyebabkan tanah mudah tererosi. Solum tanah di LKIK umumnya dangkal karena proses pembentukan tanah pada lahan beriklim kering berjalan lambat dan/atau disebabkan proses pengikisan oleh air hujan. Dalam kaitan BO dengan kesuburan fisik tanah, bahan organik berperan dalam memperbaiki struktur tanah melalui agregasi dan aerasi tanah, memperbaiki kapasitas menahan air, mempermudah pengolahan tanah dan meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi.

Sifat biologi tanah di lahan kering sangat ditentukan oleh ketersediaan air, ketersediaan bahan organik dan penggunaan lahan. Rendahnya ketersediaan air dan bahan organik sebagai sumber energi bagi mikrobia pada lahan kering di Lombok Utara mengakibatkan ragam dan jumlah mikrobia tanah di kawasan ini relatif sedikit (Susilowati dkk., 2013). Menurut Rigobelo and Nahas (2004) mikrobia punya daya survival yang tinggi, segera setelah bahan organik ditambahkan dan air cukup

tersedia, maka berbagai mikrobia tumbuh dan berkembang dengan pesat, akan tetapi mikrobia kembali mengurangi aktifitasnya jika ketersediaan kedua *resources* tersebut berkurang.

Berikut adalah contoh karakteristik tanah Entisol yang diambil dari Desa Gumantar Kec. Lombok Utara dan Desa Montong Kec Sumbawa. Sampel tanah yang diambil dari dua lokasi tersebut termasuk tanah berkesuburan rendah dengan karakteristik tanah sebagaimana yang terdapat dalam Tabel 2.1. Kadar bahan organik rendah, kadar P potensial pada umumnya tinggi, akan tetapi kadar P tersedia rendah, tanah bertekstur kasar, porous, dan mudah kehilangan air.

Tabel 2.1. Sifat fisik dan kimia tanah Entisol dari Ds Gumantar dan Ds Motong

Parameter	Desa Gumantar <sup>1)</sup>		Desa Montong <sup>2)</sup>	
	Nilai	Status	Nilai	Status*
Tekstur	Pasir (%)	76	47	Lempung
	Debu (%)	16,2	40	
	Liat (%)	7,8	13	
pH H <sub>2</sub> O	6,3	agak masam	6,7	Netral
pH KCl	5,4		5,5	
Bahan Organik:				
C	0,94	sangat rendah	1,61	Rendah
N (%)	0,08	sangat rendah	0,14	Rendah
C/N	11,74	sedang	12	Sedang
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Olsen)			19	Rendah
Nilai Tukar Kation Ca mol(+)kg <sup>-1</sup> )	-		7,82	sedang
Mg (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	-		2,79	Tinggi
K (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,83	sangat rendah	1,48	Rendah
Na (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )			0,56	Sedang
Jumlah (cmol(+)kg <sup>-1</sup> )			12,65	
KTK me %	14,51	rendah		

Ket.: <sup>1)</sup>tanah Desa Gumantar (Susilowati dkk., 2013); <sup>2)</sup>tanah Desa Montong (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2013. \* BALITANAK, 1983

## 2.2.2. Agroklimat dan Perubahan Iklim

Kondisi agroklimat sangat menentukan ketersediaan air di LKIK, karena sumber air irigasi sepenuhnya bergantung pada curahan air hujan. Lahan kering di

wilayah NTB berada pada kawasan iklim semi-arid-tropik yang dipengaruhi oleh musim hujan dan musim kemarau. Lahan kering beriklim kering dicirikan dengan curah hujan rendah 1.000-1.500 mm/th selama 3-4 bulan dengan distribusi tidak teratur (Iriato dkk., 1998). As-syakur dkk (2010) melaporkan bahwa menurut klasifikasi iklim Oldeman lahan kering yang tersebar di P Lombok memiliki tipe iklim D3 dan D4, sedangkan yang tersebar di Pulau Sumbawa mempunyai tipe iklim D3, D4 dan E3, E4. Zona tipe iklim D3 memiliki bulan basah secara berturut-turut antara 3-4 bulan, dan bulan kering 5 – 6; D4 memiliki bulan basah 3-4 dan bulan kering > 6 bulan. Zona tipe iklim E3 memiliki bulan basah secara berturut-turut < 3 bulan dan bulan kering 5 – 6, E4 bulan kering > 6 bulan. Bulan basa jatuh pada bulan Desember/Januari sampai Maret/April, bulan kering berkisar antara April–November.

Keberadaan tipe iklim dari agak kering sd. kering di wilayah lahan kering yang tidak ada pengairan teknis hanya dapat dilakukan sekali tanam dalam satu tahun dengan indeks pertanaman (IP) kurang dari 1,50 (Abdurachman dkk.2008). Lahan LKIK bisa diusahakan menjadi 2 musim tanam (padi gogo - jagung) jika di lokasi tersebut tersedia fasilitas sumur pompa, seperti yang terdapat di Kabupaten Lombok Utara. Tanaman yang banyak diusahakan di lahan kering adalah padi gogo, jagung, ubi kayu, kedelai, kacang tanah, kacang hijau. Rata-rata produksi tanaman pangan di LKIK Provinsi NTB sebagai berikut : jagung sekitar 5,74 ton/ha, kacang tanah sekitar 1,36 ton/ha, kedelai sekitar 1,04 t/ha, ubi kayu 15,28 ton/ha, dan kacang hijau 1,14 ton/ha ( NTB Dalam Angka, 2014).

Terjadinya perubahan iklim akibat pemanasan global ikut andil menjadi faktor pembatas produktivitas lahan kering. Perubahan iklim merupakan fenomena global, dimana dampaknya dapat dirasakan secara global oleh seluruh belahan bumi. Penyebab terjadinya perubahan iklim adalah pemanasan global yang dipicu oleh adanya efek Gas Rumah Kaca (GRK) yang menyelubungi atmosfer, yang telah mengubah cara atmosfer menyerap energi matahari. Perubahan iklim menyebabkan kondisi iklim menjadi tidak menentu. Dampak langsung dari perubahan iklim adalah perubahan pola curah hujan, musim kemarau yang berkepanjangan, musim hujan berlangsung singkat, naiknya muka air laut dan suhu udara. Implikasi dari dampak perubahan iklim adalah meningkatnya risiko banjir dan kekeringan akibat kemarau panjang yang menyebabkan pergeseran waktu tanam dan kegagalan panen dan kekeringan (UNDP Indonesia 2007).

Pada sektor pertanian khususnya sub sektor tanaman pangan, perubahan iklim berdampak pada masyarakat yang hidup di wilayah lahan kering karena secara umum usaha tani pertanaman pangan mereka sepenuhnya bergantung pada air hujan. Sementara, diketahui bahwa tanaman pangan umumnya merupakan tanaman semusim yang relatif sensitif terhadap cekaman (kelebihan dan kekurangan) air. Secara teknis, kerentanan tanaman pangan sangat berhubungan dengan sistem penggunaan lahan dan sifat tanah, pola tanam, teknologi pengelolaan tanah, air,

tanaman, dan varietas (Las dkk., 2008). Oleh sebab itu, pengembangan teknologi usaha pertanaman pangan di lahan kering harus memiliki ciri adaptasi yang kuat (*strong adaptation*) terhadap perubahan iklim

### **2.3.Peningkatan Produktivitas Lahan Kering Untuk Tanaman Pangan**

Diperlukan upaya yang strategis untuk meningkatkan produktivitas lahan kering sebagai lahan ekstensifikasi tanaman pangan yang produktif. Pengusahaan tanaman dengan hasil tinggi (*high yielding*), membutuhkan tanah yang subur secara berkesinambungan. Sentuhan inovasi teknologi tepat guna yang aman, lestari dan ramah lingkungan dapat dilakukan dengan cara (1) meningkatkan kesuburan tanah melalui penambahan bahan organik dan pemupukan, (2) megunakan jenis tanaman pangan (tanaman berumur pendek dan tahan kekeringan) dan (3) melakukan tindakan konservasi tanah dan air.

#### **2.3.1.Peningkatan Kadar Bahan Organik Tanah**

Peningkatan kandungan bahan organik tanah merupakan strategi yang efektif untuk memperbaiki ketiga sifat tanah guna menciptakan lingkungan tanah yang dapat (1) menyediakan hara esensial dalam jumlah dan waktu yang tepat bagi tanaman, (2) meningkatkan daya simpan air dalam tanah dan dapat mengefisiensikan penggunaan pupuk oleh tanaman (Suriadikarta dkk., 2002). Kadar bahan organik tanah  $\geq 2\%$  dipertimbangkan sebagai kadar minimal untuk menjaga kesuburan tanah (Handayanto,1999). Oleh karena itu mempertahankan bahan organik tanah dengan kadar minimal 2% merupakan salah satu strategi pengelolaan lahan pertanian yang berkelanjutan.

Takaran ajuran masukan bahan organik (BO) ke tanah yang berkadar BO  $\leq 1\%$  adalah 5-10 ton per ha per musim tanam, baik berasal dari pupuk kandang dan/atau dari pupuk hijau atau sisa tanaman (Ma'shum dkk 2003, Sudriatna dan Subowo,2007). Beberapa hasil penelitian membuktikan bahwa masukan pupuk organik pada takaran tersebut dapat mengefisiensikan penggunaan pupuk anorganik hingga 25 sd 50 % pada tanah yang kadar BO kurang dari 1% (Ma'shum dkk., 2003; Susilowati dkk., 2013). Namun demikian sering kali tidak lagi ada pengaruh residu bahan organik secara nyata pada musim tanam berikutnya. Sudriatna dan Subowo (2006) mendapatkan bahwa pengaruh residu bahan organik yang diberikan sebanyak 5 ton/ha pada tanaman tomat selama 4 bulan di Bogor sudah tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan kacang hijau yang ditanam pada musim berikutnya. Sholeh dkk. (1997) mendapatkan bahwa pemberian bahan organik sebanyak 10 ton/ha pada tanah *Ultisol* Lampung mampu meningkatkan produksi padi gogo, namun residu bahan organik yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap produksi ketela pohon yang ditanam pada musim beikutnya. Fenomena ini mengindikasikan bahwa diperlukan masukan masukan pupuk organik setiap kali musim tanam sebanyak 5-10 ton per ha, hingga kadar BO stabil di atas kadar 2%.



Sumber BO yang tersedia *in situ* selain berasal dari pupuk kandang dapat juga dari pupuk hijau. Salah satu tanaman pupuk hijau yang direkomendasikan adalah *Crotalaria juncea*. *Crotalaria juncea* adalah spesies dari genus *Crotalaria* yang dapat tumbuh baik di LSO, tahan terhadap kekeringan, daya adaptasinya luas, pertumbuhannya paling cepat dibanding spesies lainnya serta biomassa yang dihasilkan cukup tinggi (Cook and White, 1996). *Crotalaria juncea* yang ditanam selama 1,5 bulan dapat menghasilkan biomassa sebanyak 20-30 ton per ha. (Cook and White, 1996). Selain itu tanaman *Crotalaria juncea* digolongkan sebagai pupuk hijau yang berkualitas sangat tinggi karena daunnya mengandung 407 g/kg C, 33,4 g/kg N, 47,8 g/kg lignin, 22,2 g/kg polyphenol, dan C/N ratio sebesar 12,2 (Fonte *et al.*, 2009). Keunggulan lain, akar tanaman *Crotalaria juncea* bersimbiose dengan *Rhizobium* sp, sehingga dimungkinkan terjadi peningkatan kadar N dalam tanah setelah penanaman *C. juncea* ((de Resende *et al.*, 2003). Penanaman *C. juncea* sebelum penanaman padi dilaporkan dapat mereduksi penggunaan pupuk N sebesar 50%, meningkatkan kadar C organik tanah dan hasil tanaman padi (Kolar *et al.*, 1993).

Potensi pupuk hijau dalam memperbaiki ketiga sifat tanah adalah sebanding dengan potensi pupuk kandang pada takaran pemberian yang sama. Susilowati dkk., (2013) melaporkan bahwa pemberian 5 ton kompos *Crotalaria juncea* per ha ke dalam tanah Entisol di lahan kering Kabupaten Lombok utara memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata dengan pemberian 5 ton pupuk kandang sapi per ha terhadap kadar bahan organik tanah, KTK tanah, dan ketersediaan N, P pada pertanaman tumpang sari jagung/kacang beras. Masukan pupuk kandang sapi/pupuk hijau *Crotalaria juncea* sebanyak 20 ton per ha dapat meningkatkan kadar C organik dari 0,46 % pada tanah awal menjadi 0,64 % pada saat panen (Magdalena dkk., 2013). Pemberian 20 ton pupuk kandang/pupuk hijau *Crotalaria juncea* per ha terbukti dapat menghemat penggunaan pupuk anorganik sebesar 25 % untuk tanaman jagung di *Alfisol* dengan capaian hasil pipilan jagung 7,06-7,07 ton per ha. Masukan Masukan pupuk 1,6% *Crotalaria juncea* dan 10% tanah liat pada tanah dengan kadar fraksi pasir 86% dapat memperbaiki stabilitas agregat tanah sekitar 2 kali lipat, berat isi tanah menurun sekitar 14% dan kadar air tanah meningkat hampir 3 kali lipat (Djajadi, 2011). Schulz (2003) membuktikan bahwa aktivitas mikroorganisme tanah yang paling tinggi terjadi pada *Crotalaria juncea* dibanding pada tanaman penutup tanah lainnya seperti cowpeas (*Vigna unguiculata*), hairy vetch (*Vicia villosa*), sunn hemp (*Crotalaria juncea*), pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and canola (*Brassica spp.*).

Dalam kaitan dengan sifat biologi tanah, pengkayaan bahan organik di dalam tanah dapat meningkatkan aktivitas organisme tanah yang dapat menyuburkan tanah. Di dalam tanah, bahan organik menjadi sumber pakan bagi mikrobia tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikrobia (Stevenson, 1994). Beberapa

organisme tanah mampu meningkatkan kesuburan tanah melalui aktivitasnya sebagai pendaur hara, penyedia hara, atau pembenah lingkungan tanah. Mikrobia pelarut fosfat, pendaur hara S dan mikrobia penambat N-bebas baik yang hidup bebas ataupun yang hidup bersimbiose secara mutualistis dengan tanaman mempunyai peran penting di dalam meningkatkan keersediaan hara bagi tanaman (Gentili and Jumpponen, 2006). Benang-benang miselium/hifa dari jamur benang (fungi) juga dapat mengikat agregat-agregat tanah untuk saling berikatan, sehingga tidak mudah rusak dan tahan terhadap tekanan fisik. Fauna tanah yang hidup di dalam tanah dengan menggali lubang dan mencampur tanah dapat memperbaiki aerasi dan kesuburan tanah.

Sumber bahan organik tanah, selain dari pupuk kandang, pupuk hijau dan sisa tanaman yang mudah lapuk dapat juga berasal dari limbah pertanian yang sulit lapuk, seperti ranting dahan, batok kelapa dan tongkol jagung. Pemanfaatan limbah pertanian yang sulit lapuk dapat dikonversi menjadi arang (*biochar*) dan dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah. Dariah dan Nurida (2011) melaporkan bahwa masukan 5 ton *biochar* per ha dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kemampuan tanah memegang air, ruang pori total dan distribusi pori. Karena sifat *biochar* yang tidak mudah lapuk, maka manfaatnya sebagai pembenah tanah belum terlihat dalam satu siklus musim tanam, ditunjukkan dengan tingkat produksi tanaman jagung yang tidak berbeda nyata. Akan tetapi ketika *biochar* diberikan bersama dengan pupuk kandang (pukan) dengan perbandingan 1:1 menghasilkan produksi tanaman lebih tinggi daripada yang hanya diberikan *biochar* dalam dosis pemberian yang sama. Penambahan bahan organik yang dicampurkan dengan *Biochar* (SP-50) dapat mengurangi dosis rekomendasi pemupukan sampai dengan 25% (Dariah dan Nurida 2011).

### **2.3.2. Penerapan Pupuk Berimbang**

Tanaman membutuhkan 16 unsur hara esensial untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan yang optimal. Berdasarkan jumlah yang dibutuhkan tanaman, unsur hara dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro adalah unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, yaitu meliputi unsur N, P, K, Ca, Mg, S. Unsur hara mikro adalah unsur yang diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit, akan tetapi mempunyai fungsi penting dalam proses fisiologi tanaman. Unsur kimia yang tergolong sebagai unsur hara mikro adalah Cu, Fe, Mn, Zn dan B, Cl, Mo. Empat unsur hara mikro yang pertama merupakan kelompok logam, diserap tanaman dalam bentuk kation. Tiga unsur hara mikro yang terakhir (B, Cl, Mo) merupakan unsur non logam, diserap tanaman dalam bentuk anion. Unsur hara lainnya yang ketersediaannya dalam jumlah tidak terbatas bersumber dari udara dan air, yaitu C, H, dan O.

Pemenuhan 13 unsur hara (logam dan non logam) yang dibutuhkan oleh tanaman dipenuhi melalui pemupukan. Pemupukan adalah salah satu teknologi pengelolaan kesuburan tanah melalui pemberian bahan yang dimaksudkan untuk menjamin ketersediaan hara secara optimum untuk mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman. Jenis pupuk yang efektif untuk memenuhi kebutuhan hara adalah jenis pupuk anorganik. Pupuk anorganik mengandung unsur hara dengan kadar tinggi, dan sifatnya segera dapat tersedia bagi tanaman melalui proses pelarutan. Sumber hara dapat berupa pupuk tunggal, pupuk majemuk atau kombinasi keduanya.

Persoalan penting yang perlu diperhatikan di dalam penggunaan pupuk anorganik adalah bagaimana pemupukan itu dapat efisien, tidak mencemari lingkungan tanah, dapat meningkatkan kesuburan tanah, produktivitas dan mutu hasil pertanian. Salah satu caranya yaitu dengan menerapkan pola pemupukan berimbang. Menurut Balitanah (2013) batasan mengenai pemupukan berimbang adalah *pemberian pupuk ke dalam tanah untuk mencapai status semua hara esensial seimbang dan optimum di dalam tanah*. Ada empat prinsip yang harus diperhatikan dalam menerapkan pemupukan berimbang, yaitu

- (1) tepat takaran, artinya jumlah pupuk yang diberikan harus sesuai dengan status hara tanah, kebutuhan tanaman, dan target hasil;
- (2) tepat waktu, yaitu pada saat tanaman memerlukan hara tersedia;
- (3) tepat cara, yaitu cara pemberian pupuk harus mempertimbangkan karakteristik jenis pupuk sehingga dapat efektif dimanfaatkan oleh tanaman;
- (4) tepat formula yaitu formula pupuk sesuai dengan kondisi tanah dan kebutuhan tanaman.

Santoso dan Sofyan (2005) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk anorganik yang tidak tepat (takaran tidak seimbang), waktu pemberian dan penempatan pupuk yang salah, dapat mengakibatkan kehilangan unsur hara yang menyebabkan respon tanaman menjadi tidak terlihat. Hara yang tidak dimanfaatkan oleh tanaman dapat berubah menjadi bahan pencemar lingkungan tanah. Karenanya, rekomendasi pemupukan berimbang untuk satu jenis tanaman tidak dapat disamaratakan untuk semua lokasi, akan tetapi formulanya harus mengacu pada spesifik lokasi. Pemantauan status hara tanah secara berkala perlu dilakukan sebagai dasar penyusunan formula pemupukan berimbang. Rekomendasi penggunaan pupuk berimbang saat ini sudah lebih spesifik sampai di tingkat kecamatan sesuai yang tertuang dalam Kepmentan No. 01/Kpts/HK.060/01/2006.

Pemupukan berimbang tidak harus menggunakan jenis pupuk yang mengandung semua unsur, seperti pupuk PONSKA (pupuk majemuk dengan kandungan hara 15 % N, 15%, P, 15% K dan 10% S). Formula pemupukan berimbang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dan tingkat kandungan hara dalam tanah. Jenis hara tanah yang sudah mencapai kadar optimum atau status

tinggi, tidak perlu ditambahkan lagi, kecuali sebagai pengganti hara yang terangkut sewaktu panen. Contoh, tanah dengan status N rendah, P dan K tinggi maka diperlukan pemupukan berimbang dengan komposisi pupuk N dalam takaran tinggi, sedangkan pupuk P dan K dalam takaran rendah setara dengan P dan K yang terangkut saat panen. Jika tanah kekurangan fosfat dan kalium maka harus dipupuk lengkap NPK sesuai dosis anjuran. Berikut adalah komposisi pemupukan berimbang untuk tanaman jagung varietas Lamuru di lahan kering yang takaran pemberiannya didasarkan dengan beda warna daun (BWD). Takaran dan saat pemberian pupuk disajikan dalam Tabel 2.2, dan takaran pemberian urea susulan 2 dan 3 yang didasarkan pada BWD disajikan dalam Tabel 2.3. Komposisi dasar pemupukan berimbang untuk tanaman jagung di lahan kering dengan status hara P dan K sedang sampai tinggi adalah urea sekitar 200-225 kg per ha dan Ponska 300 kg per ha (Samijan dkk., 2012)

Tabel 2.2. Takaran dan Saat Aplikasi Pupuk Untuk Tanaman Jagung di Lahan kering

Pemberian	Pupuk1	Pupuk2	Tambahan
Keragaan vegetatif	Daun 3	Daun 7-8	Bunga jantan < 25%
Umur	0-7HST	25-30 HST	
Acuan lain		BWD	BWD < 4
Takaran pupuk			
Urea (kg/ha)	50	125-175	75
Ponska (kg/ha)	200	100	

Keterangan: sumber(Samijan dkk., 2012)

Tabel 2.3. Penggunaan BWD di Lahan kering

Warna daun	Skala BWD	Takaran (kg/ha)
Hijau kekuningan	< 4	175
Hijau	4,0-4,5	150
Hijau Tua	>4,5	125

Keterangan: sumber(Samijan dkk., 2012)

### 2.3.3. Aplikasi Mikoriza

Mikoriza vasikuler arbuskula (MVA) adalah salah kelompok cendawan tanah yang berasosiasi dengan tanaman tingkat tinggi dan keduanya saling memberikan keuntungan (Kabirun, 2002). MVA dapat bersimbiosis dengan sebagian besar (97%) famili tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan tanaman pakan (Brundett dkk., 1996). Keberadaan MVA pada akar tanaman memiliki peran penting untuk membantu peningkatan hasil tanaman. Sastrahidayat dkk. (2001) melaporkan bahwa berat tongkol jagung kering jemur dan berat pipilan kering pada tanaman bermikoriza lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa

bermikorhiza. Inokulasi MVA *Glomus fasciculatum* pada tanaman kedelai yang dibudidayakan di lahan kering menunjukkan bobot kering brangkas tanaman secara nyata lebih tinggi dibandingkan dengan brangkas tanaman tanpa mikorhiza (Ma'shum dkk., 2003).

Mikoriza memperbaiki pertumbuhan dan hasil tanaman melalui perannya dalam memfasilitasi peningkatan ketersediaan P dalam tanah, penyerapan unsur P dan unsur hara lain oleh tanaman (Susilowati dan Sukartono, 2007; Musfal, 2010). Musfal (2010) melaporkan inokulasi mikoriza 15 g per tanaman jagung di lahan kering terbukti dapat efisiensi 50% penggunaan pupuk NPK dengan hasil pipilan jagung tidak berbeda secara nyata dengan pemberian 100% pupuk NPK. Di samping itu, telah juga dilaporkan bahwa tanaman yang terinfeksi mikoriza menjadi lebih tahan terhadap cekaman kekeringan daripada tanaman tanpa mikoriza (Endang dan Santosa, 2005). Seberapa besar keefektifan mikoriza dalam menopang pertumbuhan dan hasil tanaman sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan tanah dan kesesuaian antara tanaman inang dengan fungi MVA (Susilowati dan Sukartono, 2007).

Peranan MVA dalam meningkatkan hasil tanaman terjadi melalui perbaikan ketersediaan hara P dan serapan hara oleh tanaman. MVA menghasilkan enzim fosfatase yang dapat melepaskan unsur P yang terikat unsur Al dan Fe pada lahan masam dan Ca pada lahan berkapur sehingga P akan tersedia bagi tanaman (Musfal, 2010). Kabirun (2002) melaporkan bahwa akar tanaman yang terinfeksi mikoriza mampu memperluas bidang serapan hara P, sepuluh kali lebih luas dibanding tanaman tanpa infeksi mikoriza dan mampu mengabsorpsi hara untuk jangka waktu yang lebih lama dibandingkan dengan akar yang tidak bermikorhiza. Musfal (2010) mengemukakan bahwa inokulasi MVA pada tanaman jagung mampu mengesiesikan penggunaan pupuk nitrogen (N) dan kalium (K) sebesar 50%. Hal ini terjadi karena jaringan hifa eksternal MVA mampu memperluas bidang serapan hara. Selain ini, disebutkan pula bahwa MVA mempunyai peran penting dalam ekosistem kaitannya dengan siklus hara P, perbaikan struktur tanah dan penyaluran karbohidrat dari akar tanaman ke lingkungan rhizosfer yang berimpak pada pertumbuhan dan perkembangan mikrobia tanah (Brundrett dkk., 1996).

Kesanggupan MVA dalam meningkatkan serapan air dari dalam tanah dan kemampuannya dalam melindungi kerusakan jaringan korteks akar akibat cekaman kekeringan menyebabkan bahan biologis ini banyak digunakan untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan. Tanaman kacang-kacangan yang bermikorhiza menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap cekaman kekeringan daripada tanaman yang tidak bermikoriza (Dewi, 2007). Ketahanan ini timbul akibat meningkatnya kemampuan tanaman untuk menghindari pengaruh langsung dari kekeringan dengan jalan meningkatkan penyerapan air dan meningkatkan nilai tegangan osmotik sel-sel tanaman pada tanah yang kadar airnya cukup rendah, sehingga tanaman dapat melangsungkan kehidupannya (Akinci and Losel, 20012).

#### **2.3.4. Pemillihan Jenis Tanaman dan Varietas Adaptif**

Selain melalui upaya perbaikan sifat-sifat tanah dan pengembangan sistem tata kelola sumberdaya air, upaya pengelolaan lahan suboptimal juga perlu secara paralel dilakukan melalui seleksi jenis komoditas pangan yang sesuai untuk masing-masing karakteristik lahan suboptimal. Beberapa hal penting yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis tanaman agar optimalisasi pengembangan pertanian tanaman pangan dapat berhasil, antara lain :

- a) memilih jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi agroklimat setempat,
- b) memilih jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi social ekonomi masyarakat (tanaman disenangi petani, teknologinya mudah, tidak memerlukan masukan tinggi, sesuai dengan ketersediaan tenaga kerja),
- c) sejalan dengan kebijakan pemerintah daerah setempat,
- d) mendukung usaha konservasi tanah dan air.

Perubahan iklim akan mengubah sistem produksi pertanian global. Dampak perubahan iklim akan semakin sulit diprediksi, khususnya terkait dengan waktu maupun jumlah curah hujan, pola hujan musiman dan frekuensi kejadian cuaca ekstrim. Meningkatnya risiko banjir dan kekeringan akibat kemarau panjang menyebabkan pergeseran waktu tanam dan kegagalan panen. Kenaikan suhu juga akan memperluas jangkauan banyak hama dan meningkatkan kemampuan populasi hama untuk bertahan. Karena itu, untuk meningkatkan produktivitas tanaman diperlukan strategi pengelolaan sumber daya genetik guna mengurangi kerentanan, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap dampak perubahan iklim. Surmaini *et al.* (2011) mengemukakan pengembangan diversifikasi tanaman dan varietas, adopsi varietas toleran kekeringan dan rendaman, pemilihan tanaman berumur pendek merupakan bentuk-bentuk strategi yang dapat diaplikasikan untuk menghindari gagal panen akibat perubahan iklim.

#### **2.3.5. Penerapan Pola Tanam Tumpang sari**

Sistem budidaya pertanian di lahan kering sepenuhnya bergantung pada curah hujan, sehingga resiko kegagalan panen cukup besar. Salah satu upaya untuk menghindari resiko gagal panen dan sekaligus menjadi pilihan strategi untuk meningkatkan produktivitas tanaman per satuan luas lahan, maka sistem pertanian tumpang sari dari tanaman yang toleran sangat representatif untuk dikembangkan di lahan kering (Sullivan, 2003). Pada sistem pertanian tumpang sari akan terjadi interaksi antar tanaman, sehingga masing-masing tanaman yang ditumpang sarikan harus memiliki ruang yang cukup untuk memaksimalkan kerjasama dan meminimumkan kompetisi. Oleh karena itu, dalam tumpang sari perlu dipertimbangkan berbagai hal (Sullivan, 2003), yaitu (1) pengaturan jarak tanam,

(2) populasi tanaman, (3) pilihan tanaman terkait dengan umur panen dan arsitektur dari masing-masing tanaman. Jarak tanam perlu ditata guna menghindari persiapan antar tanaman yang ditumpang sarikan dalam hal mendapatkan sinar matahari. Tinggi dan lebar tajuk tanaman berpengaruh terhadap penerimaan cahaya matahari, selanjutnya akan mempengaruhi proses fotosintesis dalam menghasilkan karbohidrat dan pada gilirannya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman.

Keuntungan menerapkan pola tanam tumpang sari (*intercropping*) atau multicropping menurut Bahar (1987) adalah

- 1) mengurangi resiko kegagalan panen;
- 2) peningkatan produksi secara keseluruhan, penggunaan tenaga kerja lebih efisien dgn tersebar kegiatan sepanjang tahun;
- 3) efisiensi penggunaan tanah, air, dan sinar matahari sebagai sumber daya alam;
- 4) pengawetan kesuburan tanah dapat dipertahankan karena adanya tanaman sepanjang tahun;
- 5) pengendalian gulma (dengan pola tanam tidak memberi kesempatan tumbuhnya gulma);
- 6) menekan serangan hama dan penyakit (kombinasi beberapa jenis tanaman tanaman dapat menciptakan stabilitas biologis sehingga dapat menekan serangan hama dan penyakit )
- 7) memperbaiki gizi keluarga petani yang diperoleh dari berbagai tanaman.

Keuntungan secara agronomis dari pelaksanaan sistem tumpang sari dapat dievaluasi dengan cara menghitung Nisbah Kesetaraan Lahan (NKL). Nilai ini menggambarkan efisiensi lahan, yaitu jika nilainya  $> 1$  berarti menguntungkan (Dariush *et.al.*, 2006). Penanaman tumpang sari menciptakan agroekosistem pertanaman yang komplek, yang mencakup interaksi antara tanaman sejenis maupun berbeda jenis. Persaingan terjadi apabila masing-masing dua atau lebih spesies tanaman memerlukan kebutuhan hidup yang sama (Fischer *et al.*, 2001)). Sistem tumpang sari dapat meningkatkan produktivitas lahan pertanian jika jenis tanaman yang dikombinasikan dalam sistem ini membentuk interaksi saling menguntungkan (Mousavi and Eskandari, 2011). Penurunan hasil pada salah satu atau kedua tanaman dalam sistem tumpang sari dapat disebabkan pengaruh penauangan dari salah satu tanaman oleh tanaman lainnya, atau karena kebutuhan hara yang sama.

Potensi hasil pada sistem tumpang sari bukan legum/ legum tergantung pada pola pertumbuhan, kubutuhan hara, dan kesesuaian dari tanaman yang terlibat. Bertanam ubikayu sistem tumpang sari dengan komoditas legum seperti kacang tanah sangat baik untuk meningkatkan produktivitas lahan kering (Soemarno, 2010). Prasetyaswati dan Munip (2006) menunjukkan bahwa teknologi budidaya tumpang sari dengan cara baris ganda (*double row*) ubikayu dengan jagung atau

kacang-kacangan dapat meningkatkan produktivitas ubikayu disamping hasil tambahan dari tanaman tumpang sari. Ispandi dkk.(2003) melaporkan bahwa ubikayu yang ditanam dengan pola tumpang sari ubikayu + (jagung-kacang tanah) di lahan kering Alfisol Malang Selatan dapat menghasilkan umbi 54% lebih tinggi daripada yang ditanam dengan pola tanam ubikayu + jagung. Turmudi (2002) melaporkan produksi tanaman jagung dengan kedelai dalam sistem tumpang sari di lahan kering iklim kering masing-masing sebanyak 1,63 ton pipilan kering per ha dan 1,04 ton biji kering kedelai per ha, sedangkan produksi jagung dalam sistem monokultur sekitar 1,53 ton pipilan kering per ha (Turmudi 2002). Meningkatnya produksi tanaman pangan pada sistem tumpang sari boleh jadi disebabkan oleh meningkatnya intensitas pertanaman per satuan luas lahan dan pada beberapa kasus juga diikuti oleh meningkatnya hasil tanaman yang dibudidayakan pada musim tanam yang sama.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman,A., A. Dariah, dan A. Mulyani.2008. Atrategi dan Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Mendukung Pengadaan Pangan Nasional. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(2),43-49
- Akinci, S and D.M.Losel. 20012. Plant Water-Stress Response Mechanisms.<http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/26970.pdf>. Diakses 23 November 2015
- As-syakur, A.R.,** I.W. Nuarsa, dan I.N. Sunarta. **2010**. Pemutakhiran Peta Agroklimat Klasifikasi Oldeman Di Pulau Lombok Dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG). *Prosiding Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia 2010; Buku 1*. 9 Juli 2010, Universitas Udayana, Denpasar-Indonesia: pp. 79-89.
- Awaludin Hipi, A. Suriadi, M. Zairin, Sudarto, Mashur dan Suwardji.2004 Teknologi Budidaya Jagung di Lahan Kering Beriklim Kering di Kabupaten Lombok Timur.<http://ntb.litbang.pertanian.go.id/ind/2004/TPH/teknologibudidaya.doc>. Diakses 13 November 2015
- BadanPusatStatistik 2014. Pertanian dan Pertambangan. BPS-RI <http://www.bps.go.id/>
- BBSDLP. 2013. Penelitian dan pengembangan inovasi teknologi terapan berbasis pangan pada lahan kering beriklim kering di NTT. Program SINAS. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Laporan Kerjasama Kementerian Pertanian dengan Kementerian Riset dan Teknologi
- Bahar, F .1987. Makalah Pelatihan Teknis Proyek Penelitian dan Pengembangan Pertanian Nusa Tenggara. Badan Litbang Pertanian
- BPS-NTB.2013. Nusa Tenggara Barat Dalam Angka 2013 - BPS NTB**
- Balitkabi, 2012.[Lahan Kering NTB Potensial untuk Produksi Benih Kedelai](http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/kilas-litbang/1007-lahan-kering-ntb-potensial-untuk-produksi-benih-kedelai.html). <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/kilas-litbang/1007-lahan-kering-ntb-potensial-untuk-produksi-benih-kedelai.html> diakses tgl 4 Desember, 2015.
- Balittanah. 2013. Pengertian pupuk berimbang. <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/pupuk/index.php/publikasi/102-pengertian-pemupukan-berimbang>, diakses tgl 4 Desember 2015
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malajczuk. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph 32, 374 pp. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.

- Buckman, H.O. dan N.C. Brady. 1982. Ilmu Tanah. Terjemahan Prof. Dr. Soegiman. Penerbit Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Cook, C.G. and G.A. White. 1996. *Crotalaria juncea*: A potential multi-purpose fiber crop. p. 389-394. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA.
- Dariah, A dan N.L Nurida.2011. Penggunaan Pembena Tanah Untuk Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Input Pertanian Pada Lahan Kering Terdegradasi. Prosiding Seminar Nasional dan Kongres Himpunan Ilmu Tanah (HITI). Surakarta 6-8 Desember 2011
- Dariush, M., Madani Ahad, Oveysi Meysam.. 2006. Assessing The Land Equivalent Ratio (LER) of Two Corn [*Zea mays* L.] Varieties Intercropping at Various Nitrogen Levels in Karaj, Iran *Journal of Central European Agriculture Vol 7 (2006) No 2*
- de Resende, A.S., P.X. Rogerio., D.M. Queseda, S. Urquiaga, B.J.R. Alves, and R.M. Boddey. 2003. Use of green manures in increasing inputs of biologically fixed nitrogen to sugar cane. *Biol. Fertil. Soils*, 37: 215–220
- Djajadi, Djumali, dan N. Hidayah. 2009. Pengaruh Tanah Liat dan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah dan Pertumbuhan Jarak Pagar. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, 18 pp. (Tidak Dipublikasikan).
- Djajadi. 2011. *Crotalaria juncea* L.: Tanaman Serat Untuk Pupuk Organik dan Nematisida Nabati. *Perspektif* 10(2):51-57. ISSN 14128004
- Dewi ,I.,R. A. 2007. Peran, Prospek Dan Kendala Dalam Pemanfaatan Endomikoriza. Makalah. [http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/06/makalah\\_peran\\_endomikoriza.pdf](http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/06/makalah_peran_endomikoriza.pdf). Diakses tgl 23 November 2015
- Endang, P. dan Santosa. 2005. Efisiensi pemupukan fosfat, ketahanan terhadap kekeringan pertumbuhan kacang tanah (*Arachis hypogae* L.) dengan inokulasi jamur mikoriza vesikular-arbuskular pada tanah berkapur. Program Studi Biologi Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 15 hlm
- Eskandari, H., A. Ghanbari and A. Javanmard, 2009. Intercropping of cereals and legumes for forage production. *Notulae Scientia Biologicae*, 1: 07-13.
- Eskandari, H., 2012. Intercropping of maize (*Zea mays*) with cowpea (*Vigna sinensis*) and mungbean (*Vigna radiata*): effect of complementarity of intercrop components on resource consumption, dry matter production and legumes forage quality. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*,

2: 355-360.

- Francis, C. A. (ed). 1986. Multiple cropping systems. Macmillan Publ. Co, NY. 383 pp.
- Fischer, A. J., H. V. Ramirez, K. D. Gibson, and B. da S. Pinheiro. 2001. Competitiveness of semidwarf upland rice cultivars against palisadegrass (*Brachiaria brizantha*) and signalgrass (*B. decumbens*). *Agron. J.*93:967–973.
- Fonte SJ, Yeboah E, Ofori P, Quansah GW, Vanlauwe B, Six J. Fertilizer and Residue Quality Effects on Organic Matter Stabilization in Soil Aggregates. *Soil Sci Soc Am J.* 2009; 73: 961–966.
- Gentili, P and A. Jumpponen. 2006. Potential and Possible Uses of Bacterial and Fungal Biofertilizers in Handbook of Microbial Biofertilizers (ed. M. K. Rai). Food Products Press® An Imprint of The Haworth Press, Inc New York • London • Oxford p 1-20
- Handayanto, E. 1999. Komponen Biologi Tanah Sebagai Bioindikator Kesehatan dan Produktivitas tanah. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Tanah Pada Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Hardjowigeno, S., 2003. Ilmu Tanah, Akademika Pressindo, Jakarta.
- Hidayat, A. dan A. Mulyani. 2002. Lahan kering untuk pertanian. dalam Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian. Hlm.1-34
- Hidayat, A dan A. Mulyani. 2004. Lahan Kering Untuk Pertanian. Hal 1-34. Dalam. Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah
- Irianto, G., H Sosiawan dan S. Karama. 1998. Strategi Pembangunan Pertanian Lahan Kering Untuk Mengantisipasi Persaingan Global. Prosd. Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Makalah Utama. Publikasi no 04-2b/Puslittanah/2000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Ispandi dkk.(2003) Ispandi, A. 2002. Pengelolaan Ubikayu di Lahan Kering Alfisol Mendukung Agroindustri dan Optimasi Produktivitas Lahan. Teknologi Inovatif Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. *Dalam* Jusuf M., Soejitno J., Sudaryono., Arsyad D.M, Rahmianna A.A., Heriyanto, Marwoto, Tastra I.K., Adie M dan Hermanto. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hal 96-107
- Kabirun, S,(2002), Tanggap Padi Gogo terhadap Inokulasi Mikoriza Arbuskula dan

Pemupukan Fosfat di Entisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3(2): 49–56.

- Kadis Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura NTB. 2014. [Areal Pertanian NTB menyesuaikan 500 Hektare Per tahun](http://mataram.antaranews.com/berita/26693/areal-pertanian-ntb-menyesuaikan-500-hektare-per-tahun)  
[.http://mataram.antaranews.com/berita/26693/areal-pertanian-ntb-menyesuaikan-500-hektare-pertahun](http://mataram.antaranews.com/berita/26693/areal-pertanian-ntb-menyesuaikan-500-hektare-pertahun)
- Kolar, J.S., H.S. Greival, and B. Singh. 1993. Nitrogen substitution and higher productivity of a rice wheat cropping system through green manuring. *Tropical Agriculture*, 70(4): 301-304
- Kusnarta, I.G.M., B.D. Kertonegoro, B.H. Sunarminto, dan D. Indradewa, 2011. Beberapa faktor yang berpengaruh dominan terhadap struktur vertisol tadah hujan Lombok. *Agroteksos, Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian* Vol.21, No.2-3, p.120-128.
- Kusnarta, I.G.M., Mahrup, M. Ma'shum, Sukartono, J.M. Tisdall, J.S. Jill, and B. McKenzie, 2006. Do soil strength and soil water profile change under different soil management on semi-arid rainfed vertisol of southern Lombok, Eastern Indonesia. *Proceeding of National Australia Soil Conference*, Adelaide, Dec., 2006.
- Kusumo, B, H., M Ma'shum, I.W. Karda, E.S. Lolita. 2011. Teknologi Pengembangan Sorgum Untuk Pakan Ternak di Lahan Kering Guna Mendukung Program Bumi Sejuta Sapi di NTB. Laporan. Penelitian Ristek. Universitas Mataram
- Kusumo, B.H., L.E. Susilowati, M. Ma'shum, I.W. Karde dan Maskur. 2012. Teknologi Pengembangan Sorghum Untuk Pakan Ternak di Lahan Kering Guna Mendukung Program Bumi Sejuta Sapi di Nusa Tenggara Barat. Laporan Penelitian Ristek. Lembaga Penelitian Universitas Mataram, Mataram NTB
- Las, I., H. Syahbuddin, E. Surmaini, A M. Fagi. 2008. Iklim dan Tanaman Padi.: Tantangan dan Peluang. dalam : Buku Padi: Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan. BB Padi
- Magdalena, F., Sudiarso, T. Sumarni. 2013. Penggunaan Pupuk Kandang dan Pupuk Hijau *Crotalaria juncea* L. untuk Mengurangi Penggunaan Pupuk Anorganik pada Tanaman Jagung (*zea mays* l.) *JURNAL PRODUKSI TANAMAN* 1 (2): 61-71. ISSN: 2338-3976
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. 889pp. London: Academic Press.
- Ma'shum M., L E. Susilowati., Sukartono dan Kunto K., 2003. Optimasi

Pemanfaatan Sumberdaya Lahan Kering untuk Pengembangan Budidaya Kedelai dan Jagung Melalui Pendekatan Biologi dan Pemanenan air Hujan menuju Pertanian Berkelanjutan. Laporan Penelitian Riset Unggulan Terpadu (RUT) Tahun 2003

- Mousavi, S.,R and H. Eskandari. 2011.A general overview on intercropping and its advantages in sustainable agriculture. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 1(11)482-486
- Mulyani, A. dan Irsal Las , 2008. Potensi Sumber Daya Lahan Dan Optimalisasi Pengembangan Komoditas Penghasil Bioenergi di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(1):31-41
- Mulyani A, Syarwani M. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Sub Optimal untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Lahan Sub-optimal “Intensifikasi Pengelolaan Lahan Sub-optimal dalam Rangka Mendukung Kemandirian Pangan Nasional”, Palembang 20-21 September 2013. ISBN 979-587-501-9.
- Mulyani, A. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Kering beriklim Kering untuk Pengembangan Pertanian di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Hal. 593-600 dalam Prosiding Seminar Nasional Inovasi Pertanian Lahan Kering. Kupang, 4-5 September 2012. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- NTB Dalam Angka 2014. BAPPEDA NTB. Mataram, Provinsi NTB - Indonesia
- Prasetiaswati, N dan A. Munip .2006. Kelayakan Paket Teknologi Usahatani dengan Pola Tumpang Sari Ubikayu di Kabupaten Lampung Tengah [.http://ntb.litbang.pertanian.go.id/ind/2006/SP/kelayakanpaket.doc](http://ntb.litbang.pertanian.go.id/ind/2006/SP/kelayakanpaket.doc)
- Rigobelo, E., C and E. Nahas. 2004. Seasonal Fluctuations of Bacterial Population and Microbial Activity in Soils Cultivated with Eucalyptus and Pinus. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 61(1):88-93
- Sanchez, P.A., 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. Wiley, New York.
- Santoso .D dan A Sofyan. 2005. Pengelolaan Hara Tanaman Pada Lahan Kering . dalam. Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Puslit Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian. Hal 73-100.
- Samijan, S.C. Budi.S, T Joko.P, Ekaningtyias, T.R. Prastuti, S Bahri.2012. Paket Teknologi Budidaya Jagung Hibrida Bima 5, Jagung Komposit Lamuru Dan Sumaraga di Jawa Tengah. Rekomendasi Paket Teknologi Pertanian.<http://jateng.litbang.pertanian.go.id/ind/images/produk/Rekomen>

*dasiteknologi/tanaman/jagung12.pdf*, diakses 10 Oktober 2015

- Sastrahidayat, R., A.S.M. Subari, dan M. Bintoro. 2001. Pengaruh sludgedan inokulasi mikoriza vesikular arbuskular terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung. *Agrivita* 22 (2): 147-155.
- Schulz, M.L. 2003. The effects of cover crops in no-till systems on microbial activity *Cantaurus*, Vol. 11, 31-35 May 2003 © McPherson College Division of Science and Technology
- Sholeh, D. Nursyamsi, dan J.S. Adiningsih. 1997. Pengelolaan Bahan Organik dan Nitrogen untuk Tanaman Padi dan Ketela Pohon pada Lahan Kering yang Mempunyai Tanah Ultisol di Lampung. *Pross. Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.* p: 193 – 206.
- Soemarno, 2010. *Green Teknologi Pengelolaan Lahan Kering; Sistem Pemanenan Air Hujan.* Penerbit PPSUB, Malang. ISBN 978-602-8624-84-8
- Sukarman dan A. Dariah . 2014. *TANAH ANDOSOL DI INDONESIA Karakteristik, Potensi, Kendala, dan Pengelolaannya untuk Pertanian.* Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. ISBN 978-602-8977-84;5
- Subardja, D.S. , S. Ritung, M. Anda, Sukarman, E. Suryani, R. E. Subandiono. 2014. *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional.* Balai Besar Libang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan penelitian dan Pengembangan Pertanian. Cimanggu Bogor.
- Sudriatna dan Subowo .2006. *Tanggap Kacang Hijau Terhadap Sisa bahan Amelioran Pada Tanah Inceptisols dan Alfisols.* Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian. Palembang 26-27 Juli 2006.
- Sudriatna, U. dan Subowo. 2007. *Tanggap kacang hijau terhadap sisa bahan amelioran pada tanah Inceptisols dan Alfisols.* Hlm 12. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian, Palembang, 26-27 Juli 2006.
- Sullivan, P .2003. *Intercropping Principles and Production practices.* ATTRAA 1-800-346-9140. [www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org)
- Sumarno dan R. Hidayat. 2007. *Perluasan Areal Padi Gogo sebagai Pilihan untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional.* *Iptek Tanaman Pangan* 2(1): 26–40
- Suriadikarta, D.A., T. Prihatini, D. Setyorini, dan W. Hartatiek. 2002. *Teknologi pengelolaan bahan organik tanah.* hlm. 183-238. *Dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah

Lingkungan .Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

- Surmaini, E. Runtuuwu, E. Las, I. 2011. Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim. *Jurnal Litbang Pertanian* 30 (1) : 1-7
- Susilowati, L., E. dan Sukartono. 2007. Respon tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum*) yang diinokulasi MVA pada ragam cara pemberian bahan organik dan jeda pengairan di Lahan Kering Pulau Lombok. Prosiding Kongres Nasional HITI 5-7 Desember 2007, YOGYAKARTA
- Susilowati, L., E. , B.H Kusumo dan M Ma'shum. 2011. Perbaikan Sifat Fisik dan Kimia Tanah Berbahen Baku Batu Apung (*Pumice soil*) Melalui Perimbangan Kombinasi Pupuk Anorganik, Organik dan Hayati. Prosiding Seminar Dan Kongres Nasional HITI X. "Tanah untuk Kehidupan Yang Berkualitas". UNS Surakarta, 6-8 Desember 2011
- Susilowati, L.E., B.H.Kusumo dan Z. Arifin 2013. Peningkatan Produktivitas Lahan Kering melalui Perbaikan Kualitas Tanah dengan Berbagai Sumber Bahan Organik dan Mikorizaserta Penataan Model Tumpang sari Tanaman Tahan Kering untuk Menunjang ketahanan yang berkelanjutan. Laporan Penelitian Unggulan Universitas. Lembaga Penelitian Universitas Mataram
- Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 512p.
- Suwardji, A. Rakman, S.T. Wulan, B. Munir., 2003. Rencana Strategis Pengembangan Wilayah Lahan Kering Propinsi Nusa Tenggara Barat. Tahun 2003 – 2007. . Bappeda, NTB. 157 halaman
- Turmudi, E. 2002. Kajian pertumbuhan dan hasil tanaman dalam sistem tumpang sari jagung dengan 4 kultivar kedelai pada berbagai waktu tanam. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 4 (2): 89-96. [www.repository.unib.ac.id](http://www.repository.unib.ac.id).
- UNDP Indonesia. 2007. Sisi lain perubahan iklim Mengapa Indonesia harus beradaptasi untuk melindungi rakyat miskinnya. Diakses 20 Desember 2014. Website: [www.undp.or.id](http://www.undp.or.id)
- Zairin. M. 2006. Peningkatan Intensitas Tanam pada Lahan Kering dengan Pola Tanam yang Tepat untuk Mengurangi Resiko Kegagalan Panen di Nusa Tenggara Barat. [www.bptpntb.litbang.deptan.go.id](http://www.bptpntb.litbang.deptan.go.id).

## Indeks

- agroklimat, 6, 11, 14, 23, 27, 29, 32, 33  
andisol, 3, 6, 8, 9  
atmosfer, 15  
bahan organik, 3, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 33  
biochar, 19  
dekomposisi, 12  
ekosistem, 2, 23  
ekstensifikasi, 16  
elevasi, 3  
entisol, 2, 6, 7, 13, 14, 18, 30  
erosi, 2, 3, 12, 13  
iklim, 2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 24, 26, 31  
inceptisol, 2, 6, 8  
input teknologi, 4  
intensif, 3  
intensifikasi, 4, 31  
jaringan kortek, 23  
konservasi, 16, 24  
korelasi, 12  
ktk tanah, 7, 8, 9, 10, 12, 18  
ladang, 5  
lahan kering, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 21, 22, 24, 25, 27, 29  
lahan suboptimal, 23  
legum, 25  
mikoriza, 22, 28, 30, 32  
oxisol, 2  
padang rumput, 2, 5  
padi gogo, 5, 15, 17  
pekarangan, 5  
pemanasan global, 4, 15  
perkolasi, 13  
perubahan iklim, 15, 16, 24, 33, 34  
pupuk berimbang, 20, 27  
pupuk hijau, 17, 18, 19  
pupuk organik, 12, 17  
rhizobium, 17  
sedimen, 8, 10  
serapan hara, 22  
tanaman penutup tanah, 18  
tegalan, 2, 5  
topografi, 1, 3, 4  
tumpang sari, 5, 18, 24, 25  
ultisol, 2, 17, 32  
unsur hara makro, 19  
unsur hara mikro, 12, 19  
vertisol, 6, 10, 11, 13, 30

## indeks2

- agroklimat, 6, 11, 15, 24, 27, 29, 30, 32, 33  
Agroklimat, 15, 27, 29, 30, 32, 33  
andisol, 3, 6, 8, 9  
Andisol, 3, 6, 8, 9  
atmosfer, 16  
bahan organik, 3, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 33  
Bahan Organik, 14, 16, 28, 32, 34  
biochar, 19  
Biochar, 19  
dekomposisi, 12



ekosistem, 2, 23  
 ekstensifikasi, 16  
 elevasi, 3  
 entisol, 2, 6, 7, 14, 18, 30  
 Entisol, 2, 6, 7, 14, 18, 30  
 erosi, 2, 3, 12, 13  
 iklim, 2, 3, 4, 5, 15, 16, 24, 26, 31  
 Iklim, 31  
 inceptisol, 2, 6, 8  
 Inceptisol, 2, 6, 8  
 input teknologi, 4  
 intensif, 4  
 intensifikasi, 4, 31  
 Intensifikasi, 31  
 jaringan kortek, 23  
 konservasi, 16, 24  
 korelasi, 12  
 ktk tanah, 7, 8, 9, 11, 13, 18  
 ladang, 5  
 lahan kering, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11,  
 12, 13, 15, 16, 18, 21, 22, 24,  
 26, 27, 29  
 Lahan Kering, 1, 3, 6, 16, 27, 28,  
 29, 30, 31, 32, 33, 34  
 lahan suboptimal, 24  
 legum, 26  
 mikoriza, 22, 23, 28, 30, 32  
 Mikoriza, 22, 30  
 oxisol, 2  
 Oxisol, 2  
 padang rumput, 2, 5  
 padi gogo, 5, 15, 17  
 Padi Gogo, 30, 33  
 pekarangan, 5  
 pemanasan global, 4, 15  
 perkolasi, 13  
 perubahan iklim, 15, 16, 24, 33,  
 34  
 Perubahan Iklim, 15  
 pupuk berimbang, 21, 27  
 Pupuk Berimbang, 19  
 pupuk hijau, 17, 18, 19  
 Pupuk Hijau, 31  
 pupuk organik, 12, 17  
 Pupuk Organik, 28  
 rhizobium, 18  
 Rhizobium, 18  
 sedimen, 8, 10  
 serapan hara, 23  
 tanaman penutup tanah, 18  
 tegalan, 2, 5  
 topografi, 1, 3, 5  
 tumpang sari, 5, 18, 25, 26  
 ultisol, 2, 17, 32  
 Ultisol, 2, 17, 32  
 unsur hara makro, 19  
 unsur hara mikro, 12, 19  
 vertisol, 6, 10, 11, 13, 30  
 Vertisol, 6, 10, 11, 13

### **III. BUDIDAYA KACANG BERAS DI LAHAN KERING DI NUSA TENGGARA BARAT**

#### **3.1. EVALUASI DAN SELEKSI GALUR TOLERAN TERHADAP KEKERINGAN**

##### **3.1.1. Seleksi Galur Murni**

Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi kacang beras yaitu dengan cara seleksi. Metode seleksi yang digunakan untuk perbaikan kacang beras varietas lokal adalah seleksi galur murni. Menurut Kasno dan Trustinah (1998), seleksi galur murni sering digunakan untuk perbaikan varietas lokal dan varietas introduksi kacang beras. Perbaikan varietas lokal dengan seleksi galur murni diarahkan untuk meningkatkan rata-rata dan menurunkan keragaman sifat yang diperbaiki. Nasrullah (1994) menyatakan bahwa seleksi galur murni masih bermanfaat di negara berkembang karena masih banyaknya varietas lokal yang ditanam secara turun menurun, sehingga terjadi penumpukan keragaman yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh pemulia tanaman. Tindakan demikian telah menunjukkan hasil yaitu dapat memperbaiki tanaman yang bersangkutan.

Metode seleksi galur murni mendasarkan pada pemilihan dari tanaman yang memiliki keturunan yang baik. Keturunan dari tetua yang baik akan lebih baik dibandingkan dengan tetua yang jelek atau rerata tetua. Pada seleksi galur murni, dari generasi ke generasi dilakukan seleksi antar galur yang masing-masing ditanam secara terpisah dalam baris, dan dilakukan penilaian tentang derajat homogenitas dalam galur. Galur yang terunggul dikembangkan menjadi varietas, sehingga varietas baru hanya terdiri dari genotipe tunggal (Nasrullah, 1994). Metode seleksi ini efektif untuk perbaikan sifat-sifat seperti besar biji, berat biji, besar polong, warna, dan umur panen. Sifat-sifat demikian sering ditemukan pada varietas lokal (Poespodarsono, 1988; Kasno dan Trustinah, 1998).

Kacang beras memiliki keragaman yang besar terutama umur panen, jumlah polong per tanaman, jumlah biji per polong, tinggi tanaman, dan jumlah cabang produktif, ukuran polong dan biji, warna biji, dan daya hasil (Ujianto, 2011). Varietas lokal umumnya memiliki keragaman-keragaman akibat tercampur dengan varietas lain, mengadakan persilangan dengan

varietas atau jenis lain, adanya mutasi, perbedaan kerapatan populasi, perbedaan cara bercocok tanam, dan lingkungan tumbuh baik berupa perbedaan kesuburan tanah maupun iklim (Duvick, 1996). Dengan seleksi galur murni maka keragaman sifat akan diturunkan dan rata-rata galur akan ditingkatkan. Hasil akhir dari seleksi galur murni adalah suatu galur yang mohosigot dan homogen dengan sifat - sifat yang lebih unggul dari populasi dasarnya. Hasil analisis statistik deskriptif untuk tanaman kacang beras yang terpilih pada beberapa kriteria seleksi pada populasi dasar disajikan pada Tabel 3.1. Hasil analisis statistik deskriptif pada populasi dasar disajikan pada Tabel 3.2. Nilai koefisien korelasi disajikan pada Tabel 3.3.

Apabila dibandingkan antara Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 terlihat bahwa pada semua peubah kacang beras yang diamati menunjukkan adanya peningkatan antara populasi dasar dan populasi tanaman terpilih kecuali umur berbunga dan umur panen. Hal ini disebabkan karena populasi tanaman kacang beras terpilih merupakan hasil pengumpulan dari tanaman-tanaman unggul yang memenuhi kriteria seleksi. Bahan pertanamannya hasil dari seleksi pada populasi dasar yang dipilih berdasarkan kriteria-kriteria tertentu terutama yang pertumbuhannya baik dan jumlah biji per polong serta jumlah polong per tanamannya lebih banyak dibandingkan tanaman lain di sekitarnya.

Tabel 3.1. Nilai Statistik Deskriptif pada Populasi Tanaman Terpilih untuk Semua Peubah yang Diamati

Nilai	TT	JC	JD	DB	DP	PP	JCP	JBP
Rata-rata	59,66	3,00	35,10	0,62	0,18	8,99	2,45	8,01
S.E	2,03	0,11	1,54	0,02	0,00	0,07	0,11	0,11
Median	55,00	3,00	31,50	0,61	0,18	9,00	2,00	8,00
Modus	50,00	3,00	31,00	0,56	0,18	8,00	1,00	8,00
S.D	24,08	1,35	18,17	0,21	0,04	0,79	1,33	1,26
Ragam	579,7	1,81	330,3	0,04	0,00	0,62	1,77	1,59
Range	134,0	5,00	87,00	1,07	0,15	3,40	5,00	6,00
Minimum	12,00	1,00	6,00	0,14	0,10	7,40	1,00	4,00
Maksimum	146	6,00	93,00	1,21	0,25	10,80	6,00	10,0
Jumlah	8353	420	4914	86,28	24,74	1259	343	1121
N	140	140	140	140	140	140	140	140
KK	40,35	44,88	51,78	45,19	20,93	8,78	54,4	15,8

Lanjutan Tabel 3.1.

<b>NILAI</b>	<b>JPT</b>	<b>UB</b>	<b>UP</b>	<b>BBP</b>	<b>BPT</b>	<b>BBT</b>	<b>S100</b>
Rata-rata	53,53	43,06	76,18	0,64	31,07	28,98	7,76
S.E	1,83	0,16	0,11	0,02	1,18	0,93	0,13
Median	50,00	44,00	76,00	0,60	26,40	23,91	7,75
Modus	50,00	44,00	75,00	0,60	24,79	21,82	8,29
S.D.	21,68	1,95	1,29	0,18	13,91	10,95	1,59
Ragam	469,88	3,80	1,66	0,03	193,46	119,9	2,54
Range	130,00	9,00	5,00	1,12	68,94	50,40	11,08
Minimum	18,00	39,00	75,00	0,28	11,15	20,08	0,00
Maksimum	148,00	48,00	80,00	1,40	80,09	70,48	11,08
Jumlah	7494	6029	10665	89,3	4349,5	4057,6	1087
N	140	140	140	140	140	140	140
K.K	40,50	4,53	1,69	28,52	44,77	37,77	20,53

Tabel 3.2. Nilai Statistik Deskriptif pada Populasi Dasar untuk Semua Peubah yang Diamati

<i>NILAI</i>	TT	JD	JC	DB	DP	PP	JCP
Rata-rata	50,35	33,77	2,29	0,53	0,18	8,87	1,84
S.E.	0,63	0,61	0,04	0,01	0,00	0,05	0,03
Median	48,00	29,00	2,00	0,52	0,18	8,90	1,00
Modus	50,00	18,00	1,00	0,65	0,18	8,00	1,00
S.D.	22,75	22,12	1,37	0,21	0,04	0,88	1,18
Ragam	517,7	489,23	1,88	0,04	0,00	0,78	1,40
Range	136,0	265,00	9,00	1,11	0,18	5,30	9,00
Minimum	10,00	5,00	1,00	0,10	0,10	5,50	1,00
Maksimum	146,0	270,00	10,0	1,21	0,28	10,80	10,0
Jumlah	66262	44438	3015	679,7	64,81	3271,8	2424
N	1316	1316	1316	1277	359	369,00	1314
K.K	45,19	65,50	59,8	39,81	20,48	9,93	64,21
Deferensial Seleksi	9,31	0,71	1,33	0,08	0,00	0,13	0,61

Lanjutan Tabel 3.2

<i>NILAI</i>	JBP	JPT	UB	UP	BBP	BPT
Rata-rata	7,59	42,14	43,50	77,21	0,59	23,30
S.E	0,07	1,15	0,06	0,05	0,01	0,69
Median	8,00	38,00	44,00	77,00	0,58	21,19
Modus	8,00	50,00	44,00	75,00	0,51	24,79
S.D.	1,37	22,50	2,19	1,75	0,18	13,44
Ragam	1,87	506,19	4,81	3,07	0,03	180,5
Range	8,00	144,00	25,00	5,00	1,35	87,84
Jumlah	2800	16013	57337	101841	218,4	8809
N	369	380	1318	1319	368	378
K.K	18,04	53,39	5,04	2,27	30,27	57,66
Deferensial Seleksi	0,42	11,39	-0,44	-1,03	0,04	7,76

Tabel 3.3. Nilai Koefisien Korelasi antar Sifat Kuantitatif yang Diamati

	TT	JD	JC	DB	DP	PP	JCP	JBP	JPT	UB	UP	BBP	BPT	BBT
JD	0,52*	1,00												
JC	0,43*	0,41*	1,00											
DB	0,42*	0,36*	0,29*	1,00										
DP	0,01	-0,07	0,01	-0,17*	1,00									
PP	-0,02	-0,09	0,06	-0,13	0,29*	1,00								
JCP	0,57*	0,55*	0,77*	0,30*	-0,01	0,02	1,00							
JBP	0,12	0,01	0,01	-0,02	0,32*	0,71*	0,02	1,00						
JPT	0,32*	0,19*	0,23*	0,21*	0,00	-0,03	0,30*	0,08	1,00					
UB	-0,08	-0,07	-0,06	-0,03	0,01	0,14	-0,12	0,02	-0,20	1,00				
UP	-0,15	0,18*	-0,15	0,04	-0,04	-0,03	-0,07	-0,05	-0,19	0,05	1,00			
BBP	0,04	-0,06	0,03	-0,09	0,31*	0,59*	0,01	0,45*	-0,03	0,01	-0,11	1,00		
BPT	0,32*	0,17*	0,23*	0,14	0,11	0,02	0,31*	0,09	0,92*	-0,17	-0,19*	0,14	1,00	
BBT	0,28*	0,16	0,21*	0,12	0,13	-0,02	0,29*	0,02	0,88*	-0,14	-0,15	0,13	0,97*	1,00
B100	0,06	-0,01	0,05	0,03	-0,03	0,17*	0,03	-0,09	-0,06	0,03	-0,12	0,71	0,06	0,05

Hal ini sesuai dengan teori Johansen (Nasrullah, 1994) yang menyatakan bahwa keturunan dari tanaman yang baik akan lebih baik dibandingkan dengan keturunan dari tanaman yang kurang baik. Untuk peubah umur berbunga dan umur panen, seleksi diarahkan pada pembentukan populasi yang memiliki baik umur berbunga maupun umur panen yang lebih genjah

karena ini merupakan salah satu ciri dari tanaman yang unggul.

Dengan adanya pemilihan-pemilihan pada populasi dasar maka akan terjadi pergeseran rata-rata antara populasi dasar dan populasi hasil seleksi galur murni. Pergeseran nilai rata-rata dapat mengarah ke kanan atau terjadi peningkatan atau bisa juga terjadi pergeseran ke kiri. Untuk peningkatan hasil, maka pergeseran yang diharapkan adalah ke kanan, sedangkan untuk perbaikan umur panen, maka pergeseran yang diharapkan adalah ke kiri. Untuk tanaman kacang beras, hasil dicirikan oleh peubah berat biji per hektar yang merupakan hasil perkalian antara berat biji per tanaman dengan banyaknya tanaman per hektar. Berat biji per tanaman sendiri merupakan hasil perkalian antara jumlah polong per tanaman dengan jumlah biji per polong dan berat satu butir biji. Apabila salah satu komponen hasil meningkat maka akan juga meningkatkan hasil.

Kegiatan seleksi galur murni diarahkan untuk memurnikan varietas lokal yang sudah lama ditanam sehingga identitasnya sudah tidak jelas akibat persilangan alam yang tidak terkendali, adanya mutasi alam, atau adanya pengelolaan benih yang kurang baik sehingga tercampur dengan varietas lain. Dengan seleksi galur murni diharapkan didapatkan galur yang lebih homogen dan homozigot karena dikembangkan dari satu tanaman. Di samping itu dengan seleksi galur murni ini diharapkan adanya peningkatan sifat-sifat tanaman ke arah yang lebih baik.

Dengan seleksi pada generasi pertama terdapat peningkatan nilai rata-rata pada peubah jumlah daun, jumlah cabang, tinggi tanaman, jumlah biji per polong, jumlah polong per tanaman, berat 100 butir biji, dan berat biji per tanaman. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2. dimana pada peubah-peubah tersebut terdapat nilai deferensial seleksi yang positif. Diferensial pada kacang beras selama generasi pertama sebesar 9,31 untuk tinggi tanaman; 0,71 untuk jumlah daun; 1,33 untuk jumlah cabang; 0,08 untuk diameter batang, 0,13 untuk panjang polong; 0,61 untuk jumlah cabang produktif; 0,42 untuk jumlah biji per polong; 11,39 untuk jumlah polong per tanaman; -0,44 dan -1,03 untuk umur berbunga dan umur panen; 0,04 untuk berat biji per polong dan 7,76 untuk bobot polong per tanaman.

Keragaman populasi hasil seleksi masih cukup tinggi terutama jumlah cabang produktif sebesar 54,4 % dan jumlah daun sebesar 51,78 %, sedangkan koefisien keragaman terendah terdapat pada peubah umur berbunga dan umur panen sebesar 4,53 % dan 1,69 %. Hal ini berarti masih

membutuhkan seleksi galur murni lagi untuk generasi berikutnya supaya didapatkan populasi yang lebih homogen. Dengan adanya seleksi galur murni, keragaman populasi hasil seleksi diharapkan semakin kecil karena dilakukan pemilihan-pemilihan berdasarkan kriteria seleksi yang sudah ditentukan, sehingga hanya tanaman tertentu yang menjadi anggota populasi hasil seleksi dengan nilai rata-rata lebih tinggi dan jarak pengukuran yang lebih rendah.

Pada tanaman kacang mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan varietas lainnya terutama hasilnya yang cukup tinggi, tahan rebah, jumlah biji per polong dan jumlah polong per tanamannya cukup tinggi dan tidak mudah terserang hama atau penyakit karena kulit polongnya cukup tebal dan tidak mudah membusuk akibat jamur apabila ditanam atau dipanen pada musim hujan. Oleh karena itu dengan seleksi galur murni ini diharapkan didapatkan populasi tanaman kacang beras yang lebih seragam dan adanya beberapa perbaikan pada hasil maupun komponen hasilnya.

Bobot biji kering per tanaman berkorelasi positif nyata dengan bobot polong per tanaman, jumlah polong per tanaman, tinggi tanaman, dan jumlah cabang. Hal ini berarti bahwa semakin banyak jumlah cabang, semakin tinggi tanaman, dan semakin banyak polong per tanaman akan semakin tinggi pula bobot biji per tanamannya. Perbaikan daya hasil tanaman dapat diperbaiki melalui sifat-sifat yang berkorelasi positif tersebut.

### **3.1.2. Seleksi Silsilah**

Sebelum memutuskan metode yang digunakan untuk memperbaiki generasi hasil hibridisasi harus mempertimbangkan beberapa hal antara lain pengetahuan tentang cara pewarisan sifat yang akan diperbaiki, pertimbangan teknis, informasi tentang daya hasil dan ketahanan terhadap faktor lingkungan yang kurang menguntungkan. Salah satu metode yang sering digunakan untuk memperbaiki tanaman kacang beras hasil hibridisasi yaitu seleksi silsilah atau seleksi pedegree (Biradar, *et al.*, 2007).

Dalam seleksi silsilah perlu dibuat catatan mengenai asal usul dan hubungan kekerabatan tiap generasi yang bersegregasi. Pada metode seleksi ini, pemilihan baru dimulai pada generasi kedua karena pada generasi pertama digunakan untuk perbanyakan benih hasil hibridisasi yang

umumnya jumlahnya masih sangat sedikit. Menurut Borion *et al.* (2002) keberhasilan dalam seleksi ini sangat tergantung dari kemampuan pemulia dalam memilih tanaman sesuai dengan pertimbangan dan kriteria yang sudah ditetapkan untuk menghasilkan keturunan yang lebih baik dari generasi sebelumnya. Seleksi umumnya didasarkan pada vigor dan sifat agronomis individu atau keturunan atau familinya. Pemilihan pada generasi kedua masih terbatas pada seleksi di tingkat individu. Menurut Salimah *et al.* (2007), segregasi pada generasi kedua pada tanaman kacang beras umumnya cukup tinggi, sehingga antar tanaman berbeda satu dengan lainnya. Pada generasi selanjutnya, sejumlah lokus mulai menuju keadaan yang lebih homosigot dan karakteristik antar keluarga mulai nampak. Seleksi pada generasi ketiga dan selanjutnya dilakukan baik di dalam maupun antar famili. Pada generasi ketiga dan keempat, seleksi dilakukan di dalam famili yaitu dengan memilih tanaman terbaik dalam famili terbaik. Pada generasi kelima dan keenam, pemilihan dilakukan antar famili karena kebanyakan famili telah berada dalam keadaan homosigot sehingga kurang banyak artinya jika dilakukan pemilihan dalam famili. Pemilihan pada tingkat famili ini dilakukan beberapa kali sampai didapatkan sejumlah keturunan yang dapat dievaluasi secara komperhensif. Pada metode ini catatan silsilah sangat penting karena dengan adanya catatan silsilah pemulia dapat mengeliminir famili yang tidak berkerabat dan hanya memilih famili yang erat hubungan kekerabatannya. Jadi catatan silsilah ini dapat dimanfaatkan oleh pemulia untuk memutuskan famili mana yang harus dipilih dan dilanjutkan dan famili mana yang harus dibuang. Walaupun pembuatan catatan silsilah ini memakan waktu dan tenaga, tetapi dengan adanya catatan ini berguna bagi pemulia terutama untuk menghindari seleksi tanaman yang mempunyai hubungan kekerabatan yang erat (Nasrullah, 1994; Kelly, *et al.*, 1998).

Hasil hibridisasi diperbanyak agar didapatkan benih yang cukup banyak untuk menghasilkan tanaman pada generasi kedua. Tidak semua benih hasil hibridisasi ditanam, perlu disisakan untuk cadangan jika pertanamannya gagal semua. Adapun cara bercocok tanamnya sesuai anjuran tetapi dengan jarak tanam yang lebih luas yaitu 60 cm x 25 cm agar penampakan sifatnya bisa maksimum. Luas lahan yang dibutuhkan untuk perbanyak benih yaitu sekitar 5 are, sedangkan untuk seleksi silsilahnya dibutuhkan lahan seluas 15 are. Ukuran populasi pada generasi kedua tergantung pada seberapa banyak famili pada generasi ketiga nanti yang dapat ditangani dengan baik. Jumlah famili pada generasi ketiga diusahakan



lebih dari 10. Pemilihan dilakukan mulai generasi kedua dengan jalan membuang semua tanaman yang membawa gen mayor yang tidak sesuai dengan program pemuliaan yang sudah ditetapkan. Tahap berikutnya yaitu memilih tanaman-tanaman yang menunjukkan sifat yang diinginkan dengan intensitas seleksi yang tinggi dengan memperhatikan jumlah famili yang dapat ditangani pada generasi berikutnya. Seleksi tanaman didasarkan pada perbedaan antar tanaman sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan dan perlu dilakukan dengan teliti supaya dapat memilih tanaman yang lebih unggul dibanding generasi sebelumnya. Penanaman pada generasi kedua ini perlu ditata dengan baik agar tanaman dapat mengekspresikan sifatnya secara maksimal, sehingga pemulia tidak salah pilih.

Metode silsilah sering digunakan pada tanaman menyerbuk sendiri, seperti tanaman kacang beras pada program pemuliaan tanaman. Nama ini datang dari catatan yang terus dijaga dari silsilah tetua atau moyangnya pada masing-masing keturunannya. Kriteria seleksi yang digunakan harus sesuai dengan tujuan program pemuliaan, bisa secara langsung maupun tidak langsung. Karena tujuan dari program pemuliaan ini adalah untuk menciptakan varietas unggul baru yang memiliki daya hasil lebih tinggi dan umur panen lebih genjah, maka kriteria seleksi yang utama adalah jumlah polong per tanaman dan umur panen, tetapi sifat-sifat lain seperti jumlah biji per polong, ukuran biji, berat biji juga dipertimbangkan. Pada generasi F<sub>2</sub>, seleksi dibatasi pada tingkat individu. Pada generasi F<sub>3</sub> dan generasi berikutnya sampai didapatkan homosigositas, seleksi dilakukan baik dalam dan antar famili. Oleh karena itu, seleksi adalah antar famili sampai jumlah keturunan dikurangi ke titik dimana evaluasi hasil secara komprehensif dapat dilaksanakan (Singh, *et al.*, 2003; Briggs and Briggs, 1967).

Ukuran populasi F<sub>2</sub> tergantung pada jarak genetik dari tetuanya. Jika tetuanya adalah sangat dekat hubungan kekerabatannya, ukuran populasi F<sub>2</sub> adalah lebih sedikit (sekitar 1000-1500 tanaman) dibandingkan dengan tetua yang kekerabatannya jauh, ukuran populasinya juga lebih banyak (sekitar 5000 tanaman) per kombinasi persilangan. Seleksi pada generasi F<sub>2</sub> adalah umumnya didasarkan pada karakteristik morfologis. Keahlian, pengetahuan dan pengalaman pemulia tanaman sangat berpengaruh dan sangat penting dalam menentukan atau memilih individu terbaik dalam populasi segregasi (Trustinah dkk., 2001; Briggs and Briggs, 1967)..

Sebagian benih dari tanaman-tanaman terpilih digunakan untuk

pertumbuhan generasi F3 yang ditanam per baris. Jumlah tanaman per baris (setiap famili F3) diharapkan cukup banyak yaitu sekitar 30-50 tanaman, sehingga pemulia mendapat gambaran umum yang jelas dan heterosisitasnya dapat nampak. Pemilihan famili F3 didasarkan terutama pada jumlah polong per tanaman dan umur panen, disamping itu juga dipertimbangkan tentang sifat agronomi penting lainnya. Umumnya tiga sampai enam tanaman dipanen dari setiap famili F3 terpilih. Sebagian benih dari masing-masing famili F3 terpilih ditanam per baris untuk famili F4, harus tetap dijaga catatan tentang silsilah familinya. Keturunan F4 berasal dari tanaman-tanaman famili F3 yang sama. Penanganan generasi F4 adalah hampir sama dengan generasi F3, hanya pemilihan lebih ditekankan pada antar famili yang superioritas karena keragaman genetik sudah lebih banyak antar famili dibandingkan dalam famili. Oleh karena itu pada fase ini merupakan kesempatan untuk mengurangi jumlah famili yang sangat besar. Pemilihan disamping didasarkan pada observasi visual juga harus didasarkan pada catatan silsilahnya terutama yang terkait dengan jumlah polong per tanaman dan umur panen. Pada generasi F5 seleksi hanya didasarkan antar famili, tidak lagi dalam famili. Pada generasi F6 dan F7, keturunan yang superior dicampur dan ditanam dalam plot yang terdiri atas beberapa baris untuk evaluasi hasil dan karakteristik agronomi yang lain. Keturunan terpilih dalam setiap generasi diuji daya hasil dan kegenjahannya. Keturunan yang superior dievaluasi pada beberapa lokasi untuk mengkaji adaptasi dan stabilitas hasilnya.

### **3.1.3. Mekanisme ketahanan Kacang Beras Terhadap Kekeringan**

Kekeringan merupakan faktor pembatas hasil tanaman kacang beras. Penurunan hasil akibat kekeringan merupakan proses fisiologi yang dikendalikan oleh faktor genetik (Magloire, 2005). Oleh karena itu dalam mengkaji ketahanan kekeringan suatu tanaman akan selalu terkait dengan masalah fisiologi dan genetik. Pada bagian ini akan diuraikan tentang mekanisme ketahanan kekeringan, pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan vegetatif kacang beras, pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan generatif dan hasil kacang beras, genetik sifat ketahanan dan perakitan varietas tahan kekeringan.

Mekanisme ketahanan kekeringan umumnya dikelompokkan dalam dua kategori yaitu penghindaran kekeringan dan toleran kekeringan. Tanaman lebih sering menggunakan mekanisme penghindaran kekeringan

dibanding toleran kekeringan (Blum, 2005) dan kadang-kadang tanaman menggunakan kedua mekanisme untuk melawan kekeringan (Mitra, 2001). Penghindaran kekeringan didefinisikan sebagai kemampuan suatu tanaman untuk melengkapi siklus hidupnya sebelum kekurangan air yang serius baik di tanaman maupun di tanah. Mekanisme ini meliputi perkembangan fenologi yang cepat yaitu berbunga dan masak lebih awal, mempertinggi plastisitas perkembangan, dan remobilisasi asimilat parentesis ke biji (Chaves dan Oliveira, 2004). Menurut Karamanos dan Papatheohari (1999), penghindaran merupakan kemampuan tanaman untuk menjaga potensial air yang relatif tinggi di jaringan tanaman meskipun rendah kelembaban tanah, dimana ketahanan kekeringan merupakan kemampuan untuk menahan kekurangan air dengan potensial air yang rendah di jaringan.

Lea *et al.* (2004) menyatakan bahwa mekanisme untuk memperbaiki penyerapan air, menyimpan dalam sel tanaman dan mengurangi kehilangan air merupakan bentuk penghindaran dari kekeringan. Respon tanaman terhadap jaringan yang kekurangan air menentukan tingkat toleran tanaman terhadap kekeringan. Lebih jauh Mitra (2001) menyatakan bahwa penghindaran kekeringan ditunjukkan dengan menjaga turgor melalui peningkatan kedalaman perakaran, sistem perakaran yang efisien dan dengan mengurangi kehilangan air melalui pengurangan konduksi epidermal, mengurangi penyerapan sinar dengan penggulungan dan mengurangi permukaan evaporasi. Tanaman-tanaman di bawah kondisi kekeringan mempertahankan hidup dengan melakukan kegiatan penyeimbangan antara mempertahankan turgor dan reduksi kehilangan air.

Mekanisme toleran kekeringan yaitu mempertahankan turgor melalui penyesuaian osmotik (suatu proses yang menyebabkan terjadinya akumulasi larutan dalam sel, meningkatkan elastisitas dalam sel dan mengurangi ukuran sel serta memperpanjang ketahanan dengan ketahanan protoplasmik. Penyesuaian osmotik, yang mana tanaman meningkatkan konsentrasi molekul organik di cairan air sel untuk mengikat air adalah satu contoh. Lapisan tipis dari bahan lilin pada permukaan tanaman dan lebih luas dan dalam perakaran adalah contoh lain (Earl, 2003). Menurut Nigam *et al.* (2005), tanaman juga dapat mengatasi dari periode kekeringan dengan menghasilkan daun baru dari titik tumbuh yang dapat bertahan hidup pada kondisi kekeringan. Banyak dari mekanisme penghindaran dan toleran seperti sistem perakaran yang dalam, mengurangi konduksi epidermal, meningkatkan ketebalan lapisan kutikula, stabilitas membran, akumulasi

prolin, dan penutupan stomata adalah karena ekspresi multigenik dan meliputi seluruh tanaman (Serraj *et al.*, 2004). Pendekatan yang umum dalam pemuliaan untuk toleran kekeringan adalah untuk memilih komponen-komponen toleran kekeringan.

Sayangnya, sebagian besar adaptasi-adaptasi terhadap kekeringan ini merupakan hal yang tidak menguntungkan. Suatu genotipe yang umurnya pendek hasilnya rendah dibandingkan dengan yang umurnya normal. Mekanisme ketahanan kekeringan dengan pengurangan kehilangan air seperti penutupan stomata dan pengurangan luas daun biasanya menghasilkan asimilasi karbon dioksida yang rendah. Gazendam dan Oelofse (2007) menyatakan bahwa penyesuaian osmotik meningkatkan ketahanan kekeringan dengan menjaga turgor tanaman, tetapi meningkatkan konsentrasi larutan yang bertanggung jawab untuk penyesuaian osmotik mungkin mempunyai pengaruh yang merusak untuk menambah persyaratan energi untuk penyesuaian osmotik. Akibatnya, adaptasi tanaman harus merefleksikan keseimbangan antara pelarian, penghindaran dan toleran ketika mempertahankan produktivitas yang cukup (Lea *et al.*, 2004). Pemahaman mekanisme adaptasi tanaman terhadap kekeringan akan membantu pemulia untuk memperbaiki toleransi tanaman terhadap kekeringan lebih efektif. Perbaikan toleransi dapat mempertahankan produktivitas dan membantu memperluas budidaya tanaman-tanaman tertentu ke daerah yang saat ini tidak sesuai untuk produksi tanaman.

#### **3.1.4. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan Vegetatif**

Pertumbuhan vegetatif tanaman kacang beras pada cekaman kekeringan berhubungan dengan perkembangan perakarannya. Pada fase vegetatif, pertumbuhan akar kacang beras sangat cepat kemudian diikuti dengan percabangan perakaran apabila tanaman masuk fase generatif. Apabila pertumbuhan perakaran terganggu akibat cekaman kekeringan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif. Pertumbuhan vegetatif kacang beras menunjukkan respon yang nyata terhadap cekaman kekeringan (Summerfield *et al.*, 1985). Di bawah kondisi cekaman kekeringan, karakteristik perakaran dicirikan oleh jumlah perakaran yang rendah dan pertumbuhan perakaran yang lambat. Menurut Walker dan Miller (1986), dalamnya perakaran kacang beras sangat dipengaruhi dalamnya lapisan

tanah olah. Akar yang berada di bagian bawah lebih cepat perkembangannya dibandingkan di bagian atas karena pada kondisi cekaman kekeringan penyerapan air per unit panjang akar umumnya meningkat pada bagian tanah yang lebih dalam. Cekaman kekeringan dapat menurunkan luas daun dan berat daun yang berpengaruh pada fotosintesis dan respirasi. Hall (2004) melaporkan bahwa indeks luas daun dan aktivitas per unit luas daun merupakan salah satu komponen dalam fotosintesis. Kacang beras dengan luas daun yang besar mempunyai potensi yang lebih besar untuk mengkontribusikan fotosintat yang lebih banyak ke pembentukan dan pengisian biji. Rata-rata fotosintesis dan transpirasi menurun pada kacang beras apabila terjadi peningkatan cekaman kekeringan sebagai akibat penutupan stomata lebih awal sehingga rata-rata fiksasi karbon dioksida juga menurun.

Barrios *et al.* (2005) menyatakan bahwa tanaman yang hidup pada habitat kering memiliki daun dengan kutikula yang tebal. Sedangkan pada daun tanaman yang sebagian besar hidupnya tergenang air dinding sel dan kutikulanya amat tipis. Kutikula berperan dalam fungsi ketahanan struktural. Menurut Frahm *et al.* (2004), kutikula merupakan senyawa lemak yang terdapat di luar permukaan epidermis. Senyawa ini bersifat kedap air sehingga mengurangi laju transpirasi. Hal ini menyebabkan laju transpirasi melalui kutikula lebih rendah dibandingkan dengan laju transpirasi melalui stomata. Lebih jauh Levitt (1980) menyatakan bahwa pada tumbuhan yang hidup dalam kondisi kekeringan laju transpirasi stomatanya lebih kecil dari tanaman yang hidup pada kondisi cukup air. Jadi, ketebalan kutikula merupakan salah satu cara adaptasi terhadap lingkungan untuk mengurangi transpirasi. Pertahanan struktural pada tanaman dapat berupa ketebalan dan kualitas kutikula yang menutupi epidermis. Chavel *et al.* (2004) menambahkan bahwa kutikula terdiri atas lapisan kutin yang impermeabel terhadap air, sehingga dapat berfungsi sebagai pengatur air sel yang berada di bawahnya. Secara anatomis semakin tebal lapisan kutikula maka tanaman akan memiliki daun yang relatif lebih tahan dari pada tanaman atau varietas tanaman yang memiliki lapisan kutikula tipis.

Menurut Salisbury dan Ross (1995) variasi yang besar dalam efisiensi penggunaan air disebabkan adanya adaptasi yang bersifat anatomis dari daun yang bertranspirasi yang erat kaitannya dengan kerapatan stomata. Lima *et al.* (2003) menambahkan salah satu sifat tanaman yang tahan

terhadap kekeringan ialah ukuran dan kerapatan stomata yang rendah pada epidermis daun. Ukuran dan kerapatan stoma berkaitan dengan cekaman air dan suhu. Selanjutnya Clavel *et al.* (2004) menyatakan konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara juga mempengaruhi kerapatan stomata, dimana jika konsentrasi CO<sub>2</sub> meningkat maka kerapatan stomata akan menurun. Liu *et al.* (2004) melaporkan bahwa penurunan fotosintesis akibat cekaman kekeringan disebabkan oleh reduksi sintesa *Adenocine triphosphate* (ATP), *Nicotine amide adenine denucleotide phosphate* (NADP) dan *phosphoglycerit acid* (PGA). Cekaman kekeringan pada fase vegetatif tidak hanya mempengaruhi sifat-sifat tanaman yang terkait fase ini, tetapi juga akan mempengaruhi fase generatif dan hasil kacang beras.

### **3.1.5. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan Generatif dan Hasil**

Periode awal generatif merupakan periode kritis kacang beras, sehingga apabila terjadi cekaman kekeringan pada periode ini sangat mempengaruhi hasil. Cekaman kekeringan pada periode generatif dapat menyebabkan penurunan jumlah, ukuran, maupun berat biji maupun polong (Lopes *et al.*, 2003). Menurut Chozin *et al.* (2002), polong yang terletak di cabang lebih sensitif terhadap cekaman kekeringan dari pada di batang utama. Cekaman kekeringan juga menurunkan lamanya periode generatif yang berarti menurunkan periode pengisian biji akibatnya hasil menurun karena bijinya lebih kecil dan ringan. Akibat cekaman kekeringan luas dan berat daun menurun sehingga fotosintat juga menurun yang dapat menyebabkan turunnya berangkasan kering dan biji.

Menurut Ogbonnaya *et al.* (2003), pengaruh cekaman kekeringan pada periode pertumbuhan generatif berbeda-beda tergantung pada saat kapan terjadi cekaman kekeringan. Apabila cekaman kekeringan terjadi pada saat awal periode generatif maka akan menyebabkan penurunan prosentase bunga yang menjadi polong karena tidak sempurnanya proses fertilisasi dan polinasi, sehingga banyak bunga yang gugur mengakibatkan jumlah biji per polong dan jumlah polong per tanaman menurun. Sedangkan menurut Anyia dan Herzog (2004), jika cekaman kekeringan berlangsung pada fase perkembangan akumulasi berat kering, tidak mempengaruhi prosentase pembentukan polong tetapi akan memperpendek masa pengisian polong, sehingga bijinya lebih kecil dan ringan yang berakibat hasilnya baik kualitas

maupun kuantitasnya menurun.

Hasil kacang beras tidak hanya dipengaruhi oleh fase generatif tetapi juga fase vegetatif, sehingga kalau terjadi cekaman kekeringan baik pada fase vegetatif maupun generatif akan mempengaruhi hasil dengan tingkat yang berbeda-beda tergantung tingkat cekaman kekeringan dan saat terjadinya cekaman kekeringan. Apabila terjadi cekaman kekeringan sejak fase vegetatif maka akan mempercepat perubahan ke fase generatif yang berarti lamanya fase generatif berkurang yang juga diikuti oleh perubahan-perubahan morfologi, fisiologi maupun biokimia (Summerfield, *et al.*, 1985). Menurut Magloire (2005), tanaman yang tercekam kekeringan mempunyai tinggi tanamannya lebih pendek; daun lebih kecil, lebih ringan dan lebih sedikit; perakaran tidak berkembang dengan baik, umur berbunga dan umur panen lebih singkat, fiksasi CO<sub>2</sub> menurun, stomata menutup lebih awal, efisiensi penggunaan air meningkat, kandungan prolin dan asam absisat meningkat.

Cekaman kekeringan sebelum berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terlebih dahulu mengakibatkan dehidrasi dan menurunkan tekanan turgor sel tanaman sehingga merangsang penutupan stomata, menghambat difusi CO<sub>2</sub> dan fotosintesis (Levitt, 1980). Akar yang mengalami cekaman kekeringan menurut Salisbury dan Ross (1992) akan membentuk asam absisat lebih banyak dan diangkut menuju daun untuk menutup stomata yaitu dengan menghambat pompa proton yang kerjanya tergantung ATP dan membran plasma sel penjaga. Efisiensi penggunaan air merupakan salah satu perilaku fisiologi yang berhubungan dengan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan. Chaves dan Oliveira (2004) melaporkan efisiensi penggunaan air berhubungan dengan total biomas yang dihasilkan tanaman pada kondisi tercekam kekeringan. Perbaikan efisiensi penggunaan air akan memberikan hasil dan indeks panen yang tinggi pada kondisi tercekam kekeringan. Perubahan-perubahan sifat morfologi, fisiologi dan biokimia umumnya berkorelasi negatif dengan hasil kacang beras, artinya perubahan-perubahan tersebut merupakan faktor-faktor yang dapat menyebabkan hasilnya turun.

### **3.1.6. Genetik Sifat Ketahanan dan Perakitan Varietas Toleran Kekeringan**

Toleran atau ketahanan kekeringan merupakan sifat yang kompleks, penampakan sifatnya tergantung pada aktivitas dan interaksi dari sifat

morfologi, fisiologi, dan biokimia yang berbeda. Sifat morfologi, fisiologi, dan biokimia yang berhubungan dengan ketahanan kekeringan meliputi umur genjah, pengurangan luas daun, penggulangan daun, sistem perakaran yang efisien, stabilitas hasil, pengurangan transpirasi, efisiensi penggunaan air yang tinggi, penutupan stomata, penyesuaian osmotik, akumulasi prolin, asam absisat, poliamin, peningkatan aktivitas nitrat reduktase. Sifat-sifat ini dikendalikan oleh faktor genetik (Chozin *et al.*, 2002; Fawole, 2001) yang dalam penampilannya dipengaruhi oleh faktor lingkungan terutama kondisi cekaman kekeringan. Menurut (Fery, 1985), karakter akar dikendalikan oleh banyak gen sehingga pewarisan sifatnya secara poligenik. Panjang dan jumlah akar dikendalikan oleh gen dominan. Penyesuaian osmotik dan penggulangan daun pewarisan sifatnya secara monogenik. Sifat ketahanan kekeringan pada kacang beras diwariskan secara monogenik.

Salah satu upaya untuk meningkatkan hasil kacang beras pada kondisi tercekam kekeringan yaitu perakitan varietas unggul yang toleran terhadap kekeringan dengan memanipulasi faktor genetik. Dengan perbaikan faktor genetiknya maka akan mempengaruhi proses fisiologi tanaman. Hasil merupakan perwujudan dari potensi tanaman yang ditentukan oleh faktor genetik yang dalam penampilannya (*phenotipe*) juga ditentukan oleh faktor lingkungan melalui suatu proses fisiologi. Oleh karena itu dalam merakit varietas unggul kacang beras yang toleran terhadap kekeringan tidak hanya menggunakan kriteria seleksi sifat morfologi tetapi juga harus menggunakan kriteria seleksi sifat-sifat fisiologi agar program pemuliaan berjalan lebih efektif dan efisien.

## **3.2. Perbaikan Kesuburan Tanah Untuk Budidaya Kacang Beras**

### **3.2.1 Pola Pemupukan Terpadu**

Pengembangan kacang beras di lahan kering dihadapkan pada masalah kesuburan tanah yang rendah. Secara umum, tanah di lahan kering dicirikan dengan sifat fisik, kimia dan biologi tanah sebagai berikut. Tekstur tanah kasar (pasir berlempung), kadar lengas dan kapasitas simpan lengas tanah rendah, stabilitas agregat yang tidak kuat, kandungan C-organik rendah (kurang dari 1%), kapasitas tukar kation (KPK) rendah dan kekurangan unsur N, kandungan P-tersedia berstatus rendah, akan tetapi kandungan P dan K-potensial berharkat sedang sampai tinggi, dan reaksi tanahnya berada pada



tataran pH netral (Kusumo dkk, 2011). Sifat biologi tanah dicirikan dengan rendahnya jumlah mikrobial tanah pendaur hara seperti bakteri pelarut fosfat yang populasinya hanya sekitar  $10^4$ cfu/gam tanah, sementara tanah subur mencapai  $10^7$ cfu/gam tanah (Susilowati, dkk, 2011). Karakteristik tanah yang demikian berimpak pada rendahnya produksi tanaman yang dibudidayakan di lahan tersebut.

Sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas tanaman di lahan kering, kebanyakan petani melakukannya dengan pemberian pupuk kimia (Urea, SP-36 dan KCl). Namun, mereka tidak menyadari bahwa efisiensi pemanfaatan pupuk oleh tanaman di lahan kering sangat rendah. Hal ini terkait dengan kandungan C-organik yang rendah. Yang mana C-organik merupakan segmen tanah pengendali ketiga sifat tanah. Karena itu, untuk meningkatkan produktivitas tanaman tidak cukup dengan pemberian pupuk kimia tetapi harus dibarengi dengan peningkatan kandungan bahan organik tanah melalui pemberian pupuk organik (pupuk kandang, pupuk hijau atau kompos limbah pertanian). Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara dan penyerapannya oleh tanaman selama masa pertumbuhan tanaman (Ma`shum dkk, 2003).

Selanjutnya, untuk memperbaiki proses penyerapan hara oleh akar tanaman dapat dilakukan melalui pengkayaan mikrobial tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Salah satu jenis mikrobial tanah yang memfasilitasi penyerapan hara adalah mikoriza vaskular arbuskular (MVA). Mikoriza memperbaiki pertumbuhan dan hasil tanaman melalui perannya dalam memfasilitasi ketersediaan P, penyerapan unsur P dan unsur hara lainnya (Susilowati dan Sukartono, 2007; Musfal, 2010). Inokulasi mikoriza 15 g per tanaman jagung di lahan kering terbukti dapat mengefisienkan 50% penggunaan pupuk NPK dengan hasil panen jagung tidak berbeda secara nyata dengan pemberian 100% pupuk NPK (Musfal, 2010). Di samping itu, dilaporkan juga bahwa tanaman yang terinfeksi mikoriza menjadi lebih tahan terhadap cekaman kekeringan daripada tanaman tanpa mikoriza (Endang, P. dan Santosa. 2005). Seberapa besar keefektifan mikoriza dalam meningkatkan penyerapan hara oleh akar tanaman sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan tanah dan kesesuaian antara tanaman inang dengan fungi MVA (Susilowati, dan Sukartono, 2007).

Uraian di atas menyiratkan bahwa untuk meningkatkan harkat kesuburan tanah di lahan kering diperlukan adanya pengkayaan bahan

organik untuk membenahi lingkungan tanah dalam menyediakan hara bagi tanaman, masukan pupuk anorganik untuk memenuhi kebutuhan hara dan penggunaan pupuk hayati MVA untuk memperbaiki penyerapan hara dan air oleh tanaman. Akan tetapi untuk mengintegrasikan ketiga bahan tersebut menjadi satu kombinasi paket pemupukan yang dapat diaplikasikan untuk memperbaiki kesuburan tanah perlu kajian spesifik lokasi dengan mempertimbangkan faktor penghambat *in situ*.

Kajian integrasi dari ketiga bahan tersebut sebagai paket pemupukan terpadu untuk memperbaiki kesuburan tanah di lahan kering di NTB dilakukan pada tahun 2013 (Susilowati dkk, 2013). Kajian dilakukan pada Entisol di lahan kering yang mempunyai fasilitas sumur bor sebagai sumber irigasi, di Desa Gumantar Kec Gangga Kabupaten Lombok Utara. Karakteristik tanah percobaan dicirikan dengan tekstur tanah lempung pasir, pH-tanah 5,53, kandungan C-Organik sangat rendah dengan kadar 0,82% (metode Walkey & Black), N-total sangat rendah dengan kadar 0,04% (metode Kjeldahl), P-tersedia tinggi dengan kadar 33,28 ppm (metode Bray I) dan K-dapat ditukar berkadar 1 me% (dengan pengestrak ammonium asetat pH 7). Kajian ini bertujuan untuk mendapatkan paket pemupukan terpadu yang efisien untuk budidaya kacang beras di lahan kering, dengan mengukur tingkat efisiensi serapan hara, produksi tanaman dan kualitas biji kacang beras.

Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan penataan perlakuan percobaan paket pemupukan sebagai berikut: RP0: tanpa pupuk(kontrol); RP1: 100% pupuk rekomendasi (50kg urea dan 100kg SP-36 per ha), RP2 :5 ton/ha pupuk kandang plus 50% pupuk rekomendasi ; RP3: perlakuan pada RP2 plus MVA; RP4: 5 ton/ha kompos *Crotalaria juncea* dan 50% pupuk rekomendasi; RP5: perlakuan pada RP4 plus MVA; RP6: 2,5 ton/ha pupuk kandang, 2,5 ton/ha kompos *crotalaria* dan 50% pupuk rekomendasi; RP7: 1,5 ton/ha pupuk kandang, 1 ton/ha kompos *Crotalaria juncea* dan 50% pupuk pupuk rekomendasi; RP8: perlakuan pada RP7 plus MVA. Percobaan dilakukan pada plot percobaan berukuran 7m x 5m. Takaran pupuk anorganik untuk kacang beras adalah 25 kg urea per ha dan 50 kg Sp-36 per ha (50% takaran rekombinasi), takaran pupuk organik (pupuk kandang dan/atau kompos *Crotalaria juncea*) 5 ton per ha, diaplikasikan pada saat pengolahan tanah, dan pupuk hayati MVA dengan merk dagang "Technofert" diberikan 5 g per lubang tanam, diaplikasikan saat saat tanam.

Pupuk anorganik diaplikasikan secara larikan dengan jarak 5- 7 cm dari lubang tanam.

Variabel tanaman yang diamati pada saat umur vegetatif maksimum (32 HST) meliputi: derajat infeksi akar oleh MVA, jumlah bintil (bintil/2 tan) dan persentase bintil aktif akar (% total bintil), bobot kering brangkas atas tanaman (BKB g/2 tan, ditetapkan setelah dioven selama 2 x 24 jam pada suhu 65°C), kadar N dan P dalam jaringan tanaman (metode destruksi basah), serapan hara N dan P (g/2tan). Efisiensi serapan N (ESN) dan P (ESP) asal pupuk anorganik dihitung dengan rumus :

$$\text{ESN/ESP} = \frac{\text{B}-\text{A}}{\text{C}} \times 100\%$$

B= serapan hara (N atau P) pada tanaman dengan pemupukan.

A= serapan hara (N atau P) pada tanaman tanpa pemupukan.

C= kandungan hara dalam pupuk diberikan ke dalam tanah

Parameter produksi meliputi:, jumlah polong (polong/2 tan), bobot biji per tanaman (g/2tan), bobot 100 biji (g), produktivitas tanaman (ton/ha) (sebagai hasil konversi dari bobot biji (g/tan) dikalikan populasi per ha). Parameter kualitas hasil meliputi kandungan karbohidrat (metode uji Spectrometri), protein (metode Kjeldhal) dan antosianin (menggunakan spektrofotometer).

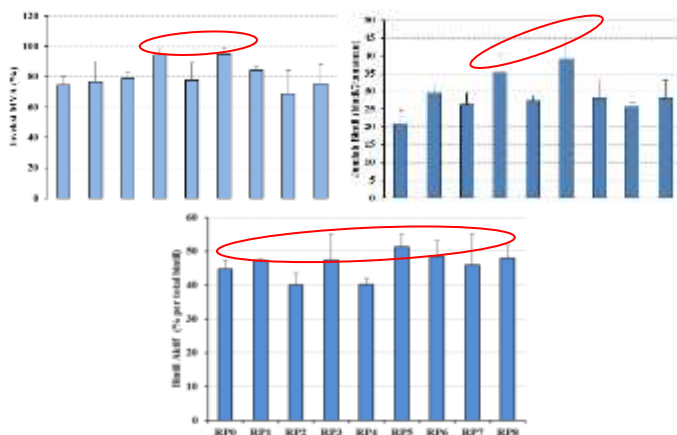
Data hasil pengamatan dianalisis dengan sidik ragam pada taraf nyata 5%, kemudian untuk menentukan perbedaan antar perlakuan dilakukan uji lanjut BNT taraf nyata 5%. Beberapa data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk grafik histogram diikuti dengan standart error (SE).

### **Hasil Kajian Terhadap Derajat Infeksi akar, Jumlah Bintil dan Bintil Aktif.**

Pola pemupukan cenderung meningkatkan derajat infeksi akar dan jumlah bintil akar tanaman. Hasil yang nisbi tinggi terjadi pada pola pemupukan RP3 dan RP5. Pada pola pemupukan RP1, RP2, RP4, RP6, RP 7, RP 8 dan perlakuan kontrol (RP0) derajat infeksi akar sebanding antara yang satu dengan yang lain (Gambar 3.1). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa infeksi akar tidak hanya terjadi pada perlakuan yang diberi pupuk hayati MVA tetapi terjadi juga pada perlakuan tanpa inokulasi MVA (RP0, RP1, RP2,RP4,RP6 RP7). Hal ini menandakan bahwa pada tanah

percobaan terdapat spora fungi MVA *indigenus* dan spora MVA tersebut mengenali tanaman kacang beras sebagai tanaman inangnya. Spora fungi MVA akan berkecambah ketika lingkungan tanah mendukung dan hifa eksternal dari spora akan membentuk *appressorium* (tahap awal terjadinya infeksi akar) pada permukaan akar tanaman yang terlacak sebagai tanaman inang. Nampaknya eksudat akar kacang beras mengandung senyawa organik substansial yang dapat menstimulasi perkecambahan spora dan pembentukan *appressorium* pada permukaan akar. Senyawa organik yang berperan sebagai stimulan dalam berbagai fase interaksi simbiosis antara mikrobia dan tanaman tinggi berasal dari kelompok senyawa flavonoid (Makoi, 2009). Beberapa senyawa flavonoid dari keluarga *Vigna* memacu perkecambahan spora dan pertumbuhan hifa dalam pembentukan simbiosis akar dengan fungi MVA (Scervino *et. al.*, 2007).

Berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa derajat infeksi tidak berbeda nyata antara pada komposisi 5 ton pupuk organik plus 50 % pupuk rekomendasi per ha (RP2, RP4 dan RP 6, RP7) dan pada komposisi 100 % takaran rekomendasi pupuk anorganik (RP1). Hal ini menandakan bahwa perbedaan pola pemupukan pada perlakuan tersebut tidak menimbulkan perbedaan lingkungan tanah yang dapat menstimulasi perkembangan spora dan aktivitas fungi MVA *indigenus* dalam menginfeksi akar. Boleh jadi masukan pupuk organik dengan takaran 2,5 sd 5 ton /ha belum mampu memperbaiki status kandungan bahan organik (BO) tanah yang dapat memicu perkembangan spora fungi MVA *indigenus*. Jumlah spora MVA maksimum ditemukan pada tanah dengan kandungan bahan organik 1-2 % dan pada tanah dengan kandungan BO kurang dari 0.5 % jumlahnya sangat sedikit



Gambar 3.1. Derajat infeksi MVA (%), Jumlah bintil akar (bintil/2 tan),  
Bintil aktif (%total bintil) pada berbagai pola pemupukan

Terkait dengan peningkatan derajat infeksi MVA yang nisbi tinggi pada pola pemupukan RP3 dan RP5 dibandingkan pada pola pemupukan tanpa inokulasi MVA (Rp1, RP2, RP4, RP6) menunjukkan bahwa bertambahnya jumlah spora asal inokulasi MVA berimpak pada meningkatnya derajat infeksi akar. Hasil ini menunjukkan bahwa (1) spesies fungi MVA-introduksi kompatibel dengan akar tanaman kacang beras, (2) fungi MVA introduksi bukan kompetitor bagi spesies fungi MVA-*indigenous* dalam mengkolonisasi akar tanaman. Dari hasil percobaan ini mengisyaratkan bahwa terdapat banyak species fungi MVA yang dapat menginfeksi akar tanaman kacang beras. Dengan kata lain pembentukan asosiasi simbiotis MVA pada akar tanaman kacang beras tidak memerlukan spesies fungi MVA spesifik. Fungi MVA umumnya tidak menghendaki tanaman inang yang spesifik namun MVA cenderung menyukai tanaman inang tertentu.

Berdasarkan data yang disajikan dalam Gambar 3.1 terlihat bahwa jumlah bintil akar tanaman meningkat nisbi tinggi pada perlakuan RP3 dan RP5 dibandingkan dengan pola pemupukan yang lain. Pola peningkatan jumlah bintil akar pada RP3 dan RP5 mengikuti pola peningkatan derajat infeksi MVA pada perlakuan RP 3 dan RP 5. Kesamaan pola peningkatan hasil pada kedua parameter menggambarkan adanya dampak positif dari inokulasi MVA terhadap pembentukan bintil. Peningkatan jumlah bintil akar tersebut boleh jadi terkait dengan peranan MVA dalam meningkatkan penyerapan unsur P, sehingga jumlah P-terserap pada tanaman dengan inokulasi MVA lebih tinggi daripada tanaman tanpa inokulasi MVA (Tabel 3.4). Tanaman kacang-kacangan membutuhkan P dalam jumlah nisbi besar dibanding tanaman pangan lainnya. Tanaman ini memerlukan fosfat tidak saja untuk memenuhi kebutuhan metabolisme tanaman tetapi juga untuk merangsang pembentukan bintil akar dan proses penambatan N oleh *Rhizobium* sp. Meningkatnya takaran pembe-rian pupuk fosfat secara nyata meningkatkan jumlah bintil akar tanaman kacang tanah.

Terhadap presentasi jumlah bintil aktif per tanaman, perlakuan pola pemupukan tidak memberikan pengaruh secara nyata (Gambar 3.1). Hasil pengamatan menunjukkan persentasi jumlah bintil aktif pada pola pemupukan kombinasi berkisar antara 40 sd 50 % dari total bintil akar yang

terbentuk.

### Hasil Kajian Terhadap Efisiensi Serapan pupuk N dan P

Serapan hara N dan P menggambarkan banyaknya hara N dan P yang masuk ke dalam jaringan tanaman. Banyaknya hara terserap dihitung berdasarkan rumus: kadar hara (%) dikalikan dengan bobot kering tanaman. Dengan mengetahui angka serapan hara, maka efisiensi serapan hara asal pupuk dapat dihitung dengan rumus: serapanbanyaknya hara asal pupuk yang diserap tanaman dibagi dengan kandungan hara dalam dosis pupuk dikali 100%. Rerata kadar N-jaringan dan P-jaringan tanaman kacang beras masing-masing sebesar 3,32 dan 0,23% (Tabel 3.4). Kadar N ini lebih rendah dari kadar pada jaringan tanaman kedelai, akan tetapi lebih tinggi daripada kadar N dalam jaringan tanaman jagung. Kadar kecukupan N dalam jaringan tanaman kedelai berkisar dari 3,5 sd. 5,5 % dan dalam jaringan jagung 3%. Perbedaan kadar N dalam jaringan berkorelasi dengan perbedaan kandungan protein dalam masing-masing biji tanaman. Semakin besar kadar protein dalam biji, semakin banyak pula nitrogen yang dibutuhkan oleh tanaman karena N merupakan unsur utama penyusun protein. Dari hasil analisis statistik dapat ditunjukkan bahwa perlakuan pola pemupukan berpengaruh tidak nyata terhadap serapan hara N, ESN dan serapan P ( $p \geq 0,05$ ). Terhadap ESP, perlakuan pemupukan berpengaruh nyata ( $p \leq 0,05$ ).

Tabel 3.4. Rerata Kadar N & P, Serapan N & P dan ESN& ESP Pada Berbagai Pola Pemupukan

Pupuk	Kadar N (%)	Kadar P (%)	Serapan N (g/2tan)	Serapan P (g/2tan)	ESN <sup>1)</sup> (%)	ESP <sup>2)</sup> (%)
RP0	3,26	0,23	0,187	0,013	-	-
RP1	3,50	0,22	0,303	0,019	60,52	20,78a*
RP2	3,34	0,23	0,272	0,019	88,63	37,99b
RP3	3,31	0,24	0,280	0,021	96,94	50,15c
RP4	3,22	0,22	0,263	0,018	78,56	32,33ab
RP5	3,43	0,24	0,300	0,021	117,93	51,93c
RP6	3,31	0,23	0,271	0,018	87,40	35,45b
RP7	3,27	0,22	0,246	0,019	61,59	38,15b
RP8	3,28	0,23	0,289	0,018	87,52	31,49a
<b>rerata</b>	<b>3,32</b>	<b>0,23</b>				
Uji F 5%		-	NS	NS	NS	S
BNT5%						14,19

Keterangan : \*Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata;<sup>1)</sup>ESN=Efisiensi

Serapan Pupuk N; <sup>2</sup>) SP=Efisiensi Serapan Pupuk P berdasarkan kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>



Gambar 3.2. Serapan N pada berbagai pola pemupukan

Rerata serapan N pada perlakuan yang dipupuk mencapai 48% lebih tinggi daripada perlakuan kontrol (Gambar 3.2). Hasil ini mengindikasikan bahwa untuk memacu serapan N pada tanaman kacang beras yang tumbuh di tanah percobaan (tanah miskin hara N) memerlukan masukan pupuk N. Pupuk dasar N diperlukan untuk stater pertumbuhan awal akar tanaman, karena hara yang terkandung dalam kotiledon lebih banyak digunakan untuk perkembangan vegetatif bagian atas tanaman. Selanjutnya, dari hasil percobaan dapat dijelaskan bahwa pupuk N sebanyak 50 kg urea/ha diperlukan sebagai stater pertumbuhan tanaman. Takaran pupuk N tersebut dapat direduksi menjadi 25 kg urea/ha apabila dibarengi dengan pemberian pupuk organik (kandang dan/atau pupuk kompos *crotalaria juncea*) dengan takaran minimal 2,5 ton/ha (baik dengan atau tanpa inokulasi MVA). Berdasarkan hasil pengukuran ESN terlihat bahwa nilai ESN pada tanaman kacang beras tidak mencerminkan nilai efisiensi penggunaan pupuk N. Hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai ESN yang melebihi 100% (terjadi pada perlakuan RP 5). Keadaan ini terjadi karena serapan N dalam jaringan tanaman kacang beras tidak hanya berasal dari proses penambatan N oleh *Rhizobium* sp dan dari dalam tanah. Nitrogen dalam tanaman kedelai diperoleh dari pupuk, fiksasi, dan tanah berturut-turut sebesar 5, 39, dan 56 % dari seluruh kebutuhan tanaman.

Terkait dengan pengaruh nyata dari perlakuan pemupukan terhadap ESP dapat dijelaskan sebagai berikut. Kontribusi pupuk terhadap ESP berkisar antara 20,78 sd 51,93. ESP tertinggi didapatkan pada pola

pemupukan RP 3 dan RP 5 (mencapai  $\pm 50\%$ ), kemudian diikuti pada pola pemupukan RP 2, RP 4 RP 6, RP 7( mencapai 36 %) dan terendah didapatkan pada pola RP1 (20,78 %). Perbedaan tinggi-rendahnya ESP diduga kuat terkait dengan kelangsungan transformasi pupuk SP-36 ke bentuk P-tersedia bagi tanaman. Pada tanaman yang diberi perlakuan pemupukan dengan menambahkan pupuk organik akan meningkatkan jumlah P-tersedia, dengan demikian semakin banyak P yang dapat diserap oleh akar tanaman. Pemberian pupuk organik ke dalam tanah akan meningkatkan kandungan asam-asam organik (humat dan flufat) yang berfungsi untuk melarutkan pupuk P, sehingga semakin banyak P asal pupuk yang dapat diserap oleh akar tanaman.

Dari hasil percobaan tersebut dapat dijelaskan bahwa pemberian 2,5 ton pupuk organik/ha bermanfaat untuk meningkatkan penyerapan P asal pupuk SP-36 pada tanaman kacang beras yang dibudidayakan di lahan kering dengan status kandungan BO-tanah sangat rendah (analisis tanah awal C-organiknya 0,82%). Selanjutnya dapat dijelaskan bahwa sumber bahan organik yang diaplikasikan dapat berasal dari pupuk kandang ataupun kompos *Crotalaria juncea*.

Penyerapan hara P ternyata masih dapat ditingkatkan lagi dengan menginokulasikan pupuk hayati- MVA. ESP-pada pola pemupukan RP 3 & RP 5 mencapai 38% lebih tinggi daripada ESP pada RP 2 & RP 4. Hasil ini menjelaskan adanya peran nyata dari asosiasi simbiotik MVA pada akar tanaman kacang beras dalam penyerapan hara P asal pupuk SP-36. Peningkatan penyerapan P ini selaras dengan peningkatan derajat infeksi MVA yang terjadi pada pola pemupukan RP 3 dan RP 5. Peningkatan jumlah hara P dalam jaringan tanaman bermikoriza dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada setiap segmen akar yang terinfeksi MVA terbentuk struktur hifa yang menjalar keluar (hifa eksternal) dan meluas ke dalam tanah. Hifa eksternal ini membantu menyerap P dari tempat-tempat yang tidak dapat dijangkau oleh rambut akar.

Di dalam tanah, hara P bersifat tidak mobil dan pergerakannya menuju permukaan akar berlangsung sangat lambat, mengikuti aliran difusi. Di sisi lain, penyerapan hara P oleh rambut akar berlangsung dengan cepat. Kecepatan pergerakan P menuju permukaan akar yang tidak selaras dengan kecepatan penyerapan P oleh rambut akar mengakibatkan di daerah permukaan akar tanaman seringkali terjadi kekosongan hara P (*depletion*



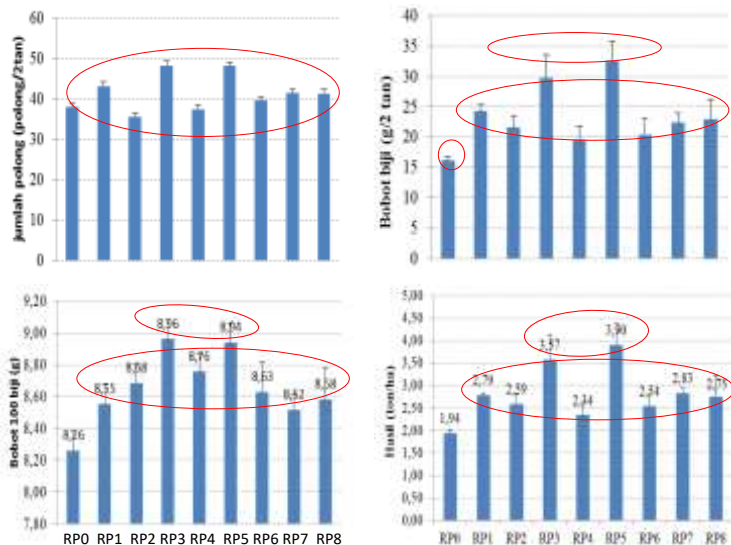
zone). Keadaan demikian menyebabkan penyerapan hara terhenti sesaat karena tidak tersedia P yang dapat diserap oleh rambut akar. Kejadian ini tidak terjadi pada tanaman bermikoriza karena hifa eksternal MVA dapat melintasi *depletion zone* sehingga dapat menyerap fosfat dari zone yang tidak terjangkau oleh tanaman tanpa mikoriza. Volume jelajah akar bermikoriza dalam penyerapan hara P mencapai 10 kali lebih besar daripada tanaman tanpa MVA. Karena itu efisiensi penggunaan pupuk P yang nisbi tinggi terjadi pada tanaman bermikoriza.

### **Hasil Kajian Kuantitatif dan Kualitatif Hasil Kacang Beras**

Hasil pengukuran komponen produksi tanaman meliputi: jumlah polong (polong/2tan), bobot biji (g/2 tan), bobot 100 biji (g) dan produktivitas tanaman (ton/ha) disajikan dalam Gambar 3.3. Produksi tanaman per ha diukur berdasarkan konversi bobot biji (g/2 tanaman, setiap lubang tanam berisi 2 tanaman) dikalikan 120.000 lubang tanam/ha.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan pola pemupukan berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah polong (polong/2 tan) dan berpengaruh nyata terhadap bobot biji (g/2 tan), bobot 100 biji dan produksi tanaman (ton/ha) (Gambar 3.3). Jumlah polong per tanaman dihitung dari semua polong yang terbentuk tanpa memisahkan antara yang hampa dan yang berisi. Tidak ada pengaruh nyata dari perlakuan pemupukan terhadap jumlah polong boleh jadi (1) jumlah polong merupakan salah satu karakter genetik tanaman tersebut dan (2) perubahan lingkungan tanah akibat pola pemupukan tidak mempengaruhi proses penyerbukan. Kacang beras banyak ragamnya dengan jumlah polong per tanaman mencapai lebih dari 25. Terbentuknya polong menandakan bahwa proses penyerbukan kepala putik oleh benang sari terjadi secara normal. Pemberian pupuk kimia (urea, SP-36) dan pupuk organik (pupuk kandang dan kompos *Crotalaria juncea*) nampaknya tidak dapat memenuhi kebutuhan unsur mikro bagi tanaman kacang beras sehingga potensi penyerbukan tanaman hanya dikendalikan oleh karakteristik genetik tanaman. Beberapa unsur mikro seperti Mn, Fe dan Zn mempunyai peranan penting dalam fenologi pembungaan Terhadap bobot biji per tanaman dan bobot 100 biji terlihat bahwa pemberian pupuk ke dalam tanah cenderung meningkatkan hasil kedua parameter tersebut. Hasil yang nisbi tinggi terjadi pada perlakuan RP3 dan RP5. Hal ini menandakan bahwa

perubahan lingkungan tanah akibat pemupukan dapat memacu proses metabolisme tanaman, sehingga penyimpanan metabolit sekunder dalam biji meningkat. Meningkatnya ESP pada perlakuan RP 3 dan RP 5 (Tabel 3.4) diikuti dengan meningkatnya bobot biji per tanaman dan bobot 1000 biji serta produktivitas tanaman (Gambar 3.3). Meningkatnya ESP menunjukkan serapan P meningkat dan juga berimplikasi pada meningkatnya kandungan N dalam jaringan tanaman (Tabel 3.4). Keadaan ini memacu kelangsungan proses metabolisme tanaman. Peranan unsur P dalam metabolisme tanaman antara lain sebagai (1) unsur pembangun energi biologi (2) penyusun nukleotida, dan (3) P juga ambil bagian dalam sintesis protein dan karbohidrat.



Gambar 3.3. Jumlah polong per tan.(polong/2 tan), Bobot biji (g/2 tan), Bobot 100 biji (g) dan Produksi tanaman (ton/ha) pada berbagai pola pemupukan

Berdasarkan hasil percobaan dapat ditunjukkan bahwa bobot biji per tanaman dan bobot 100 biji pada perlakuan 100 % pupuk rekomendasi (RP1) sebanding dengan pada perlakuan pemu-pukan 5 ton dan 2,5 ton pupuk organik/ha plus 50% pupuk rekomendasi kimia (RP2, RP4, RP6, RP 7,RP8). Hasil ini menunjukkan bahwa untuk membangun media pertumbuhan

tanaman yang setara dengan pemberian pupuk kimia 100% rekomendasi diperlukan masukan pupuk organik dengan takaran minimal 2,5 ton /ha plus pupuk kimia 50% rekomendasi. Akan tetapi takaran tersebut belum dapat mengoptimalkan hasil tanaman. optimasi hasil tanaman pada tanah dengan karakteristik sebagaimana tanah percobaan terjadi pada RP3 dan RP5. Komposisi pupuk pada kedua perlakuan tersebut terdiri atas 5 ton pupuk organik (pupuk kandang dan/atau pupuk kompos *Crotalaria juncea*) plus 50% rekomendasi pupuk kimia plus inokulasi MVA.

Peningkatan hasil yang nisbi tinggi pada perlakuan RP 3 dan RP 5 terkait dengan peran agronomis hifa eksternal MVA pada akar tanaman dalam membantu peningkatan hasil tanaman. Peranan MVA dalam meningkatkan hasil tanaman terjadi melalui perbaikan ketersediaan dan serapan hara P serta memperbaiki struktur tanah dan penyaluran karbohidrat dari akar ke lingkungan rizosfer untuk memacu aktivitas mikrobia tanah. Selain itu hifa eksternal MVA juga berperan dalam meningkatkan penyerapan air dan hara N, K, Ca dan Mg.

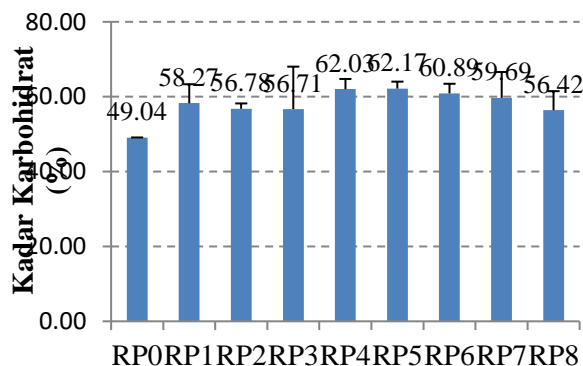
Hasil pengukuran bobot 100 biji yang termuat dalam Gambar 9.3 menunjukkan terjadi peningkat sebesar 4% dari perlakuan kontrol dengan bobot sebesar 8,26 g meningkat menjadi 8,59 g pada perlakuan pemupukan tanpa inokulasi MVA. Perbedaan bobot sebesar 4% terjadi juga antara pada perlakuan pemupukan tanpa MVA dan pada perlakuan pemupukan dengan MVA yang memiliki bobot sebesar 8,95 g. Produktivitas tanaman meningkat dari 1,94 ton/ha pada perlakuan kontrol menjadi sekitar 2,64 ton/ha pada perlakuan pola pemupukan tanpa MVA (RP1, RP2, RP4, RP6, RP7) dan menjadi 3,95 ton/ha pada perlakuan pola pemupukan dengan MVA (RP3 dan RP5). Berdasarkan hasil pengukuran produktivitas terlihat ada peningkatan produktivitas sebesar 50% pada perlakuan pola pemupukan dengan MVA (RP3 dan RP 5) dibandingkan dengan perlakuan pola pemupukan tanpa MVA (RP2, RP4, RP6, RP7). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa tanaman kacang beras yang dibudidayakan di lahan kering memiliki ketergantungan sangat tinggi terhadap MVA. Ketergantungan tanaman terhadap MVA diartikan sebagai tingkatan ketergantungan terhadap kondisi MVA untuk menghasilkan pertumbuhan atau hasil pada suatu taraf kesuburan tertentu.

Komponen kualitas hasil yang diamati meliputi kadar karbohidrat, protein dan antosianin dalam biji kacang beras. Hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan pola pemupukan berpengaruh tidak nyata

terhadap kandungan protein dan antosianin (Tabel 3.5). Rerata kandungan protein (%)  $\pm$  SE dalam biji kacang beras sebesar 16,11 %  $\pm$  0,43. Kandungan protein dalam percobaan ini berada pada kisaran kandungan protein dalam biji kacang beras secara umum. Kandungan protein dalam biji kacang beras beragam dari 14,53 sampai dengan 32,16 dengan rerata 22,53 % dan perbedaan ini terjadi karena perbedaan kandungan N. Rerata kandungan antosianin pada kacang beras sebesar 11,97  $\mu\text{g/g}$   $\pm$  1,69. Rerata kandungan anthosianin ini mendekati kandungan antosianin pada beras merah galur Ceherang sebesar 1,31 mg/100g.

Tabel 3.5. Kandungan Karbohidrat dan Antosianin Pada Berbagai Pola Pemupukan

Pola Pemupukan	Kandungan protein (%) $\pm$ SE	Kandungan antosianin ( $\mu\text{g/g}$ ) $\pm$ SE
RP0	15,95 $\pm$ 0,79	10,83 $\pm$ 0,79
RP1	15,59 $\pm$ 0,64	10,67 $\pm$ 2,75
RP2	16,43 $\pm$ 0,33	13,10 $\pm$ 2,46
RP3	15,92 $\pm$ 0,41	12,90 $\pm$ 2,21
RP4	16,17 $\pm$ 0,69	10,57 $\pm$ 1,15
RP5	16,49 $\pm$ 0,19	10,87 $\pm$ 1,24
RP6	16,11 $\pm$ 0,79	12,43 $\pm$ 0,78
RP7	15,87 $\pm$ 0,19	13,27 $\pm$ 1,85
RP8	16,44 $\pm$ 0,20	13,10 $\pm$ 1,97
<b>Rerata</b>	16,11 $\pm$ 0,43	<b>11,97 <math>\pm</math> 1,69</b>



Gambar 3.4. Kandungan karbohidrat dalam biji kacang beras pada berbagai pola pemupukan

Data yang termuat dalam Gambar 3.4 di atas menunjukkan terjadi peningkatan kandungan karbohidrat dari 49,04% pada perlakuan kontrol (RP0) menjadi  $59,12\% \pm 2,41$  (SD) pada perlakuan pemupukan (dari pola RP1 sd RP8) atau meningkat sebesar 20,55 % dari perlakuan kontrol. Hasil ini mengindikasikan bahwa proses pembentukan karbohidrat meningkat seiring dengan mening-katnya serapan N dan P (Tabel 3.4). Data dalam Tabel 3.4 menunjukkan bahwa rerata serapan N dan P pada tanaman yang dipupuk (dari pola RP1 sd RP8) meningkat masing -masing sebesar 48,66% dan 47,11% dari perlakuan kontrol. Indikasi tersebut diperkuat oleh hasil analisis kandungan karbohidrat yang menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan pola pemupukan yang satu dengan lainnya. Dari Gambar 3.2 terlihat bahwa serapan N pada berbagai perlakuan pola pemupukan menunjukkan tidak perbedaan nyata antara pola pemupukan yang satu dengan lainnya. Rerata kandungan karbohidrat sebesar 59,12% pada tanaman yang diberi pupuk dengan berbagai pola pemupukan berada pada kisaran kandungan karbohidrat dalam kacang beras yang berkisar dari 58.15 sampai dengan 71.99 dengan rerata kandungan 65 % (Buergelt and Matthias von Oppen, 2013).

Mengacu pada hasil kajian di atas, maka dapat dikemukakan bahwa paket pemupukan dengan komposisi pupuk anorganik 50% takaran rekomendasi, 5 ton pupuk organik per ha plus pupuk hayati MVA terbukti dapat meningkatkan efisiensi serapan pupuk P sebesar 51,04%, diikuti dengan peningkatan produktivitas tanaman kacang beras sebesar 3,75 ton/ha. Sementara produktivitas tanaman dengan komposisi pupuk anorganik 50% takaran rekomendasi, plus 5 ton pupuk organik per ha hanya mencapai 2,64 ton/ha, setara dengan produktivitas tanaman pada pola pemupukan pupuk anorganik 100 % takaran rekomendasi, Sebagai sumber pupuk organik dapat berasal dari pupuk kandang, kompos *Crotalaria juncea* atau campuran dari keduanya. Namun demikian, paket pemupukan dengan komposisi pupuk anorganik 50% takaran rekomendasi, 5 ton pupuk organik per ha plus pupuk hayati MVA tidak berpengaruh secara nyata terhadap kandungan karbohidrat dan protein dalam biji kacang beras.

### 3.2.2. Pola Tanam Tumpangsari Berbasis Kacang Beras

Sistem budidaya pertanian di lahan kering sepenuhnya bergantung pada curah hujan, sehingga resiko kegagalan panen cukup besar. Tumpangsari menjadi pilihan pola tanam yang dapat mengurangi resiko gagal panen. Tumpangsari merupakan sistem tanam ganda, di mana dua atau lebih jenis tanaman ditanam secara bersamaan di satu bidang lahan selama musim tanam, dengan waktu tanam baik secara bersamaan dan berselang waktu diantara tanaman yang diusahakan.

Ada beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penerapan sistem tanam tumpangsari, antara lain: (1) produksi tanaman meningkat, (2) penggunaan sumberdaya lingkungan lebih efektif, (3) pertumbuhan gulma dan berkembang hama dan penyakit tanaman dihambat, (4) mengurangi resiko gagal panen, (5) memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan N-dalam tanah (Mousavi and Eskandari, 2011). Peningkatan produksi tanaman per satuan luas pada sistem tumpangsari boleh jadi akibat dari (1) pertumbuhan gulma yang terhambat, (2) populasi dan jenis hama/penyakit tanaman yang berkembang lebih sedikit, (3) tidak terjadi kompetisi dalam menggunakan sumberdaya alam antar spesies tanaman (Eskandari, 2012). Sumberdaya alam digunakan secara lebih efektif pada sistem tumpangsari daripada sistem monokultur, karena pada sistem tumpangsari terjadi interaksi antar komponen spesies tanaman yang ditanam secara bersama dan masing-masing spesies tanaman menggunakan sumberdaya lingkungan yang berbeda (Vandermeer, 1992). Terkait dengan perkembangan hama dan penyakit tanaman, Fujita *et al.* (1992) melaporkan bahwa sekalipun sistem tumpangsari tidak selalu mengurangi penyakit tanaman, tetapi kebanyakan hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi hama dan jenis penyakit tanaman lebih rendah pada sistem tumpangsari daripada pada sistem monokultur. Tumpangsari juga menjadi pilihan strategis untuk mengurangi resiko gagal panen, karena ketika satu jenis tanaman gagal panen akan terkompensasi oleh hasil panen tanaman yang lain ((Eskandari *et al.*, 2009). Sistem pola tanam tumpangsari juga dapat memperkecil erosi, bahkan cara ini berhasil mempertahankan kesuburan tanah (Ginting dan Yusuf, 1982).

Sebagian besar petani di lokasi lahan kering telah mempraktekan pola tanam tumpangsari tanaman pangan. Sistem tumpangsari yang dipraktekan oleh petani adalah sistem tumpangsari campuran (*mixed intercropping system*) dengan tidak menerapkan kaidah sistem tanam ganda, seperti jarak

tanam, pemilihan jenis tanaman dan penerapan anjuran teknologi tepat guna. Sistem tanam tumpangsari campuran ini sesungguhnya hanya sesuai untuk tumpangsari rumput/legum di padang rumput (Mousavi and Eskandari, 2011). Model tumpangsari tanaman pangan sebaiknya mengikuti pola tumpangsari dalam baris (*row intercropping*). Sistem tumpangsari dalam baris dapat meningkatkan produktivitas lahan untuk pertanaman pangan sekitar 20 - 60% dibandingkan pola tanam monokultur (Francis, 1986).

Hal penting lainnya yang harus dipertimbangkan pada sistem tumpangsari dalam baris, selain jarak tanaman, adalah pilihan spesies tanaman termasuk macam varietas dari masing-masing tanaman dikombinasikan. Penggunaan varietas yang tepat akan menjamin keberhasilan sistem tumpangsari. Setiap varietas mempunyai respon yang berbeda bila ditanam secara bercampur. Hal ini berkaitan dengan kemampuan masing-masing komponen spesies tanaman dalam berkompetisi menggunakan faktor lingkungan tumbuh dan dalam mengendalikan organisme pengganggu. Dua karakter tanaman tersebut merupakan sifat tanaman yang dikendalikan oleh genetik (Leihner., 1983). Pilihan tanaman sela (tanaman kedua) dari varietas yang berumur genjah dan memiliki potensi produksi yang tinggi memberikan peluang yang lebih baik terhadap peningkatan produksi tanaman utama (Francis, 1986), sehingga pola tumpangsari tersebut dapat meningkatkan produktivitas lahan.

Sistem tumpangsari berbasis tanaman kacang beras diharapkan dapat meningkatkan produktivitas lahan kering. Tanaman kacang beras, dengan karakter: efisiensi dalam penggunaan air, tahan terhadap berbagai penyakit tanaman, dapat meningkatkan kandungan N tanah karena akar tanaman bersimbiosis dengan *Rhizobium* dan merupakan tanaman penutup tanah, dapat diandalkan sebagai tanaman sela pada sistem tumpangsari di lahan kering. Kacang beras dapat dikombinasi dengan tanaman pangan lainnya yang biasa ditanam oleh petani di lahan kering, yaitu ubikayu dan jagung. Pertanyaannya adalah bagaimana pola tanam tumpangsari dari ketiga jenis tanaman yang dikombinasikan yang efisien dalam pemanfaatan lahan dan dapat meningkatkan produktivitas lahan secara optimal. Untuk itu, telah dilakukan kajian mengenai berbagai pola tanam tumpangsari untuk mendapatkan pola tanam yang efisien dalam pemanfaatan lahan dengan tingkat produktivitas lahan yang nisbi tinggi.

Percobaan mengenai berbagai pola tanam tumpangsari kombinasi dari tanaman kacang beras, ubikayu dan jagung dilaksanakan pada tahun 2014, di lokasi demplot percobaan yang digunakan untuk kajian aplikasi pupuk terpadu pada tahun 2013. Tata perlakuan percobaan diatur sebagai berikut: P1 = kacang beras (KB)/jagung; P2= KB/ubikayu; P3=KB/ubikayu/jagung. Selain pola tanam tumpangsari dilakukan juga penanaman secara monokultur untuk masing-masing jenis tanaman, yaitu P4= monokultur kacang beras; P5= monokultur jagung dan P6=monokultur ubikayu..

Percobaan di lapangan diatur menurut rancangan acak kelompok dengan masing-masing perlakuan (P1 sd P6) diulang 3 kali. Percobaan dilakukan pada musim penghujan dari minggu I Januari sd minggu III April 2014 pada plot percobaan berukuran 5m x 7m. Pola pemupukan untuk semua tanaman yang ditanam secara tumpangsari mengacu pada paket pemupukan dengan komposisi sebagai berikut: pupuk anorganik (Ponska dan Urea) dengan takaran 50% takaran rekomendasi, 5 ton pupuk organik per ha plus pupuk hayati MVA (5 g/lubang tanam). Pemberian pupuk anorganik (Ponska dan Urea ) pada masing-masing jenis tanaman dilakukan menurut anjuran pemberian untuk setiap jenis tanaman. Aplikasi pupuk anorganik dilakukan secara tugal dengan jarak 5-7 cm dari lubang tanam. Pengairan sepenuhnya bergantung pada curahan air hujan. Jagung var. Lamuru, kacang beras toleran kekeringan dan ubikayu varietas lokal merupakan benih dan bibit tanaman yang digunakan pada percobaan ini. Kacang beras dipanen saat umur tanaman 72 sd 80 HST, dengan selang waktu panen 2 hari. Jagung dipanen saat umur 95 HST dan ubikayu dipanen saat umur tanaman 11 bulan (panen bulan November 2015).

Penataan tumpangsari jagung-kacang beras diatur menurut tumpangsari *row* (baris). Benih jagung ditanam dengan jarak tanam 70cm x 20 cm, kacang beras ditanam diantara dua baris tanaman jagung dengan jarak dalam baris 15 cm.

Penataan tumpangsari kacang beras (KB)/ubikayu dengan populasi ubikayu 10.000 tanaman per ha. Ubikayu ditanam dengan jarak tanam (200) x 80 cm, di antara baris ubikayu ditanami 3 baris kacang beras dengan jarak tanam 50 cm antar baris dan 15 cm dalam baris.

Penataan tumpangsari kacang beras/ubikayu/jagungdiatur sebagai berikut. Populasi ubikayu per ha adalah 5.000 tanaman ( jarak tanam 200



cm x 80 cm), di antara dua baris ubikayu ditanami 3 baris jagung dengan jarak tanam 70 cm x 20 cm . Jagung ditanam satu benih per lubang tanam. Kacang beras ditanam di antara dua baris tanaman jagung dengan jarak 15 cm dalam baris.

Pada pola tanam monokultur, jagung ditanam dengan jarak tanam 70 cm x 20 cm ; kacang beras dengan jarak tanam 40 cm x 15 cm (dalam baris), dan ubi kayu dengan jarak tanam 100 cm x 100 cm (jarak tanam untuk masing-masing tanaman sesuai anjuran untuk pertanaman monokultur)

Peubah tanaman yang diamati adalah:

- a) Komponen pertumbuhan tanaman kacang beras dan jagung meliputi : infeksi akar oleh MVA; Serapan hara N, P dan K pada tanaman kacang beras dan jagung; diameter batang, tinggi tanaman, jumlah daun kacang beras; Jumlah daun dan tinggi tanaman jagung.
- b) Komponen Kuantitas hasil :Tanaman kacang beras:jumlah polong per tanaman, jumlah biji per polong, bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, bobot biji per petak; Tanaman jagung: bobot biji per tongkol, bobot 100 biji, bobot pipilan per petak; Tanaman ubikayu: hasil panen ubikayu per petak.
- c) Komponen kualitas hasil: tanaman kacang beras meliputi protein, karbohidrat dan antosianin; kualitas tanaman jagung: karbohidrat; kualitas tanaman ubikayu: kandungan pati.

Untuk mengukur keuntungan sistem tumpangsari dari aspek pemanfaatan lahan, maka dilakukan perhitungan nilai nilai kesetaraan lahan (*NKL*) menurut persamaan oleh Mead dan Willey (1980).

$$NKL = Yab/Yaa + Yba/Ybb;$$

dimana  $Yab$ =hasil tanaman a dalam sistem tumpangsari a dan b ;

$Yba$ =hasil tanaman b dalam sistem tumpangsari a dan b;

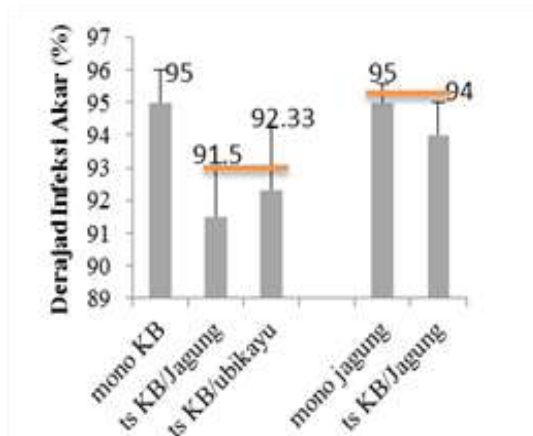
$Yaa$ =hasil monokultur tanaman a;  $Ybb$ =hasil monokultur tanaman

Data hasil pengamatan dianalisis dengan sidik ragam pada taraf nyata 5%, kemudian untuk menentukan perbedaan antar perlakuan dilakukan uji lanjut BNT taraf nyata 5%.

### **Hasil Kajian Terhadap Derajat infeksi akar pada tanaman kacang beras dan jagung**

Hasil pengukuran derajat infeksi akar pada tanaman kacang tanah

dan jagung disajikan dalam Gambar 3.5. Dari data yang tersaji dalam Gambar 3.5 dapat ditunjukkan bahwa derajat infeksi mikoriza pada akar tanaman kacang beras dan jagung  $\geq 91,5\%$ . Hasil ini mengindikasikan bahwa pupuk hayati MVA yang digunakan adalah efektif dalam membangun asosiasi dengan akar tanaman kacang beras dan jagung. Simangkulat (2006) mengungkapkan bahwa keberhasilan penggunaan MVA dalam pertanian, sebagaimana ditunjukkan dengan derajat infeksi MVA yang nisbi tinggi, bergantung pada interaksi yang terbangun antara fungi, tanaman dan lingkungan. Lebih lanjut Carrenho *et.al* (2002) menjelaskan bahwa kesesuaian antara tanaman inang dan inokulan fungi MVA dalam membangun kehidupann bersama, sangat ditentukan oleh komposisi senyawa organic yang dieksudasi oleh akar tanaman inang. Senyawa organic tersebut berperan penting untuk menarik pergerakan spora jamur- MVA menuju perakaran tanaman dan memicu perkecambahan spora dalam memproduksi spora yang lebih banyak. Meningkatnya jumlah spora berkorelasi positif dengan derajat infeksi MVA pada akar tanaman



Gambar 3.5. Derajat Infeksi Akar Tanaman Kacang beras dan Jagung

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa derajat infeksi mikoriza akar tanaman kacang beras pada monokultur lebih tinggi daripada pada pola tanam tumpangsari. Sementara derajat infeksi akar pada sistem tumpangsari (KB)/jagung berbeda secara tidak nyata dengan yang terjadi pada sistem tumpangsari (KB)/ubikayu. Hasil serupa terjadi pula pada akar tanaman jagung. Tingkat infeksi MVA akar tanaman jagung pada monokultur lebih tinggi daripada pada pola tanam tumpangsari. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada sistem monokultur jumlah akar yang terinfeksi

oleh fungi MVA lebih banyak daripada pada pola tanam tumpangsari. Derajat infeksi akar yang nisbi rendah pada tumpangsari boleh jadi karena jumlah spora pada sistem tumpangsari lebih rendah daripada pada sistem monokultur akibat dari proses fotosintesis yang terhambat, metabolisme tanaman yang tidak optimal. Sebagai akibatnya konsentrasi sumber karbon dan energy yang berasal dari eksudat akar relatif lebih sedikit. Carrenho *et.al* (2002) menjelaskan bahwa faktor-faktor yang membatasi fotosintesis, seperti pengurangan intensitas cahaya dan defoliiasi, telah dilaporkan mengurangi kolonisasi akar, pembentukan vesikel dan juga dapat mempengaruhi perkembangan hifa eksternal dan produksi spora.

### **Hasil Kajian Terhadap Kadar N, P dan K Dalam Jaringan Kacang beras dan Jagung**

Kadar hara NPK dalam jaringan ditetapkan saat masing-masing tanaman mencapai pertumbuhan vegetatif maksimum. Hasil pengukuran kadar NPK dalam jaringan kacang beras pada berbagai pola tanam disajikan dalam Tabel 3.6, sedangkan untuk tanam jagung disajikan dalam Tabel 3.7

Tabel 3.6. Kadar NPK dalam jaringan tanaman kacang beras

Perlakuan	Kadar N (%)±SE	Kadar P (%)±SE	Kadar K (%)±SE
Mk KB (Monokultur kc beras)	2,83(a) ±0,07	0.31(a)±0,07	2.90(a)±0,09
Ts ( tumpangsari) KB/jagung	2,92 (b) ±0,02	0.42(b)±0,07	3.64(c)±0,31
Ts KB/ubikayu	2,83(a) ± 0,07	0.32(a) ±0,07	2.90(a) ±0,31
Ts KB/ubikayu/jagung	2.86(ab)±0,07	0.32(a)±0,01	3.29(b)±0,18

Keterangan: \*Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan hasil berbeda tidak nyata; SE=standart error

Pola tanam yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kadar NPK dalam jaringan kacang beras (KB). Kadar NPK tertinggi diperoleh pada tumpangsari KB/jagung, kemudian diikuti oleh tumpangsari KB/ubikayu/jagung. Sementara kadar NPK pada monokultur kc beras dan KB/ubikayu tidak berbeda secara nyata. Hasil tersebut memberikan gambaran bahwa tanaman jagung mempunyai peran dalam meningkatkan kadar hara NPK dalam jaringan tanaman kacang beras. Peran tanaman jagung terhadap peningkatan kadar hara NPK dalam kacang beras boleh jadi terkait dengan perbaikan lingkungan rhizosfer tanaman kacang beras akibat aktivitas perakaran tanaman jagung. Perakaran tanaman jagung mengeluarkan sejumlah senyawa eksudat akar yang mempengaruhi tingkat kelarutan hara dalam tanah, sehingga konsentrasi hara tersedia yang dapat diserap tanaman meningkat. Foulds. (1993) menyebut bahwa ada korelasi

positif antara peningkatan ketersediaan hara dalam tanah dan penyerapan hara oleh tanaman pada saat kadar hara dalam tanaman belum mencapai tataran konsentrasi kritis (*critical level*). Neumann and Römheld (2007) menjelaskan asam-asam organik berberat molekul rendah dari eksudat akar dapat meningkatkan mobilitas hara NPK dalam tanah sehingga jumlah hara yang dapat diserap oleh akar tanaman meningkat. Berbeda dengan tanaman jagung, keberadaan tanaman ubikayu tidak mempengaruhi aktivitas akar tanaman kacang beras dalam menyerap hara. Hal ini ditunjukkan dengan tidak ada perbedaan secara nyata antara kadar NPK dalam jaringan kacang beras pada sistem tumpangsari KB/ubikayu dan monokultur. Hasil ini menggambarkan bahwa antara kacang beras dan ubikayu tidak terjadi interaksi ataupun kompetisi dalam menggunakan sumberdaya alam. Kompetitif terjadi apabila masing-masing dua atau lebih jenis tanaman memerlukan kebutuhan hidup yang sama, mencakup kebutuhan ruang, cahaya dan nutrisi tanaman (Pinem *et.al.*, 2011)

Selanjutnya, hasil pengukuran kadar NPK dalam jaringan tanaman jagung ditunjukkan dalam Tabel 3.7. Kadar NPK dalam jaringan tanaman jagung tidak berbeda secara nyata antara pada tumpangsari KB/Jagung dan monokultur. Hasil ini mengindikasikan bahwa keberadaan tanaman kacang beras tidak mempengaruhi kapasitas akar tanaman jagung dalam memperoleh nutrisi tanaman. Boleh jadi hal ini disebabkan oleh perbedaan arsitektur perakaran yang dimiliki oleh tanaman kacang beras dan oleh tanaman jagung. Karakteristik perakaran kacang beras yang dangkal tidak menginterferensi proses penyerapan hara oleh akar tanaman jagung yang memiliki arsitektur perakaran yang relatif lebih dalam. Sullivan (2003) menjelaskan bahwa beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam sistem tumpangsari untuk memperkecil terjadinya kompetitif diantara jenis tanaman yang ditanam bersama meliputi (1) pengaturan jarak tanam, (2) populasi tanaman, (3) umur panen tiap tiap tanaman, dan (4) arsitektur akar tanaman.

Tabel 3.7. Kadar NPK dalam jaringan tanaman jagung

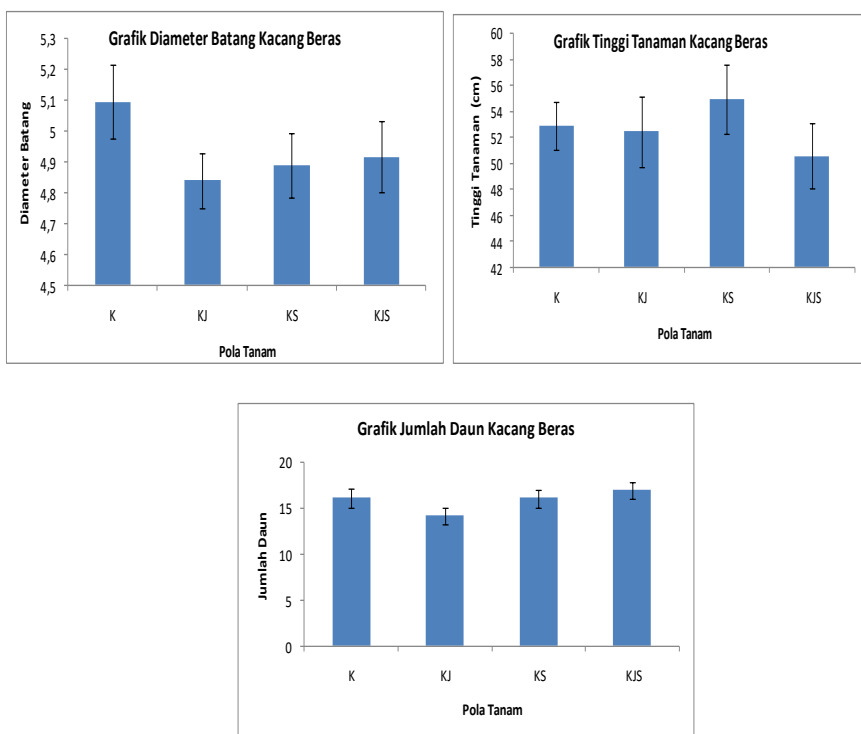
Perlakuan	Kadar N (%)±SE	Kadar P (%)±SE	Kadar K (%)±SE
Mk jagung (Monokultur jagung)	1,25(a) ±0,05	0,26 (a)±0,01	3,33(a)±0,26
Ts KB/jagung	1,31(a)±0,03	0,27(a)±0,02	3,56(a)±0,18

Keterangan: \*Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan hasil berbeda tidak nyata; SE=standart error

## **Hasil Kajian Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Kacang beras dan Jagung**

Tingkat pertumbuhan vegetative untuk tanaman kacang beras ditunjukkan dengan parameter: diameter batang, tinggi tanaman, jumlah daun kacang beras ( Gambar 3.6), sedangkan untuk tanaman jagung ditunjukkan dengan parameter: tinggi tanaman dan jumlah daun (Gambar 3.7). Pengukuran pertumbuhan tanaman ditentukan saat tanaman mencapai umur vegetative maksimum.

Diameter batang kacang beras terbesar ditemukan pada pola tanam monokultur, sementara tinggi tanaman kacang beras pada pola tanam monokultur tidak berbeda nyata dengan pola tanam tumpangsari, demikian halnya dengan jumlah daun kacang beras (Gambar 3.6). Fenomena ini mengindikasikan bawa pertumbuhan kacang beras ditentukan oleh banyak faktor baik faktor genetik maupun lingkungan. Faktor lingkungan yang terutama berpengaruh pada pola tanam tumpangsari adalah adanya tingkat kompetisi dan interaksi diantara tanaman yang ditumpangsarikan (jagung dan/atau ubi kayu) baik kompetisi unsur hara, air maupun sinar matahari. Kompetisi unsur hara dan air terjadi sejak awal pertumbuhan terutama unsur hara yang sama-sama dibutuhkan. Kompetisi sinar matahari terjadi pada saat tanaman yang lebih tinggi mulai menaungi tanaman kacang beras.



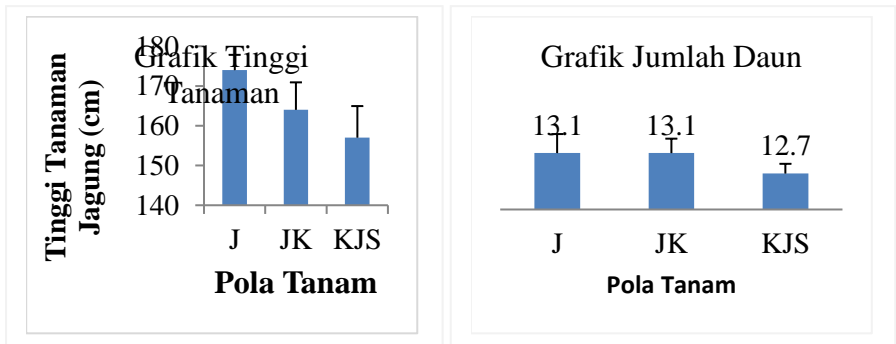
Gambar 3.6. Grafik Diameter Batang, Tinggi dan Jumlah Daun Tanaman Kacang Beras pada Berbagai Pola Tanam (keterangan:

K=monokultur kc beras;

KJ= tumpangsari kc beras/ jagung; KS= tumpangsari kc beras/ubikayu;

KJS= tumpangsari kc beras/ ubikayu/ jagung)

Hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman jagung menunjukkan bahwa tinggi tanaman lebih tinggi pada pola tanam monokultur daripada pada pola tanam tumpangsari. (Gambar 3.7). Pola tanam tumpangsari jagung/ubikayu maupun kacang beras/jagung/ubikayu memiliki respon yang tidak berbeda nyata. Terkait dengan jumlah daun, hasil pengukuran menunjukkan bahwa jumlah daun nisbi rendah ditemukan pada sistem pola tanam tumpangsari kacang beras/ubikayu/jagung, sedangkan pada pola tanam tumpangsari kacang tanah/jagung dan pola monokultur tidak berbeda nyata. Hasil ini menunjukkan terjadi kompetisi yang kuat antara tanaman jagung dan ubikayu ketika dikombinasikan dalam sistem tanam campur. Kehadiran tanaman ubikayu menghambat pertumbuhan tanaman jagung.



Gambar 3.7. Grafik Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun pada Berbagai Pola Tanam  
 (keterangan: J=monokultur jagung; JK= tumpangsari kc beras/ jagung; KJS= tumpangsari kc beras/ ubikayu/ jagung)

### Hasil Kajian Terhadap Produksi Tanaman Tumpangsari

Hasil pengukuran komponen produksi dan produktivitas masing-masing jenis tanaman disajikan dalam Tabel 3.8. Tingkat produksi untuk semua jenis tanaman pada pola tanam tumpangsari adalah lebih rendah daripada pada pola monokultur karena (1) perbedaan kepadatan populasi tanaman pada masing-masing pola tanam, dan (2) tingkat hasil per tanaman. Kepadatan populasi tanaman kacang beras pada pola monokultur adalah 396 tan./petak, sedangkan pada tumpangsari kacang beras/jagung dan kacang beras/ubikayu adalah 297 tan./petak. Bobot biji kacang beras pertanaman pada pola tanam monokultur mencapai 2,33 (g/tan), jagung 79,83 (g/tan) dan ubikayu 1,432 (kg/tan), sedangkan hasil tumpangsarinya sangat bergantung dengan jenis tanaman yang ditumpangsari (Tabel 3.8).

Tabel 3.8. Rerata bobot biji (g/ tan), dan produksi tanaman per ha (ton/ha) untuk kacang beras, jagung dan ubikayu pada berbagai pola tanam

Jenis tanaman/Perlakuan	Bobot biji/umbi (g/tan) ±SE	Produksi (ton/ha) ±SE
<b>Kacang beras</b>		
Mk kac beras (KB)	2,33 (c) ± 0,44	2,64 (c) ±0,51
Ts KB/jagung	1,01 (a) ± 0,11	1,14 (a) ±0,12
Ts KB/ubikayu	1,81 (b) ± 0,46	2,04 (b) ±0,53
Ts KB/ubikayu/jagung	0,84 (a) ± 0,20	0,95 (a) ±0,22
<b>Jagung</b>		
Mk jagung	79.83 (b) ±5,95	4,56 (c) ±0,34
Ts KB/jagung	91.91(c) ±1,13	1,97 (b) ±0,04
Ts KB/ubikayu/jagung	58.93 (a) ±5,11	1,26 (a) ±0,11
<b>Ubikayu</b>		
Mk ubikayu	1432,89 (a) ± 114,23	12,28 (c) ±0,98
Ts KB/ubikayu	1859,26 (b) ± 177,39	9,56 (b) ±1,56
Ts KB/ubikayu/jagung	1477,78 (a) ± 75,85	7,6 (a) ± 0,39

Keterangan: Mk = Monokultur; Ts= Tumpangsari; \*Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata.

Hasil kacang beras yang ditanam bersama ubikayu lebih tinggi daripada yang ditanam bersama jagung dengan tingkat kepadatan populasi tanaman kacang beras yang sama (297 tanaman/petak). Hasil ini mengindikasikan bahwa tanaman jagung merupakan kompetitif yang kuat bagi tanaman kacang beras dalam hal perolehan intensitas cahaya. Kacang beras merupakan tanaman yang umur fisiologisnya relative pendek dengan masa umur panen 72-76 HST, dan termasuk tanaman berukuran pendek dengan tinggi rata-rata tanaman 52 cm. Sementara tanaman jagung merupakan tanaman berukuran tinggi, dengan rata-rata tinggi tanaman mencapai 174 cm, dan jumlah daun sekitar 13 helai. Pada saat umur tanaman kacang beras memasuki umur generative, pertumbuhan dan perkembangan daun tanaman jagung telah menaungi sebagian tanaman kacang beras, sebagai akibatnya terjadi pengambatan intensitas cahaya yang dapat diterima oleh kacang beras. Sementara, pada pola tanam tumpangsari KB/ubikayu kejadian ini intensitasnya sangat rendah.

Terkait dengan keselarasan antara kadar hara dengan tingkat produksi tanaman per tanaman pada tumpangsari KB/jagung menunjukkan



hasil yang tidak selaras. Data dalam Tabel 3.6 menunjukkan bahwa kadar hara NPK dalam jaringan kacang beras nisbi tinggi terjadi pada pola tumpangsari KB/jagung. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Proses metabolisme tanaman tidak hanya ditentukan oleh tinggi rendahnya kadar hara NPK akan tetapi juga harus ada pengaturan keseimbangan dengan hara esensial lainnya dalam tanaman sesuai dengan kebutuhan tanaman; (2) kelebihan N hanya akan meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman dan memperpendek masa generatif yang akhirnya justru menurunkan produksi atau menurunkan kualitas produksi tanaman; (3) adanya hambatan proses fotosintesis akibat gangguan faktor lingkungan seperti tingkat intensitas cahaya dan ketersediaan air yang dibutuhkan tanaman pada fase generative berpengaruh perolehan hasil panen.

### **Hasil Kajian Terhadap Produktivitas**

Produksi dari masing-masing jenis tanaman yang ditumpangsarikan lebih rendah pada pola tanam tumpangsari daripada pada pola monokultur (Tabel 3.8). Akan tetapi berkurangnya hasil dari masing-masing jenis tanaman masih menguntungkan ditinjau dari sisi optimasi pemanfaatan ruang dan waktu dalam satu bidang lahan pada musim tanam yang sama. Dengan demikian akan terjadi peningkatan produktivitas lahan. Pola tumpangsari yang menerapkan kaidah tumpangsari seperti pengaturan populasi tanaman dan jarak tanam, pemilihan tanaman yang tepat, dilaporkan memberikan produktivitas lahan yang lebih tinggi daripada pola tanam monokultur (Mousavi and Eskandari, 2011). Pemilihan jenis tanaman yang akan tumpangsari sangat penting karena pada sistem tumpangsari akan terjadi kompetisi baik secara intraspesifik dan interspesifik diantara tanaman dalam memanfaatkan sumberdaya alam, seperti unsur hara, air maupun sinar matahari. Menurut Francis (1986) dengan pemilihan jenis tanaman yang tepat, tumpangsari dapat meminimalkan kompetisi diantara tanaman atau dapat saling mendukung untuk pertumbuhan dan produksi dan meningkatkan produktivitas per satuan luas lahan.

Selanjutnya untuk menentukan tingkat produktivitas lahan pada sistem tumpangsari digunakan pendekatan perhitungan Nisbah Kesetaraan Lahan (NKL). NKL merupakan jumlah nisbah tanaman yang ditanam secara tumpangsari dengan tanaman secara tunggal pada pengelolaan yang sama (Langat *et al.*, 2006). Keefektifan sistem tumpangsari dari aspek

pemanfaatan lahan dari masing-masing model tumpangsari ditunjukkan dengan nilai - nisbah kesetaraan lahan-NKL (Mead dan Willey, 1980) masing-masing tanaman penyusun tumpangsar. Nisbah kesetaraan lahan > 1 berarti menguntungkan. Apabila terdapat kompetisi dimana salah satu spesies tanaman tertekan (tidak saling menguntungkan) maka nilai NKL kurang dari satu.

Tabel 3.9. Nilai NKL pada masing-masing sistem tumpangsari

Jenis tanaman/Perlakuan	Produksi(ton/ha)	NKL
<b>Nilai NKL pada tumpangsari KB/jagung</b>		
Mk kac beras (KB)	2,33	
Mk jagung	4,56	
Ts KB/jagung :		
Kacang beras	1,01	
Jagung	1,97	0,87
<b>Nilai NKL pada tumpangsari KB/ubikayu</b>		
Mk kac beras (KB)	2,33	
Mk ubikayu	12,28	
Ts KB/ubikayu :		
Kacang beras	1,81	
ubikayu	9,56	1,56
<b>Nilai NKL pada tumpangsari KB/jagung/ubikayu</b>		
Mk kac beras (KB)	2,33	
Mk jagung	4,56	
Mk ubikayu	12,28	
Ts KB/jagung/ubikayu	1,97	
Kc beras	0,95	
Jagung	1,26	
ubikayu	7,6	1,30

Hasil perhitungan NKL dari berbagai pola tanam tumpangsari berbasis tanaman kacang beras disajikan dalam Tabel 3.9. Produktivitas lahan tertinggi diperoleh pada pola tanam kacang beras/ubikayu, kemudian diikuti oleh pola tumpangsari kacang beras/jagung/ubikayu, dengan NKL berturut-turut 1,56 dan 1,30. Hal ini berarti bahwa sistem tumpangsari kacang beras/ubikayu dan kacang beras/jagung/ubikayu diperoleh efisiensi penggunaan lahan berturut-turut sebesar 56 % dan 30% dibandingkan dengan pola pertanaman monokultur. Sementara nilai NKL pada tumpangsari kacang beras/jagung kurang dari 1 (NKL=0,87), yang berarti pola tumpangsari ini

tidak menguntungkan dari segi pemanfaatan lahan. Dengan demikian dapat diungkapkan bahwa pola tumpangsari berbasis kacang beras yang menguntungkan dari segi produktivitas lahan kering adalah pola tumpangsari kacang beras/ubikayu dan kacang beras/jagung/ubikayu, sementara pola tumpangsari kacang beras/jagung tidak mampu memperbaiki produktivitas lahan.

Tumpangsari kacang beras/ubikayu terjadi efisiensi penggunaan lahan karena pada saat pertumbuhan kacang beras terutama pada fase vegetatif belum banyak terjadi kompetisi baik terhadap unsur hara maupun sinar matahari. Pertumbuhan kacang beras lebih cepat dibandingkan ubi kayu, sehingga pertanaman kacang beras belum ternaungi oleh kanopi ubi kayu, sehingga kacang beras dapat menjalani proses metabolismenya tanpa gangguan yang berarti. Kompetisi sinar matahari terjadi pada saat tanaman yang lebih tinggi mulai menaungi tanaman kacang beras. Tanaman kacang beras akan mengalami kompetisi sinar matahari dengan tanaman jagung terutama pada saat tanaman jagung sudah mulai tumbuh lebih tinggi daripada tanaman kacang beras. Tingkat kompetisi tanaman kacang beras dengan tanaman ubi kayu akan lebih ringan dibandingkan dengan tanaman jagung bahkan dengan tanaman kacang beras itu sendiri pada sistem monokultur. Hal ini disebabkan karena pertumbuhan awal ubi kayu agak lambat, sehingga tanaman kacang beras tidak ternaungi hingga masa panen.

Pengembangan tanaman kacang beras dengan pola tumpangsari kacang beras/ubikayu, tidak saja terkait dengan rendahnya kompetisi dalam intensitas cahaya, tetapi juga efisiensi dalam penggunaan air pada kondisi air irigasi terbatas. Tanaman kacang beras merupakan tanaman yang relatif toleran terhadap kekeringan. Demikian juga dengan tanaman ubikayu. Disisi lain, keuntungan yang diperoleh oleh tanaman ubikayu dengan adanya kacang beras yang ditanam secara bersama adalah tanaman kacang beras dapat mensuplai kebutuhan Nitrogen dari udara untuk pertumbuhan tanaman ubi kayu, ataupun pertumbuhan tanaman kacang beras itu sendiri. Tanaman kacang beras seperti tanaman legum lainnya, akarnya mengandung bintil akar yang mengandung *Rhizobium* yang dapat menambat N bebas di udara, sehingga tidak terjadi persaingan unsur hara terutama N (McCollum, 1983)

Mengacu pada hasil kajian di atas, maka dapat dikemukakan bahwa tingkat pertumbuhan dan produksi untuk masing-masing jenis tanaman yang dikombinasikan lebih tinggi pada sistem monokultur daripada pada sistem

tumpangsari. Pilihan tanaman yang dikombinasikan dalam pola tumpangsari berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang beras. Pada pola tanam tumpangsari, produksi kacang beras yang nisbi tinggi didapatkan pada pola tumpangsari kacang beras/ubikayu. Pada sistem tumpangsari kacang beras/ubikayu, produksi kacang beras mencapai 1,81 ton per ha atau hanya berkurang sekitar 22,31% dari produksi pada sistem monokultur. Sementara produksi kacang beras pada pola tumpangsari kacang beras/jagung berkurang hingga 56,65% dari produksi pada sistem monokultur. Produksi kacang beras pada sistem monokultur mencapai 2,33 to per ha. Pola tanam tumpangsari kacang beras/ubikayu merupakan pola tanam yang paling efisiensi dalam penggunaan lahan dengan nilai NKL 1,50, kemudian pada tumpangsari KB/jagung/ubikayu dengan nilai NKL 1,30. Pola tumpangsari KB/jagung menunjukkan hasil yang tidak menguntungkan dari segi pemanfaatan lahan, dengan nilai NKL <1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, (2013), Reference Sufficiency Ranges for Plant Analysis in the Southern Region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin #394. [www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf](http://www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf) [2 Oktober 2013]
- Anyia, A.O dan H. Herzog. 2004. Genotypic Variability in Drought Performance and Recovery in Cowpea under Controlled Environment. *J. Agronomy & Crop Science* 190, 151—159.
- Aremu, C.O., M.A. Adebayo, O.J. Ariyo and B.B. Adewale. 2007. Classification of genetic diversity and choice of parent for hybridization in cowpea (*Vigna umbellata* L. Walp.) for humid savana ecology. *African J. of Biotechnology* 6(20): 2333-2339.
- Barrios, A.N.; G. Hoogenboom; D.S. Nesmith. 2005. Drought stress and the distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*.62(1): 18-22
- Blackhurst, H.T. and J.C. Miller, Jr. 1980. Cowpea. p. 327-337. In: W.R. Fehr and H.H. Hadley (eds.), *Hybridization of crop plants*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Wisconsin, USA.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive ?. *Australian Journal of Agricultural research*, 56: 1159-1168.
- Bourion, V., M. Duparque, I.L.Henaut, NGM Jolain. 2002. Criteria for selecting productive and stable pea cultivars. *Euphytica* 126:391-399.
- Bressani, R. 1985. Nutritive value of cowpea. p. 353-359. In: S.R. Singh and K.O. Rachi (eds.), *Cowpea research, production and utilization*. John Wiley and Sons.
- Briggs, F.N. and P./F. Briggs. 1967. *Introduction to Plant Breeding*. Reinhold Publishing Corp. p. 341-373.
- Buergelt, D and Matthias von Oppen, (2013), *Quality parameters in relation to consumer's preference in ricebean*. Department of Agricultural Economics, CAU, Kiel, Germany
- Campinhos, E.N., I.P. Robinson, F.L. Bertolucci, and A.C. Alfenas. 1998. Interspecific hybridization and inbreeding effect in seed form a *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* clonal orchard in Brazil. *Genet.Mol.Biol.* 21(3):1-12.
- Chaves, M.M and M.M. Oliveira. 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal of Exp. Botany* 55: 2365-2384.

- Chiang and Talekar. 1980. Identification of sources of resistance to beanfly and two other gromyzid flies in soybean and mungbean. *J.Econ. Entomol* 73: 197-199.
- Chosin, M., J.O. Garner and C.F. Watson. 2002. Traits associated with drought resistances in cowpea. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, 4(2): 84-88.
- Choudhary, B.R., P. Joshi and S. Ramaraq. 2000. Interspecific hybridization between *Brassica carinata* and *Brassica rapa*. *Plant Breeding* 119: 417-420.
- Clavel, D., B. Sarr, E. Marone, R. Ortiz. 2004. Potential agronomic and physiological traits of Spanish groundnut varieties (*Arachis hypogaea* L.) as selection criteria under end-of-cycle drought conditions. *Agronomie* 24: 101-111
- Djamil, R. Dan T. Anelia, (2009), Penapisan fitokimia, uji antioksi dan ekstrak metanol beberapa spesies Papilionaceae. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 7 (2): 65-71
- Duvick, D.N. 1990. Genetic enhancement and plant breeding. p. 90-96. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR.
- Earl, H.J. 2003. A precise gravimetric method for simulating drought stress in pot experiments. *Crop Science* 43: 1868-1870
- Endang, P. dan Santosa. 2005. Efisiensi pemupukan fosfat, ketahanan terhadap kekeringan dan pertumbuhan kacang tanah (*Arachishypogae* L.) dengan inokulasi jamur mikoriza vesikular-arbuskular pada tanah berkapur. Program Studi Biologi Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 15 hlm
- Fasoula, V.A., dan D.A. Fasoula, 2002. Principles Underlying Genetic Improvement for High and Stable Crop Yield Potential. *Field Crops Research* 75: 191 – 209.
- Fatakun, C.A. 1991. Wide hybridization of cowpea: problems and prospects. *Euphytica* 54:137-140.
- Fatakun, C.A. 1994. Breeding cowpea for resistance to insect pests: attempted crosses between cowpea and *Vigna vexillata*. International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria.
- Fatokun, C.A. and B.B. Singh. 1987. Interspecific hybridization between *Vigna pubescens* and *V. umbellata* L. Walp. through embryo rescue. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 9: 229-233.
- Fawole, I. 2001. Genetics analysis of mutation at loci controlling leaf form in cowpea (*Vigna umbellata* L. Walp.). *The American Genetic*

- Association 92: 43-50.
- Ferry, R.L dan B.B. Singh. 1997. Cowpea Genetic: A Review of the recent literature. *In* B.B. Singh *et al.* (Eds). Advance in cowpea research, pp. 13-29. IITA, Ibadan, Nigeria.
- Fery, R.L. 1985. The genetics of cowpeas: A review of the world literature. p. 25-61. *In*: S.R. Singh and K.O. Rachi (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley and Sons.
- Fischbeck, G. 1978. Use resistance to pests and diseases in plant protection strategies. Paper presented at the EPPO Conference on Breakthroughs in Resistance Breeding, Sweden.
- Frahm, M.A., J.C. Rosas, N.M. P´erez, E.L.Salinas, J.A.A.Gallegos dan J.D. Kelly. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. *Euphytica* 136: 223–232.
- Gazendam, I dan D. Oelofse. 2007. Isolation of cowpea genes conferring drought tolerance: Construction of a cDNA drought expression library. <http://www.wrc.org.za>
- Gerdemann, J.W, (1975), Vesicular arbuscular mycorrhizae. Pp 575-591. *In* J.G Torrey and D.T. Clarkson (Eds). Developmen and Funcion of Roots. Academic Press. London
- Gerungan, R.F.I. 2001. Aplikasi fusi protoplas pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.). Makalah yang disampaikan pada Seminar Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. Sinergy Forum-PPI Tokyo Institute of Technology.
- Gomathinayagam, P., S.G. Ram, R. Rathaswamy and N.M. Ramaswamy. 1998. Interspecific hybridization between *Vigna umbellata* (L.) Walp. and *V. vexillata* (L.) A.Rich. through *in vitro* embryo culture. *Euphytica* 102: 203-209.
- Hadiastono, T. 1996. Pengaruh intensitas sinar terhadap tingkat serangan penyakit mosaik pada kacang beras. *Agrivita* 19(3): 118-120.
- Hadley, H.H. and S.J. Openshaw. 1980. Interspecific and intergeneric hybridization. p. 133-160. *In*: W.R. Fehr and H.H. Hadley (eds.), Hybridization of crop plants. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Wisconsin, USA.
- Halila, M.H. and R.N. Strange. 1997. Screening of kabuli chickpea germplasm for resistance to *Fusarium* wilt. *Euphytica* 96: 273-279.
- Hall, A.E. 1997. Cowpea Breeding *in* J. Janick. Plant Breeding Reviews, Volume 15, John Wiley. 216p.
- Hall, A.E. 2004. Breeding for adaptation to drought and heat in cowpea. *Europ. J. Agronomy* 21: 447–454
- Hall, A.E., N.Cisse, S. Thiaw, H.O.A. Elawad, J.D. Ehlers, A.M. Ismail, R.L.Fery, P.A. Roberts, L.W. Kitch, L. L. Murdock, O. Boukar, R.D.

- Phillips, K.H. McWatters. 2003. Development of cowpea cultivars and germplasm by the Bean/Cowpea CRSP. *Field Crops Research* 82: 103–134
- Hampton, R.O., G. Thottapily dan H.W. Rossel. 1997. Viral diseases of cowpea and their control by resistance-conferring genes. pp. 159-175. In Singh et al. (Eds), *Advances in cowpea research*. IITA, Ibadan, Nigeria.
- Hartati, R.S. 2000. Penggunaan colchicine dalam penggandaan kromosom hasil hibridisasi interspesifik pada *Hibiscus* sp. untuk mengatasi sterilitas F1. Thesis. Pascasarjana Universitas Brawijaya.
- Huguenot, C., M.T. Furneaux dan R.I. Hamilton. 1997. Further characterization of cowpea aphid-borne mosaic and blackeye cowpea mosaic potyviruses. pp. 231-239. In Singh et al. (Eds), *Advances in cowpea research*. IITA, Ibadan, Nigeria.
- Idris, L. Ujjanto, dan T. Mulyaningsih, 2005. Seleski Galur Murni pada Beberapa Varietas Kacang Beras Lokal Nusa Tenggara Barat. *Agroteksos* Vol. 15(3): 158 – 163.
- Indrasari, S.D, P. Wibowo, dan E.Y. Purwani, (2010), Mutu fisik, Mutu giling, dan Kandungan antosianin beras merah. *JURNAL PENELITIAN PERTANIAN TANAMAN PANGAN* 29 (1) :56-62
- Islam, W. and A.R. Khan. 2000. Bruchid research in Bangladesh. *Pakistan Journal of Biological Science* 3(1): 10-19.
- Kabirun, S, (2002), Tanggap Padi Gogo terhadap Inokulasi Mikoriza Arbuskula dan Pemupukan Fosfat di Entisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3(2): 49–56.
- Karamanos, A.J. and A. Y. Papatheohari. 1999. Assessment of Drought Resistance of Crop Genotypes by Means of the Water Potential Index. *Crop Sci.* 39:1792–1797.
- Karsono, S., 1998. Ekologi dan Daerah Pengembangan Kacang Beras di Indonesia. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Ubi-ubian, Malang. Hal 59 – 72.
- Kartasaputra, A.G. 1987. Hama-hama tanaman dalam gudang. Bumi Aksara Ikhtiar, Jakarta
- Kasno dan Trustinah, 1998. Pembentukan Kacang Beras. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Ubi-ubian, Malang. Hal. 20 – 58.
- Kasno, A. 1991. Pemuliaan Tanaman Kacang-Kacangan. Makalah pada Simposium Pemuliaan Tanaman II. Perhimpunan Pemulia Tanaman



- Indonesia Komisariat Jawa Timur di Malang
- Keals, N. 1998. Bruchids: secret seed eaters. Australian Postharvest Technical Conference.
- Kelly, J.D., J.M. Kolkman, dan K.Schneider, 1998. Breeding for Yield in Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 102: 343 – 356.
- Kosmiatin, M dan L. Mariska. 2005. Kultur embrio dan penggandaan kromosom hasil persilangan kacang hijau dan kacang hitam. *Jurnal Bioteknologi Pertanian* 10(1): 24-34.
- Kusumo, B, H., M Ma'shum, I.W. Karda, E.S. Lolita. 2011. Teknologi Pengembangan Sorgum Untuk Pakan Ternak di Lahan Kering Guna Mendukung Program Bumi Sejuta Sapi di NTB.Laporan. Penelitian Ristek. Universitas Mataram
- Kuswanto. 2002. Pendugaan parameter genetik ketahanan kacang panjang terhadap cowpea aphid-borne mosaic virus dan implikasinya dalam seleksi. Disertasi. Universitas Brawijaya.
- Kuswanto. 2007. Pemuliaan kacang panjang tahan penyakit mosaik. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- La Muhuria. 2003. Strategi Perakitan gen-gen ketahanan terhadap hama. Makalah Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Lea, P.J., M.A.J. Parry dan H.Medrano. 2004. Improving resistance to drought and salinity in plants. *Ann. appl. Biol.*, 144:249-250
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Vol.2. Academic Press, New York.
- Lima, W.P.L; P. Jarvis; S. Rhizopoulou. 2003. Stomatal responses of *eucalyptus* species to elevated CO<sub>2</sub> concentration and drought stress. *Scientia Agricola*, 60(2): 231-238.
- Liu, F., C.R. Jensen, M.N. Andersen. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crops Research* 86: 1–13
- Lopes, F.C.C., R.L.F. Gomes, dan F.R.F. Filho, 2003. Genetic Control of Cowpea Seed Sizes. *Scientia Agricola* Vol. 60(2): 315 – 318.
- Ma'shum M., Lolita E.S., Sukartono dan Kunto K., 2003. Optimasi Pemanfaatan Sumberdaya Lahan Kering untuk Pengembangan Budidaya Kedelai dan Jagung Melalui Pendekatan Biologi dan Pemanenan air Hujan menuju Pertanian Berkelanjutan. Laporan Penelitian Riset Unggulan Terpadu (RUT) Tahun 2003
- Macfoy, C.C.A. dan Z.T. Dabrowski. 1984. Preliminary studies on cowpea resistance to *Aphis craccivora* Koch. *Z. ang. Ent.* 97: 202-209.
- Magloire, N. 2005. The genetic, morphological and physiological evaluation

- of African cowpea genotypes. University of the Free State, Bloemfontein. Thesis.
- Mahalakshmi, V., Q.Ng., M. Lawson and R. Ortiz. 2007. Cowpea (*Vigna umbellata* L. Walp.) core collection defined by geographical, agronomical and botanical descriptors. *Plant Genetic Resources: Characterization and utilization* 5(3): 113-119.
- Makoi, J.H.J.R. (2009). Seed flavonoid concentration in cowpea genotypes and the effect of plant density on growth, N<sub>2</sub> fixation and rhizosphere phosphatases Dissertation. Doctoral Degree in the Faculty of Applied Science at The CAPE PENINSULA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, p10-12
- Mariska, I dan A. Husni. 2006. Perbaikan sifat genotipe melalui fusi protoplas pada tanaman lada, nilam, dan terung. *Jurnal Litbang Pertanian*. Vol 25(2): 55-60
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, Second edition. London. Academic press.
- Marwoto. 1998. Pengendalian hama penting pada kacang beras *dalam* Kasno, A dan A. Winarto. *Kacang Beras*. Monograf Balitkabi No. 3
- McComb, J.A. 1975. Is intergeneric hybridization in the legumeinosae possible?. *Euphytica* 24: 497-502.
- McIntosh, R.A. 1998. Breeding wheat for resistance to biotic stresses. *Euphytica* 100: 19-23.
- Mitra, J. 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Science*, 80(6): 758-763.
- Moris, R. 1983. Remodeling crop chromosom. p. 109-129. *In* D.R. Wood. (eds). *Crop breeding*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Mosse, B., 1988, Some studies relating to "independent" growth of vesicular arbuscular endophytes. *Canadian Journal of Botany*, 66: p. 2533-2540.
- Murray, J. R., dan Hackett, W. P., . (1991), Difydroflavonol reductase activity in relation to differential anthocyanin accumulation in juvenile and mature phase *Hedera helix* L. *Plant Physiology*, 97: 343-351
- Musfal, (2010), Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29 (4): 154-158
- Nakawula, C.K. 1997. Identification of sources and inheritance of resistance to *Sphaceloma* scab in cowpea. *Plant Disease* 81: 1395-1399
- Nasrullah. 1994. *Agriculture - Short Course Plant Breeding*. Vol. 2. Universitas Mataram, Lombok, Indonesia

- Ng., N.Q. and R. Marechal. 1985. Cowpea taxonomy, origin and germ plasm. p. 11-21. In: S.R. Singh and K.O. Rachi (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley and Sons.
- Nick, R.E. and D. Rubiales. 2002. Potentially durable resistance mechanisms in plants to specialised fungal. *Euphytica* 124: 201-216.
- Nielsen, L.R. and H.R. Siegismund. 1999. Interspecific differentiation and hybridization in *Vanilla* species (Orchidaceae). *Heredity* 83: 560-567.
- Nigam, S.N., S. Chandra, K.R. Sridevi, M.Bhukta, A G S Reddy, N.R.Rachaputi, G.C Wright, P.V Reddy, M.P. Deshmukh. 2005. Efficiency of physiological trait-based and empirical selection approaches for drought tolerance in groundnut. *Annals of Applied Biology*, 146:433-439
- Nkongolo, K.K. 2003. Genetic characterization of Malawian cowpea (*Vigna umbellata* (L.) Walp.) landraces: diversity and gene flow among accessions. *Euphytica* 129: 219-228.
- Ogbonnaya, C.I; B. Sarr; C. Brou; O. Diouf. 2003. Selection of cowpea genotypes in hydroponics, pots and field for drought tolerance. *Crop Science* 43: 1114-1120
- Ombakho, G.A., A. P. Tyagi and R. S. Pathak. 1987. Inheritance of resistance to the cowpea aphid in cowpea. *Theor Appl Genet* (1987) 74:817-819
- Panda, N. and G.S. Khush. 1995). Host plant resistance to insects. CAB International, International Rice Research Institute.
- Parlevliet, J.E. 2002. Durability of resistance against fungal, bacterial and viral pathogens; present situation. *Euphytica* 124: 147-156.
- Patel, P.N., J.K. Mlingo, H.K. Leyna, C. Kuwite dan E.T. Membaga. 1982. Source of resistance inheritance and breeding of cowpea for resistance to a strain of cowpea aphid-borne mosaic virus from Tanzania. *Indian J. of Genetic* 42: 221-229.
- Payan, F.R. and F.W. Martin. 1975. Barriers to the hybridization of *Passiflora* species. *Euphytica* 24: 709-716.
- Petterson, J. 1985. Studies on *Aphis craccivora* (Koch): preference tests using different cowpea extracts and rearing experiments on artificial diets. Department for Plant and Forest Protection, Ultuna.
- Philips, R.D., K.H. McWatters, M.S. Chinnan, Y.C. Hung, L.R. Beuchat. 2003. Utilization of cowpeas for human food. *Field Crops Research* 82: 193-213.
- Piergiovanni, A.R., C.D. Gatta, L. Sergio, and F. Ferrino. 1994. High antinutrient and bruchid resistance of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Euphytica* 30: 59-62
- Poehlman, J.M. and D.A. Slepper. 1995. *Breeding Field Crops*. Fourth Edition. Iowa State Uni.Press/Ames.

- Quilambo, O.,A. , (2003),The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis.African Journal of Biotechnology Vol. 2 (12), pp. 539-546, <http://www.academicjournals.org/AJB>. diakses 3 Oktober 2003
- Rawal, K.M. 1975. Natural hybridization among wild, weedy and cultivated *Vigna umbellata* (L.) Walp. Euphytica 24:699-707.Reinhold Publishing Corporation.
- Richards, M.M., S.A. Trewick, H.M. Chapman and A. Krahulcova. 2004. Interspecific hybridization among *Hieracium* species in New Zealand: evidence from flow cytometry. Heridity 93: 34-42.
- Sain, R.S., P. Joshi and E.V.D. Sastry. 2000. Cytogenetic analysis of interspecific hybrids in genus *Citrullus* (*Cucurbitaceae*). Euphytica 128: 205-210.
- Saleh, N. dan Y. Baliadi. 1998. Pengenalan dan pengendalian penyakit utama pada kacang beras. pp. 100-119. Dalam A. Kasno, dkk.(Ed.). Kacang beras. Balitkabi, Malang.
- Saleh, N., H. Ariawan, T. Hadiastono dan S. Djauhari. 1993. Pengaruh saat infeksi CAMV terhadap pertumbuhan, hasil dan komponen hasil tiga varietas kacang beras. Dalam Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Tahun 1992 (Ed. A. Kasno, dkk.), Balittan, Malang.
- Salimath, P.M., S. Biradar, Linganagowda and M.S. Uma. 2007. Variability parameter in F2 and F3 populations of cowpea involving determinate, semideterminate and indeterminate types. Karnatak J.Agric.Sci. 20(2):255-256
- Salisbury, F.,B and C.W. Ross, (1991), Fisiologi tumbuhan. Penerbit ITB Bandung.
- Salisbury, F.B. and C.V. Ross. 1992. Plant physiology (Fisiologi Tumbuhan, alih bahasa Lukman, D.R. dan Sumaryono). ITB Bandung. Hal.: 286-298.
- Salvagiotti,F., K. G. Cassman,J. E. Specht, D. T. Walters, A. Weiss,and A. Dobermann, (2008), Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review . Ublished in Field Crops Research Elsevier B.V. <http://www.elsevier.com/locate/fcr> diakses tgl 3 Oktober 2013
- Scervino, J.M., M.A. Ponce, R. Erra-Bassells, J. Bompadre, H. Vierheilig, J.A. Ocampo, and A. Godeas, (2007), The effect of flavones and flavonols on colonization of tomato plants byarbuscular mycorrhizal fungi of the genera Gigaspora and Glomus. Can.J. Microbiol., 53(6): p. 702-9.

- Serraj, R., L. Krishnamurthy, J. Kashiwagi, J. Kumar, S. Chandra, J.H. Crouch. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. *Field Crops Research* 88: 115–127
- Shaw, L.J., P. Morris, and J.E. Hooker, (2006), Perception and modification of plant flavonoid signals by rhizosphere microorganisms. *Environ. Microbiol.*8(11): p. 1867-1880.
- Simangkulat, R.D.M., Cendawan Mikoriza Arbuskuler. Dalam Simangkulat, R.D.M., D.A. Suriadikarta, R.Saraswati, D.Setyorini dan W. Hartatik (ed). *Pupuk Organik dan Hayati*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya lahan Pertanian. Bogor. Jawa Barat.
- Singh, A.K., J.P. Moss, and J. Smartt. 1990. Ploidy manipulations for interspecific gene transfer. in *Advances in Agronomy* Vol. 43:199-240.
- Singh, B.B., H.A. Ajeigbe, S.A. Tarawali, S.F. Rivera, M. Abubakar. 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Research* 84:169-177.
- Singh, B.B., S.R. Singh and O. Adjadi. 1985. Bruchid resistance in cowpea. *Crop Sci.* 25: 736-739.
- Singh, D.P. 1981. *Breeding for Resistance to Diseases and Insect Pests*. Springer-Verlag, Berlin, London, Paris, Tokyo. p. 5-105.
- Sisworo, W., H., H. Rasjid dan E. L. Sisworo, (2013) Fiksasi nitrogen simbiotik pada kedelai varietas orba dan lokon. [digilib.batan.go.id/e.../Widjang\\_Sisworo\\_227.pdf](http://digilib.batan.go.id/e.../Widjang_Sisworo_227.pdf) [3 Oktober 2003]
- Smith, H.H., K.N. Kao dan N.C. Combatti. 1976. Interspecific hybridization by protoplast fusion in *Nicotiana*. *The Journal of Heredity*. Vol. 667: 123-128
- Soemarno MS, (2010), Ketersediaan unsur hara dalam tanah. FP-UB, Malang. <http://lecture.ub.ac.id/anggota/marno/>. [3 Oktober 2003]
- Stoskopf, N.C. 1994. *Pant Breeding: Theory and Practice*. Westview Press, Boulder - San Francisco – Oxford
- Suryo, H. 1995. *Sitogenetika*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Susilowati, L., E. dan Sukartono, (2007), Respon tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum*) yang diinokulasi MVA pada ragam cara pemberian bahan organik dan jeda pengairan di Lahan

Kering Pulau Lombok. Prosiding Kongres Nasional HITI 5-7 Desember 2007, YOGYAKARTA

- Sutarwi. (2012), Pengaruh Dosis Pupuk Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Varietas Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* (L.) Merr) pada Sistem Agroforestri” Tesis. Program Studi Agronomi, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Taiwo, M.A., K.T. Kareem, I.Y. Nsa, and J.D.A. Hughes. 2007. Cowpea viruses: Effect of single and mixed infections on symptomatology and virus concentration. *Virology Journal* 4(95): 1-5
- Tolera, T., P. Karlovsky and B. L. Maass. 2007. Genetic diversity in tropical legumes: cowpea (*Vigna umbellata* (L.) Walp.) and lablab (*Lablab purpureus* (L.) Sweet)
- Tyagi, A.P. and V.V. Singh. 1998. Pollen fertility and intraspecific and interspecific compatibility in mangroves of Fiji. *Sex Plant Reprod.* 11: 60-63
- Ujianto,L, (2011), Kajian Persilangan antar Spesies Kacang hijau dengan Kacang beras. Disertasi. Universitas Barwijaya Malang
- Van der Maesen, L.J.G. and S. Somaatmadja, (1993), Plant resources of South East Asia. Pudoc Wageningen, 105 p.
- Vencovsky, R. dan J. Crossa, 2003. Measurements of Representativeness Used in Genetic Resources Conservation and Plant Breeding. *Crop. Sci.* 43: 1912 – 1921.
- Walker, D.W. And J.C. Miller, Jr. 1986. Intraspecific variability for drought resistance in cowpea. *Scientia Horticulturae*, 29: 87-100.
- Winarso,S. 2009. Pengaruh Kombinasi Senyawa Humik dan Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Detoksitas Aluminium dan Desorpsi Fosfat, Ultisol dan Hasil Tanaman Kedelai. Disertasi. Prog. Pascasarjana, Fak Pertanian Univ. Brawijaya. Malang. 167 hal

## Indeks

- adaptasi, 9, 11, 12, 13  
antosianin, 18, 27, 28, 33, 49  
asimilasi, 11  
asosiasi simbiotik, 24  
budidaya, 11, 17, 29  
deferensial seleksi, 5  
fiksasi, 12, 14, 23  
fotosintat, 12, 13  
fotosintesis, 12, 13, 14, 35, 41  
galur murni, 1, 2, 5, 6  
hara esensial, 41  
hibridisasi, 6, 7, 48  
homogenitas, 1  
homosigot, 7  
*indigenous*, 19, 20  
intensitas seleksi, 8  
introduksi, 1, 20  
kacang beras, 1, 2, 5, 6, 7, 8,  
9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18,  
19, 20, 21, 23, 24, 25, 27,  
29, 31, 32, 33, 34, 35, 36,  
37, 38, 39, 40, 41, 42, 43,  
44, 48, 51, 53  
keragaman, 1, 5, 9  
koefisien korelasi, 2  
konduksi epidermal, 10, 11  
kreteria seleksi, 2, 6, 8, 15  
kutikula, 11, 12  
mikoriza, 16, 24, 34, 46  
mikrobia, 16, 19, 27  
monokultur, 30, 31, 32, 33, 34,  
35, 36, 37, 38, 39, 41, 42,  
43, 44  
mutasi, 2, 5  
periode kritis, 13  
persilangan, 1, 5, 8, 49  
protoplasmik, 10  
pupuk hayati, 17, 18, 19, 24,  
29, 32, 34  
pupuk organik, 16, 18, 19, 23,  
25, 26, 29, 32  
respirasi, 12  
segregasi, 7, 9  
seleksi, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9,  
15, 50  
seleksi silsilah, 6, 7  
serapan hara, 17, 18, 21, 27  
simbiosis, 19  
toleran kekeringan, 10, 32  
turgor, 10, 11, 14

