

**UJI DAYA HASIL BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)
POLONG KUNING GENERASI F₆
PADA DATARAN TINGGI**

Oleh:

INTAN ERIKA JULIANTI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2016

**UJI DAYA HASIL BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)
POLONG KUNING GENERASI F₆
PADA DATARAN TINGGI**

Oleh:

**INTAN ERIKA JULIANTI
125040200111144**

**MINAT BUDIDAYA PERTANIAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

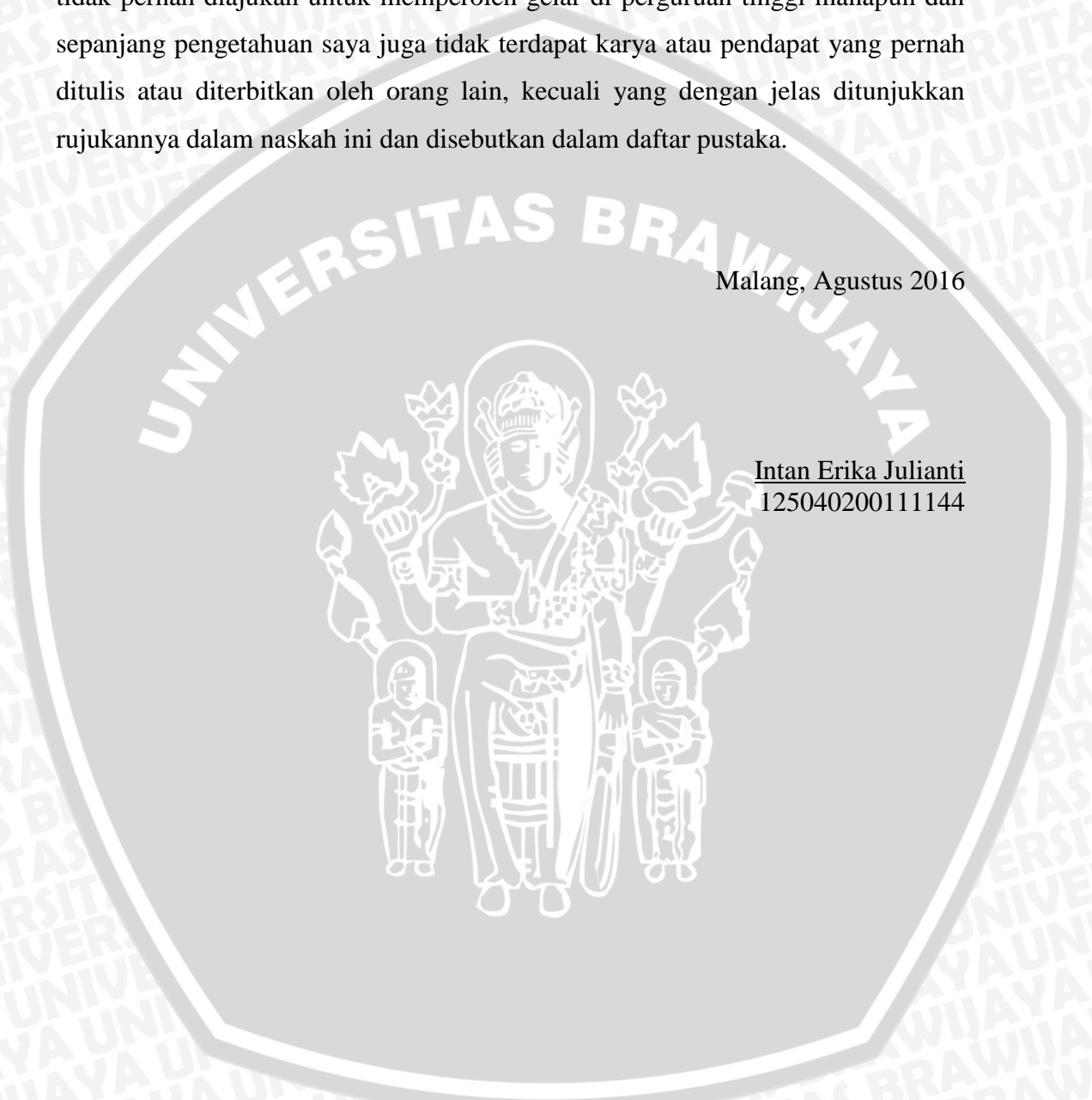
2016

PERNYATAAN

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

Malang, Agustus 2016

Intan Erika Julianti
125040200111144



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : **Uji Daya Hasil Buncis (*Phaseolus Vulgaris* L.)
Polong Kuning Generasi F₆ Pada Dataran Tinggi**
Nama : **Intan Erika Julianti**
NIM : 125040200111144
Minat : Budidaya Pertanian
Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui,

Pembimbing Utama,

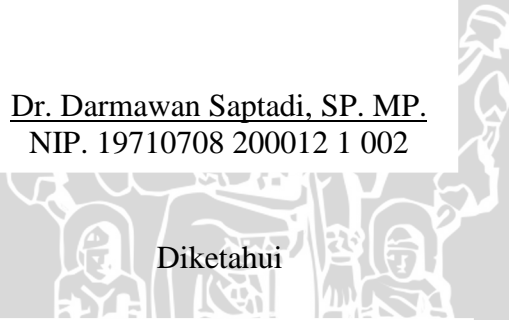
Dr. Darmawan Saptadi, SP. MP.
NIP. 19710708 200012 1 002

Diketahui

Ketua Jurusan Budidaya Pertanian,

Dr. Ir. Nurul Aini, MS.
NIP. 19601012 198601 2 001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Dr. Noer Rahmi Ardiarini, SP., M.Si.
NIP. 19701118 199702 2 001

Penguji II

Dr. Ir. Andy Soegianto, CESA.
NIP. 19560219 198203 1 002

Penguji III

Dr. Darmawan Saptadi, SP., MP.
NIP. 19710708 200012 1 002

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Skripsi ini kupersembahkan untuk

Ayah tercinta

RINGKASAN

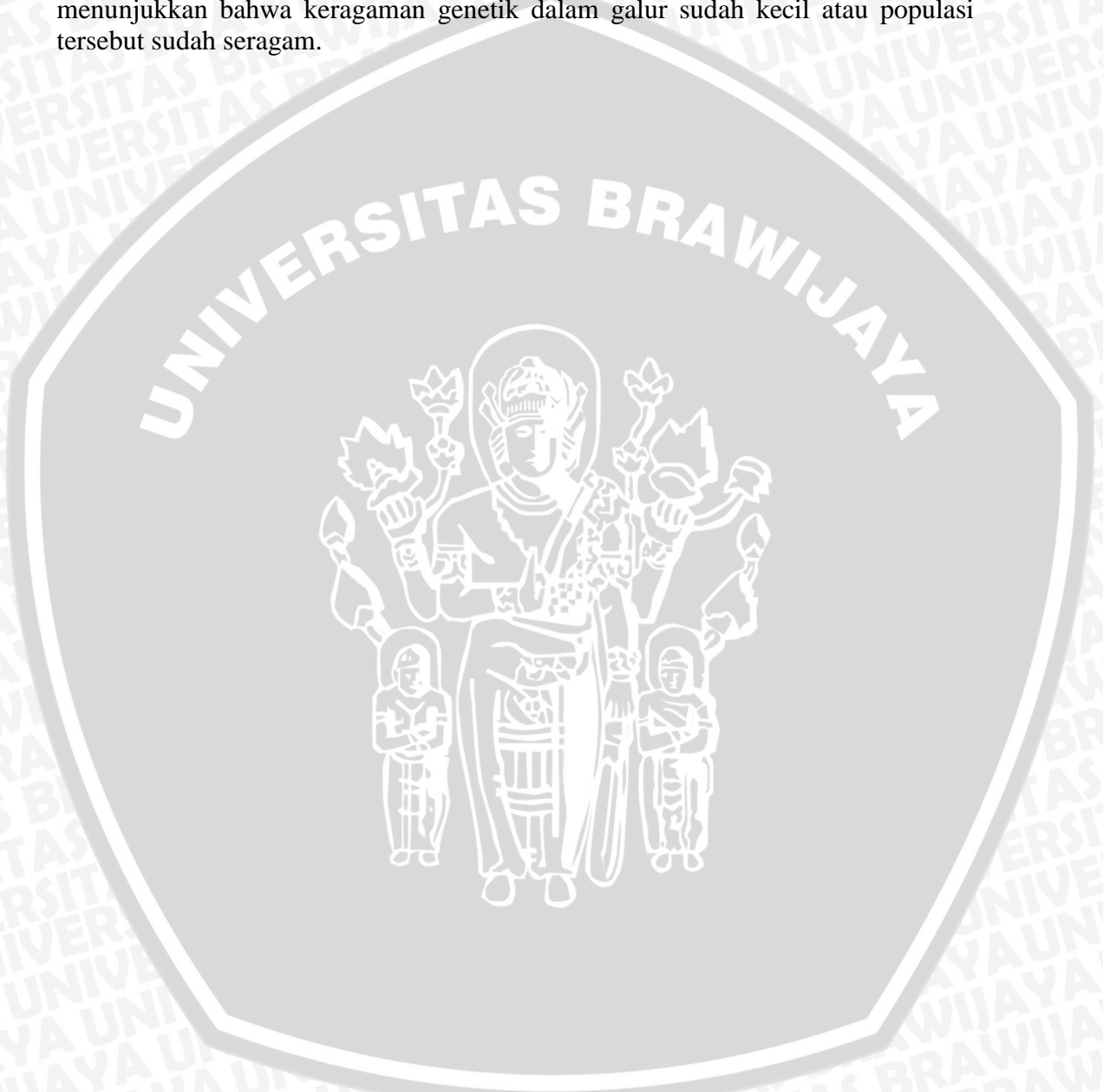
INTAN ERIKA JULIANTI. 125040200111144. Uji Daya Hasil Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Polong Kuning Generasi F₆ Pada Dataran Tinggi. Di bawah bimbingan Dr. Darmawan Saptadi, SP. MP.

Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) ialah sayuran buah yang termasuk dalam famili Leguminosae. Kacang buncis tergolong dalam sayuran dengan sumber protein cukup tinggi dan murah sehingga masyarakat Indonesia dari semua golongan dapat mengkonsumsinya. Kebutuhan dan permintaan buncis diperkirakan akan terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Perbaikan daya hasil melalui program pemuliaan tanaman telah banyak dilakukan. Persilangan varietas introduksi Cherokee Sun yang berpolong kuning dan varietas lokal Surakarta (Mantili, Gilik Ijo, dan Gogo Kuning) yang berdaya hasil tinggi digunakan untuk pembentukan populasi dasar buncis polong kuning. Saat ini, seleksi terhadap turunan dari hasil persilangan ini telah mencapai generasi F₅. Seleksi generasi F₅ menghasilkan tiga galur buncis terpilih sehingga pengujian daya hasil dapat dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya hasil beberapa galur buncis berpolong kuning generasi F₆ yang ditanam pada dataran tinggi. Hipotesis dari penelitian ini adalah terdapat satu atau lebih galur buncis berpolong kuning generasi F₆ yang memiliki daya hasil lebih tinggi daripada varietas pembanding.

Penelitian dilaksanakan di Desa Patok, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang dengan ketinggian tempat ± 1.100 m dpl pada bulan Januari – Mei 2016. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat pertanian dalam bercocok tanam, meteran, ajir bambu, mulsa plastik hitam perak (MPHP), timbangan analitik, papan label, jangka sorong, kamera, dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah pupuk kandang atau kompos, pupuk urea, pupuk SP-36, pupuk KCl, dan pestisida. Bahan tanam yang digunakan adalah tiga galur buncis berpolong kuning generasi F₆ (CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-0-24, dan CSxGI 63-33-31), tiga tetua dari galur buncis generasi F₆ (Cherokee sun, Gilikijo, Gogo kuning), dan satu varietas pembanding (Lebat 3). Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak kelompok (RAK) satu faktor dengan 7 perlakuan yang diulang sebanyak empat kali sehingga terdapat 28 satuan percobaan. Pengamatan yang dilakukan adalah karakter kuantitatif yaitu umur awal berbunga (hst), umur awal panen (hst), jumlah klaster per tanaman, jumlah polong per klaster, jumlah polong per tanaman, panjang polong (cm), diameter polong (cm), jumlah biji per polong, bobot per polong (g), bobot polong per tanaman (g). Pengamatan karakter kualitatif yaitu tipe pertumbuhan warna standart bunga, warna dasar polong, warna utama biji, dan derajat kelengkungan polong. Data kualitatif dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif. Data kuantitatif dianalisis dengan analisis ragam F pada taraf 5%, heritabilitas (h^2), dan koefisien keragaman genetik (KKG). Apabila hasil dari analisis ragam F berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji BNT 5%.

Analisis ragam menunjukkan bahwa galur buncis berpengaruh nyata pada semua karakter pengamatan. Galur CSxGI 63-33-31 memiliki rerata berat total polong per tanaman yang lebih tinggi dibandingkan varietas Lebat 3 yaitu sebesar 786,98 gram. Galur CSxGK 50-0-24 dan CSxGI 63-33-31 menunjukkan

keseragaman pada karakter kualitatif yaitu tipe pertumbuhan, warna dasar polong, warna standart bunga, dan warna utama biji. Keragaman karakter kualitatif masih terlihat pada galur CSxGI 63-0-24 terutama pada karakter warna dasar polong, warna standart bunga, dan warna utama biji. Heritabilitas arti luas dalam galur buncis generasi F_6 menunjukkan nilai rendah pada hampir semua karakter pengamatan. Koefisien keragaman genetik ketiga galur buncis generasi F_6 menunjukkan nilai rendah pada semua karakter pengamatan. Hal tersebut menunjukkan bahwa keragaman genetik dalam galur sudah kecil atau populasi tersebut sudah seragam.



SUMMARY

INTAN ERIKA JULIANTI. 125040200111144. Yield Potential Trial of F₆ Generation Yellow Pod Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Highland. Supervised by Dr. Darmawan Saptadi, SP. MP.

Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) was a fruit vegetable that belongs to the family Leguminosae. Common beans known as vegetable with high source of protein and had a low price so Indonesian people from all classes can consume. The need and demand for common common beans were expected to increase in line with population growth. Improvement of yield through plant breeding programs have been carried out. Hibridization between introduced varieties Cherokee Sun with yellow pod color and local varieties of Surakarta (Mantili, Gilik Ijo, and Gogo Kuning) with high yield character were used for forming the base population of yellow pod common beans. The result of the crossing was expected to have better quality than the parents. Currently, the selection of those crossing had reach F₅ generations. Selection of F₅ generation produces three common beans lines selected so the test of yield can be done. The aim of this study was to know the potential yield of F₆ generation yellow pod common beans grown in the highlands. The hypothesis of this study was there are one or more F₆ generation yellow pod common beans lines that has higher yield than the comparator varieties.

Research was conducted in the Patok village, Pujon, Malang with altitude 1.100 m asl from January to May 2016. The tools used in this study include the cultivation of agricultural equipment, meter, bamboo stakes, mulch, analytical scale, board labels, calipers, camera, and stationery, Materials used in the research was manure or compost, urea, SP-36, KCl, pesticides. Planting materials used were three lines F₆ generation yellow pod common beans (CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-0-24, and CSxGI 63-33-31), three parental (Cherokee sun, Gogo kuning, and Gilik ijo), and one comparator varieties (Lebat 3). The research method used in this study was a randomized block design (RBD) with 7 treatment was repeated four times so there were 28 units of the experiment. The quantitative observations characters was day of flowering (DAP), day of harvest (DAP), number of cluster per plant, number of pods per cluster, number of pods per plant, pod length (cm), pods diameter (cm), number of seeds per pod, weight per pod (g), weight of pods per plant (g). The qualitative observations character was growth type, standard color of flowers, pods basic color, the main color of the seeds, and the curve of the pod. Qualitative data were analyzed using descriptive analysis. Quantitative data were analyzed by analysis of variance F at 5% level, heritability (h^2), Genotypic coefficient of Variation (GCV), and Phenotypic coefficient of Variation (PCV). If the results of analysis variance F significantly different then followed by LSD test at 5% level.

Analysis of variance showed that the lines of common beans significantly different on all quantitative characters. The mean of total weight of pods per plant on CSxGI 63-33-31 lines which was 786.98 grams were higher than comparator varieties. CSxGK 50-0-24 and CSxGI 63-33-31 show uniformity in the qualitative character which was growth type, standard color of flowers, pods basic color, the main color of the seeds. The variation of qualitative characters still showed on

CSxGI 63-0-24 lines especially on standard color of flowers, pods basic color, the main color of the seeds character. Broad heritability in F6 generation common beans lines showed a low value in almost all the characters observations. The genotypic coefficient of variation in lines of F6 generation showed low values in all of the characters observations. It shows that the genetic variation in the lines was small or the population was already uniform.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, atas berkat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul Uji Daya Hasil Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Polong Kuning Generasi F₆ pada Dataran Tinggi. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pertanian S1 di Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

Bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak sangat berpengaruh selama penulisan skripsi ini, untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Darmawan Saptadi, SP., MP. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing untuk penyelesaian skripsi ini;
2. Keluarga, terutama ibu Liek Herawati dan ayah Pandji Wiradi, kakak dan adik tercinta yang selalu memberikan doa dan dorongan semangat hingga terselesainya skripsi ini;
3. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Budidaya Pertanian Universitas Brawijaya, atas dukungan dan kerjasamanya;
4. Teman-teman Agroekoteknologi FP UB 2012 untuk bantuan dan semangatnya; dan
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah ilmu pengetahuan bagi penulis dan pembaca.

Malang, Agustus 2016

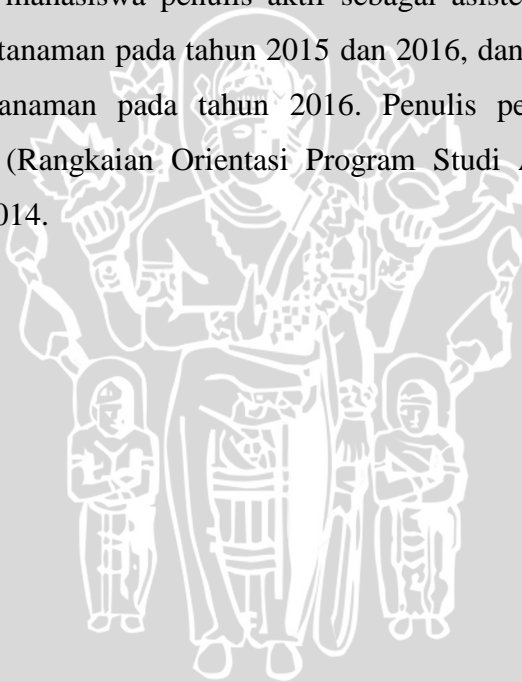
Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 2 Juli 1994 sebagai putri kedua dari lima bersaudara dari Ayah Pandji Wiradi dan Ibu Liek Herawati.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Perak Barat 1 Surabaya pada tahun 2000 sampai tahun 2003 dan di SDN Barata Jaya Surabaya pada tahun 2003 sampai tahun 2006, kemudian penulis melanjutkan ke SMP Negeri 6 Surabaya pada tahun 2006 sampai tahun 2009. Tahun 2009 sampai tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 11 Surabaya. Tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri Brawijaya Malang, Jawa Timur, sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, melalui jalur SMNPTN Tulis.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif sebagai asisten praktikum mata kuliah dasar budidaya tanaman pada tahun 2015 dan 2016, dan asisten praktikum mata kuliah nutrisi tanaman pada tahun 2016. Penulis pernah aktif dalam kepanitiaan RANTAI (Rangkaian Orientasi Program Studi Agroekoteknologi) pada tahun 2013 dan 2014.

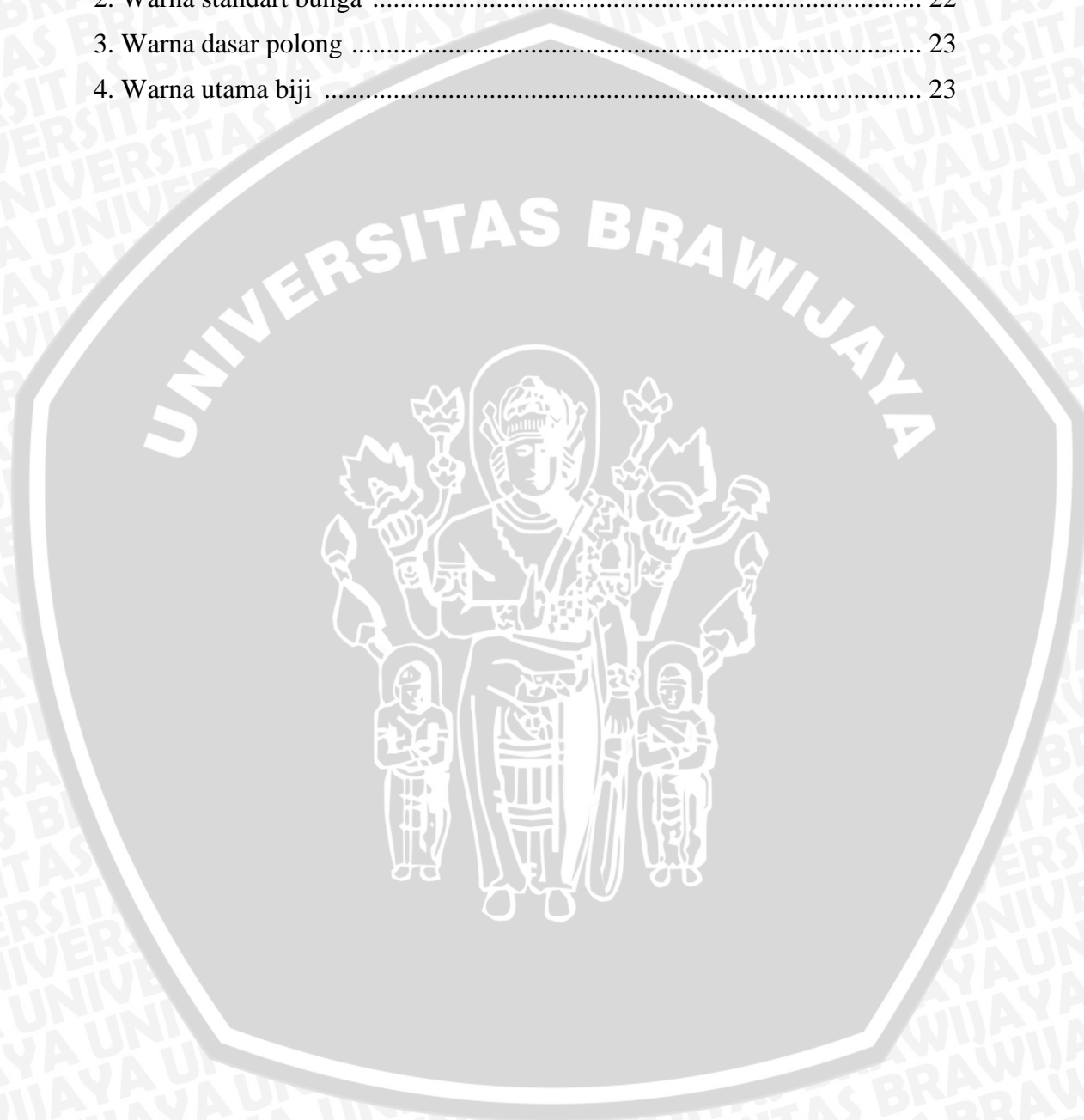


DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| RINGKASAN | i |
| SUMMARY | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| RIWAYAT HIDUP | vi |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | x |
| 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Tujuan..... | 2 |
| 1.3 Hipotesis | 3 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Deskripsi Tanaman Buncis | 4 |
| 2.2 Sejarah Bahan Tanam | 5 |
| 2.3 Uji Daya Hasil | 7 |
| 2.4 Pengaruh Lingkungan Terhadap Daya Hasil Buncis | 8 |
| 3. METODE DAN PELAKSANAAN | 11 |
| 3.1 Tempat dan Waktu | 11 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 11 |
| 3.3 Metode Penelitian..... | 11 |
| 3.4 Pelaksanaan Penelitian | 12 |
| 3.5 Parameter Pengamatan..... | 14 |
| 3.6 Analisa Data | 17 |
| 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 20 |
| 4.1 Hasil | 20 |
| 4.2 Pembahasan | 30 |
| 5. KESIMPULAN DAN SARAN | 38 |
| 5.1 Kesimpulan | 38 |
| 5.2 Saran | 38 |
| DAFTAR PUSTAKA | 39 |
| LAMPIRAN | 43 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Teks | Halaman |
|-------|-----------------------------------|---------|
| 1. | Derajat kelengkungan polong | 15 |
| 2. | Warna standart bunga | 22 |
| 3. | Warna dasar polong | 23 |
| 4. | Warna utama biji | 23 |



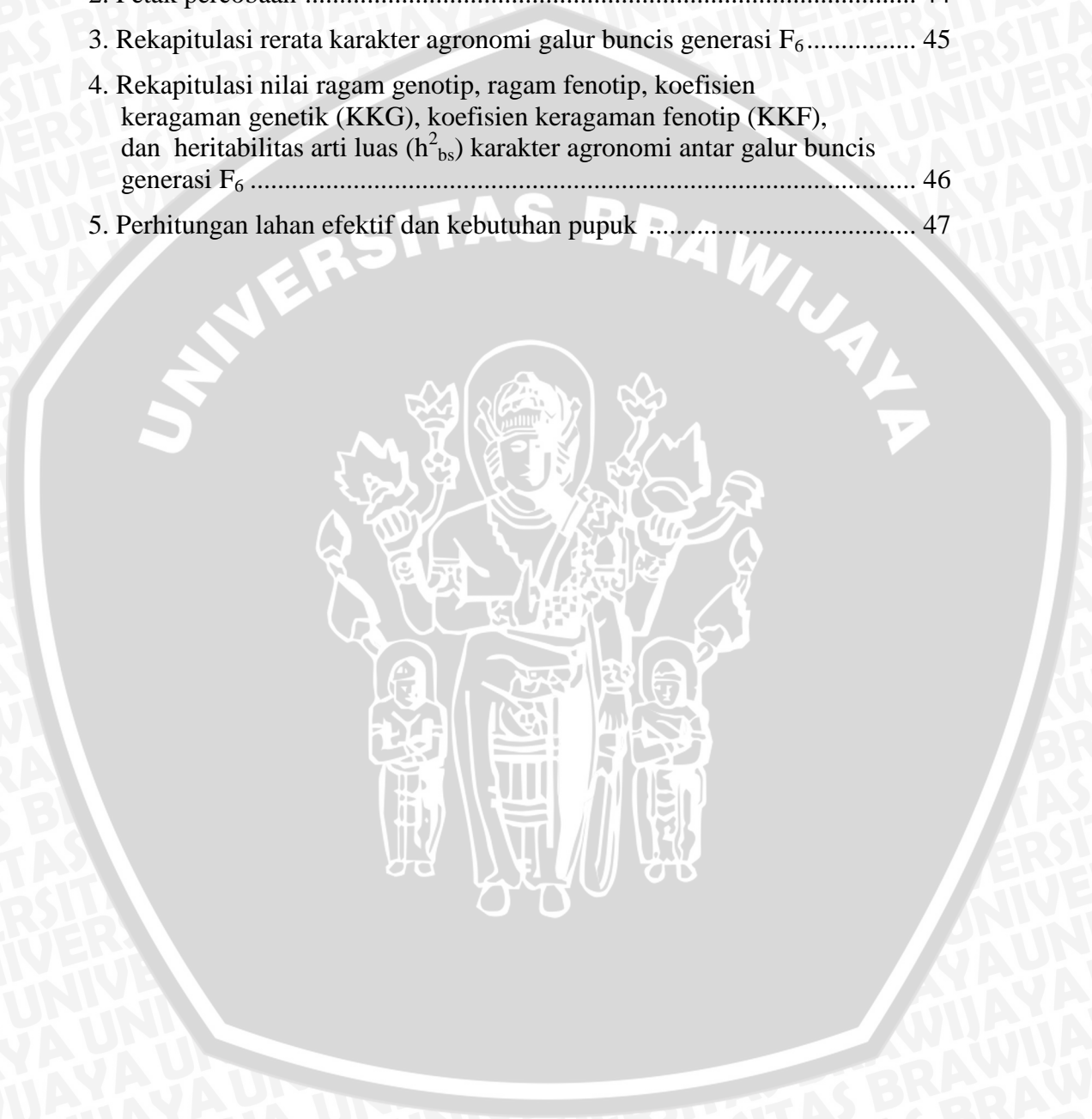
DAFTAR TABEL

| Nomor | Teks | Halaman |
|-------|---|---------|
| 1. | Galur terpilih generasi F ₅ | 7 |
| 2. | Data bahan tanam | 11 |
| 3. | Analisis ragam | 17 |
| 4. | Persentase tumbuh benih buncis | 20 |
| 5. | Karakter kualitatif buncis | 21 |
| 6. | Hasil Genotipe Buncis | 24 |
| 7. | Analisis ragam karakter kuantitatif galur buncis generasi F ₆ | 27 |
| 8. | Nilai koefisien keragaman genetik (KKG), koefisien keragaman Fenotip (KKF), dan heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) karakter agronomi dalam galur buncis generasi F ₆ | 29 |
| 9. | Kriteria seleksi galur buncis generasi F ₆ | 30 |



DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Teks | Halaman |
|-------|--|---------|
| 1. | Denah percobaan | 43 |
| 2. | Petak percobaan | 44 |
| 3. | Rekapitulasi rerata karakter agronomi galur buncis generasi F ₆ | 45 |
| 4. | Rekapitulasi nilai ragam genotip, ragam fenotip, koefisien keragaman genetik (KKG), koefisien keragaman fenotip (KKF), dan heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) karakter agronomi antar galur buncis generasi F ₆ | 46 |
| 5. | Perhitungan lahan efektif dan kebutuhan pupuk | 47 |



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) ialah sayuran buah yang termasuk dalam famili Leguminosae. Tanaman ini bukan tanaman asli Indonesia melainkan berasal dari wilayah selatan Meksiko dan wilayah panas Guatemala (Rubatzky, 1998). Kacang buncis dikenal sebagai sayuran dengan sumber protein cukup tinggi dan memiliki harga yang terjangkau sehingga masyarakat Indonesia dari semua golongan gemar mengkonsumsinya.

Produksi buncis di Indonesia pada tahun 2010 hingga 2014 menurut data Badan Pusat Statistik Republik Indonesia masih mengalami fluktuasi. Produksi buncis pada tahun 2014 adalah 11,11 ton per hektar. Angka tersebut mengalami kenaikan sebesar 2,16% selama dua tahun (Anonymous, 2014). Kebutuhan dan permintaan buncis diperkirakan akan terus mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Suatu upaya diperlukan untuk meningkatkan produksi tanaman buncis. Perbaikan daya hasil melalui program pemuliaan tanaman telah banyak dilakukan. Metode pemuliaan yang umumnya dipergunakan adalah melalui persilangan dan dilanjutkan dengan seleksi.

Perbaikan daya hasil akan lebih baik jika diikuti dengan perbaikan kualitas nutrisi buncis tersebut, karena berbagai persoalan mempengaruhi kesehatan manusia saat ini, salah satunya adalah pembentukan radikal bebas di dalam tubuh. Radikal bebas dijumpai pada lingkungan, yang berasal dari logam (misalnya besi, tembaga), asap rokok, polusi udara, obat, bahan beracun, makanan dalam kemasan, bahan aditif, dan sinar ultraviolet dari matahari maupun radiasi. Tubuh memerlukan antioksidan yang mampu menangkal radikal bebas sehingga tidak mengakibatkan timbulnya kanker (Panjaitan *et al.*, 2008).

Persilangan varietas introduksi Cherokee sun berpolong kuning dan varietas lokal Surakarta (Mantili, Gilik ijo, dan Gogo kuning) berpolong hijau dilakukan dalam pembentukan populasi dasar buncis polong kuning. Warna polong kuning belum dijumpai pada varietas buncis yang ditanam di Indonesia, dan hanya dijumpai pada varietas introduksi (Soegianto dan Purnamaningsih,

2014). Varietas introduksi Cherokee sun dipilih karena memiliki polong berwarna kuning dan terdapat kandungan β -karoten yang lebih tinggi dari varietas buncis polong hijau yang banyak beredar di Indonesia. β -karoten adalah pigmen warna kuning-oranye yang jika dicerna di dalam tubuh akan berubah menjadi vitamin A. Fungsi vitamin A dan β -karoten antara lain berguna bagi kesehatan mata dan kulit, kekebalan tubuh serta reproduksi. Selain itu, zat gizi ini mempunyai manfaat sebagai antioksidan (Oktarisna *et al.*, 2013).

Tujuan pemuliaan pada tanaman buncis varietas introduksi dan lokal adalah untuk mendapatkan varietas baru dengan sifat-sifat keturunan yang lebih baik dari tetuanya, yaitu menggabungkan sifat daya hasil tinggi pada varietas lokal dengan sifat polong kuning dan kandungan β -karoten pada varietas introduksi. Berdasarkan penelitian Arif *et al.* (2014) pada generasi F_3 persilangan, hasil seleksi *pedigree* menunjukkan setidaknya ada 15 individu potensial polong kuning dan berdaya hasil tinggi.

Seleksi terhadap galur dari hasil persilangan telah mencapai generasi F_5 . Seleksi generasi F_5 menghasilkan tiga galur buncis terpilih. Menurut Mangoendidjojo (2003) uji daya hasil pada seleksi *pedigree* dapat dilakukan pada musim tanam tahun keenam, nomer terpilih pada generasi F_6 ditanam pada petak-petak dan ditanam pula varietas pembanding. Pengujian daya hasil diperlukan untuk memperhatikan besarnya interaksi antara genotipe dengan lingkungan sehingga dapat menghindari kehilangan genotip-genotip unggul dalam melaksanakan seleksi (Syukur *et al.*, 2015). Proses pengembangan dan penelitian galur-galur buncis hasil persilangan tersebut selama ini dilakukan di dataran medium (400 – 700 m dpl), tanaman buncis diketahui dapat tumbuh baik apabila ditanam di dataran tinggi, yaitu pada ketinggian 1000 – 1500 m dpl (Anonymous, 2015). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian untuk mengetahui daya hasil galur buncis generasi F_6 pada dataran tinggi.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya hasil beberapa galur buncis berpolong kuning generasi F_6 yang ditanam pada dataran tinggi

1.3 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah terdapat satu atau lebih galur buncis berpolong kuning generasi F_6 yang memiliki daya hasil lebih tinggi daripada varietas pembanding



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Tanaman Buncis

Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) termasuk sayuran polong semusim divisi *Spermatophyta*, sub-divisi *Angiospermae*, kelas *Dicotyledoneae*, kelas *Dicotyledoneae*, ordo *Leguminales*, galur *Leguminocea*, sub-family *Papillionaceae*, genus *Phaseolus* (Cahyono, 2003). Tanaman ini bukan tanaman asli Indonesia melainkan tempat asal primernya adalah Meksiko Selatan dan Amerika Tengah, sedangkan daerah sekunder adalah Peru, Equador, dan Bolivia (Maesen *et al.*, 1992).

Buncis termasuk tanaman sayur yang tidak tahan terhadap hujan selama pertumbuhannya, sehingga jenis sayuran ini biasanya ditanam orang pada akhir musim penghujan yaitu bulan maret dan april (Warsito dan Soedijanto, 1981). Tanah lempung liat yang berdrainase baik, remah, dan bertekstur medium sangat sesuai untuk produksi buncis. Pertumbuhan sangat berkurang bila tanah dipadatkan (Rubatzky, 1998).

Buncis yang dibudidayakan oleh masyarakat di Indonesia memiliki banyak jenis. Tanaman buncis secara garis besar dibagi dalam dua golongan berdasarkan tipe pertumbuhannya, yaitu buncis tipe membelit atau merambat dan buncis tipe tegak atau tidak merambat. Jenis buncis tipe merambat tumbuh secara merambat hingga mencapai ketinggian 2 m dan untuk pertumbuhannya memerlukan lanjaran atau turus bambu. Tanaman buncis tipe tegak tumbuh tidak merambat dan pendek yakni berkisar antara 30 – 50 cm, percabangannya rendah dan sedikit sehingga untuk pertumbuhannya tidak memerlukan turus bambu (Cahyono, 2003).

Perakaran tanaman buncis dapat tumbuh dengan baik bila tanahnya gembur dan mudah menyerap air. Perakaran tanaman buncis tidak tahan terhadap genangan air (tanah becek). Batang tanaman buncis berbengkok-bengkok, berbentuk bulat, berbulu atau berambut halus, berbuku-buku atau beruas-ruas, lunak tetapi cukup kuat (Cahyono, 2003).

Daun berbentuk bulat lonjong, ujung daun meruncing, tepi daun rata, berbulu halus dan memiliki tulang-tulang menyirip. Ukuran daun bervariasi tergantung dari varietasnya. Daun yang berukuran kecil mempunyai lebar 6 – 7,5

cm dan panjang 7,5 – 9 cm, sedangkan yang berukuran besar mempunyai lebar 10 – 11 cm dan panjang 11 – 13 cm (Adiyoga *et al.*, 2004).

Bunga buncis tersusun dalam karangan berbentuk tandan. Tandan bunga duduk di ketiak daun. Kuntum bunga berwarna putih atau putih kekuning-kuningan, bahkan ada juga yang merah atau violet. Karangan bunga keluar tidak serempak pada buncis tipe merambat, sedangkan pada buncis tipe tegak pertumbuhan karangan bunga hampir pada waktu yang bersamaan (serempak) (Rukmana, 2009).

Bunga buncis mekar pada pagi hari sekitar pukul 07.00 – 08.00. Bunga buncis merupakan bunga sempurna, sehingga bersifat menyerbuk sendiri. Proses penyerbukan bunga akan menghasilkan buah yang disebut polong (Amin, 2014). Polong buncis memiliki bentuk, ukuran dan warna yang bervariasi tergantung dari varietasnya. Polong buncis memiliki struktur halus, tekstur renyah, ada yang berserat dan ada yang tidak. Adapun jumlah biji dalam polong bervariasi antara 5 – 14 buah (Adiyoga *et al.*, 2004).

2.2 Sejarah Bahan Tanam

Oktatrisna *et al.* (2013) membentuk populasi dasar buncis berpolong ungu maupun kuning melalui persilangan antara varietas buncis lokal Surakarta yang memiliki rata-rata produksi tinggi (Gilik ijo, Gogo kuning, dan Mantili) dengan buncis introduksi yang memiliki kandungan antosianin tinggi berpolong ungu (Purple queen) dan kandungan β -karoten tinggi berpolong kuning (Cherokee sun). Tetua varietas buncis lokal Surakarta dipilih juga karena karakter polongnya yang lurus dan permukaannya relatif rata. Menurut Permadi dan Djuariah (2000) dalam Oktatrisna *et al.* (2013) pada umumnya, konsumen lebih menyukai bentuk polong yang bulat, permukaan yang relatif rata, dengan panjang polong sekitar 15 - 22 cm, berserat halus dan polongnya lurus. Persilangan tersebut diharapkan akan diperoleh keturunan baru yang memiliki sifat unggul kombinasi tetuanya yaitu buncis berpolong ungu dan kuning dengan daya hasil tinggi melalui serangkaian prosedur pemuliaan dan seleksi yang tepat.

Penelitian pada masa tanam buncis pertama, untuk menghasilkan tanaman buncis berpolong kuning dan berdaya hasil tinggi terdiri dari empat varietas (satu

introduksi dan tiga lokal) dengan 6 kombinasi persilangan termasuk resiprok. Setiap kombinasi perlakuan terdiri dari 30 tanaman. Masa tanam kedua untuk membandingkan F₁ hasil persilangan tanaman buncis dengan tetuanya. Tanaman yang digunakan terdiri dari 6 hasil persilangan, satu introduksi dan tiga lokal. Tiap hasil persilangan terdiri dari 20 tanaman, sehingga terdapat 120 tanaman (Oktatrisna *et al.*, 2013).

Menurut Jameela *et al.* (2014) pada generasi F₂ seleksi untuk perbaikan produktivitas tanaman buncis dapat dilakukan pada karakter umur awal berbunga, umur awal panen, jumlah polong per tanaman, dan bobot polong per tanaman. Seleksi untuk karakter warna polong kuning juga dapat dilakukan.

Generasi F₃ merupakan generasi penting. Generasi ini dapat diketahui terjadi segregasi apabila tanaman F₂ yang dipilih ternyata heterosigot. Arif *et al.* (2014) mengemukakan metode seleksi yang digunakan adalah metode seleksi galur (*pedigree*) yaitu dengan memilih individu-individu terbaik dalam baris tanaman yang polong kuning dan berdaya hasil tinggi. Poespodarsono (1988) dalam bukunya menyebutkan metode ini disebut *pedigree* karena pencatatan dilakukan pada setiap anggota populasi bersegregasi dari hasil persilangan. Silsilah (*pedigree*) diperlukan untuk menyatakan bahwa galur tersebut serupa dengan cara mengkaitkan terhadap individu tanaman generasi sebelumnya. Prosedur *pedigree* dimulai dari persilangan sepasang tetua homosigot yang berbeda dan diperoleh generasi F₁ yang seragam. Penyerbukan sendiri generasi F₁ diperoleh generasi F₂ yang bersegregasi. Seleksi mulai dilakukan pada generasi F₂ karena keragaman pada generasi ini paling tinggi.

Berdasarkan penelitian Arif *et al.* (2014) pada generasi F₃ terdapat 22 individu potensial yang berpolong kuning dan berdaya hasil tinggi. Hasil seleksi menunjukkan setidaknya ada 15 individu yang potensial. Individu terpilih dari F₃ ditanam menjadi galur F₄. Seleksi pada F₄ menghasilkan 14 individu terbaik yang menjadi bahan tanam buncis kuning F₅.

Galur pada generasi F₅ diseleksi berdasarkan daya hasil tinggi dan dominan warna polong kuning. Daya hasil didapat dari produksi tanaman dalam menghasilkan polong dan dinilai rata-rata bobot polong segar per tanaman yang

lebih tinggi dari 300 gram per tanaman. Galur yang terpilih pada generasi F₅ dan telah sesuai dengan kriteria seleksi adalah galur CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-0-24, dan CSxGI 63-33-31 (Tabel 1). Galur terpilih tersebut diharapkan pada generasi selanjutnya dilakukan uji daya hasil dengan ulangan untuk mendapatkan galur polong kuning yang berpotensi hasil tinggi (Gultom *et al.*, 2016).

Tabel 1. Galur terpilih generasi F₅ (Gultom *et al.*, 2016)

| Galur | Bobot polong segar per tanaman (g) | Persentase Warna Polong |
|----------------|------------------------------------|-------------------------|
| CSxGI 63-33-31 | 314,72 | 100% Kuning |
| CSxGI 63-0-24 | 344,16 | 2% Hijau 98% Kuning |
| CSxGK 50-0-24 | 342,75 | 100% Kuning |

2.3 Uji Daya Hasil

Pengujian daya hasil merupakan tahap akhir dari program pemuliaan tanaman. Pengujian dilakukan dengan pemilihan atau seleksi terhadap galur-galur unggul homosigot yang telah dihasilkan. Tujuannya adalah memilih satu atau beberapa galur terbaik yang dapat dilepas sebagai varietas unggul baru. Kriteria penilaian berdasarkan sifat yang memiliki arti ekonomi, seperti hasil tanaman (Kasno, 1992 *dalam* Kuswanto, 2005).

Penelitian mengenai daya hasil kacang panjang menunjukkan daya hasil kacang panjang ditentukan oleh variabel pengamatan hasil polong, yang terdiri atas hasil polong segar per ha, jumlah polong, panjang polong, jumlah biji per polong, bobot segar polong per tanaman. Seleksi dalam uji daya hasil, lebih tepat dilakukan berdasarkan variabel hasil polong segar. Seleksi tersebut dapat dilakukan dengan menetapkan batas seleksi. Batas seleksi adalah besaran yang digunakan sebagai batas terendah dari hasil polong segar. Batas seleksi diperoleh dengan melibatkan intensitas seleksi dan keragaman dari galur-galur harapan yang akan diseleksi (Kuswanto, 2005).

Uji daya hasil meliputi tiga tahap, yaitu uji daya hasil pendahuluan (UDHP), uji daya hasil lanjut (UDHL), dan uji multilokasi untuk melihat stabilitas dan adaptabilitas tanaman di berbagai lokasi sebelum dilepas menjadi varietas unggul baru dengan karakter-karakter yang dikehendaki. Uji daya hasil pendahuluan (*Preliminary Yield Trial-PYT*) untuk seleksi *pedigree* dapat

dilakukan pada musim tanam tahun keenam. Sisa biji dari setiap nomor terpilih pada F₄ atau generasi F₅ ditanam pada petak-petak lain sebagai langkah untuk pengujian pendahuluan. Hal yang sama juga dilakukan pada pertanaman F₆ dan F₇. Sisa biji dari nomor baris terpilih ditanam pada petak yang lebih luas sebagai pengujian lanjut (*Comperative Yield Trial-CYT*) dan ditanam pula varietas standar (st) sebagai pembanding. Berdasarkan hasil pengujian lanjut ini, sesudah mendapatkan pengesahan untuk disebarluaskan, kemudian dilakukan produksi benih nomor-nomor yang lolos pada pertanaman F₈ secara komersial (Mangoendidjojo, 2003).

Menurut Harahap (1982) dalam Sudarna (2010) pemilihan lokasi untuk uji daya hasil lanjutan hendaknya mewakili agroklimat atau sentra produksi. Nasir (2001) menyatakan uji daya hasil lanjut sebaiknya dilakukan minimal dua musim di beberapa lokasi untuk menekan tersingkirnya galur-galur unggul selama seleksi akibat adanya interaksi genotipe dengan lingkungannya. Arsyad *et al.* (2007) dalam Sumarno *et al.* (2007) menambahkan ukuran petak pada uji daya hasil pendahuluan lebih kecil dibandingkan ukuran petak pada uji daya hasil lanjut dan uji multilokasi. Jumlah galur uji daya hasil pendahuluan lebih banyak dari pada uji daya hasil lanjut dan uji multilokasi, namun jumlah lokasi uji daya hasil pendahuluan lebih sedikit dibandingkan uji daya hasil lanjut dan uji multilokasi.

2.4 Pengaruh Lingkungan Terhadap Daya Hasil Buncis

Kondisi iklim dan tanah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman buncis. Tanaman buncis yang ditanam di daerah yang kondisi lingkungannya cocok dapat tumbuh dengan baik dan produktivitasnya tinggi (hasil panen baik). Sebaliknya, tanaman yang ditanam di daerah yang kondisi lingkungannya tidak cocok dapat menyebabkan tanaman menderita penyakit fisiologis. Kondisi lingkungan yang tidak cocok juga menyebabkan jumlah polong yang dihasilkan sedikit sehingga hasil panen rendah (Cahyono, 2003).

Adiyoga *et al.* (2004) menyatakan tanaman buncis tumbuh baik di dataran tinggi, pada ketinggian 1000 - 1500 m dpl. Walaupun demikian tidak menutup kemungkinan untuk ditanam pada daerah dengan ketinggian antara 300 - 600 m

dpl. Ketinggian tempat yang berbeda memiliki kondisi iklim yang berbeda. Suhu udara di dataran rendah lebih tinggi daripada suhu udara di dataran tinggi. Demikian pula faktor iklim lainnya seperti curah hujan, kelembapan udara, dan intensitas cahaya matahari juga berbeda-beda.

Suhu udara yang paling baik untuk pertumbuhan buncis adalah antara 20° – 25°C. Suhu udara lebih rendah dari 20°C menyebabkan tanaman tidak dapat melakukan fotosintesis dengan baik. Akibatnya pertumbuhan polong menjadi terhambat. Sebaliknya pada suhu udara lebih tinggi dari 25°C banyak polong yang hampa (Setianingsih dan Khaerodin, 2002). Suhu udara yang tinggi menyebabkan proses fotosintesis tidak dapat berjalan dengan sempurna, karena proses respirasi lebih besar daripada proses fotosintesis sehingga energi yang dihasilkan dari proses metabolisme lebih banyak digunakan untuk proses respirasi daripada untuk proses fotosintesis. Sehingga proses pembentukan biji dalam polong terhambat, polong yang dihasilkan kecil, kualitas polong rendah, dan pati serta biji menjadi lebih keras (Cahyono, 2003).

Kelembapan udara yang cocok untuk pertanaman buncis yaitu berkisar 50 – 60%. Kelembapan udara yang rendah menyebabkan banyak bunga yang gugur dan pertumbuhan tanaman kurang baik. Kelembapan udara yang tinggi (> 70%) dapat menyebabkan mulut daun (stomata) tertutup sehingga penyerapan gas karbondioksida (CO₂) terhambat dan tidak dapat masuk ke dalam daun. Kondisi ini menyebabkan proses fotosintesis tidak dapat berjalan dengan baik, akibatnya pertumbuhan tanaman dan pembentukan polong tidak dapat berjalan dengan sempurna. Menurut Rizqiyah *et al.* (2014) jumlah klaster (tandan bunga) per tanaman, jumlah polong per klaster, jumlah polong per tanaman, bobot per polong dapat meningkatkan hasil melalui pengaruh langsung. Sehingga apabila banyak bunga yang gugur dan pembentukan polong yang tidak sempurna, panen yang dihasilkan juga akan rendah.

Daerah yang memiliki curah hujan antara 1.500 – 2.500 mm per tahun sangat cocok untuk budidaya buncis. Curah hujan yang rendah menyebabkan banyak bunga yang gugur dan polong yang dihasilkan pendek-pendek serta bengkok. Kondisi iklim yang sangat kering dan panas menyebabkan pembentukan

tepung sari kurang berdaya untuk proses pembuahan (AAK, 1992). Curah hujan yang cukup tinggi mengakibatkan tanaman terserang OPT akibat kondisi lembab pada sore hari disertai suhu yang tinggi pada siang hari (Virisy, 2014).

Sinar matahari merupakan sumber energi yang diperlukan tanaman dalam proses fotosintesis. Tanaman buncis yang kurang mendapat sinar matahari akan lemah, pucat, kurus, tumbuh memanjang, dan produksinya rendah. Umumnya tanaman buncis memerlukan cahaya matahari yang banyak atau sekitar 400 - 800 *feetcandles*. Cahaya diperlukan dalam jumlah banyak, mengindikasikan tanaman buncis tidak memerlukan naungan (Adiyoga *et al.*, 2004). Menurut Edmond *et al.* (1964) dalam Virisy (2014) intensitas cahaya matahari merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi cepat lambatnya tanaman berbunga mekar. Ketinggian tempat juga menentukan pembungaan tanaman. Tanaman di dataran rendah berbunga lebih awal dibandingkan tanaman yang ditanam di dataran tinggi.

Keadaan tanah yang harus diperhatikan dalam usaha tani buncis adalah jenis dan sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Sifat fisika tanah yang baik untuk penanaman buncis adalah tanah gembur, tanah mudah mengikat air, dan kedalaman tanah (*solum*) dalam. Sifat kimia berhubungan dengan pH dan unsur hara. Keasaman (pH) tanah yang cocok untuk tanaman buncis berkisar 5,5 – 6. Keasaman (pH) tanah yang terlalu masam (< 5,5) atau basa (> 7) akan mengganggu ketersediaan unsur hara dalam tanah sehingga pertumbuhan akan terganggu (Cahyono, 2003).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Desa Patok, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang dengan ketinggian tempat ± 1.100 m dpl. Suhu rata-rata harian 20°C - 27°C , serta memiliki curah hujan 713 mm/bln. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari – Mei 2016.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat pertanian dalam bercocok tanam, meteran, ajir bambu, mulsa plastik hitam perak (MPHP), timbangan analitik, papan label, kamera, buku dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah pupuk kandang atau kompos, pupuk urea, pupuk SP-36, pupuk KCl, insektisida, dan fungisida. Bahan tanam yang digunakan adalah 3 galur buncis generasi F_6 hasil persilangan Cherokee sun dengan Gogo kuning (CSxGK) dan Cherokee sun dengan Gilik ijo (CSxGI), 3 tetua dari galur buncis generasi F_6 , dan 1 varietas pembanding (Tabel 2).

Tabel 2. Data Bahan Tanam

| No | Genotype | Keterangan |
|----|-------------------|---------------------|
| 1 | CSxGK 50-0-24 | Generasi F_6 |
| 2 | CSxGI 63-0-24 | Generasi F_6 |
| 3 | CSxGI 63-33-31 | Generasi F_6 |
| 4 | Cherokee sun (CS) | Tetua |
| 5 | Gilik ijo (GI) | Tetua |
| 6 | Gogo kuning (GK) | Tetua |
| 7 | Lebat 3 | Varietas Pembanding |

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan 4 ulangan. Jumlah perlakuan adalah 7 genotipe buncis sehingga terdapat 28 satuan percobaan. Setiap perlakuan terdiri dari 30 tanaman. Sampel yang akan diamati diambil secara acak sebanyak 5 tanaman.

3. 4. Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian meliputi:

1. Persiapan bahan tanam

Persiapan bahan tanam yang dimaksudkan adalah pemilihan benih. Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih buncis generasi F₆, Cherokee sun, Gogo kuning, Gilik ijo, dan Lebat 3. Benih buncis generasi F₆ berasal dari individu-individu dari tanaman buncis generasi F₅. Benih dipilih berdasarkan syarat kelayakan yaitu penampilan visual benih tidak keriput atau cacat, tidak tercampur dengan benih dari varietas atau kultivar lain dan bebas dari hama dan penyakit.

2. Persiapan lahan

a. Pengolahan tanah

Pengolahan lahan dilakukan dengan cara membalik tanah dengan dicangkul sedalam 20 – 30 cm, kemudian membuang gulma yang ada.

b. Pembuatan bedengan

Pembuatan bedengan dilakukan setelah pengolahan tanah dilakukan, tanah yang gembur dibuat bedengan. Kemudian tanah yang sudah dibuat bedengan tersebut diratakan dan tepinya dipadatkan agar tidak longsor. Bedengan dibuat sebanyak 28 dengan panjang 6 m, lebar 1 m dan tinggi 30 cm. Jarak antar bedeng 40 cm. Pemberian pupuk kandang dilakukan setelah bedengan jadi dengan cara disebar diatas permukaan bedengan. Pupuk kandang yang diberikan sebanyak 1,2 kg per bedengan.

c. Pemasangan mulsa

Mulsa yang digunakan yaitu mulsa plastik hitam perak (MPHP). Proses pemasangan mulsa dilakukan pada siang hari. Pemasangan mulsa bertujuan untuk mengurangi laju evaporasi dari permukaan lahan sehingga menghemat penggunaan air, memperkecil fluktuasi suhu tanah, serta mengurangi tenaga dan biaya untuk pengendalian gulma

3. Penanaman

Benih buncis ditanam langsung tanpa melalui penyemaian. Satu baris tanaman buncis terdapat 15 lubang tanam. Per lubang tanam diisi 1 benih

buncis. Jarak tanam yang digunakan ialah 60 cm x 40 cm. Lubang tanam yang sudah terisi benih diberi furadan sebanyak 5 g dan ditutup dengan tanah.

4. Pemupukan

Pemupukan pada tanaman buncis dilakukan tiga kali. Pemupukan pertama dilakukan saat tanam (0 HST) menggunakan pupuk Urea sebanyak 1,24 gram per lubang tanam, pupuk SP36 sebanyak 5 gram per lubang tanam, dan pupuk KCl sebanyak 1,8 gram per lubang tanam. Pemupukan kedua dilakukan saat tanaman berumur 14 HST dengan menggunakan pupuk Urea sebanyak 1,24 gram per lubang tanam dan pupuk KCl sebanyak 0,9 gram per lubang tanam. Pemupukan ketiga dilakukan saat tanaman berumur 28 HST dengan menggunakan pupuk Urea sebanyak 1,24 gram per lubang tanam dan pupuk KCl sebanyak 0,9 gram per lubang tanam (Lampiran 9). Pemberian pupuk pada tanaman buncis dilakukan dengan cara ditugal pada jarak \pm 10 cm dari batang tanaman buncis.

5. Penyiraman

Pengairan dilakukan dengan cara menyiram dengan air secukupnya pada tanaman. Penyiraman dilakukan setiap 7 – 10 hari sekali atau pada saat lahan mulai kehilangan kelembabannya. Namun, pada musim hujan, pengairan diberikan secukupnya dan diperlukan saluran drainase yang baik supaya tanaman tidak tergenang air.

6. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi beberapa kegiatan antara lain penyulaman, pemasangan ajir, pengendalian hama dan penyakit. Penyulaman hanya dilakukan apabila ada benih yang ditanam tidak tumbuh selang 7 hari setelah tanam dengan menggunakan bibit dengan umur yang sama. Penyulaman tidak dilanjutkan lagi setelah 14 hari setelah tanam, hal ini disebabkan karena dapat mempengaruhi perbedaan umur tanaman yang terlalu jauh.

Pemasangan ajir dilakukan pada saat 14 hari setelah tanam. Ajir yang digunakan berasal dari bambu setinggi 1,5 – 3 meter. Fungsi pemasangan ajir adalah sebagai media rambat tanaman dan menjaga agar pertumbuhan tetap

tegak mengikuti arah berdirinya ajir. Ajir ditancapkan tegak lurus bersebelahan dengan lubang tanam sedalam ± 30 cm.

Penyakit yang menyerang tanaman buncis adalah hawar daun bakteri yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pada umur 4 MST hingga memasuki fase generatif. Pengendalian penyakit dilakukan dengan mencabut tanaman yang terkena penyakit dan penyemprotan Antracol berbahan aktif propineb 70% dan Daconil berbahan aktif klorotanil 75% secara berkala. Hama yang menyerang tanaman buncis adalah hama penggerek polong (*Etiella zinkenella*) pada saat polong buncis masih muda. Hama ini dikendalikan dengan penyemprotan insektisida Prevathon berbahan aktif Klorantraniliprol secara berkala sejak awal panen polong segar. Penyemprotan dilakukan di pagi hari dan pada saat aplikasi pestisida tidak dilakukan penyiraman, hal ini bertujuan agar pestisida yang telah diaplikasikan tidak tercuci.

7. Panen

a. Panen polong segar

Panen segar dapat dilakukan pada saat polong telah menunjukkan ciri-ciri biji dalam polong belum menonjol, polong belum berserat serta bila dipatahkan akan menimbulkan bunyi meletup, dan kulit polong belum mengering. Pelaksanaan panen dilakukan secara bertahap setiap 3 - 4 hari sekali sampai tanaman tidak menghasilkan polong lagi pada setiap galurnya.

b. Panen polong untuk benih

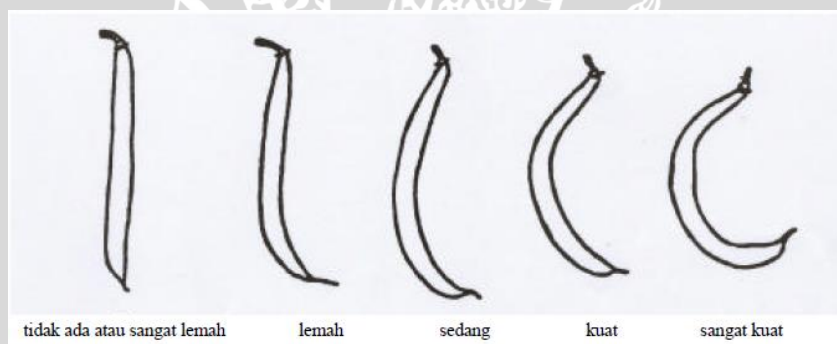
Panen polong buncis untuk benih dilakukan sekitar umur 60 hari setelah tanam. Ciri-ciri visual polong buncis yang telah siap panen sebagai calon benih, yaitu kulit polong mulai mengering, berwarna kuning kecoklatan, dan kulit polong mulai keriput. Benih di dalam polong sudah berkembang penuh, mengeras dan mulai lepas dari polongnya.

3.5. Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan terdiri dari parameter karakter kuantitatif dan kualitatif. Pengamatan parameter kualitatif dilakukan pada seluruh individu di

setiap ulangan. Pengamatan kualitatif mengacu pada Panduan Pengujian Individual Buncis (Anonymous, 2007). Parameter kualitatif yang diamati adalah:

1. Tipe pertumbuhan, pengamatan dilakukan pada 14 hari setelah tanam. Tipe pertumbuhan dikategorikan merambat atau tegak.
2. Warna standart bunga, pengamatan dilakukan saat bunga sudah mekar sempurna. Warna bunga dapat dikategorikan dengan putih, merah muda, ungu.
3. Warna dasar polong, pengamatan dilakukan setelah panen pada polong segar dan dilakukan secara visual. Warna dasar polong dapat dikategorikan dengan kuning, hijau, ungu.
4. Warna utama biji, pengamatan dilakukan setelah panen benih pada biji kering dan dilakukan secara visual. Warna utama biji dapat dikategorikan dengan putih, coklat, hitam.
5. Derajat kelengkungan polong, pengamatan dilakukan setelah panen pada polong segar dan dilakukan secara visual. Bentuk polong dikategorikan tidak ada atau sangat lemah, lemah, sedang, kuat, sangat kuat (Gambar 1).



Gambar 1. Derajat kelengkungan polong (Anonymous, 2007)

Pengamatan parameter kuantitatif dilakukan dengan mengambil sampel sejumlah 5 individu pada setiap ulangan. Parameter kuantitatif yang diamati pada penelitian ini ialah:

1. Umur awal berbunga (hst), dihitung saat 50% tanaman sudah mulai muncul bunga pertama pada satu petak percobaan.
2. Umur awal panen (hst), dihitung saat 50% polong sudah menunjukkan kriteria panen segar pada satu petak percobaan.

3. Jumlah klaster per tanaman, dihitung banyaknya jumlah tandan bunga pada setiap tanaman sampel. Pengamatan dilakukan pada saat panen pertama hingga panen terakhir.
4. Jumlah polong per klaster, dihitung banyaknya jumlah polong dalam satu klaster pada masing-masing tanaman sampel. Pengamatan dilakukan pada saat panen pertama hingga panen terakhir.
5. Jumlah polong per tanaman, dihitung dengan cara mengakumulasikan seluruh jumlah polong per tanaman sampel mulai panen pertama hingga panen terakhir.
6. Panjang polong (cm), dihitung dengan mengukur panjang 10 polong per sampel tanaman kemudian dirata-rata. Pengamatan dilakukan pada saat panen pertama hingga panen terakhir.
7. Diameter polong (cm), dihitung dengan mengukur diameter 10 polong per sampel tanaman kemudian dirata-rata. Pengamatan dilakukan pada saat panen pertama hingga panen terakhir.
8. Jumlah biji per polong, dihitung dari jumlah biji 10 polong per sampel tanaman kemudian dirata-rata. Pengamatan dilakukan pada saat panen pertama hingga panen terakhir.
9. Bobot per polong (g), dihitung dengan mengukur bobot 10 polong per sampel tanaman kemudian dirata-rata. Pengamatan dilakukan pada saat panen pertama hingga panen terakhir.
10. Bobot polong per tanaman (g), dihitung dengan cara mengakumulasikan seluruh bobot polong per tanaman mulai panen pertama hingga panen terakhir.
11. Potensi hasil per hektar (ton per hektar), dihitung dengan mengkonversi rata-rata bobot total polong per tanaman menjadi bentuk ton per hektar.

Rumus perhitungan potensi hasil yaitu:

$$\text{Potensi hasil} = \left(\frac{\text{Bobot polong total (Kg)}}{1000} \times \frac{10.000 (m)}{\text{Jarak tanam (m)}} \times \text{Lahan efektif (\%)} \right)$$

Lahan efektif yang digunakan adalah 75 % (Lampiran 9)

3.6 Analisis Data

1. Analisis Deskriptif

Data kualitatif dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif, yaitu dengan menampilkan data kualitatif dalam bentuk tabel dan gambar yang secara visual dapat dilihat keragamannya.

2. Analisis Ragam

Analisa statistik dilakukan pada data karakter kuantitatif yang diperoleh. Analisis ragam F pada taraf 5% menurut Gomez (1995) (Tabel 3). Apabila hasil dari analisis ragam berbeda nyata pada taraf 5%, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil 5%.

Tabel 3. Analisis ragam (Gomez, 1995)

| Sumber Keragaman | DB | JK | KT | F-Hit |
|------------------|------------|-----------------|----------------------------|------------------------------------|
| Ulangan | u-1 | $JK_{ulangan}$ | $\frac{JK_{ulangan}}{db}$ | $\frac{KT_{ulangan}}{KT_{galat}}$ |
| Genotipe | p-1 | $JK_{genotipe}$ | $\frac{JK_{genotipe}}{db}$ | $\frac{KT_{genotipe}}{KT_{galat}}$ |
| Galat | (u-1)(p-1) | JK_{galat} | $\frac{JK_{galat}}{db}$ | |
| Total | u.p-1 | JK_{total} | | |

Keterangan : u = Jumlah ulangan, p = Jumlah perlakuan, DB = Derajat bebas, JK = Jumlah kuadrat, KT = Kuadrat tengah

Perhitungan nilai heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) dalam galur dilakukan pada karakter kuantitatif dengan perhitungan nilai ragam atau varian (σ^2) (Syukur, 2015). Perhitungan ragam fenotip (σ^2_f) pada masing-masing karakter galur buncis menggunakan rumus:

$$\sigma^2_f = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n - 1}$$

Keterangan:

σ^2_f = Ragam fenotip

x = Nilai tetap karakter kuantitatif yang diamati

n = Banyaknya data.

Ragam lingkungan (σ^2_e) diduga dari ragam tetua dan varietas pembanding, dengan rumus:

$$\sigma^2_e = \frac{\sigma^2_{P1} + \sigma^2_{P2} + \sigma^2_{P3} + \sigma^2_{P4}}{4}$$

Keterangan :

σ^2P1 = Ragam tetua 1

σ^2P2 = Ragam tetua 2

σ^2P3 = Ragam tetua 3

σ^2P4 = Ragam varietas pembanding

Ragam genetik (σ^2g), dihitung dengan rumus:

$$\sigma^2g = \sigma^2f - \sigma^2e$$

Keterangan :

σ^2f = Ragam fenotip

σ^2e = Ragam lingkungan

Nilai heritabilitas dihitung dengan rumus:

$$h^2_{bs} = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2f}$$

Keterangan :

σ^2g = Ragam genotip

σ^2f = Ragam fenotip

Mc Whiter *dalam* Sa'diyah (2013) mengklasifikasikan nilai heritabilitas sebagai berikut:

$h^2 < 0.2$ = Nilai heritabilitas rendah

$0.2 \leq h^2 \leq 0.5$ = Nilai heritabilitas sedang

$h^2 > 0.5$ = Nilai heritabilitas tinggi

Perhitungan koefisien keragaman genetik (KKG) dan koefisien keragaman fenotip (KKF) menurut Singh dan Chaudhary (1979) *dalam* Taufik *et al.* (2010):

$$KKG = \frac{\sqrt{\sigma^2g}}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$KKF = \frac{\sqrt{\sigma^2f}}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan :

KKG = Koefisien keragaman genetik

KKF = Koefisien keragaman fenotip

σ^2g = Ragam genotip

σ^2f = Ragam fenotip

\bar{x} = Nilai rata – rata suatu sifat

Pengkategorian nilai KKG menurut Moedjiono dan Mejaya (1994) adalah $0 < KKG < 25\%$ (rendah), $25\% < KKG < 50\%$ (sedang) dan $KKG > 50\%$ (tinggi). Pengkategorian nilai KKF menurut Sivasubramanian dan Menon (1973) adalah $0 < KKF < 10\%$ (rendah), $10\% < KKF < 20\%$ (sedang) dan $KKF > 20\%$ (tinggi) (Permatasari *et al.*, 2015).



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Kondisi Umum

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Patok, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang dengan ketinggian tempat ± 1.100 m dpl. Suhu rata-rata harian 20°C - 27°C pada bulan Januari sampai Mei 2016. Curah hujan cukup tinggi ketika awal penanaman buncis hingga awal fase pembungaan, setiap sore hari turun hujan yang mengakibatkan kondisi lembab pada sore hari dan suhu tinggi pada siang hari.

Tanaman terserang penyakit hawar daun bakteri sejak 4 minggu setelah tanam dan hama penggerek polong (*Etiella zinkenella*). pengendalian dilakukan secara kimia (penyemprotan pestisida) dan secara fisik (mencabut tanaman terserang). Pengendalian dilakukan secara berkala, sehingga serangan hama dan penyakit tersebut tidak mengganggu pertumbuhan dan hasil dari tanaman buncis.

Daya berkecambah tanaman buncis berkisar antara 34,17% - 93%. Penyulaman dengan bibit dilakukan hingga 14 hari setelah tanam (HST), persentase tanaman tumbuh setelah penyulaman antara 45,83 - 100% (Tabel 4). Galur CSxGI 63-33-31 memiliki persentase tumbuh tanaman yang rendah yaitu 45,83% atau 38 tanaman dari total 120 tanaman. Jumlah total tanaman sampel yang diamati pada setiap galur adalah 20 tanaman, sehingga meskipun persentase tanaman tumbuh pada galur CSxGI 63-33-31 rendah, hal tersebut tidak mengganggu pengambilan data tanaman yang dilakukan dalam penelitian ini.

Tabel 4. Persentase tumbuh benih buncis

| Genotipe | Σ Benih ditanam | Daya berkecambah (%) | Tanaman tumbuh (%) |
|----------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| CSxGK 50-0-24 | 120 | 34,17 | 90 |
| CSxGI 63-0-24 | 120 | 93,00 | 100 |
| CSxGI 63-33-31 | 120 | 35,00 | 45,83 |
| Cherokee sun | 120 | 92,5 | 100 |
| Gilik ijo | 120 | 47,83 | 59,16 |
| Gogo kuning | 120 | 55,17 | 57,50 |
| Lebat 3 | 120 | 92,5 | 100 |

4.1.2 Karakter Kualitatif

Karakter kualitatif adalah karakter-karakter pada tanaman seperti warna bunga, bentuk polong dan warna polong yang dikendalikan oleh gen sederhana (satu atau dua gen) dan tidak atau sedikit sekali dipengaruhi lingkungan (Syukur *et al.*, 2012). Karakter kualitatif yang diamati pada galur buncis generasi F₆ adalah tipe pertumbuhan, warna standart bunga, warna dasar polong, warna biji, dan derajat kelengkungan polong (Tabel 5).

Tabel 5. Karakter kualitatif buncis

| Genotipe | TP | WSB | WDP | WB | DKP |
|----------------|--------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|--|
| CSxGK 50-0-24 | 100% T | 100% MM | 100% K | 100% Ht | 71,13% SL 27,49% L 1,37% S |
| CSxGI 63-0-24 | 100% M | 97,50% MM 2,50% P | 97,50% K 2,50% H | 84,34% CT 9,61% Ht 6,04% HC | 49,06% L 27,64% SL 21,43% S 1,86% K |
| CSxGI 63-33-31 | 100% M | 100% MM | 100% K | 100% Ht | 67,37% SL 32,62% L |
| Cherokee sun | 100% T | 100% MM | 100% K | 100% Ht | 62,08% SL 24,17% L |
| Gilik ijo | 100% M | 100% P | 100% Hi | 100% P | 85,01% SL 14,99% L |
| Gogo kuning | 100% M | 100% U | 100% U | 100% CM | 87,20% S 12,80% L |
| Lebat 3 | 100% M | 100% P | 100% Hi | 100% P | 93,83% L 6,17% S |

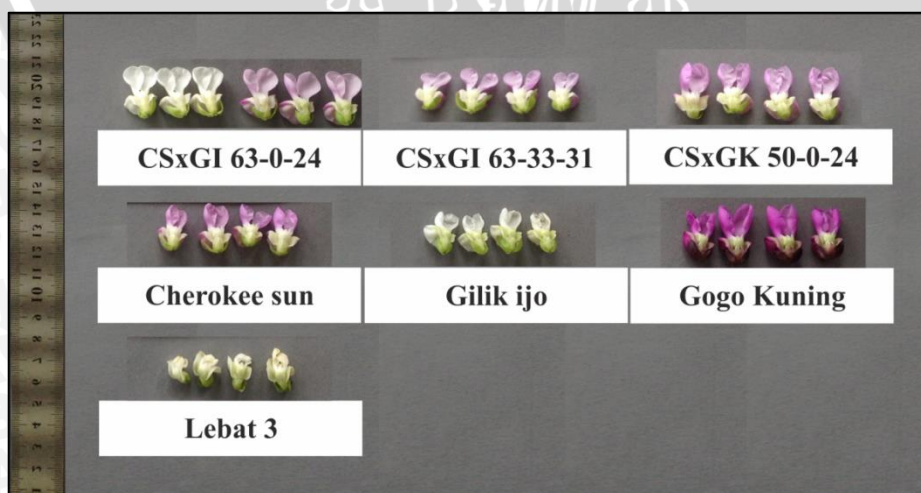
Keterangan : TP = Tipe pertumbuhan, WSB = Warna standart bunga, WDP = Warna dasar polong, WB = Warna biji, DKP = Derajat kelengkungan polong T = Tegak, M = Merambat, CM = Coklat muda, CT = Coklat tua, Hi = Hijau, Ht = Hitam, HC = Hitam bintik coklat K = Kuning, U = Ungu, P = Putih, MM = Merah muda, L = Lemah, SL = Sangat lemat, S = Sedang, K = Kuat, SK = Sangat kuat

Hasil pengamatan karakter tipe pertumbuhan tanaman menunjukkan bahwa ada dua tipe pertumbuhan pada seluruh genotipe yaitu merambat dan tegak. Tanaman tipe tumbuh merambat terdapat pada CSxGI 63-0-24, CSxGI 63-33-31, Gilik ijo, Gogo kuning, dan Lebat 3. Sedangkan tanaman yang memiliki tipe tumbuh tegak terdapat pada CSxGK 50-0-24 dan Cherokee sun.

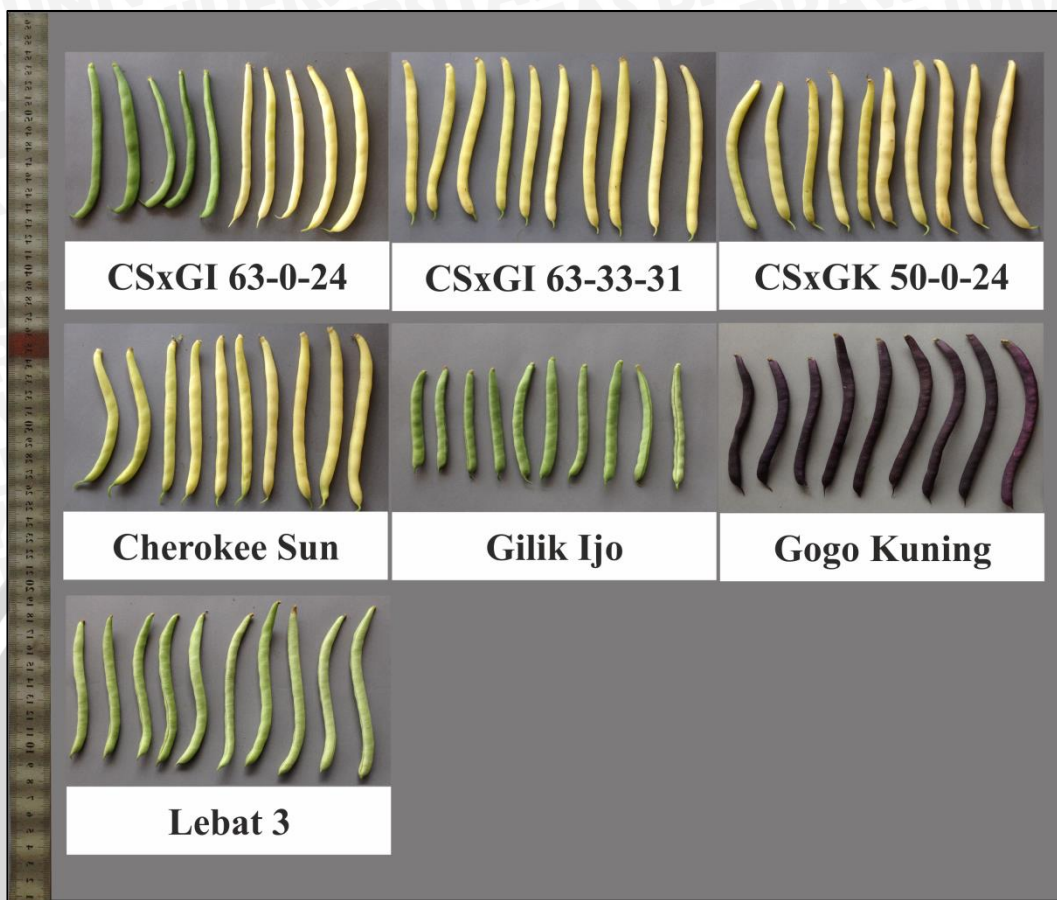
Hasil pengamatan menunjukkan terdapat tiga warna standart bunga yaitu merah muda, putih, dan ungu (Gambar 2). CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-33-31, dan Cherokee sun memiliki warna standart bunga merah muda, Gilik ijo dan Lebat 3 memiliki warna standart bunga putih, dan Gogo kuning memiliki standart bunga ungu. Galur CSxGI 63-0-24 memiliki warna standart bunga yang masih beragam yaitu merah muda dan putih.

Warna dasar polong merupakan salah satu karakter yang dijadikan sebagai kriteria seleksi. Warna polong yang ingin didapatkan dari seleksi galur ini adalah warna kuning. Pengamatan karakter warna dasar polong menunjukkan terdapat tiga warna dasar polong yaitu kuning, hijau, dan ungu (Gambar 3). CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-33-31, dan Cherokee sun memiliki warna dasar polong kuning, Gilik ijo dan Lebat 3 memiliki warna dasar polong hijau, dan Gogo kuning memiliki warna dasar polong ungu. Galur CSxGI 63-0-24 memiliki warna dasar polong yang masih beragam yaitu kuning dan hijau.

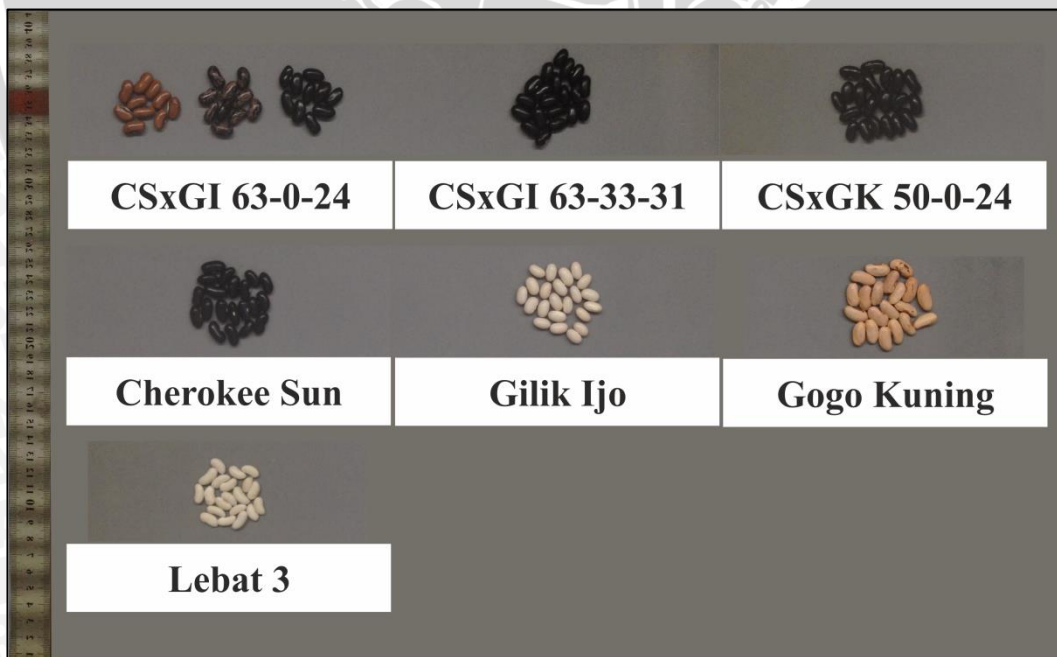
Pengamatan karakter warna biji menunjukkan terdapat lima warna biji yaitu coklat muda, coklat tua, hitam, hitam bintik coklat, dan putih (Gambar 4). Galur CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-33-31, dan tetua Cherokee sun memiliki warna benih hitam. Gilik ijo dan Lebat 3 memiliki warna biji putih, dan Gogo kuning memiliki warna biji coklat muda. Galur CSxGI 63-0-24 memiliki warna biji yang masih beragam yaitu coklat tua, hitam, dan hitam bintik coklat. Pengamatan derajat kelengkungan polong menunjukkan kategori yaitu sangat lemah, lemat, sedang, dan kuat (Tabel 5).



Gambar 2. Warna standart bunga



Gambar 3. Warna dasar polong



Gambar 4. Warna utama biji

4.1.3 Analisis Ragam Karakter Hasil Genotipe Buncis

Karakter kuantitatif yang menunjukkan hasil tanaman buncis yaitu bobot total polong per tanaman dan potensi hasil. Polong adalah bagian utama kacang buncis yang biasa dikonsumsi. Bobot total polong per tanaman merupakan nilai akumulasi sejak awal panen hingga panen terakhir. Potensi hasil didapatkan dari hasil konversi bobot total polong per tanaman menjadi ton per hektar. Data karakter kuantitatif yang diamati diolah dengan menggunakan analisis sidik ragam Uji-F, apabila data analisis menunjukkan hasil yang berpengaruh nyata maka akan dilanjutkan pada uji beda nyata terkecil pada taraf 5%. Uji lanjut dilakukan untuk melihat pengaruh masing-masing perlakuan genotipe.

Tabel 6. Hasil Genotipe Buncis

| Genotipe | Bobot Total Polong per Tanaman (g) | Potensi Hasil (Ton/ha) |
|----------------|------------------------------------|------------------------|
| CSxGK 50-0-24 | 364,74 a | 11,40 a |
| CSxGI 63-0-24 | 494,75 ab | 15,46 ab |
| CSxGI 63-33-31 | 786,98 c | 24,59 c |
| Cherokee sun | 361,33 a | 11,29 a |
| Gilik ijo | 811,16 c | 25,35 c |
| Gogo kuning | 559,86 b | 17,50 b |
| Lebat 3 | 490,11 ab | 15,32 ab |
| Anova | * | * |
| BNT (5%) | 192,89 | 6,02 |
| KK (%) | 23,49 | 23,49 |

Keterangan : * = Berbeda nyata pada Uji F taraf 5%, Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam memperlihatkan bahwa bobot total polong per tanaman dan potensi hasil antar galur yang diuji berbeda secara nyata (Tabel 6). Rerata bobot total polong per tanaman antara 361,33 – 811,16 gram. Cherokee sun dan CSxGK 50-0-24 memiliki rerata bobot total terendah, sedangkan Gilik ijo dan CSxGI 63-33-31 memiliki rerata bobot total tertinggi. CSxGI 63-0-24, Gogo kuning, dan Lebat 3 memiliki rerata bobot total yang tidak berbeda nyata (Tabel 6). Rerata potensi hasil genotipe buncis antara 11,29 – 25,35 ton/ha. Cherokee sun dan CSxGK 50-0-24 memiliki rerata potensi terendah, sedangkan Gilik ijo dan CSxGI 63-33-31 memiliki potensi hasil tertinggi. CSxGI

63-0-24, Gogo kuning, dan Lebat 3 memiliki rerata bobot yang tidak berbeda nyata.

4.1.4 Analisis Ragam Karakter Komponen Hasil Genotipe Buncis

Karakter kuantitatif yang merupakan komponen hasil adalah karakter umur awal berbunga, umur awal panen, jumlah klaster per tanaman, jumlah polong per klaster, panjang polong, diameter polong, jumlah biji per polong, berat per polong, dan jumlah polong per tanaman. Hasil analisis ragam (Tabel 7) menunjukkan adanya perbedaan nyata dari seluruh karakter yang diamati.

Rerata umur awal berbunga antara 34,5 – 44,75 HST. Cherokee sun memiliki umur awal berbunga paling genjah, sedangkan CSxGI 63-33-31 dan Gilik ijo memiliki umur awal berbunga paling lama. CSxGK 50-0-24 berbeda nyata lebih rendah dari varietas Lebat 3. CSxGK 63-0-24 dan Gogo kuning tidak berbeda nyata dengan varietas Lebat 3 (Tabel 5).

Rerata umur awal panen berkisar antara 48 – 60,75 HST. Cherokee sun dan CSxGK 50-0-24 memiliki umur awal panen paling genjah, sedangkan CSxGI 63-0-24 memiliki umur awal panen paling lama. CSxGI 63-33-31 memiliki umur panen yang berbeda nyata lebih tinggi dari varietas Lebat 3 dan tidak berbeda nyata dengan Gilik ijo. Gogo kuning memiliki umur panen tidak berbeda nyata dengan varietas Lebat 3 (Tabel 5).

Karakter jumlah klaster per tanaman dan jumlah polong per klaster menunjukkan nilai yang bervariasi. Rerata jumlah klaster per tanaman berkisar antara 11,15 - 33,48. Gilik ijo dan CSxGI 63-0-24 memiliki jumlah klaster per tanaman terbanyak. CSxGK 50-0-24 dan Cherokee sun memiliki jumlah klaster per tanaman paling sedikit. CSxGI 63-33-31, Gogo kuning, dan Lebat 3 memiliki rerata jumlah klaster per tanaman yang tidak berbeda nyata. Rerata jumlah polong per klaster antara 4,15 – 6,35. CSxGI 63-33-31, Gilik ijo, dan Lebat 3 memiliki jumlah polong per klaster terbanyak. CSxGI 63-0-24 tidak berbeda nyata dengan CSxGK 50-0-24 memiliki jumlah polong per klaster paling sedikit. Cherokee sun dan Gogo kuning memiliki rerata jumlah klaster per tanaman yang tidak berbeda nyata (Tabel 5).

Karakter panjang polong, diameter polong, jumlah biji per polong, dan bobot per polong diamati setiap panen sejak awal panen hingga panen terakhir. Rerata panjang polong antara 13,19 – 18,03 cm. Gogo kuning memiliki polong terpanjang dan Gilik ijo memiliki polong terpendek. CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-33-31, dan Cherokee sun memiliki panjang polong yang tidak berbeda nyata dan berbeda nyata lebih rendah dari varietas Lebat 3. CSxGI 63-0-24 berbeda nyata lebih rendah dari CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-33-31, Cherokee sun, dan Lebat 3 (Tabel 5).

Rerata diameter polong antara 0,80 – 0,99 cm. Cherokee sun dan CSxGK 50-0-24 memiliki diameter terlebar. Lebat 3 memiliki diameter tersempit. CSxGI 63-33-31 dan CSxGI 63-0-24 memiliki diameter polong yang tidak berbeda nyata dan berbeda nyata lebih tinggi dari varietas Lebat 3 (Tabel 5).

Rerata jumlah biji per polong terbanyak adalah Gogo kuning sebanyak 9,32. Rerata jumlah biji per polong paling kecil adalah Cherokee sun sebanyak 6,96. CSxGI 63-0-24, CSxGK 50-0-24, dan Gilik ijo memiliki jumlah biji per polong yang tidak berbeda nyata dan berbeda nyata lebih rendah dari varietas Lebat 3. CSxGI 63-33-31 memiliki jumlah biji per polong yang tidak berbeda nyata dengan Lebat 3 (Tabel 5).

Rerata bobot per polong antara 5,93 – 8,37 gram. CSxGI 63-0-24 dan Gilik ijo memiliki bobot per polong terendah, sedangkan Gogo kuning memiliki rerata bobot per polong tertinggi. CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-33-31, Cherokee sun, dan Lebat 3 memiliki rerata bobot per polong yang tidak berbeda (Tabel 5).

Karakter jumlah polong per tanaman merupakan nilai akumulasi sejak awal panen hingga panen terakhir. Rerata jumlah polong per tanaman antara 51,45 – 140,25. Gilik ijo dan CSxGI 63-33-31 memiliki jumlah polong per tanaman paling banyak. Cherokee sun dan CSxGK 50-0-24 memiliki polong per tanaman paling kecil. Gogo kuning dan Lebat 3 memiliki jumlah polong per tanaman yang tidak berbeda nyata. CSxGI 63-0-24 memiliki jumlah polong per tanaman yang berbeda nyata lebih tinggi dengan Lebat 3 (Tabel 5).

Tabel 7. Analisis ragam karakter kuantitatif galur buncis generasi F₆

| Genotipe | UAB | UAP | JCPT | JPPC | PP | DP | JBPP | BPP | JPPT |
|----------------|---------|----------|---------|---------|----------|--------|---------|--------|-----------|
| CSxGK 50-0-24 | 38,00 b | 49,00 a | 11,15 a | 4,25 a | 15,63 c | 0,98 e | 7,02 ab | 7,39 b | 55,05 a |
| CSxGI 63-0-24 | 41,75 c | 61,50 d | 31,85 c | 4,15 a | 14,98 b | 0,91 c | 7,27 b | 5,93 a | 92,00 bc |
| CSxGI 63-33-31 | 44,75 d | 58,25 bc | 26,43 b | 6,35 c | 15,34 bc | 0,92 c | 8,03 c | 7,09 b | 116,70 cd |
| Cherokee sun | 34,50 a | 48,00 a | 13,83 a | 4,90 ab | 15,59 c | 0,99 e | 6,96 a | 7,47 b | 51,45 a |
| Gilik ijo | 44,00 d | 60,75 c | 33,48 c | 5,50 bc | 13,19 a | 0,97 b | 7,13 ab | 6,13 a | 140,25 d |
| Gogo kuning | 42,00 c | 56,00 b | 22,75 b | 4,95 ab | 18,03 e | 0,95 d | 9,32 d | 8,37 c | 68,8 ab |
| Lebat 3 | 42,75 c | 55,75 b | 27,03 b | 5,45 bc | 16,21 d | 0,80 a | 7,99 c | 7,06 b | 72,75 ab |
| Anova | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| BNT (5%) | 1,24 | 2,50 | 4,29 | 1,12 | 9,49 | 0,02 | 0,29 | 0,43 | 32,23 |
| KK (%) | 2,03 | 3,03 | 12,16 | 14,89 | 2,23 | 1,77 | 2,60 | 4,09 | 25,44 |

Keterangan : UAB = Umur awal berbunga, UAP = Umur awal panen, JCPT = Jumlah cluster per tanaman, JPPC = Jumlah polong per cluster, PP = Panjang polong, DP = Diameter polong, JBPP = Jumlah biji per polong, BPP = Bobot per polong, JPPT = Jumlah polong per tanaman, KK = Koefisien keragaman, * = Berbeda nyata pada Uji F taraf 5%, Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%

4.1.5 Heritabilitas, Keragaman Genetik, dan Keragaman Fenotip Dalam Galur Buncis Generasi F₆

Heritabilitas arti luas pada karakter galur CSXGK 50-0-24 bernilai rendah yakni antara 0,02 – 0,19, kecuali karakter panjang polong yang memiliki nilai heritabilitas sedang. Nilai koefisien keragaman genetik menunjukkan kategori rendah pada semua karakter. Nilai koefisien keragaman fenotip menunjukkan kategori rendah hingga tinggi, karakter panjang polong, diameter polong, jumlah biji per polong, bobot per polong menunjukkan kategori rendah, karakter jumlah klaster per tanaman, jumlah polong per klaster, jumlah polong per tanaman menunjukkan kategori sedang, dan karakter bobot total polong per tanaman menunjukkan kategori tinggi (Tabel 8).

Heritabilitas arti luas pada karakter galur CSxGI 63-0-24 bernilai rendah yakni antara 0,02 – 0,13, kecuali karakter jumlah polong per tanaman dan bobot total polong per tanaman yang menunjukkan nilai heritabilitas sedang. Nilai koefisien keragaman genetik menunjukkan kategori rendah pada semua karakter. Nilai koefisien keragaman fenotip menunjukkan kategori rendah hingga tinggi, karakter jumlah klaster per tanaman, panjang polong, diameter polong, jumlah biji per polong, bobot per polong menunjukkan kategori rendah, karakter jumlah polong per klaster, jumlah polong per tanaman menunjukkan kategori sedang, dan karakter bobot total polong per tanaman menunjukkan kategori tinggi (Tabel 8).

Heritabilitas arti luas pada karakter galur CSxGI 63-33-31 bernilai rendah yakni antara 0,06 – 0,14, kecuali karakter panjang polong dan jumlah polong per tanaman yang memiliki nilai heritabilitas sedang. Nilai koefisien keragaman genetik menunjukkan kategori rendah pada semua karakter galur. Nilai koefisien keragaman fenotip menunjukkan kategori rendah hingga sedang, karakter jumlah klaster per tanaman, jumlah polong per klaster, panjang polong, diameter polong, jumlah biji per polong, bobot per polong menunjukkan kategori rendah, karakter jumlah polong per tanaman dan bobot total polong per tanaman menunjukkan kategori sedang (Tabel 8).

Tabel 8. Nilai koefisien keragaman genetik (KKG), koefisien keragaman fenotip (KKF), dan heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) karakter agronomi dalam galur buncis generasi F₆

| Karakter | Parameter Genetik | Galur | | |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | | CSxGK 50-0-24 | CSxGI 63-0-24 | CSxGI 63-33-31 |
| Jumlah klaster per tanaman | KKG | 4,14 r | 1,29 r | 2,02 r |
| | KKF | 12,43 s | 4,59 r | 5,65 r |
| | h^2_{bs} | 0,11 r | 0,08 r | 0,12 r |
| Jumlah polong per klaster | KKG | 1,47 r | 5,17 r | 3,37 r |
| | KKF | 12,94 s | 14,14 s | 9,24 r |
| | h^2_{bs} | 0,01 r | 0,13 r | 0,13 r |
| Panjang polong (cm) | KKG | 1,54 r | 1,69 r | 1,84 r |
| | KKF | 3,41 r | 3,65 r | 3,60 r |
| | h^2_{bs} | 0,20 s | 0,21 s | 0,26 s |
| Diameter polong(cm) | KKG | 0,45 r | 0,86 r | 0,70 r |
| | KKF | 2,68 r | 2,97 r | 2,88 r |
| | h^2_{bs} | 0,02 r | 0,08 r | 0,06 r |
| Jumlah biji per polong | KKG | 0,87 r | 0,78 r | 1,81 r |
| | KKF | 5,15 r | 4,93 r | 4,80 r |
| | h^2_{bs} | 0,02 r | 0,02 r | 0,14 r |
| Bobot per polong (g) | KKG | 3,77 r | 2,74 r | 1,21 r |
| | KKF | 8,56 r | 9,96 r | 7,99 r |
| | h^2_{bs} | 0,19 r | 0,07 r | 0,02 r |
| Jumlah polong per tanaman | KKG | 6,68 r | 8,06 r | 7,52 r |
| | KKF | 27,88 s | 17,92 s | 14,79 s |
| | h^2_{bs} | 0,05 r | 0,20 s | 0,25 s |
| Bobot total polong per tanaman (g) | KKG | 6,15 r | 9,56 r | 4,02 r |
| | KKF | 24,97 t | 20,36 t | 11,85 s |
| | h^2_{bs} | 0,06 r | 0,22 s | 0,11 r |

Keterangan : KKG = Koefisien keragaman genetik, KKF = Koefisien keragaman fenotip, h^2_{bs} = Heritabilitas arti luas, kategori : r = rendah, s = sedang, t = tinggi

4.1.6 Galur Buncis Terpilih Generasi F₆

Galur terpilih diseleksi berdasarkan dengan kriteria warna dasar polong, daya hasil tinggi, dan keragaman genetik. Warna polong yang dipilih adalah warna kuning 100%. Daya hasil tinggi didapatkan dari nilai rata-rata bobot total polong per tanaman yang lebih dari 300 gram per tanaman. Keragaman genetik yang dipilih adalah menunjukkan kriteria rendah pada semua karakter kuantitatif dalam galur buncis generasi F₆.

Tabel 9 menunjukkan ketiga galur memiliki warna dasar polong kuning bobot total polong per tanaman yang lebih dari 300 gram per tanaman dan keragaman genetik yang rendah, tetapi galur CSxGI 63-0-24 masih menunjukkan keragaman pada karakter warna polong, sehingga galur yang terpilih adalah CSxGK 50-0-24 dan CSxGI 63-33-31.

Tabel 9. Kriteria seleksi galur buncis generasi F₆

| Genotipe | Bobot total polong per tanaman (g) | Persentase warna polong | Keragaman genetik |
|----------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| CSxGK 50-0-24 | 364,74 | 100% Kuning | Rendah |
| CSxGI 63-0-24 | 494,75 | 97,50% Kuning 2,50% Hijau | Rendah |
| CSxGI 63-33-31 | 786,98 | 100% Kuning | Rendah |

4.2 Pembahasan

4.2.1 Karakter Kualitatif Galur Buncis Generasi F₆

Karakter tipe pertumbuhan yang ditemukan adalah tegak pada galur CSxGK 50-0-24 dan merambat pada galur CSxGI 63-0-24 dan CSxGI 63-33-31. Tipe pertumbuhan tidak dijadikan kriteria seleksi karena fokus penelitian ini terbatas pada warna polong dan daya hasil. Keragaman tipe tumbuh tanaman akan menambah koleksi tanaman buncis yang ada yaitu buncis polong kuning tipe tumbuh tegak dan buncis polong kuning tipe tumbuh merambat, dimana keduanya memiliki daya hasil tinggi (Arif *et al.*, 2015).

Galur CSxGK 50-0-24 dan CSxGI 63-33-31 sudah menunjukkan keseragaman pada karakter kualitatif warna standart bunga merah muda, warna dasar polong kuning, dan warna biji hitam. Hal ini disebabkan karena penyerbukan sendiri yang berlangsung terus menerus pada tiap generasi buncis hasil persilangan, menurut Herawati (2009) dalam Permatasari *et al.* (2015) bahwa penyerbukan sendiri atau silang dalam akan mengakibatkan jumlah individu homosisgot.

Keragaman pada karakter kualitatif masih ditemukan pada galur CSxGI 63-0-24 terutama pada karakter warna standart bunga, warna dasar polong, dan warna biji. Galur CSxGI 63-0-24 mempunyai tanaman tumbuh yang berwarna bunga merah muda dan berpolong kuning sebesar 97,50%, sedangkan 2,50% berwarna bunga putih dan berpolong hijau. Warna biji pada galur CSxGI 63-0-24

juga masih bervariasi yaitu warna coklat tua, hitam, dan hitam berbintik coklat. Hal ini disebabkan karena pada generasi F₃ seleksi tidak dilakukan terhadap individu tanaman melainkan pada populasi atau famili. Tanaman dalam famili pada generasi F₃ masih memiliki keragaman pada karakter warna polong (Arif *et al.*, 2015), sehingga pada generasi F₄ galur CSxGI 63-0-24 juga menunjukkan keragaman pada warna polong. Meskipun pada generasi F₄ galur CSxGI 63-0-24 diseleksi secara individu, warna polong hijau tetap muncul pada generasi-generasi selanjutnya. Hal ini diduga karena pada galur CSxGI 63-0-24 masih terdapat individu yang memiliki gen resesif sebagai pengendali warna polong hijau. Crowder (1997) menyatakan bahwa sifat kualitatif pada tanaman banyak diatur oleh satu gen. Menurut Arif *et al.* (2015) karakter kualitatif terwariskan secara diskrit pada keturunannya sehingga karakter yang telah homogen pada generasi ini akan terwariskan homogen pula pada generasi selanjutnya.

Warna polong kuning merupakan kriteria seleksi galur buncis F₆. Warna polong kuning diketahui memiliki kandungan β -karoten yang lebih tinggi dari varietas buncis polong hijau yang banyak beredar di Indonesia. β -karoten sebagai antioksidan di dalam tubuh, dapat diperoleh dari luar tubuh melalui konsumsi sayuran, buah-buahan, rimpang dan umbi tumbuhan. Tujuan dikonsumsinya β -karoten tersebut adalah sebagai senyawa peredam radikal bebas yang terdapat didalam tubuh, sehingga resiko penyakit dapat ditekan, terutama penyakit seperti kanker, penuaan kulit, penyakit kronaria, penyakit kardiovasikuler, arthritis, inflamantori, penurunan fungsi otak dan alzheimer, serta dapat meningkatkan sistem imun dari tubuh (Panjaitan *et al.*, 2008). Buncis berpolong kuning ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi dalam menyediakan antioksidan untuk tubuh mengingat tingginya produksi dan permintaan buncis di Indonesia.

Karakter derajat kelengkungan polong dilihat dari kuat lemahnya lengkungan buncis yang diamati. Berdasarkan pengamatan keragaman beberapa derajat kelengkungan polong terjadi karena polong yang baru terbentuk terjepit diantara daun dan batang sehingga polong tidak bisa tumbuh lurus. Faktor lingkungan juga mempengaruhi keragaman derajat kelengkungan polong, Masaya dan White (1986) dalam Singh (1999) melaporkan ekspresi yang muncul dari

karakter jumlah polong, panjang polong, kelengkungan polong, dan waktu berbunga merupakan pengaruh dari panjang hari yang kompleks atau berbeda-beda dan suhu.

Semua galur buncis generasi F₆ menunjukkan persentase terbesar derajat kelengkungan polong adalah sangat lemah dan lemah yang mengindikasikan bentuk polong yang lurus. Bentuk polong yang lurus ini memenuhi kriteria permintaan dari petani maupun konsumen. Menurut Permadi dan Djuariah (2000) dalam Oktatrisna (2013) pada umumnya, konsumen lebih menyukai bentuk polong yang bulat, permukaan yang relatif rata, dengan panjang polong sekitar 15 - 22 cm, berserat halus dan polongnya lurus. Gultom *et al.* (2016) menambahkan derajat kelengkungan memiliki perbedaan dikarenakan masing-masing tanaman berpotensi membentuk semua kategori derajat kelengkungan polong, tetapi, untuk menilai kemampuan tanaman sebenarnya dalam membentuk kelengkungan polong dapat dilihat dari persentase terbesar dari derajat kelengkungan tersebut.

4.2.2 Hasil Galur Buncis Generasi F₆

Bobot total polong per tanaman galur CSxGK 50-0-24 tidak berbeda nyata dengan tetua Cherokee sun yaitu 364,74 gram. Galur CSxGI 63-33-31 memiliki bobot total polong per tanaman yang berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan varietas Lebat 3 yaitu 786,98. Galur CSxGI 63-0-24 memiliki bobot total polong per tanaman yang tidak berbeda nyata dengan varietas Lebat 3 yaitu 494,75. Bobot total polong per tanaman berkorelasi dengan semua karakter yang diamati. Menurut Rizqiyah *et al.* (2014) jumlah klaster (tandan bunga) per tanaman, jumlah polong per klaster, jumlah polong per tanaman, bobot per polong dapat meningkatkan hasil melalui pengaruh langsung.

Nilai potensi hasil galur buncis berbanding lurus dengan nilai bobot total polong per tanaman. Hal ini dikarenakan perhitungan potensi hasil merupakan konversi dari rata-rata bobot total polong per tanaman pada setiap genotipe menjadi bentuk ton per hektar. Galur CSxGI 63-33-31 memiliki potensi hasil yang lebih tinggi dibandingkan varietas lebat 3 (15,32 ton/ha) yaitu sebesar 24,59 ton/ha, namun tidak berbeda nyata atau sama dengan tetua Gilik ijo (25,35 ton/ha). Galur CSxGI 63-0-24 memiliki potensi hasil sebesar 15,46 ton/ha yang

tidak berbeda nyata dengan varietas Lebat 3. Galur CSxGK 50-0-24 memiliki potensi hasil dengan nilai 11,40 ton/ha.

Hasil yang tinggi pada galur CSxGI 63-33-31 didukung oleh komponen hasil yaitu jumlah klaster per tanaman (26,43), jumlah polong per klaster (6,35), diameter polong (0,92 mm), jumlah biji per polong (8,03), bobot per polong (7,09 g), dan jumlah polong per tanaman (116,70). Hasil yang tinggi pada galur CSxGI 63-0-24 didukung oleh komponen hasil yaitu jumlah klaster per tanaman (31,85), diameter polong (0,91 mm), dan jumlah polong per tanaman (92). Hasil yang tinggi pada galur CSxGI 50-0-24 didukung oleh komponen hasil yaitu diameter polong (0,98 mm) dan bobot per polong (7,39 g).

Galur CSxGK 50-0-24 memiliki potensi hasil yaitu 11,40 ton/ha, yang cukup jauh dibandingkan CSxGI 63-0-24 (15,46 ton/ha) dan CSxGI 63-33-31 (24,59 ton/ha). Hal ini dikarenakan tipe pertumbuhan galur CSxGK 50-0-24 adalah tegak atau *determinate*. Tipe pertumbuhan mempengaruhi jumlah klaster per tanaman yang terbentuk. Menurut Lawn dan Ahn (1985) dalam Thomas *et al.* (2003) pada tanaman kacang-kacangan dijumpai dua tipe pertumbuhan yaitu *determinate* dan *indeterminate*. Rentang waktu panen tanaman *determinate* lebih pendek dibandingkan tanaman *indeterminate* karena tipe *determinate* berbunga hanya sekali dalam satu periode, sedangkan tipe *indeterminate* dapat berbunga lebih dari satu kali tergantung dari kondisi lingkungan sehingga jumlah buah yang dihasilkan lebih banyak dan hasil yang didapat juga lebih banyak.

Produktivitas buncis di Indonesia tahun 2014 adalah 11,11 ton/ha (Anonymous, 2014). Ketiga galur buncis generasi F₆ dapat dikatakan memiliki potensi hasil yang tinggi, selain itu, ketiga galur buncis tersebut memiliki keunikan pada warna polong, yaitu warna polong kuning, yang belum ditemukan pada varietas buncis di Indonesia. Sehingga galur-galur buncis tersebut sangat berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia.

4.2.3 Karakter Komponen Hasil Galur Buncis Generasi F₆

Hasil dari tanaman berkorelasi dengan komponen hasil. Hasil panen merupakan sifat kompleks dan terkait dengan sejumlah sifat komponen (Permata *et al.*, 2015). Menurut Rizqiyah *et al.* (2014) jumlah klaster (tandan bunga) per

tanaman, jumlah polong per klaster, jumlah polong per tanaman, bobot per polong dapat meningkatkan hasil melalui pengaruh langsung.

Galur Buncis Generasi F₆ yang memiliki umur berbunga paling cepat adalah CSXGK 50-0-24 (38 HST). Galur CSxGI 63-33-31 memiliki umur berbunga yang berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan varietas Lebat 3 yaitu 44,75 HST. Galur CSxGI 63-0-24 memiliki umur berbunga yang tidak berbeda nyata dengan tetua Gogo kuning dan varietas pembanding Lebat 3 yaitu 41,75 HST. Umur panen CSxGK 50-0-24 juga paling genjah yaitu 49 HST. Umur berbunga galur CSxGI 63-0-24 lebih cepat dibandingkan galur CSxGI 63-33-31 tetapi umur panennya paling lama yaitu 61,5 HST dan 58,25 HST. Diana (2012) dalam Khotimah (2013) menyatakan umur berbunga dan umur panen dipengaruhi oleh faktor genetik dari masing-masing galur/varietas.

Tipe pertumbuhan juga mempengaruhi umur berbunga dan umur panen. galur CSxGK 50-0-24 memiliki tipe pertumbuhan tegak (*determinate*) sedangkan galur CSxGI 63-0-24 dan CSxGI 63-33-31 memiliki tipe pertumbuhan merambat (*indeterminate*). Tipe *indeterminate* yang dicirikan dengan perkembangan cabang produktif yang lebih lambat, namun pertumbuhan pucuk tunasnya tidak pernah berhenti berkembang. Puspitasari *et al.* (2014) menyatakan umur panen tanaman tomat *indeterminate* lebih lambat dibandingkan dengan tanaman tomat *determinate*. Koinange *et al.* (1996) dalam Repinski *et al.* (2012) menambahkan tipe pertumbuhan *determinate* menghasilkan fase generatif buncis lebih cepat sehingga umur awal berbunga umur untuk panen juga akan lebih cepat.

Ketinggian tempat juga menentukan pembungaan tanaman. Tanaman di dataran rendah berbunga lebih awal dibandingkan tanaman yang ditanam di dataran tinggi (Virisy, 2014). Suhu yang lebih tinggi meningkatkan sensitivitas terhadap fotoperiodisme. Sebaliknya, pada suhu rendah, respon penyinaran berkurang sehingga waktu pembungaan akan lebih lambat (Komegay *et al.*, 1993).

Jumlah klaster per tanaman tertinggi adalah galur CSxGI 63-0-24 yaitu 31,85 dan yang terendah adalah CSxGK 50-0-24 yaitu 11,15. Galur CSxGI 63-33-31 memiliki jumlah klaster yang tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding dan tetua Gogo kuning yaitu 31,85. Namun, jumlah polong per klaster galur

CSxGI 63-33-31 tidak berbeda nyata dengan tetua Gilik ijo dan varietas Lebat 3 yaitu 6,35. Galur CSxGI 63-0-24 dan CSxGK 50-0-24 memiliki jumlah klaster yang tidak berbeda nyata dan berbeda nyata lebih rendah dengan varietas lebat 3 yaitu 4,15 dan 4,25. Sementara jumlah polong per tanaman galur CSxGI 63-33-31 tidak berbeda nyata dengan tetua Gilik ijo namun berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan varietas lebat 3 yaitu 116,70, kemudian Galur CSxGI 63-0-24 juga memiliki jumlah polong per tanaman yang berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan varietas lebat 3 yaitu 92 dan galur CSxGK 50-0-24 memiliki jumlah polong per tanaman yang berbeda nyata lebih rendah dibandingkan varietas lebat 3 yaitu 55,05. Menurut Soedomo (2012) jumlah klaster per tanaman tidak terlalu mempengaruhi buah yang terbentuk atau produktivitas. Rizqiyah *et al.* (2014) menyatakan terdapat korelasi positif antara jumlah polong per klaster dengan bobot polong per tanaman. Hal ini menunjukkan ketika jumlah polong per klaster meningkat maka jumlah polong per tanaman meningkat yang kemudian akan meningkatkan bobot total polong per tanaman

Menurut Rick dan Holle (1990) dalam Soedomo (2012) jumlah buah per klaster dan jumlah buah per tanaman murni diturunkan dari sifat genetik. Selain itu, pembentukan buah sangat dipengaruhi oleh ketahanan bunga terhadap suhu ekstrem dalam proses fertilisasi dan pembuahan (Opena *et al.*, 1987 dalam Soedomo, 2012).

Panjang polong tiga galur buncis generasi F₆ tidak berbeda nyata dan berbeda nyata lebih kecil dibandingkan tetua Gogo kuning (18,03 cm) dan varietas Lebat 3 (16,21 cm). Panjang polong galur CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-0-24 dan CSxGI 63-33-31 berturut-turut adalah 15,63 cm, 14,98 cm, dan 15,34 cm. Diameter polong terlebar adalah Galur CSxGK 50-0-24 yaitu 0,98 cm. Galur CSxGI 63-0-24 dan CSxGI 63-33-31 memiliki diameter polong yang tidak berbeda nyata yaitu 0,91 dan 0,92, sedangkan diameter polong tersempit adalah varietas Lebat 3. Hal ini tidak sesuai dengan pernyataan Rizqiyah *et al.* (2014) bahwa terdapat korelasi negatif sangat nyata antara karakter panjang polong terhadap diameter polong.

Galur CSxGK 50-0-24 memiliki polong yang lebih panjang dibandingkan galur CSxGI 63-0-24 dan CSxGI 63-33-31 namun jumlah biji per polong galur CSxGK 50-024 lebih sedikit dibandingkan kedua galur. Menurut Hakim (2007) panjang polong berkorelasi positif sangat nyata dengan jumlah biji pada polong kacang hijau. Namun selain panjang polong, ukuran biji juga mempengaruhi jumlah biji per polong. Menurut Hakim dan Suyamto (2012) ukuran dari biji mempengaruhi jumlah biji per polong kacang hijau. Korelasi antara jumlah biji per polong dengan bobot 100 biji (ukuran biji) tanaman kacang hijau adalah negative nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa galur yang mempunyai jumlah biji per polong banyak cenderung galur tersebut mempunyai ukuran biji kecil.

Bobot per polong galur CSxGK 50-0-24 dan CSxGI 63-33-31 tidak berbeda nyata dengan varietas Lebat 3, namun berbeda nyata lebih kecil dengan tetua Gogo kuning. Galur CSxGI 63-0-24 memiliki bobot per polong yang terkecil yaitu 5,93. Menurut Rizqiyah *et al.* (2014) panjang polong berkorelasi positif nyata terhadap bobot per polong. Panjang dan diameter polong akan meningkatkan bobot per polong karena volume dari polong tersebut meningkat sehingga bobot per polong pun juga akan meningkat.

4.2.4 Keragaman Genetik dan Heritabilitas Dalam Galur Buncis Generasi F₆

Nilai duga heritabilitas menunjukkan apakah suatu karakter dikendalikan oleh faktor genetik atau faktor lingkungan, sehingga dapat diketahui sejauh mana karakter tersebut dapat diturunkan ke keturunan selanjutnya (Lestari *et al.*, 2006). Nilai heritabilitas pada hampir semua karakter pada ketiga galur menunjukkan nilai yang rendah kecuali karakter panjang polong pada galur CSxGK 50-0-24, karakter jumlah polong per tanaman dan bobot total polong per tanaman pada galur CSxGI 63-0-24, dan karakter panjang polong, jumlah polong per tanaman pada galur CSxGI 63-33-31 yang menunjukkan nilai sedang. Menurut Taufik (2010) Nilai heritabilitas rendah menunjukkan bahwa penampilan sebagian besar ciri yang dikaji banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Sedangkan nilai heritabilitas sedang menunjukkan bahwa fenotipe yang muncul dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan dengan proporsi yang sama.

Koefisien keragaman genetik pada karakter pada ketiga galur menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan koefisien keragaman fenotipnya. Menurut Raffi dan Nath (2004) apabila nilai ragam genotip atau koefisien keragaman genetik lebih rendah dibandingkan ragam fenotip atau koefisien keragaman fenotip, maka mengindikasikan lebih banyak pengaruh lingkungan pada karakter yang muncul.

Nilai heritabilitas yang rendah menunjukkan bahwa keragaman genetik dalam ketiga galur sudah kecil. Secara teori keragaman genetik pada generasi F₆ sangat kecil. Fathony (2006) menyatakan pada tanaman menyerbuk sendiri seperti buncis, akan terjadi penurunan frekuensi heterozigot menjadi setengah disetiap generasinya, setelah beberapa generasi persentase lokus heterozigot akan semakin kecil (Syukur *et al.*, 2012). Keceragaman suatu karakter dalam suatu populasi sangat penting karena keseragaman menunjukkan homogenitas tanaman. Genotip yang seragam memberikan makna bahwa kegiatan seleksi pada karakter-karakter tersebut tidak perlu lagi dilakukan seleksi atau seleksi dihentikan karena secara fenotipe dari karakter tersebut sudah seragam (Aryana, 2010).

4.2.5 Galur Buncis Terpilih Generasi F₆

Seleksi pada generasi F₆ dilakukan pada galur dengan kriteria warna polong kuning 100%, daya hasil tinggi, dan keragaman genetik rendah. Berdasarkan nilai keragaman genetik yang diamati menunjukkan nilai yang rendah pada ketiga galur buncis. Daya hasil tinggi dinilai berdasarkan bobot total polong per tanaman yang sama atau lebih dari varietas pembanding dengan batas seleksi 300 gram pertanaman. 300 gram per tanaman dinilai termasuk daya hasil tinggi berdasarkan rata-rata bobot polong segar tipe tegak yang dikeluarkan Balitsa (Gultom *et al.*, 2016). Galur yang memenuhi kriteria penampilan kualitatif dan kuantitatif tersebut adalah galur CSxGK 50-024 dan CSxGI 63-33-31. Galur CSxGI 63-0-24 tidak ikut terpilih meskipun memiliki keragaman genetik rendah dan daya hasil tinggi yang sama dengan varietas pembanding karena masih terdapat keragaman pada karakter kualitatif warna polong.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Galur CSxGK 50-0-24, CSxGI 63-0-24, dan CSxGI 63-33-31 memiliki potensi hasil berturut-turut sebesar 11,40 ton/ha; 15,46 ton/ha; dan 24,59 ton/ha. Galur CSxGI 63-0-24 memiliki potensi hasil yang sama dengan varietas pembanding Lebat 3 (15,32 ton/ha). CSxGI 63-33-31 memiliki potensi hasil yang sama dengan tetua Gilik Ijo (25,35 ton/ha), tetapi lebih tinggi dari varietas pembanding Lebat 3.
2. Galur CSxGK 50-0-24 dan CSxGI 63-33-31 menunjukkan keseragaman pada karakter kualitatif yaitu tipe pertumbuhan, warna dasar polong, warna standart bunga, dan warna utama biji. Keragaman karakter kualitatif masih terlihat pada galur CSxGI 63-0-24 terutama pada karakter warna dasar polong, warna standart bunga, dan warna utama biji.
3. Heritabilitas arti luas dalam galur buncis generasi F_6 menunjukkan nilai rendah pada hampir semua karakter pengamatan. Koefisien keragaman genetik ketiga galur buncis generasi F_6 menunjukkan nilai rendah pada semua karakter pengamatan. Hal tersebut menunjukkan bahwa keragaman genetik dalam galur sudah kecil atau populasi tersebut sudah seragam.

5.2 Saran

1. Galur CSxGK 50-0-24 dan CSxGI 63-33-31 dapat dilanjutkan pada tahap pengujian multilokasi dalam rangka pelepasan varietas karena memiliki daya hasil tinggi dan telah menunjukkan keseragaman pada karakter kualitatif dan kuantitatif.
2. Galur CSxGI 63-0-24 perlu dilakukan seleksi individu terutama pada karakter kualitatif warna dasar polong, warna standart bunga, dan warna utama biji, kemudian pada generasi selanjutnya (F_7) diamati keragamannya.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1992. Petunjuk Praktis Bertanam Sayuran. Kanisius. Yogyakarta.
- Adiyoga, W., R. Suherman, T. A. Soetiarso. 2004. Laporan Akhir Profil Komoditas Buncis. Proyek/Bagian Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif. Departemen Pertanian.
- Amin, M. N. 2014. Sukses Bertani Buncis Sayuran Obat Kaya Manfaat. Garudhawaca.
- Anonymous. 1998. Laporan Tahunan Balitsa Tahun 1997/1998. Bandung.
- Anonymous. 2007. Buku Panduan Pengujian Individual (PPI) untuk Spesies Buncis.
- Anonymous. 2014. Produktivitas Sayuran di Indonesia, 2010 – 2014. Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura.
- Anonymous. 2016. Budidaya Tanaman Buncis (Online). Available at <http://hortikultura.litbang.pertanian.go.id/teknologi-detail-46.html> (Verified 12 Januari 2016).
- Arif, M., Damanhuri, dan S. L. Purnamaningsih. 2015. Seleksi Galur F3 Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Polong Kuning dan Berdaya Hasil Tinggi. *Jurnal Produksi Tanaman*. 3(2):120-125.
- Aryana, I.G.P. M. 2010. Uji Keseragaman, Heritabilitas dan Kemajuan Genetik Galur Padi Beras Merah Hasil Seleksi Silang Balik Di Lingkungan Gogo. *Crop Agro*. 3(1):12–19.
- Basuki, N. 2005. Genetika Kuantitatif. Unit Penerbitan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Cahyono. 2003. Kacang Buncis, Teknik Budidaya dan Analisis Usaha Tani. Kanisius. Yogyakarta.
- Crowder, L.V. 1997. Genetika Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Fathony, R. 2006. Uji Keseragaman Family F7 Kedelai dari Persilangan Kultivar Slamet dan Wase. Program Studi Pemuliaan Tanaman dan Teknologi Benih Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Skripsi.
- Gomez, K.A dan A.A Gomez. 1995. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian edisi ke 2. UI Press. Jakarta.
- Gultom, C. S., S. L. Purnamaningsih, A. Soegianto. 2016. Keragaman Genetic dan Heritabilitas Karakter Agronomi pada 7 Famili Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Polong Kuning. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Skripsi.
- Hakim. L. 2007. Analisis Korelasi dan Regresi pada Populasi Galur Mutan Kacang Hijau dan Implikasinya dalam Seleksi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 26(2):114-119.

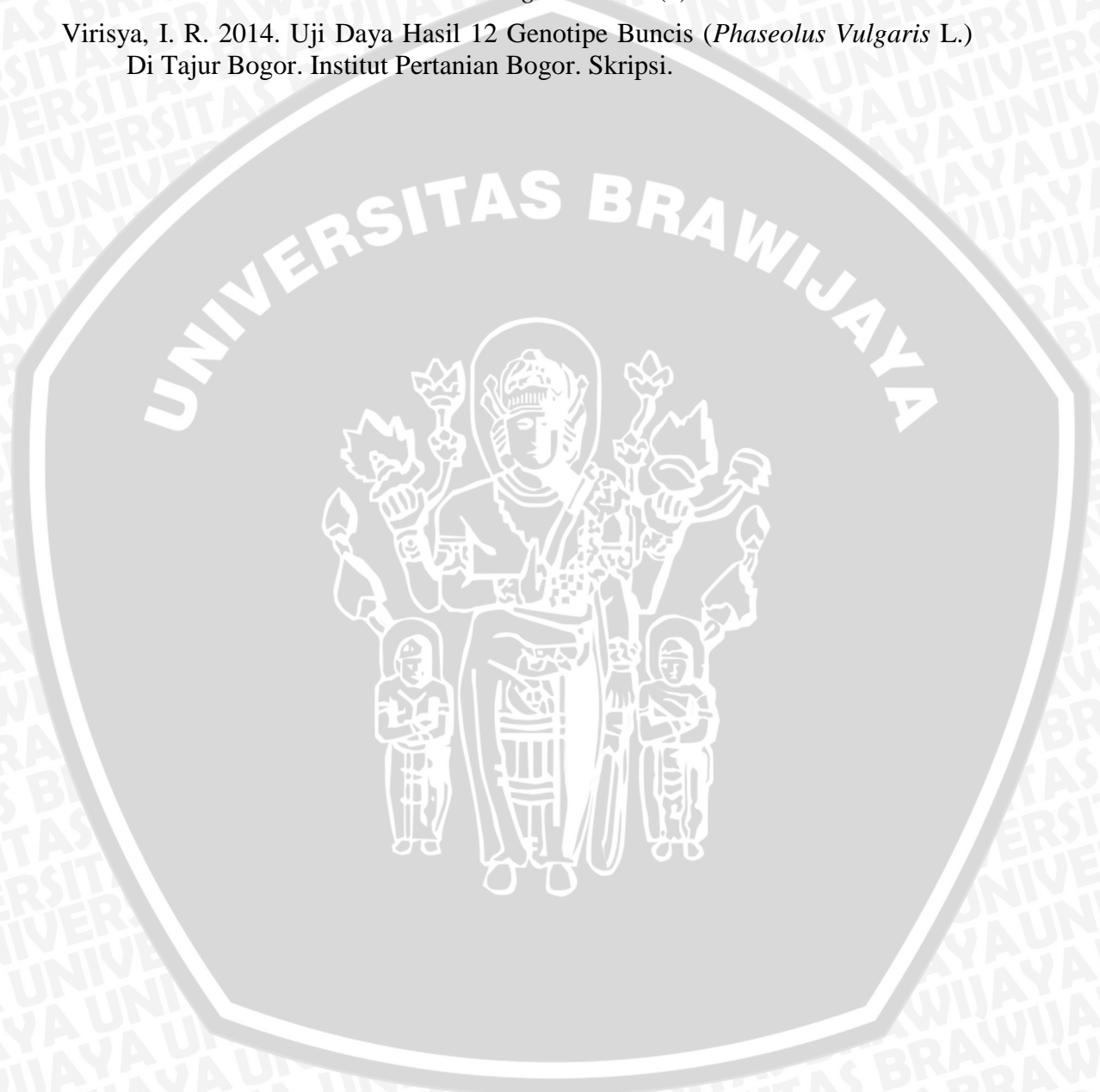
- Hakim, L. dan Suyamto. 2012. Korelasi Antar Karakter dan Sidik Lintas antara Komponen Hasil dengan Hasil Biji Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L) Wilczek). *Berita Biologi*. 11(3):339-349
- Jameela, H., A. N. Sugiharto, dan A. Soegianto. 2014. Keragaman Genetik dan Heritabilitas Karakter Komponen Hasil pada Populasi F2 Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Hasil Persilangan Varietas Introduksi dengan Varietas Lokal. *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(4):324-329.
- Khotimah, K. 2013. Uji Daya Hasil Galur – Galur Mutan Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) Hasil Iradiasi Sinar Gamma di Tanah Masam, Lampung. Departemen Agronomi Dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Skripsi.
- Kornegay, J., J. W. White, J. R. Dominguez, G. Tejada, dan C. Cajiao. 1993. Inheritance Of Photoperiod Response in Andean and Mesoamerican Common Bean. *Crop Science*. 33(5): 977-984.
- Kuswanto, A. Kasno, L. Soetopo, dan T. Hadiastono. 2005. Uji Daya Hasil Pendahuluan dan Seleksi Ketahanan Galur-Galur Harapan Kacang Panjang Unibraw Terhadap CABMV. Publikasi Penelitian Hibah Bersaing XI/3. Universitas Brawijaya. Malang.
- Lestari, A. D., W. Dewi, W. A. Qosim, M. Rahardja, N. Rostini, dan R. Setiamihardja. 2006. Variabilitas Genetik dan Heritabilitas Karakter Komponen Hasil dan Hasil Lima Belas Genotip Cabai Merah. *Zuriat*. 17(1):97-98.
- Maesen, L.J.G, Van Der, dan S. Sadikin, 1992. *Phaseolus vulgaris* L. Plant Resources of South-East Asia. Prosea. Bogor.
- Mangoendidjojo W. 2003. Dasar-dasar Pemuliaan Tanaman. Kanisius. Yogyakarta.
- Nasir, M. 2001. Pengantar Pemuliaan Tanaman. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Oktarisma, F. A., A. Soegianto, dan A. N. Sugiharto. 2013. Pola Pewarisan Sifat Warna Polong pada Hasil Persilangan Tanaman Buncis (*Phaseolus Vulgaris* L.) Varietas Introduksi dengan Varietas Lokal. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(2):81-89.
- Panjaitan, T. D., B. Prasetyo, dan L. Limantara. 2008. Peranan Karotenoid Alami dalam Menangkal Radikal Bebas di dalam Tubuh. *Info Kesehatan Masyarakat*. 12(1):79-86
- Permata, S., Taryono, dan Suyadi. 2015. Hubungan antara Komponen Hasil dan Hasil Wijen. *Vegetalika*. 4(2):112-123.
- Permatasari, I., I. Yulianah, Kuswanto. 2015. Penampilan 12 Famili Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Berpolong Ungu. *Jurnal Produksi Tanaman*. 3(3):233-238.

- Poespodarsono, S. 1988. Dasar - Dasar Pemuliaan Tanaman. PAU IPB. Bogor.
- Puspitasari, Y. D, N. Aini, dan Koesriharti. 2015. Respon Dua Varietas Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) terhadap Aplikasi Zat Pengatur Tumbuh Naphthalene Acetic Acid (NAA). *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(7):566-575.
- Raffi, S. A. Dan U. K. Nath. 2004. Variability, Heritability, Genetic Advance and Relationship Of Yield And Yield Contributing Characters in Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal Of Biological Sciences*. 4(2):157–159.
- Repinski, S. L., M. Kwak, dan P. Gepts. 2012. The Common Bean Growth Habit Gene *PvTfl1y* is A Functional Homolog of Arabidopsis TFL1. *Theoretical And Applied Genetics*. 124(8):1539-1547.
- Rizqiyah, D. A., N. Basuki, A. Soegianto. 2014. Hubungan antara Hasil dan Komponen Hasil pada Tanaman Buncis Generasi F2. *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(4):330–338.
- Rubatzky, V. E. 1998. Sayuran Dunia 2. ITB. Bandung.
- Rukmana, R. 2009. Buncis. Kanisius. Yogyakarta.
- Sa'diyah, N., M. Widiastuti, dan Ardian. 2013. Keragaan, Keragaman, dan Heritabilitas Karakter Agronomi Kacang Panjang (*Vigna unguiculata*) Generasi F₁ Hasil Persilangan Tiga Genotipe. *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(1):32-37
- Setianingsih T, Khaerodin. 2002. Pembudidayaan Buncis Tipe Tegak dan Merambat. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Singh, S. P. 1999. Common Bean Improvement in Twenty-First Century. Springer. U.S.A
- Soedomo, P. Rd. 2012. Uji Daya Hasil Lanjutan Tomat Hibrida Di Dataran Tinggi Jawa Timur. *Jurnal Hortikultura*. 22(1):8–13.
- Soegianto, A. dan S. L. Purnamaningsih. 2014. Perakitan Varietas Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Berdaya Hasil Tinggi dengan Sifat Warna Polong Ungu dan Kuning. Disampaikan Pada Seminar Nasional Peripi 2014 Di Fakultas Pertanian Universitas Jember. Jember.
- Sudarna. 2010. Teknik Pengujian Daya Hasil Lanjutan Beberapa Galur Harapan Padi Sawah Tipe Baru. *Buletin Teknik Pertanian*. 15(2):48-51.
- Sujiprihati, S., G.B. Saleh, and E.S. Ali. 2003. Heritability, Performance and Correlation Studies on Single Crosshybrids Of Tropical Maize. *Asian Journal of Plant Science*. 2(1):51-57.
- Sumarno, Suyamto, A.Widjono. 2007. Kedelai: Teknik Produksi dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, dan R. Yuniarti. 2015. Teknik Pemuliaan Tanaman. Jakarta (Edisi Revisi). Penebar Swadaya. Jakarta.

Taufik, M. Suprpto dan H. Widiyono. 2010. Uji Daya Hasil Pendahuluan Jagung Hibrida di Lahan Ultisol dengan Input Rendah. *Akta Agrosia*. 13(1):70-76.

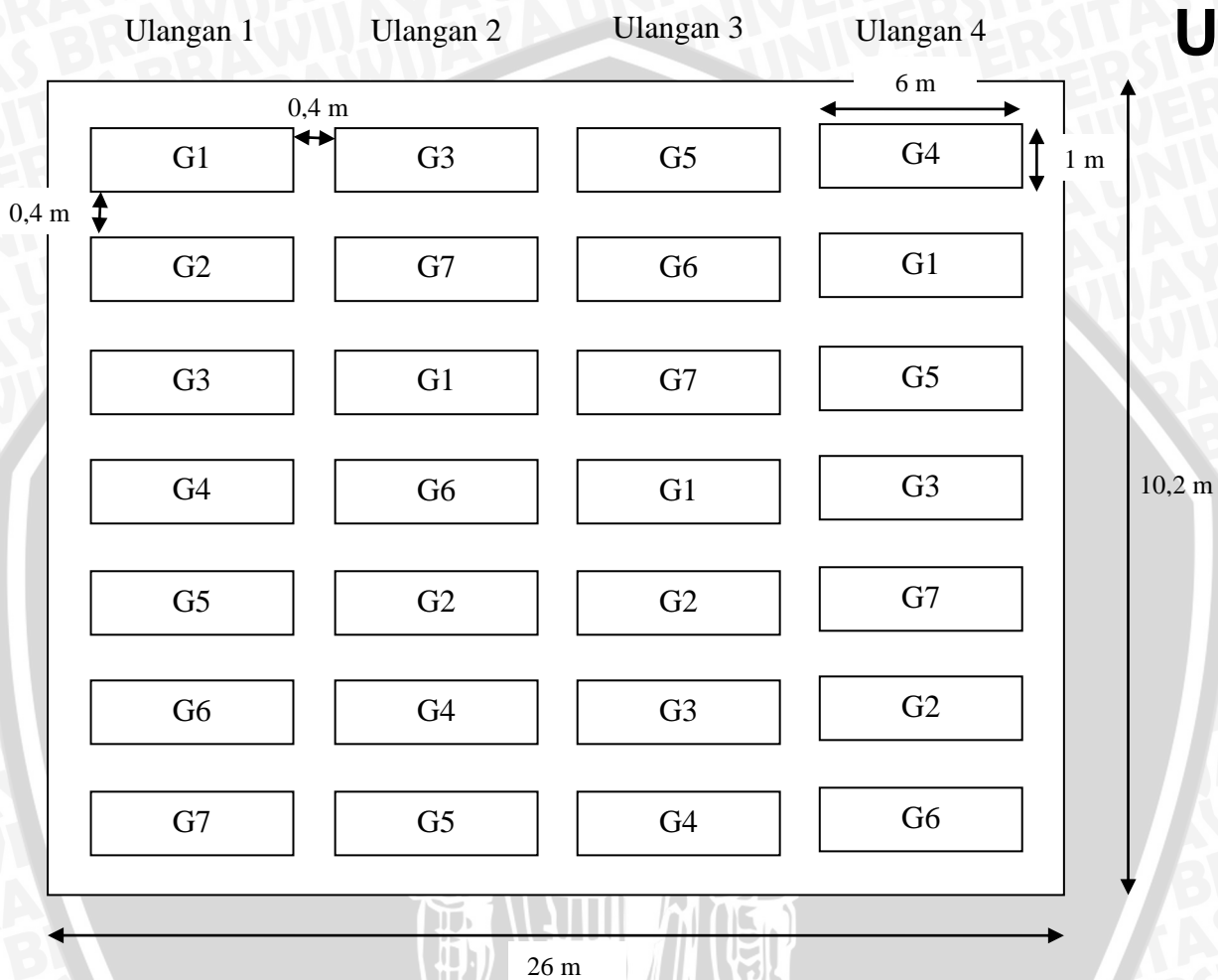
Thomas, M., J. Robertson, dan S. Fukai. 2003. Respon Tanaman Kacang-Kacangan Yang Bersifat Determinate Dan Indeterminate Pada Berbagai Kondisi Ketersediaan Air. *Buletin Agronomi*. 31(1):8-14.

Virisya, I. R. 2014. Uji Daya Hasil 12 Genotipe Buncis (*Phaseolus Vulgaris* L.) Di Tajur Bogor. Institut Pertanian Bogor. Skripsi.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah percobaan



Keterangan :

G1 = CSxGK 50-0-24

G2 = CSxGI 63-0-24

G3 = CSxGI 63-33-31

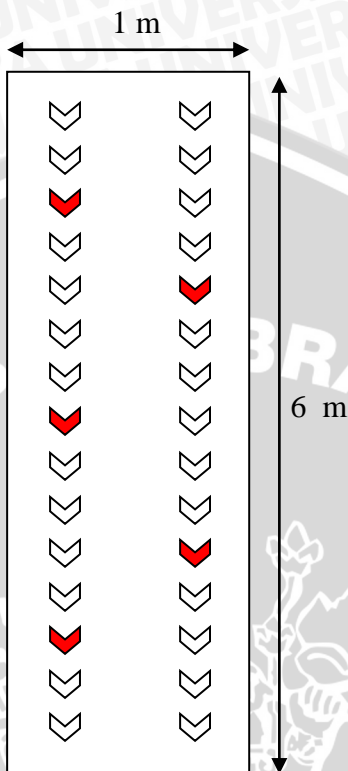
G4 = Cherokee sun

G5 = Gilik ijo

G6 = Gogo kuning

G7 = Lebat 3

Lampiran 2. Petak percobaan



Keterangan :

▼ = Sampel pengamatan

Lampiran 3. Rekapitulasi rerata karakter agronomi galur buncis generasi F₆

| Karakter | CSxGK 50-0-24 | CSxGI 63-0-24 | CSxGI 63-33-31 | Cherokee sun | Gilik ijo | Gogo kuning | Lebat 3 |
|------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|---------|
| Umur awal berbunga (hst) | 38,00 | 41,75 | 44,75 | 34,50 | 44,00 | 42,00 | 42,75 |
| Umur awal panen (hst) | 49,00 | 61,50 | 58,25 | 48,00 | 60,75 | 56,00 | 55,75 |
| Jumlah cluster per tanaman | 11,15 | 31,85 | 26,43 | 13,83 | 33,48 | 22,75 | 27,03 |
| Jumlah polong per cluster | 4,25 | 4,15 | 6,35 | 4,90 | 5,50 | 4,95 | 5,45 |
| Panjang polong (cm) | 15,63 | 14,98 | 15,34 | 15,59 | 13,19 | 18,03 | 16,21 |
| Diameter polong(cm) | 0,98 | 0,91 | 0,92 | 0,99 | 0,87 | 0,95 | 0,80 |
| Jumlah biji per polong | 7,02 | 7,27 | 8,03 | 6,96 | 7,13 | 9,32 | 7,99 |
| Berat per polong (g) | 7,29 | 5,93 | 7,09 | 7,47 | 6,13 | 8,37 | 7,06 |
| Jumlah polong per tanaman | 55,05 | 92,00 | 116,70 | 51,45 | 140,25 | 68,80 | 72,75 |
| Berat total polong per tanaman (g) | 364,74 | 494,75 | 786,98 | 361,33 | 811,16 | 559,86 | 490,11 |
| Potensi hasil (ton/ha) | 11,40 | 15,46 | 24,59 | 11,29 | 25,35 | 17,50 | 15,32 |

Lampiran 4. Rekapitulasi nilai ragam genotip, ragam fenotip, koefisien keragaman genetik (KKG), koefisien keragaman fenotip (KKF), dan heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) karakter agronomi antar galur buncis generasi F_6

| Karakter | σ^2_g | σ^2_e | σ^2_p | KKG | KKF | h^2_{bs} |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|------------|
| Umur awal berbunga (hst) | 12,96 | 0,69 | 13,67 | 8,76 r | 8,99 r | 0,94 t |
| Umur awal panen (hst) | 27,59 | 2,84 | 30,44 | 9,44 r | 9,92 r | 0,90 t |
| Jumlah cluster per tanaman | 70,62 | 8,37 | 79,00 | 35,33 s | 37,36 s | 0,89 t |
| Jumlah polong per cluster | 0,44 | 0,57 | 1,01 | 13,13 r | 19,86 r | 0,43 s |
| Panjang polong (cm) | 2,06 | 0,12 | 2,18 | 9,22 r | 9,49 r | 0,94 t |
| Diameter polong(cm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,07 r | 7,29 r | 0,94 t |
| Jumlah biji per polong | 0,71 | 0,03 | 0,75 | 10,98 r | 11,28 r | 0,94 t |
| Berat per polong (g) | 0,66 | 0,08 | 0,75 | 11,58 r | 12,28 r | 0,88 t |
| Jumlah polong per tanaman | 972,48 | 470,73 | 1443,21 | 36,56 s | 44,54 s | 0,67 t |
| Berat total polong per tanaman (g) | 29280,04 | 16857,73 | 46137,77 | 30,95 s | 38,86 s | 0,63 t |

Keterangan : σ^2_g = Ragam genotip, σ^2_e = Ragam lingkungan, σ^2_p = Ragam fenotip, KKG = Koefisien keragaman genetik, KKF = Koefisien keragaman fenotip, h^2_{bs} = Heritabilitas arti luas, kategori : r = rendah, ar = agak rendah, s = sedang, at = agak tinggi, t = tinggi

Lampiran 5. Perhitungan lahan efektif dan kebutuhan pupuk

Luas petak percobaan : 6 m x 1 m
 Jumlah petak : 28 petak
 Jumlah tanaman per petak : 30 tanaman

Lahan Efektif : 100% - lahan tidak efektif
 : 100% - $\left(\frac{\text{jarak antar bedengan} - \text{jarak tanam}}{\text{jarak antar bedengan} + \text{jarak tanam}} \times 100\%\right)$
 : 100% - $\left(\frac{0,4 - 0,24}{0,4 + 0,24} \times 100\%\right)$
 : 100% - 25%
 : 75%

Pemupukan Pertama (0 HST)

- Urea

Rekomendasi : 62 kg.ha⁻¹

Kebutuhan Urea per petak : $\frac{\text{Luas Petak}}{10.000 \text{ m}^2} \times \text{rekomendasi}$
 : $\frac{6 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{10.000 \text{ m}^2} \times 62 \text{ kg}$
 : 0,0372 kg
 : 37,2 g

Kebutuhan Urea per tanaman : $\frac{\text{Kebutuhan Urea per petak}}{\text{Jumlah tanaman}}$
 : $\frac{0,0372 \text{ kg}}{30 \text{ tanaman}}$
 : 0,00124 kg
 : 1,24 g

Kebutuhan Urea seluruh petak : Kebutuhan Urea per petak x Jumlah Petak
 : 0,0372 kg x 28 petak
 : 1,0416 kg

- SP36

Rekomendasi : 250 kg.ha⁻¹

Kebutuhan SP36 per petak : $\frac{\text{Luas Petak}}{10.000 \text{ m}^2} \times \text{rekomendasi}$
 : $\frac{6 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{10.000 \text{ m}^2} \times 250 \text{ kg}$
 : 0,15 kg
 : 150 g

Kebutuhan SP36 per tanaman : $\frac{\text{Kebutuhan SP36 per petak}}{\text{Jumlah tanaman}}$
 : $\frac{0,15 \text{ kg}}{30 \text{ tanaman}}$
 : 0,005 kg
 : 5 g

Kebutuhan SP36 seluruh petak : Kebutuhan SP36 per petak x Jumlah Petak
 : 0,15 kg x 28 petak
 : 4,2 kg

- KCl

Rekomendasi : 90 kg.ha⁻¹

Kebutuhan KCl per petak : $\frac{\text{Luas Petak}}{10.000 \text{ m}^2} \times \text{rekomendasi}$
 : $\frac{6 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{10.000 \text{ m}^2} \times 90 \text{ kg}$
 : 0,054 kg

: 54 g

Kebutuhan KCl per tanaman : $\frac{\text{Kebutuhan KCl per petak}}{\text{Jumlah tanaman}}$
 : $\frac{0,054 \text{ kg}}{30 \text{ tanaman}}$

: 0,0018 kg

: 1,8 g

Kebutuhan KCl seluruh petak : Kebutuhan KCl per petak x Jumlah Petak
 : 0,054 kg x 28 petak
 : 1,512 kg

Pemupukan Kedua (14 HST)

- Urea

Rekomendasi : 62 kg.ha⁻¹

Kebutuhan Urea per petak : $\frac{\text{Luas Petak}}{10.000 \text{ m}^2} \times \text{rekomendasi}$
 : $\frac{6 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{10.000 \text{ m}^2} \times 62 \text{ kg}$
 : 0,0372 kg

: 37,2 g

Kebutuhan Urea per tanaman : $\frac{\text{Kebutuhan Urea per petak}}{\text{Jumlah tanaman}}$
 : $\frac{0,0372 \text{ kg}}{30 \text{ tanaman}}$

: 0,00124 kg

: 1,24 g

Kebutuhan Urea seluruh petak : Kebutuhan Urea per petak x Jumlah Petak
 : 0,0372 kg x 28 petak
 : 1,0416 kg

- KCl

Rekomendasi : 45 kg.ha⁻¹

Kebutuhan KCl per petak : $\frac{\text{Luas Petak}}{10.000 \text{ m}^2} \times \text{rekomendasi}$
 : $\frac{6 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{10.000 \text{ m}^2} \times 45 \text{ kg}$
 : 0,027 kg

: 27 g



$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan KCl per tanaman} &: \frac{\text{Kebutuhan KCl per petak}}{\text{Jumlah tanaman}} \\ &: \frac{0,027 \text{ kg}}{30 \text{ tanaman}} \\ &: 0,0009 \text{ kg} \\ &: 0,9 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan KCl seluruh petak} &: \text{Kebutuhan KCl per petak} \times \text{Jumlah Petak} \\ &: 0,027 \text{ kg} \times 24 \text{ petak} \\ &: 0,756 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pemupukan Ketiga (28 HST)

- Urea

Rekomendasi : 62 kg.ha⁻¹

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Urea per petak} &: \frac{\text{Luas Petak}}{10.000 \text{ m}^2} \times \text{rekomendasi} \\ &: \frac{6 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{10.000 \text{ m}^2} \times 62 \text{ kg} \\ &: 0,0372 \text{ kg} \\ &: 37,2 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Urea per tanaman} &: \frac{\text{Kebutuhan Urea per petak}}{\text{Jumlah tanaman}} \\ &: \frac{0,0372 \text{ kg}}{30 \text{ tanaman}} \\ &: 0,00124 \text{ kg} \\ &: 1,24 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Urea seluruh petak} &: \text{Kebutuhan Urea per petak} \times \text{Jumlah Petak} \\ &: 0,0372 \text{ kg} \times 28 \text{ petak} \\ &: 1,0416 \text{ kg} \end{aligned}$$

- KCl

Rekomendasi : 45 kg.ha⁻¹

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan KCl per petak} &: \frac{\text{Luas Petak}}{10.000 \text{ m}^2} \times \text{rekomendasi} \\ &: \frac{6 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{10.000 \text{ m}^2} \times 45 \text{ kg} \\ &: 0,027 \text{ kg} \\ &: 27 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan KCl per tanaman} &: \frac{\text{Kebutuhan KCl per petak}}{\text{Jumlah tanaman}} \\ &: \frac{0,027 \text{ kg}}{30 \text{ tanaman}} \\ &: 0,0009 \text{ kg} \\ &: 0,9 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan KCl seluruh petak} &: \text{Kebutuhan KCl per petak} \times \text{Jumlah Petak} \\ &: 0,027 \text{ kg} \times 24 \text{ petak} \\ &: 0,756 \text{ kg} \end{aligned}$$