THE BREEDING OF LOCAL VIGNA RADIATA L WITH USING MULTIGAMMA IRRADIATION TECHNIQUE (NUCLEAR) THAT TOLERANT TO DRY CONDITION, RAIN FALL, GERM, AND HIGH PRODUCTION

Bartholomeus Pasangka[1)], Refli[2]

1) Department of Physical and Agricultural Sciences, Nusa Cendana University Indonesia
Email: bpasangka15@gmail.com
[2)] Department of Biologycal and Agricultural Sciences Nusa Cendana University Indonesia

ABSTRACT

Vigna Radiata L grouped in the third important legume in Indonesia after soybean and peanut with high nutrition like as carbohydrate, protein, fat, vitamin A, B1 and C, Calcium, phosphorous, etc.The aims of the research are to develop of local Vigna Radiata L from Timor Island Indonesia with multi-gamma irradiation technique and carefully selection for obtaining variation of superior varieties. On the first research obtained five variation varieties (mutants) will be purified in the continuous research.The main method of research comprised of observation/ surveying, irradiation, purifying, carefully selection, comparative, analysis, and interpretation.The results of research on the last year (purifying step) are obtained three variations of mutant varieties with superior chemical and physical characteristics consists of: (1) time growth is quickly, (2) growth percentage is high, (3) time flowered is quickly, (4) tolerant to germ, (5) tolerant to dry condition, (6) tolerant to rain fall, (7) time harvest is lower than initial, (8) high production compared to initial. Production range of mutant varieties at four provinces on the last purifying respectively about (2.80 s/d 3.80) ton/ha (VM-1), (2.81 s/d 3.82) ton/ha (VM-2), dan (2.76 s/d 3.79) ton/ha (VM-3). The total average production of selected mutant varieties about 3.39 tons/ha. Production increase percentage of selected mutant varieties after purifying at four provinces about 47.65% (VM-1), 47.49% (VM-2), and 47.18% (VM-3) with average of production increasing percentage about 47.44%.Interval water content of selected mutant varieties and initial variety in a row about 9% up to 13% (VM-1), 9.0% up to 15% (VM-2), 9.0 up to 14% (VM-3) and 14.0% up to 23% (initial variety). The mean of water content for mutant varieties about 11.0 % (VM-1), 11.5 % (VM-2), 11.2 % (VM-3), and 17.4 % (initial variety) in dry seeds condition and ready for continuous development seeds, and (15 up to 22) % in dry seeds condition for consumption. The total mean of water content of mutant varieties for seeds to continuously development about 11.23 %.

Keywords: irradiation, breeding, Vigna Radiata L, dry condition, germ

Author : Bartholomeus Pasangka dan Refli

1. PENDAHULUAN

Kacang hijau (*Vigna Radiata* L) merupakan salah satu jenis tanaman kacang-kacangan logum ketiga terpenting di Indonesia setelah kedelai dan kacang tanah, walaupun budidayanya masih terbatas. Kacang hijau termasuk salah satu komoditi penting karena kandungan gizinya tinggi yakni dalam 100 gram kacang hijau terkandung 62,9 gram karbohidrat, 22,2 gram protein, 1,2 gram lemak, 0,64 gram vitamin B1, 6,0 miligram vitamin C, 125 miligram kalsium, 320 miligram fosfor, 6,7 miligram besi, 10 gram air, serta 157 U vitamin A, dan 345 kalori (Mustakim, 2012., Evita, 1997). Hasil olahan kacang hijau yang beredar di pasaran adalah tauge, bubur, makanan bayi, susu, kue, tepung hunkue, dan dapat juga digunakan sebagai makanan ternak, serta tanaman penutup tanah dan pupuk, melancarkan buang air besar, menambah semangat hidup, dan pengobatan (Atman, 2007).

Produksi kacang hijau di Indonesia tahun 2000 mencapai 289.876 ton, tahun 2002 produksi menurun yakni hanya 288.089 ton (BPS, 2003). Dalam interval lima tahun terakhir dari tahun 2009 s/d 2013, produksi kacang hijau di Indonesia cenderung menurun secara drastis yakni 4.426 ton, 1.134 ton, 1.121 ton, 3.817 ton, dan 720 ton (Anonim, 2014., Yulia et al, 2016). Konsekuensi penurunan produksi tersebut, pemerintah mengimpor 29.443 ton per tahun guna memenuhi kebutuhan kacang hijau di Indonesia (Yulia et al, 2016). Jika rerata kebutuhan kacang hijau sekitar 2,5 kg per kapita per tahun, artinya kebutuhan kacang hijau 12.117,28 ton per tahun. Dengan demikian pemerintah harus mengimpor kacang hijau untuk memenuhi kebutuhan (Supeno dan Sujudi, 2002).

Rerata produksi kacang hijau di lahan petani relatif cukup rendah, hanya sekitar 0,7 ton/ha, rerata produksi pada petak percontohan 2,0 ton/ha (Sumarji, 2013). Rendahnya produksi kacang hijau di lahan petani disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: kurang tersedianya benih varietas unggul, cekaman kekeringan, teknik bercocok tanam

belum optimal, gangguan gulma, serangan penyakit terutama bercak daun cercospora, kudis, karat daun, embun tepung, virus, dsb (Rukmana, 1997., Fitrina, 2005., Ramadhan, 2015).

Produksi kacang hijau di NTT khususnya masih relatif rendah dengan budidaya masih terbatas (Suprapto, 1993). Salah satu faktor utama penyebabnya ialah terbatasnya benih unggul. Hasil survei peneliti di beberapa daerah di NTT menunjukkan produksi kacang hijau tahun 2016 hanya 0,4 s/d 0,6 ton/ ha.

Pengadaan benih unggul kacang hijau merupakan salah satu kesulitan umum petani di Pulau Timor khususnya dan NTT umumnya, karena kondisi lingkungan yang kering, miskin unsur hara, salinitas tinggi, kapur tinggi, menyebabkan tidak semua benih kacang hijau dapat tumbuh baik di lingkungan tersebut. Pengembangan benih kacang hijau asal Pulau Timor dengan aplikasi metode irradiasi multigamma, memberi harapan mendapatkan benih unggul kacang hijau yang toleran kondisi tersebut di atas, yang akhirnya dapat meningkatkan produksi petani kacang hijau baik regional maupun tingkat nasional. Dampak positif tersedianya benih unggul kacang hijau adalah tercapainya efisiensi usaha tani dan ramah lingkungan (BALITKABI, 2015., Purwono dan Hartono, 2005).

Keunggulan metode irradiasi multigamma adalah diperoleh varietas unggul dalam waktu relatif singkat dibandingkan metode persilangan sampai F_7 atau F_9 dengan waktu cukup lama. Selain itu, diperoleh beberapa variasi varietas unggul hasil pemuliaan dengan sifat-sifat berbeda dengan sifat induknya, sehingga mudah melakukan seleksi untuk mendapatkan varietas benih unggul kacang hijau dengan karakterisitk lebih unggul secara umum adalah beradaptasi komndisi kekeringan maupun misimhujan, toleran hama dan penyakit, dan rerata produksi tunggi (Pasangka dan Refli, 2017).

Tujuan penelitian adalah: 1) Mengembangkan kacang hijau lokal dengan metode irradiasi multigamma untuk mendapatkan variatas mutan lebih unggul yang adaptif terhadap kondisi kekeringan dan atau musin hujan, toleran hama dan penyakit, dan produksi tinggi, 2) memurnikan varietas mutan hasil irradiasi multigamma pada penelitian tahun ke-1 untuk mendapatkan varietas dengan keragaman fenotif dan genotif relatif sama dan telah teruji kemampuan tumbuh di berberapa lokasi dengan kondisi berbeda, 3) memperbanyak benih kacang hijau lokal varietas mutan terseleksi yang unggul dengan keragaman yang relatif sudah sama dengan produksi tinggi dan toleran berbagai kondisi.

2. MATERI DAN METODE

Materi Studi

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian meliputi (Laboratorium Fisika Nuklir Biosains Universitas Nusa Cendana) meliputi: Sumber Irradiasi Multigamma (irradiator), counter dosis radiasi, alat analisis kandungan protein dan kandungan air (protein analyzer, water analyzer), traktor, dan sejumlah peralatan pendukung lainnya seperti alat semprot hama dan penyakit, cangkul, ember, mesin perontok, dan sebagainya. Sampel kacang hijau lokal yang dimuliakan adalah kacang hijau lokal
pulau Timor Indonesia.

Deskripsi Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian.

Lokasi penelitian untuk perolehan varietas mutan berlokasi di 5 tempat di Kupamg (satu provinsi) Pulau Timor Indonesia (nama lokasi adalah Fukdale, Oesao, Baumata, Bakunase, Bolok). Ke lima tempat mempunyai kondisi lingkungan yang relatif sama antara lain (*such as*) lama penyinaran rata-rata 6 jam per hari, struktur tanah, kondisi kekeringan, kandungan garam dan kalsium. Pada tahap pemurnian dan uji multilokasi, digunakan 1 lokasi di 4 provinsi yaitu Fukdale Kupang Timur (Provinsi Nusa Tenggara Timur), Tana Toraja (Provinsi Sulawesi Selatan), Mamuju (Provinsi Sulawesi Barat), dan Palu (Provinsi Sulawesi Tengah). Semua lokasi memiliki kondisi yang relatif berbeda. Penelitian dilakukan selama 3 tahun dari Maret 2017 s/d Nopember 2019.

Metode

Metode penelitian meliputi observasi/ survei, sampling, irradiasi, seleksi cermat, komparatif, uji *purifying*, analisis, dan interpretasi. Obesrvasi/ survei merupakan tahap awal kegiatan untuk penetapan lokasi penanaman (penelitian). Pengumpulan dan analisis data dilakukan melalui pengamatan, pengukuran, perhitungan, dan analisis sampel terpilih (kandungan air) varietas mutan terseleksi. Uji mutu (*qualiity control*) dilakukan dengan membandingkan karakteristik fisis dan kimia penting pada varietas mutan terseleksi lebih unggul dengan varietas induk baik yang bersifat kualitatif (hasil-hasil pengamatan langsung) maupun secara kuantitatif (hasil-hasil pengukuran dan perhitungan).

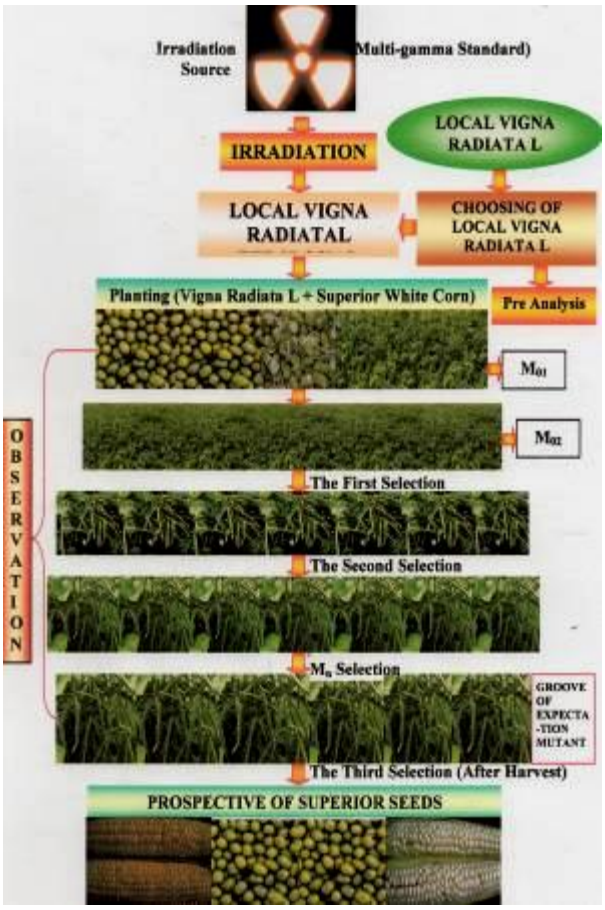
Prosedur Penelitian

Prosedur atau tahap-tahap penelitian ini meliputi:

1) Melakukan observasi/ survei untuk pemilihan sampel kacang hijau lokal dan menetapkan beberapa lokasi penanaman kacang hijau hasil irradiasi multigamma pada peneltian thn ke-1, untuk selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik fisis dan kimia yang diperlukan dalam menetapkan keragaman dalam setiap variasi varietas mutan bakal unggul pada penelitian tahun ke-2 dan ke-3.
2) Mengolah lahan tanam dengan cara membajak menggunakan traktor agar bebas dari gangguan gulma dan tanah menjadi gembur sehingga pertumbuhan kacang hijau dapat berlangsung dengan baik. Selanjutnya dibuat bedengan yang disesuaikan dengan kondisi lahan untuk memudahkan pengairan.
3) Meremdam lahan yang telah diolah dan dibiarkan kering kembali selama dua hari (kondisi tanah lembab).
4) Benih kacang hijau lokal varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada penelitian tahun ke-1, hasil pemurnian (penelitian tahun ke-2 dan ke-3) kemudian ditanam di beberapa lokasi.
5) Jarak tanam benih kacang hijau 40 cm x 15 cm. Benih kacang hijau ditaman dengan cara menugal. Untuk mencapai hasil yang optimal, maka pemupukan langsung dilakukan saat penanaman benih yakni antara lubang tanam dibuat lubang sedalam 5 cm - 7cm dan ditaruh pupuk Urea dicampur NPK (1 : 2) satu sendok makan dan ditutup dengan tanah.
6) Pengairan setelah penanaman disesuaikan dengan curah hujan di tempat penelitian.
7) Mengamati kemampuan tumbuh dan umur pertumbuhan baik pada varietas induk maupun pada perlakuan.
8) Menyiangi tanaman dan memupuk sesuai landasan teori agar tanaman bebas dari gangguan gulma dan tumbuh dengan subur.
9) Melakukan serangkaian pengamatan selama pertumbuhan tanaman antara lain ketahanan terhadap hama dan penyakit, sifat adaptif pada kondisi lahan kurang air (kekeringan), pertumbuhan di lahan berkapur dan salinitas tinggi, miskin unsur hara, dan sebagainya, serta seleksi tanaman. Pada saat mendekati masa panen, dilakukan lagi seleksi, pengukuran tinggi tanaman, jumlah polong per pohon, dan jumlah biji per polong.
10) Panen dan pengeringan. Panen dilakukan setelah buah matang dengan baik yang ditandai oleh warna kulit coklat atau hitam dengan cara memetik. Setelah itu dilakukan pengeringan, pemisahan biji dari polong, dan pembersihan biji dari kotoran. Setelah itu dikeringkan lagi selama kurang lebih 2-3 hari sampai kandungan air mencapai 10% -11%.
11) Pada pasca panen dilakukan pengukuran massa per 1000 biji, serta analisis kandungan protein dan kandungan air. Kandungan air untuk biji yang dijadikan benih antara 10% - 11%, sedangkan untuk dikonsumsi 12%.
12) Membandingkan sifat-sifat fisis dan kimia (hasil-hasil pengamatan, pengukuran, dan analisis) pada varietas mutan dengan varietas induk.
13. Melakukan interpretasi dan mengambil kesimpulan.

Design Penelitian

Design penelitian tahun ke-1, tahun ke-2, dan tahun ke-3 dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 1 dan Gambar 2. Fokus penelitian tahun ke-1 ialah perolehan varietas mutan terseleksi, tahun ke-2 dan ke-3 difokuskan pada pemurnian fenotif dan genotif tanaman kacang hijau hasil irradiasi multigame dan uji multilokasi. Variabel lain yang tetap diamati dan diukur pada penelitian tahun ke-2 dan ke-3 ialah sifat adaptif pada lahan kering, kapur tinggi, dan salinitas tinggi, ketahanan terhadap hama dan penyakit, persentase tumbuh, kandungan air, *range* produksi, rerata produksi, dan persentase pertambahan produksi.



Gambar 1. Design penelitian tahun ke-1:
Untuk perolehan mutan varietas unggul

Gambar 2. Design panelitian tahun ke-2 dan ke-3
Untuk perolehan beberapa variasi verietas unggul terseleksi melalui pemurnian.

Pada awal penanaman benih kacang hijau yakni pada umur 7 hari sesudah tanam, dilakukan pengamatan yang cermat pada kelompok sampel terpilih tentang jumlah benih yang tidak tumbuh pada varietas induk dan varietas perlakukan. Data ini digunakan untuk menghitung persentase tumbuh benih. Pada umur tanaman kurang lebih dua minggu, dilakukan penyulaman tanaman yang mati, sehingga lahan tanam tidak ada yang kosong. Seleksi pertama dilakukan pada saat tanaman sudah berumur kurang lebih satu bulan. Sistem seleksi yang dilakukan adalah seleksi individual bagi tanaman yang tumbuh subur yang mampu beradaptasi terhadap beberapa kondisi seperti yang telah disebutkan di atas. Pada saat tanaman sudah terlihat ada pengisian buah dengan baik, maka dilakukan seleksi yang kedua untuk mendapatkan varietas bakal unggul, dan menjelang panen dilakukan seleksi M_n dengan karakteristik yang dapat diamati dan diukur seperti jumlah polong per pohon, jumlah biji per polong, biji besar, dsb.

Pada pasca panen dilakukan seleksi untuk mendapatkan beberapa variasi varietas kacang hijau
lebih unggul dengan karakteristik unggul maing-masing varietas jelas dan keragaman relatif sama dengan produksi tinggi.

Penyiangan untuk membasmi gulma penggangu dilakukan dua kali yakni pada saat umur tanaman kurang lebih 2 minggu, disusul langsung dengan pemupukan seperlunya menggunakan urea dan NPK dengan perbandingan 1: 2, agar tanaman tumbuh lebih baik dengan produksi maksimal.

Penyiangan kedua dilakukan sebelum tanaman kedelai mulai berbunga. Sedangkan pengairan dilakukan seperlunya, perlu disesuaikan dengan curah hujan di lokasi penanaman. Demikian juga dengan penyemprotan insektisida dan fungsisida serta obat lainnya untuk membasmi hama dan penyakit dilakukan seperlunya sesuai dengan serangan hama dan penyakit.

Benih yang telah diseleksi pada pasca panen, diberi insektisida secukupnya dan disimpan dengan rapi dalam kantong plastik yang tertutup rapat agar aman dari gangguan hama biji. Pada pasca panen dilakukan pula penimbangan per 1000 biji kacang hijau, dan analisis kandungan air.

Statistik untuk Analisis Data

Formulasi statistik diperlukan untuk menghitung persentase pertumbuhan dan persentase pertambahan rata-rata produksi. Untuk mengecek persentase pertumbuhan, dipilih lima kelompok sampel secara acak pada sampel kontrol dan perlakukan. Jumlah sampel tes adalah 100 biji pada setiap kelompok.

Jumlah biji sampel yang tidak tumbuh diamati dan dihitung pada setiap kelompok.
Persentase pertumbuhan dihitung dengan persamaan (Pasangka, 2018, 2019):

$$PG = \left(\frac{T_{AS} - A_{SG}}{T_{AS}} \right) \times 100 \ \% \quad (1)$$

dengan: PG : persentase pertumbuhan (%), T_{AS} : jumlah total biji yang ditanam, A_{SG} : jumlah biji yang tidak tumbuh.

Rerata produksi sampel perlakuan pada masing-masing varietas mutan terseleksi di empat provinsi lokasi penanaman dihitung dengan persamaan (Pasangka, 2018, 2019):

Varietas Mutan-1 (VM1):
$$A_{RPSP\ (1)} = \frac{P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_{L4}}{4} \quad (2)$$

dengan $A_{RPSP\ (1)}$: rerata produksi sampel perlakukan varietas mutan-1 di 4 provinsi, $P_{Li}, P_{L2}, P_{L3}, P_{L4}, P_{L5}$: produksi mutan dan kontrol di 4 provinsi lokasi penanaman dan *n* = 1…..4,

Varietas Mutan-2 (VM2):
$$A_{RPSP\ (2)} = \frac{P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_{L4}}{4} \quad (3)$$

dengan $A_{RPSP\ (2)}$: rerata produksi sampel perlakukan varietas mutan-2 di 4 provinsi.

Varietas Mutan-3 (VM3):
$$A_{RPSP\ (3)} = \frac{P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_{L4}}{4} \quad (3)$$

dengan $A_{RPSP\,(3)}$: rerata produksi sampel perlakukan varietas mutan-3 di 4 provinsi.

Rerata total produksi varietas mutan pada pemurnian akhir adalah (Pasangka, 2018):

$$A_{RPSP\ (t)} = \frac{A_{PTS\ (1)} + A_{PTS\ (2)} + A_{PTS\ (3)}}{3} \quad (4)$$

dengan $A_{RPSP\,(t)}$: rerata total produksi varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir di 4 provinsi. Persentase pertambahan produksi pada masing-masing varietas mutan terseleksi:

Varietas Mutan 1 (VM1):
$$I_{PPPVM\ (1)} = \left(\frac{A_{RPSP\ (1)} - A_{RPSC\ (t)}}{A_{RPSP\ (1)}} \right) \times 100\ \% \quad (5)$$

dengan $I_{PPPVM\ (1)}$: persentase pertambahan produksi varietas mutan-1 di 4 provinsi pada pemurnian akhir (Pasangka, 2018, 2019):

Varietas Mutan 2 (VM2):
$$I_{PPPVM\ (2)} = \left(\frac{A_{RPSP\ (2)} - A_{RPSC\ (2)}}{A_{RPSP\ (2)}} \right) \times 100\ \% \quad (6)$$

dengan $I_{PPPVM\ (2)}$: persentase pertambahan produksi varietas mutan-2 di 4 provinsi pada pemurnian akhir (Pasangka, 2018, 2019).

Varietas Mutan 3 (VM3):
$$I_{PPPVM\ (3)} = \left(\frac{A_{RPSP\ (3)} - A_{RPSC\ (3)}}{A_{RPSP\ (3)}} \right) \times 100\ \% \quad (7)$$

dengan $I_{PPPVM\ (3)}$: persentase pertambahan produksi varietas mutan-1 di 4 provinsi pada pemurnian akhir. Persentase pertambahan produksi rata-rata total varietas mutan terseleksi di 4 provinsi pada pemurnian akhir (Pasangka, 2018, 2019):

$$I_{PPPRTVM} = \left(\frac{I_{PPPVM\ (1)} + I_{PPPVM\ (2)} + I_{PPPVM\ (3)}}{3} \right) \quad (8)$$

dengan $I_{PPPRTVM}$: persentase pertambahan produksi rata-rata total varietas mutan terseleksi di 4 provinsi pada permurnian akhir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil-Hasil yang Diperoleh

Penelitian selama tiga tahun menghasilkan 3 variasi varietas mutan unggul terseleksi (Mutan-1, Mutan-

2, dan Mutan-3) yang memiliki tingkat produksi hampir sama, walaupun ada beberapa bentuk kharaktristik unggul yang berbeda seperti besarnya biji, jumlah polong, jumlah biji dalam satu polong, warna biji, warna daun, tinggi tanaman, warna kulit polong, dan massa per 1000 biji.

Beberapa type pertumbuhan kacang hijau varietas mutan terseleksi pada penelitian tahun ke-1 (perolehan mutan), tahun ke-2, dan tahun ke-3 (pemurnian dan pengujian) secara berturutan diperlihatkan seperti pada Gambar 3 s/d Gambar 4

Gambar 3. Varietas mutan-1

Gambar 4. Varietas mutan-2

Gambar 3 s/d Gambar 5 diperoleh dengan cara seleksi cermat secara individual dari awal pertumbuhan sampai berumur 15 hari setelah tanam dengan mengamati kemampuan tumbuh, umur berbunga, ketahanan terhadap hama penyakit, toleran terhadap kondisi kekeringan, umur panen, dan mencirikan produksi tinggi.

Gambar 5. Varietas mutan-3

Gambar 6.Varietas Mutan-1

Gambar 3 s/d Gambar 5. Contoh pertunbuhan kacang hijau lokal varietas mutan 1, 2, 3 terseleksi hasil irradiasi multigamma pada penelitian tahun ke-1 yang telah dimurnikan pada penelitian tahun ke-2 dan ke-3 untuk memperoleh varietas dengan beberapa karakteristik lebih unggul.

Gambar 7. Varietas mutan-2

Gambar 8. Varietas mutan-3

Gambar 6 s/d Gambar 8 memperlihatkan tiga variasi varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma berbuah banyak pada pemurnian akhir dengan rerata umur 45 hari setelah tanam, sedangkan Gambar 9 s/d Gambar 11,

menunjukkan tiga variasi varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir dengan rerata umur 52 hari setelah tanam dan sudah mendekati umur panen.

Gambar 9. Varietas mutan-1

Gambar 10. Varietas mutan-2

Gambar 11. Varietas mutan-3

Gambar 9 s/d Gambar 11, menunjukkan tiga variasi varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir dengan rerata umur 52 hari setelah tanam dan sudah mendekati umur panen.

Gambar 12

Gambar 13

Gambar 11 memperlihatkan dua contoh buah kacang hijau variatas mutan-3 hasil irradiasi multigamma di 4 provinsi pada pemurnian akhir pada umur 52 hari setelah tanam atau siap panen pertama dan terlihat pula bahwa di bagian ujung tangkai buah yg siap panen, tumbuh lagi bunga baru.

Gambar 12 dan Gambar 13 merupakan dua contoh kacang hijau variatas mutan-1 dan mutan-2 hasil irradiasi multigamma di 4 provinsi pada pemurnian akhir yang berbunga untuk kedua kalinya setelah panen pertama (umur panen rata-rata 60 hari setelah tanam).

Gambar 14 memperlihatkan dua contoh pertumbuhan kacang hijau varietas induk pada umur 52 hari setelah tanam

Gambar 15. Varietas mutan-1

Gambar 16. Varietas mutan-2

Gambar 17. Varietas mutan-3

Gambar 12 dan Gambar 13 di atas menunjukkan pula bahwa varietas baru kacang hijau sebagai hasil irradiasi multigamma dan seleksi cermat pada pemurnian akhir menghasilkan varietas baru dengan produksi tinggi dan dapat berbuah dua kali dengan umur panen kedua relatif singkat (hanya 15 hari dihitung dari saat tumbuh ulang bunga).

Gambar 14 menunjukkan satu contoh varietas induk yang pertumbuhan kurang baik dan lambat yang ditanam bersamaan dengan varitas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma. Gambar 15 s/d Gambar 17 memperlihatkan biji tiga variasi varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir dengan umur panen berkisar antara 58 s/d 62 hari setelah tanam.

Hasil-hasil pengamatan pertumbuhan awal benih pada sampel perlakuan dan kontrol untuk menghitung persentase tumbuh, berbagai karakteristik fisis dan kimia yang teramati, terukur, dan terhitung, serta estimasi tingkat produksi, dipaparkan secara berturut-turut dalam Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Untuk menghitung persentase tumbuh, maka diambil 5 kelompok secara acak dengan jumlah biji yang diamati 100 biji pada setiap kelompok. Sampel perlakuan diambil 5 kelompok dengan 10 variasi pengamatan.

Tabel 1. Jumlah biji yang tidak tumbuh pada sampel kontrol dan sampel perlakuan pada penelitian tahun ke-3 untuk perolehan 3 variasi varietas mutan terseleksi pada permurnian akhir di 4 provinsi.

No	Jumlah total	Jumlah biji yang tidak tumbuh										
K	biji pada	Sampel	Varietas Mutan Terseleksi (VM)									
S	Setiap kelompok	Kontrol	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
I	100	20	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1
II	100	17	1	1	3	2	2	2	1	1	2	3
III	100	19	2	2	1	1	1	2	2	4	1	4
IV	100	18	1	1	3	3	2	1	3	1	2	1
V	100	16	3	3	3	2	4	3	1	3	3	2
	Rerata = 100	**18,00**	**1,80**	**1,80**	**2,40**	**1,80**	**2,00**	**1,80**	**1,80**	**2,00**	**2,00**	**2,20**
	Rerata mutan						**1,96**					
	Persentase tumbuh (%)	**82,00**	**98,20**	**98,20**	**97,60**	**98,20**	**98,00**	**98,20**	**98,20**	**98,00**	**98,00**	**97,80**
	Rerata persentase tumbuh	**82,0**					**98,04**					

KS: Kelompok Sampel

Tabel 2. Karakteristik fisis dan kimia penting yang teramati, terukur, dan terhitung pada penelitian tahun ke-3 (perolehan 3 variasi varietas mutan terseleksi bakal unggul hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir).

No	**Deskripsi**	**Sampel**	**Sampel Perlakuan (Treatment) atau Mutan**		
Urt		**Kontrol**	**VM-1**	**VM-2**	**VM-3**
1	Rerata waktu tumbuh	7 hst	4 hst	4 hst	5 hst
2	Rerata persentase tumbuh	82,00 %	98,04 %	98,04%	98,04%
3	Kisaran umur berbunga	45 s/d 51 hst	37 s/d 44 hst	37 s/d 45	38 s/d 45
4	Rerata umur berebunga	47 hst	40 hst	42 hst	41 hst
7	Warna daun	Hijau kusam	Hijau terang	Hijau kuning	Hijau kuning
8	Warna bunga	Kekuningan	Kuning	Kuning	Kuning
9	Kisaran tinggi tanaman	28 cm s/d 56 cm	43 cm s/d 81 cm	47 cm s/d 89 cm	38 cm s/d 76 cm
10	Rerata tinggi tanaman	43 cm	64 cm	67 cm	58 cm
11	Interval umur panen (hst)	85 hst s/d 92 hst	58 hst s/d 61 hst.	58 hst s/d 62 hst	58 hst s/d 64 hast
12	Rerata umur panen	87 hst	59 hst	60 hst	62 hst
13	Kisaran jumlah polong per pohon	24 polong s/d 57 polong per pohon	63 polong s/d 119 polong per pohon	60 polong s/d 112 polong per pohon	59 polong s/d 109 polong per pohon
14	Rerata jumlah polong per pohon	45 polong per pohon	88 polong per pohon	86 polong per pohon	85 polong per pohon
15	Kisaran jumlah biji per polong	4 s/d 7 biji per polong	5 s/d 12 biji per polong	5 s/d 11 biji per polong	5 s/d 11 biji per polong

16	Rerata jumlah biji per polong	5 biji per polong	10 biji per polong	8 biji per polong	7 biji per polong
17	Warna kulit polong kering	Coklat hitam	Hitam		
18	Warna biji	Hujau kusam	Hijau kusam sampai hijau kecoklatan	Hijau kekuningan	Hijau kecoklatan
19	Kisaran massa per 1000 biji (gram)	24,8 s/d 36,2	36,1 s/d 45,6	35,8 s/d 44,8	35,6 s/d 44,1
20	Rerata massa per 1000 biji (gram)	29,8	39,7	39,2	38,76
21	Adaptasi terhadap lahan kurang air (kering), kapur dan garam tinggi.	kurang	Adaptif	Adaptif	Adaptif
22	Adaptasi terhadap hama dan penyakit	kurang	Adaftif terutama karat , bintik, dan kumbang daun	Adaftif terutama karat, bintik	Adaftif terutama karat, bintik
23	Kandungan air (%)	14 s/d 23	9 ,0s/d 13,0	9 s/d 15	9 s/d 14
24	Rerata Kandungan air (%)	17,4	11,0	11,5	11,2
25	Kisaran produksi (ton/ha)	1,60 s/d 2,00) on/ha	(2,80 - 3,80) ton/ha	(2,81-3,82) ton/ha	(2,76-3,79) ton/ha
26	Rerata produksi (ton/ha)	1,78 ton/ha	3,40 ton/ha	3,39 ton/ha	3,37 ton/ha
27	Persentase pertambahan produksi	-	47,65%	47,49%	47,18%
28	Potensi produksi maks. (ton/ha)	2,0 ton/ha	3,80 ton/ha	3,82 ton/ha	3,79 ton/ha
29	Rerata produksi jagung putih pulut manis yang ditumpangsarikan dengan kacang hijau: 5 ton/ha panen muda				

hst = hari setelah tanam

Tabel 3 Tingkat produksi di 4 provinsi lokasi penanaman pada sampel control dan sampel perlakuan (treatment = mutan terseleksi) pada pemurnian akhir

No	**Lokasi**	**Sampel Kontrol**	**Varietas Mutan Terseleksi (ton/ha)**		
	Penanaman	**(ton/ha)**	**VM1**	**VM2**	**VM3**
1	Kupang NTT	2,00	3,60	3,56	3,54
2	Tojara Sulawesi Selatan	1,80	3,80	3,82	3,79
3	Mamuju Sulawesi Barat	1,60	3,40	3,36	3,38
4	Palu Sulawesi Tengah	1,70	2,80	2,81	2,76
	Rerata Produksi	**1,78**	**3,40**	**3,39**	**3,37**
	Rerata produksi varietas mutan	**-**		**3,39**	
	Persentase Pertamabahan Produksi (%)	**-**	**47,65%**	**47,49%**	**47,18%**
	Rerata pertambahan produksi			**47,44%**	

Deskripsi Singkat Hasil yang sudah Dicapai

Hasil penelitian pada pemurnian akhir di 4 provinsi memperlihatkan bahwa setiap varietas mutan terseleksi mempunyai keragaman yang relatif sama dengan rerata produksi 3,40 ton/ha untuk varietas mutan-1(VM1) dan persentase pertamabahn produksi 47,65% ., varietas mutan-2 (VM2): 3,39 ton/ha dan persentase pertamabahn produksi 47,49%., Varietas mutan-3: 3,37 ton/ha dan persentase pertambahan produksi 47,18%. Rerata total produksi varietas mutan hasil pemurnian akhir 3,39 ton/ha dengan rerata total persentase pertambahan produksi 47,44%. Rerata produksi varitas induk 1,78 ton/ha di 4 provinsi.

Hal itu membuktikan bahwa produksi kacang hijau lokal yang dikembangankan dengan teknik nuklir (irradiasi multigamma) meningkat secara signifikan. Kandungan air biji yang dijadikan benih pada hasil pemurnian akhir 11,0% untuk varietas mutan-1., 11,5% untuk varietas mutan-2., dan 11,2% untuk varietas mutan-3.

Perhitungan Statistik

Persentase pertumbuhan biji pada sampel kontrol dan perlakuan (mutan) dapat dihitung

berdasarkan persamaan (1) dan data dalam Tabel 1, sebagai beikut.

Jumlah biji yang diamati yang terpilih sacara acak adalah 100 biji, rerata biji yang tidak tumbuh pada sampel kontrol adalah 18,2 biji. Rerata benih yang tidak tumbuh pada varietas mutan-1, mutan-2, dan mutan-3 adalah 1,96 biji.

Persentase pertumbuhan pada sampel control:

$$PG = \left(\frac{T_{AS} - A_{SG}}{T_{AS}} \right) \times 100\ \% = \left(\frac{100 - 18,0}{100} \right) \times 100\ \% = 82,0\ \% \cdot$$

Persentase pertumbuhan pada sampel perlakukan (*treatment* atau benih yang diirradiasi dengan sumber multigamma) adalah:

$$PG = \left(\frac{T_{AS} - A_{SG}}{T_{AS}} \right) \times 100\ \% = \left(\frac{100 - 1,96}{100} \right) \times 100\ \% = 98,04\ \% \cdot$$

Rerata produksi pada sampel kontrol (varietas induk) di emapt provinsi lokasi penanaman:

$$A_{RPSC\ (t)} = \frac{P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_{L4}}{4} = \frac{2,00 + 1,80 + 1,60 + 1,70}{4} = 1,78\ ton\ /\ ha$$

Rerata produksi sampel perlakukan pada masing-masing varietas mutan terseleksi:

Varietas Mutan 1 (VM1):

$$A_{RPSP\ (1)} = \frac{P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_{L4}}{4} = \frac{3,60 + 3,80 + 3,40 + 2,80}{4} = 3,40\ ton\ /\ ha$$

Varietas Mutan 2 (VM2):

$$A_{RPSP\,(2)} = \frac{P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_{L4}}{4} = \frac{3,56 + 3,82 + 3,36 + 2,81}{4} = 3,39\ ton\ /\ ha$$

Varietas Mutan 3 (VM3):

$$A_{RPSP\,(3)} = \frac{P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_{L4}}{4} = \frac{3,54 + 3,79 + 3,38 + 2,76}{4} = 3,37\ ton\ /\ ha$$

Rerata total produksi pada varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir adalah:

$$A_{RPSP\,(t)} = \frac{A_{PTS\,(1)} + A_{PTS\,(2)} + A_{PTS\,(3)}}{3} = \frac{3,40 + 3,39 + 3,37}{3} = 3,39\ ton\ /\ ha$$

Persentase pertambahan produksi pada masing-masing varietas mutan terseleksi:

Varietas Mutan 1 (VM1):

$$I_{PPPVM\ (1)} = \left(\frac{A_{RPSP\,(1)} - A_{RPSC\,(t)}}{A_{RPSP\,(1)}} \right) \times 100\,\% = \frac{3,40 - 1,78}{3,40} \times 100\,\% = 47,65\,\%$$

Varietas Mutan 2 (VM2):

$$I_{PPPVM\ (2)} = \left(\frac{A_{RPSP\,(2)} - A_{RPSC\,(2)}}{A_{RPSP\,(2)}} \right) \times 100\,\% = \frac{3,39 - 1,78}{3,39} \times 100\,\% = 47,49\,\%$$

Varietas Mutan 3 (VM3):

$$I_{PPPVM\ (3)} = \left(\frac{A_{RPSP\,(3)} - A_{RPSC\,(3)}}{A_{RPSP\,(3)}} \right) \times 100\,\% = \frac{3,37 - 1,78}{3,37} \times 100\,\% = 47,18\,\%$$

Persentase pertambahan produksi rata-rata total varietas mutan terseleksi:

$$I_{PPPRTVM} = \left(\frac{I_{PPPVM\,(1)} + I_{PPPVM\,(2)} + I_{PPPVM\,(3)}}{3} \right) = \frac{47,65\% + 47,49\% + 47,18\%}{3} = 47,44\%$$

4. PEMBAHASAN

Waktu Tumbuh, Persentase Tumbuh, Umur Berbunga, Iklim ekstrim (terperatur), kondisi lahan kurang air (kekeringan), dan umur berbuah

Hasil-hasil pengamatan, pengukuran, dan perhitungan pada varietas induk dan varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir menunjukkan bahwa waktu tumbuh varietas induk adalah 7 hari setelah tanam, sedangkan rerata waktu tumbuh varietas mutan terseleksi adalah 4 hari setelah tanam.

Rerata persentase tumbuh varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir adalah 98,04 %, sedangkan persentase tumbuh varietas induk 82,00%. Rerata umur berbunga varietas mutan terseleksi 41 hari setelah tanam dan rerata

umur berbunga varietas induk 47 hari setelah tanam. Hal itu menunjukkan bahwa varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada pemurnuian akhir memiliki persentase tumbuh yang lebih tinggi dan lebih cepat berbunga dibandingkan dengan varietas induknya.
Gambar 3 s/d Gambar 5 menunjukkan pertumbuhan kacang hijau varietas mutan (mutan-1, mutan-2, dan mutan-3) terseleksi pada pemurnian akhir pada umur 45 hari setelah tanam dengan daun terlihat tumbuh subur dan mulus. Hal itu menandakan bahwa kacang hijau hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir dapat beradaptasi terhadap lahan kurang air (ditanam pada musim kemarau), beradaptasi dengan cuaca ekstrim, toleran terhadap hama dan penyakit, dan mempunyai probabilitas peroduksi tinggi.

Jika Gambar 6 s/d Gambar 8 diamati dengan teliti, maka terlihat bahwa kacang hijau varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir mempunyai buah yang relatif cukup banyak dibandingkan dengan varietas induk (lihat Gambar 14). Dengan kata lain, produksi kacang hijau hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir jauh lebih tinggi dibandingkan produksi induk.

Adaptasi Terhadap Iklim Ekstrim

Pengembangan lanjutan kacang hijau lokal varietas mutan hasil irradiasi multigamma pada pemurnian pertama dan kedua dilakukan pada musim hujan dan pemurnian akhir dilakukan pada musim kemarau. Pada kedua kondisi iklim yang berbeda, pertumbuhan ketiga varietas yang dimurnikan relatif sama sampai panen. Yang berbeda adalah pada musim hujan tdk perlu dilakukan penyiraman tanaman, dan menyiapkan *drainage* yang baik untuk pembuangan air yg berlebihan. Pada musim kemarau diperlukan beberapa kali penyiraman sesuai keperluan. Pada musim kemarau, penyemprotan insektisida tdk perlu sering dilakukan, sedangkan pada musim hujan, sering kali dilakukan penyemprotan sesuai kondisi tanaman yang terserang hama-penyakit. Kondisi seperti itu masih dapat dikatakan bahwa varietas mutan hasil irradiasi multigamma dapat beradaptasi dengan kondisi cuaca yang ekstrim. Varietas induk sulit tumbuh pada musim kemarau.

Kisaran dan Rerata Tinggi Tanaman, Kisaran dan Rerata Umur Panen Kacang Hijau

Kisaran tinggi tanaman varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir adalah 43 cm s/d 81 cm (VM-1), 47 cm s/d 89 cm (VM-2), 38 cm s/d 76 cm (VM-3) dengan rerata tinggi masing-masing 64 cm (VM-1), 67 cm (VM-2) dan 58 cm (VM-3). Kisaran tinggi tanaman varietas induk 28 cm s/d 56 cm dengan rerata tinggi 43 cm. Data tersebut menunjukkan bahwa varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multi-gamma pada pemurnian akhir mempnyai tinggi bervariasi yang sebagian besar berbeda dengan tinggi induknya.

Kisaran umur panen varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir adalah 58 hst s/d 61 hst (VM-1), 58 hst s/d 62 hast (VM-2), 58 hst s/d 64 hst (VM-3), sedangkan kisaran umur panen varietas induk 85 hst s/d 92 hst. Rerata umur panen varietas induk 87 hst, sedangkan varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada pemurnian pertama dan kedua adalah 59 hst (VM-1), 60 hst (VM-3), dan 62 hst (VM-3).

Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa kacang hijau varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir memiliki umur panen lebih singkat dibandingkan dengan varietas induk.

Ketahanan Terhadap Hama-Penyakit dan Keragaman Varietas Perlakuan

Gambar 3 s/d Gambar 5 dan Gambar 6 s/d Gambar 11 memperlihatkan secara jelas pertumbuhan dan buah kacang hijau varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir dengan daun dan buah mulus, tumbuh subur, cepat berbunga, dan bunga relatif cukup banyak tidak memperlihatkan gejala terserang hama dan penyakit. Pada varietas mutan terseleksi terlihat pula bentuk dan warna daun, tinggi tanaman, kesuburan tanaman, warna dan bentuk bunga, tangkai dan bentuk buah, posisi tumbuhnya buah, relatif seragam untuk setiap varietas. Pertumbuhan buah muda kelihatan bergerombol. Data tersebut menunjukkan bahwa kacang hijau varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir tahan terhadap hama dan penyakit, telah memiliki keragaman yang relatif sama pada setiap varietas mutan terseleksi, dan mempunyai potensi produksi tinggi (ditunjukkan oleh pembungaan dan terbentuknya buah yang relatif banyak) dibandingkan dengan varietas induk (perhatikan variats induk Gambar 14).

Keunggulan Khusus Varietas mutan terseleksi dengan berbunga dan berbuah dua kali

Gambar 12 dan Gambar 13, memperlihatkan dua contoh tanaman kacang hijau varietas mutan hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir berbunga dan berbuah dua kali. Pada Gambar 11, terlihat dengan jelas bahwa

pada saat buah pertama sudah matang dan siap panen, langsung tumbuh bunga baru sebagai bakal buah kedua yang relatif cukup banyak. Setelah buah pertama seselasi dipanen, bunga dan buah tumbuh dengan sangat baik dan rerata umur panen kedua relatif sangat singkat (15 hari terhitung dari tumbuhnya bunga kedua), sehingga rerata total umur panen kedua 75 hari setelah tanam. Kondisi tersebut membuktikan bahwa varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multi gamma mempunyai keunggulan khusus dengan berbuah dua kali dan umur panen relatif singkat.

Kisaran dan Rerata Jumlah Polong, Kisaran dan Rerata Jumlah Biji, Kisaran dan Massa per 1000 Biji

Jumlah polong per pohon pada kacang hijau varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multiugamma pada pemurnian akhir berkisar antara (63 s/d 119) polong per pohon (VM-1), (60 s/d 112) polong per pohon (VM-2), (59 s/d 109) polong per pohon (VM-3), dan (24 s/d 57) polong per pohon untuk varietas induk. Rerata jumlah polong per pohon pada masing-masing varietas adalah 88 (VM-1), 86 (VM-2), 85 (VM-3), dan 45 untuk Varietas induk.

Kisaran dan rerata jumlah biji per polong varietas mutan terseleksi dan varietas induk pada pemurnian akhir berturut-turut adalah: 5 s/d 12 (VM-1), 5 s/d 11 (VM-2), 5 s/d 11 (VM-3), dan 4 s/d 7 untuk varietas induk. Kisaran dan rerata massa per 1000 biji varietas mutan teseleksi dan varietas induk pada pemurnian akhir berturut-turut adalah (36,1 s/d 45,6) gram (VM-1), (35,8 s/d 44,8) gram (VM-2), (35,6 s/d 44,1) gram (VM-3), dan (24,8 s/d 36,2) gram (Varietas induk) dengan rerata massa: 39,7 gram (VM-1), 39,2 gram (VM-2), 38,76 gram (VM-3) dan 29,8 gram (varietas induk).

Jadi dapat dikemukakan bahwa rerata massa per 1000 biji pada varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir lebih tinggi dibandungkan dengan varietas induk (Varietas mutan mengalami peningkatan produksi secara signifikan).

Kisaran dan Rerata Produksi, Presentase Pertamabahan Produksi, dan Kandungan Air

Produksi kacang hijau varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada tahap pemurnian akhir berkisar antara (2,80 s/d 3,80) ton/ha (VM-1), (2,81 s/d 3,82) ton/ha (VM-2), dan (2,76 s/d 3,79) ton/ha, serta varietas induk (1,60 s.d 2,00) ton/ha. Rerata produksi masing-masing varietas berturut-turut 3,40 ton/ha (VM-1), 3,39 ton/ha (VM-2), 3,37 ton/ha (VM-3), dan 1,78 ton/ha (varietas induk). Rerata total produksi varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir di 4 provinsi 3,39 ton/ha. Persentase pertambahan produksi masing-masing varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir di 4 provinsi 47,65% (VM-1), 47,49% (VM-2), dan 47,18% (VM-3) dengan rerata total persentase pertambahan produksi varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir di 4 provinsi adalah 47,44%.

Kisaran dan rerata kandungan air masing-masing varietas bertuurut-turut adalah (9,0 % s/d 13,0 % (VM-1), 9,0 % s/d 15 % (VM-2), 9,0 % s/d 14 % (VM-3) dan 14,0% s/d 23 % (varietas induk), dengan rerata kandungan air: 11,0 % (VM-1), 11,5 % (VM-2), 11,2 % (VM-3), dan 17,4 % (Varietas
induk), rerata total kandungan air varitas mutan terseleksi pada pemurnian akhir di 4 provinsi 11,23 %.

Hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa produksi varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir di 4 provinsi meningkat secara signifikan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan bahasan di atas, dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1) Pengembangan lanjutan kacang hijau varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir di 4 provinsi menghasilkan 3 variasi varietas mutan terseleksi lebih unggul dengan sejumlah karakterisitk bakal unggul dibandingkan dengan varietas induknya. Kisaran produksi kacang hijau varietas mutan terseleksi hasil irradiasi multigamma pada pemurnian akhir di 4 provinsi: (2,80 s/d 3,80) ton/ha (VM-1), (2,81 s/d 3,82) ton/ha (VM-2), dan (2,76 s/d 3,79) ton/ha. Potensi produksi maksimum 3,80 ton/ha (VM-1), 3,82 ton/ha (VM-2), dan 3,79 ton/ha (VM-3). Rerata produksi masing-masing varietas berturut-turut 3,40 ton/ha (VM-1), 3,39 ton/ha (VM-2), dan 3,37 ton/ha (VM-3). Rerata total produksi 3,39 ton/ha, Persentase pertamabahn produksi masing-masing varietas mutan terseleksi pada pemurnian akhir di 4 provinsi 47,65% (VM-1), 47,49% (VM-2), dan 47,18% (VM-3) dengan rerata total persentase pertambahan produksi untuk ketiga varietas lebih unggul adalah 47,44%.
2) Pada pemurnian akhir diperoleh keunggulan khusus varietas mutan terseleksi yakni dua varietas dapat berbuah dua kali dengan umur panen relatif singkat.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, (2014). *Indonesia dalam Angka, Badan Pusat Statistik Indonesia*.
Atman, (2007). *Budidaya Kacang Hijau*.
BALITKABI, (2015). *Teknik Budidaya Kacang Hijau*, BPTKU Malang.

BPS, (2003). *Produksi Kacang Hijau di Indonesia.*
Evita, (2007). "Pengaruh Beberapa Dosis Kompos Sampah Kota Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau", Jurnal Agronomi, Vol. 13, No. 2.
Fitrina, (2005). *Pengaruh Kerapatan Awal Umbi Teki dan Dosis Pupuk K Terahadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau*, Artikel IBBKP, Padang.
Mustakim. M, (2012). *Budidaya Kacang Hijau secara Intensif. Pustaka Baru Press*, Yogyakarta.
Pasangka, B. (2017).*Kultivasi Tanaman Kedelai Hasil Rekayasa Genetik dengan Teknik Nuklir (Radiasi Multigamma*), Penetbit UNDANA Press dan Nusa Indah.
Pasangka, B. (2019).*Cultivation of Vigna Radiata L as a Result of Genetic Mutation with Nuclear Technique (Multigamma Irradiation),* Publishing, UNDANA Press and Nusa Indah.
Pasangka, B dan Refli. (2018). *Aplikasi Irradiasi Multigamma (Nuklir) untuk Rakayasa Genetik (Breeding) Kacang Hijau Lokal yang Toleran Terhadap Cekaman Kekeringan, Hama Penyakit, dan Produksi Tinggi (thn ke-1).*
Purwono dan Hartono. R, (2005). *Kacang Hijau*, Penebar Swadaya, Jakarta.
Ramadhan. A, (2015). *Cara Budidaya Kacang Hijau agar Panen Melimpah.*
Rukmana. R, (1997).*Budidaya Kacang Hijau dan Pemgolahan Pasca Panen*, Kanisisus Yogyakarta.
Sumarji, (2013).*Teknik Budidaya Tanaman Kacang Hijau*, Universitas Islam kediri.
Supeno. A dan Sujudi, (2002). "Teknik Pengujian Adaptasi Jalur Harapan Kacang Hijau di Lahan Sawah". Bulletin teknik Pertanian Vol. 9, Nomor 1.
Suprapto. H, (1993). *Bertanam Kacang Hijau*, Swadaya Jakarta.
Yulia. E, Fatimah, dan Ediwirman, (2016).*Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau pada Beberapa Konsentrasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit.*