



1.1 Latar Belakang

Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) merupakan salah satu sayuran yang sangat potensial untuk dikembangkan. Tanaman ini dapat menjadi pendamping bahkan pengganti kedelai dalam memenuhi kebutuhan nasional, karena kandungan protein kecipir mirip dengan kedelai (Mnembuka dan Eggum 1995; Ningombam *et al.* 2012; Handayani 2013). Keberadaan tanaman kecipir di Indonesia saat ini sudah jarang ditemui dan biasanya ditanam sebagai tanaman pagar di pekarangan rumah. Hal ini mungkin disebabkan oleh kurangnya pengetahuan masyarakat akan manfaat dan cara pengolahannya. Padahal produktivitas kecipir jika dibandingkan kacang tanah dan kedelai relatif lebih tinggi. Produktivitas kecipir mencapai $35,50 - 40$ ton ha^{-1} polong muda atau setara dengan 4,50 ton ha^{-1} biji kering (Rukmana 2000), sedangkan kedelai memiliki potensi hasil hingga 2,20 ton ha^{-1} biji kering (Hastini *et al.* 2015). Meninjau potensi yang dimiliki, tanaman kecipir perlu tetap dilestarikan dengan menjaga keberlanjutan produksinya.

Pusat asal-usul kecipir menurut Eagleton *et al.* (1981) diperkirakan terdapat di Papua Nugini, Indonesia, Mauritius, Madagaskar, dan India, sedangkan pusat keanekaragaman 1enotyp terbesar berada di Papua Nugini dan Indonesia. Kecipir telah lama dibudidayakan di Asia Tenggara dan Asia Selatan, meliputi India, Sri Lanka, Bangladesh, Myanmar, Malaysia, Thailand, Laos, Kamboja, Filipina, dan Indonesia. Thailand dan Bangladesh merupakan dua negara yang memiliki varietas kecipir paling banyak (Krisnawati 2010). Indonesia masih belum tersedia varietas yang sesuai dengan keinginan petani, kecipir lokal yang ada di Indonesia umumnya berumur panjang hingga sekitar enam bulan untuk produksi polong. Sementara di negara lain seperti Thailand telah mengembangkan galur kecipir yang berumur genjah namun tidak adaptif dengan iklim tropis basah Indonesia.

Keragaman plasma nutfaf kecipir yang sangat besar ini dapat menjadi dasar pemulia untuk memperbaiki karakter tanaman sesuai dengan kebutuhan manusia. IBPGR (1979) melaporkan bahwa koleksi aksesi kecipir terbanyak terdapat di Thailand, yakni mencapai 500 aksesi, diikuti oleh Bangladesh dengan 200 aksesi. Ragam kecipir di Indonesia cukup banyak dan diperkirakan tidak kurang dari 100 aksesi, namun hingga kini belum dilakukan koleksi. Pemulia dapat menggunakan interaksi genotipe dan interaksi dengan lingkungan untuk mengembangkan varietas unggul baru yang spesifik lingkungan atau varietas yang beradaptasi luas (Kusumah 2010). Galur-galur lokal dapat dimanfaatkan untuk disilangkan dengan galur-galur introduksi berumur genjah, dan memiliki produktivitas yang tinggi untuk mendapatkan varietas unggul.

Interaksi genotipe x lingkungan merupakan variasi yang muncul akibat pengaruh bersama genetik dan lingkungan. Interaksi genotipe x lingkungan menjadi hal yang menarik bagi pemulia untuk mengevaluasi stabilitas hasil pada berbagai lingkungan. Kemampuan tanaman bertahan dalam berbagai kondisi lingkungan, berdaya hasil tinggi dan stabil merupakan pertimbangan penting dalam pemuliaan tanaman.

Berbagai metode untuk menguji dan analisis interaksi genotipe x lingkungan dalam memilih atau menyeleksi galur harapan. Beberapa metode analisis yang

I PENDAHULUAN



dikenal yaitu koefisien regresi Finlay dan Wilkinson (1963), kuadrat simpangan regresi Eberhart dan Russell (1966), Francis dan Kannenberg (1978), metode AMMI (*additive main effect and multiplicative interaction*), serta metode non parametrik yang didasari rangking genotipe pada masing-masing lingkungan seperti metode Nassar dan Huehn (1987), Kang (1988), Fox (1990), Thennarasu (1995). Setiap metode tersebut memiliki keunggulan masing-masing sehingga dapat memberikan gambaran pola respon genotipe terhadap perubahan lingkungan dan dapat digunakan petani dalam memilih varietas yang sesuai dengan lingkungan agar mendapatkan produksi yang optimal. Dikarenakan minimnya data mengenai nilai duga heritabilitas kecipir, nilai stabilitas hasil kecipir, oleh sebab itu penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memperoleh informasi nilai heritabilitas, stabilitas hasil kecipir, serta mendapatkan berbagai varietas kecipir.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk : (1) mengidentifikasi nilai duga komponen ragam dan heritabilitas beberapa karakter kecipir, (2) memperoleh informasi keragaan kandungan nutrisi dan daya hasil, (3) mengidentifikasi galur harapan kecipir yang memiliki stabil dan potensi hasil yang tinggi.

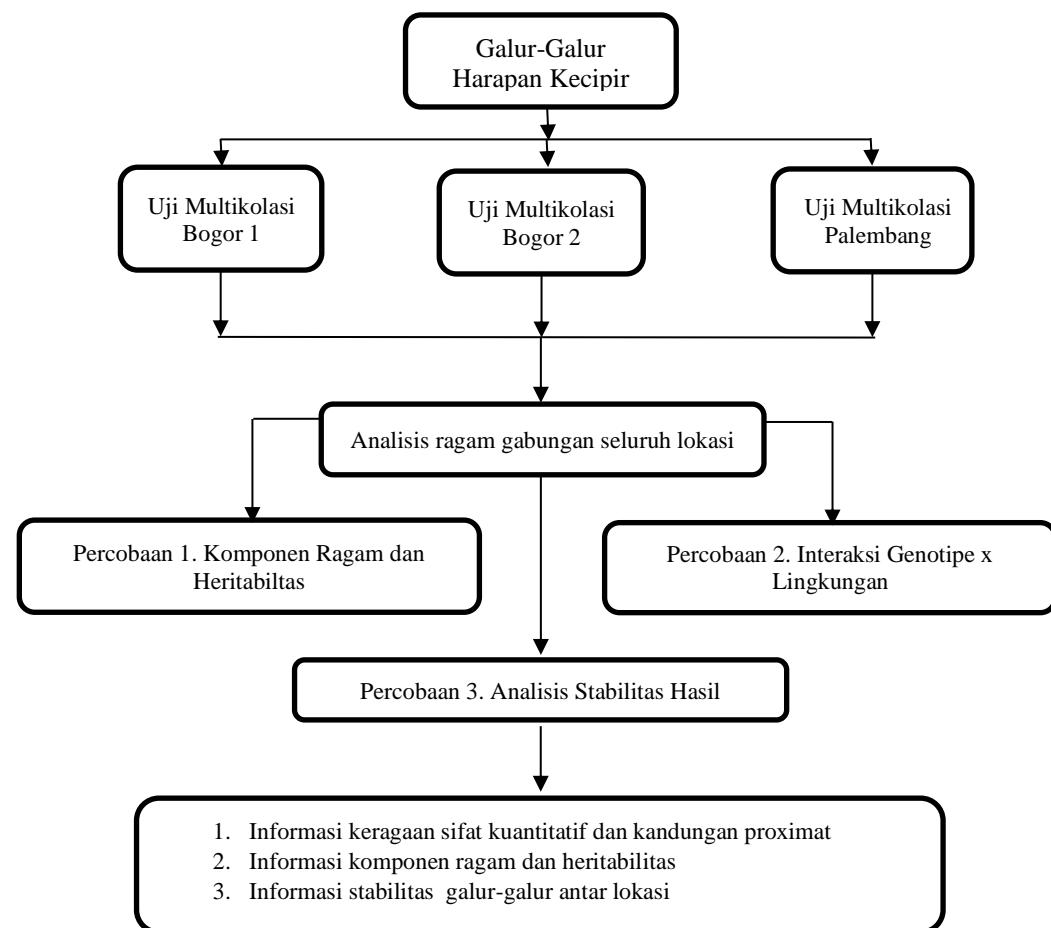
1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah : (1) terdapat karakter-karakter kecipir yang memiliki nilai heritabilitas tinggi, (2) terdapat keragaman kandungan proksimat dan daya hasil antar galur kecipir, (3) terdapat galur kecipir yang stabil dan memiliki potensi hasil yang lebih tinggi dibandingkan pembanding.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini merupakan rangkaian dari penelitian perakitan varietas kecipir. Penelitian ini dimulai dengan melakukan persilangan, evaluasi pendahuluan dan evaluasi lanjutan, setelah dilakukan seleksi diperoleh 9 galur harapan. Galur-galur harapan ini diuji stabilitas daya hasil melalui uji multi lingkungan. Uji multi lingkungan ini merupakan awal dari serangkaian analisis stabilitas hasil kecipir yang dilaksanakan pada tiga lingkungan yaitu dua musim tanam dilakukan di Bogor dan musim tanam di Palembang.

Data yang diperoleh dari tiga lingkungan percobaan dilakukan pengujian interaksi genotipe x lingkungan. Menentukan nilai duga komponen ragam dan heritabilitas, serta analisis stabilitas hasil dilakukan apabila terjadi interaksi antara genotipe x lingkungan. Analisis stabilitas hasil menggunakan dua variabel, yaitu produktivitas polong muda dan produktivitas biji. Hasil analisis stabilitas digunakan untuk memilih galur yang paling stabil.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kecipir

Kecipir merupakan tanaman yang tumbuh pada iklim tropis dan dikenal sebagai kedelai daerah tropis yang memiliki potensi kandungan nutrisi yang tinggi (Amoo *et al.* 2011). Tanaman ini merupakan tanaman asli Indonesia dan diperkirakan juga berasal dari pantai Timur Afrika, meskipun pusat keragamannya berpindah ke pulau-pulau di Pasifik Selatan, terutama di Papua Nugini (Khan 1994). Kallo (1993) menyatakan pusat asal-usul kecipir berasal di Papua Nugini, Mauritius, Madagaskar, dan India, kemudian di introduksi ke pulau-pulau pasifik dan Hindia Barat. Beberapa jenis kecipir berasal dari Afrika Timur, Jamaika, dan Brazil (Zeven dan de Wet 1982; Harder dan Smartt 1992). Kecipir ini telah tumbuh secara luas di sebagian besar Asia, terutama India, Asia Tenggara, Indonesia, dan Papua Nugini, serta di beberapa bagian Afrika (Verdcourt dan Halliday 1978). Pusat keanekaragaman genetik terbesar berada di Papua Nugini dan Indonesia. Di kawasan Asia Tenggara dan Kepulauan Pasifik, kecipir ditanam sebagai sayuran sampingan, sedangkan di Myanmar dan Papua Nugini kecipir dibudidayakan dalam skala produksi.

Tanaman kecipir diperkirakan masuk ke Indonesia pada abad ke-17 (Bhumiratana 1978). Namun, hingga kini kecipir belum dibudidayakan secara meluas, hanya sebagai tanaman pagar sehingga belum diketahui luas pertanamannya, potensi hasilnya maupun keuntungan dari budidaya kecipir. Hal ini berbeda dengan di negara lain yang telah membudidayakan kecipir secara komersial, seperti Myanmar dan Nigeria. Namun hingga kini, kecipir belum menjadi tanaman utama yang dibudidayakan secara luas di Indonesia. Hal ini berbeda dengan di negara lain yang telah membudidayakan kecipir sebagai tanaman pangan, seperti Papua Nugini, Myanmar dan Thailand (National Academy Science 1981). Kecipir dapat dijadikan sebagai bahan pangan sebab kandungan zat gizinya yang kaya serta daya adaptasi kecipir yang baik di daerah tropis.

Kecipir merupakan tanaman merambat yang tingginya dapat mencapai 3 – 4 m. Batang pada umumnya berwarna hijau, tetapi beberapa jenis lainnya terlihat warna keunguan atau kecoklatan. Bentuk daun tanaman kecipir berbentuk trifoliat dan tulang daunnya menyirip. Warna bunga pada umumnya berwarna biru, putih ataupun ungu. Struktur akar tanaman kecipir sama seperti tanaman kedelai yang memiliki bintil akar. Buah kecipir berbentuk polong segi empat dan warnanya bervariasi, diantaranya warna hijau, coklat dan hitam keunguan. Setiap individu polong dapat berisi 5 – 20 biji dengan kisaran bobot 0,04 – 0,64 g per biji (National Academy Science 1981). Panjang polong kecipir berkisar 15 – 40 cm, yang di bagian pinggirnya berombak, bergerigi atau berlekuk. Oleh karena itu kecipir disebut “kacang bersayap” atau *winged bean*. Lebar sayap 0,30 – 1 cm, berwarna kuning-hijau, hijau atau krem, dan kadang-kadang disertai lurik merah. Biji kecipir memiliki kadar protein yang tinggi sekitar 29,8 – 39,0 % sehingga dapat dijadikan alternatif sumber protein nabati selain kedelai (National Academy of Science 1981). Kandungan protein dari kecipir (33,83%) lebih tinggi dari kacang tunggak (22,5%), kacang polong (22,4%), kacang lima (23,3%) dan sebanding bahkan dapat melebihi kandungan protein kedelai (35%) (Aletor dan Aladetimi 1989; Amoo *et al.* 2011).



2.2 Pemuliaan Kecipir

Kecipir merupakan tanaman menyerbuk sendiri dengan presentasi penyerbukan silang yang rendah. Metode pemuliaan kecipir sama dengan metode pemuliaan tanaman menyerbuk sendiri lainnya. Varietas utama yang dihasilkan dari kegiatan pemuliaan kecipir adalah varietas galur murni. Metode seleksi pemuliaan kecipir dapat meliputi seleksi silsilah (*pedigree*), seleksi massa, seleksi galur murni dan seleksi *bulk*. Program pemuliaan tanaman salah satunya bertujuan untuk mendapatkan karakter kuantitatif dengan hasil yang tinggi. Menurut Fehr (1987) karakter kuantitatif dikendalikan oleh banyak gen dan pengaruh masing-masing gen terhadap penampilan karakter (fenotipe) lebih kecil dan bersifat aditif, walaupun gen-gen tersebut secara bersama-sama mempunyai pengaruh yang lebih besar dari pengaruh lingkungan.

Bahan pemuliaan tanaman dapat berupa varietas introduksi, lokal, atau unggul nasional (Fitriani *et al.*, 2013). Genotipe lokal tanaman kecipir sangat berpotensi untuk dikembangkan karena kandungan protein kecipir yang tinggi. Selain itu juga dikarenakan belum optimalnya pemanfaatan kecipir sehingga peluang masih terbuka lebar. Kecipir merupakan tanaman yang dapat beradaptasi pada lingkungan yang kering dan minim unsur hara. Oleh sebab itu kecipir memiliki prospek untuk budidaya yang menguntungkan untuk petani dalam mengurangi biaya budidaya.

Kecipir yang dimanfaatkan dalam upaya pemuliaan adalah tanaman berumur panjang dapat disilangkan dengan tanaman kecipir berumur genjah untuk menghasilkan keturunan berumur genjah. Tanaman kecipir juga dapat disilangkan sehingga menghasilkan tanaman kecipir dengan kandungan proksimat lebih tinggi khususnya kandungan zat antioksidan jenis antosianin yang baik bagi tubuh (Winarsi 2007). Indonesia masih belum memiliki varietas kecipir oleh sebab itu hasil dari serangkaian penelitian ini akan menghasilkan varietas tanaman kecipir. Varietas kecipir nantinya juga dapat menjadi varietas yang dapat dikembangkan oleh masyarakat dan juga industri pengolahan kedelai dengan mensubstitusi kedelai dengan kecipir.

2.3 Interaksi Genotipe x Lingkungan

Stabilitas dapat dianalisis dari adanya interaksi genotipe dan lingkungan. Interaksi genotipe lingkungan menjadi penting pada uji stabilitas jika suatu individu yang merupakan bagian dari populasi tidak menunjukkan penampilan yang berbeda nyata pada lokasi berbeda. Tanaman dalam pertumbuhannya merupakan fungsi dari genotipe dan lingkungan (Allard 1960). Interaksi genotipe dan lingkungan terjadi bila penampilan nisbi (*relative performance*) atau peringkat genotipe hasil beberapa genotipe akan berubah dengan perubahan lingkungan. Hal ini menunjukkan mengapa kultivar-kultivar berdaya hasil tinggi yang ditanam pada suatu lingkungan akan memberikan hasil yang berbeda pada lingkungan yang lain. Perbedaan lingkungan yang spesifik memiliki efek lebih besar terhadap genotipe hasil untuk suatu genotipe dibandingkan genotipe yang lain (Falconer dan Mackay 1996).

Penampilan tanaman tergantung kepada genotipe (G), lingkungan dimana tanaman tersebut tumbuh (E), dan interaksi antara genotipe dan lingkungan (G x E). Fischer (1996) menyatakan bahwa keseragaman genotipe (G) terlihat lebih dominan dalam lingkungan (E) sawah, sedangkan interaksi G x E lebih banyak

berpengaruh pada keragaman di lingkungan tada hujan. Masing-masing G, E, dan G x E memberikan kontribusi genotipe pada keragaman fenotipik tanaman.

Pentingnya interaksi G x E menurut Baihaki (2000) bagi pemuliaan adalah dalam kaitannya untuk (1) mengembangkan kultivar yang spesifik lingkungan mikro, tumpeng sari, jarak tanam, jenis tanah, atau musim tanam, (2) mengembangkan kultivar spesifik wilayah, (3) alokasi sumberdaya yang efektif dalam pengujian genotipe dalam musim dan lokasi, (4) stabilitas penampilan hasil (karakter hasil).

Menurut Allard dan Bradshaw (1964), interaksi genotipe x lingkungan bersifat kompleks karena bervariasinya komponen-komponen faktor lingkungan. Yang dan Becker (1991) menyatakan interaksi genotipe x lingkungan sebagai perbedaan yang tidak tetap diantara genotipe-genotipe yang ditanam dalam satu lingkungan ke lingkungan yang lain. Macam interaksi tersebut penting diketahui karena dapat menghambat kemajuan seleksi dan sering mengganggu dalam pemilihan varietas-varietas unggul dalam suatu pengujian varietas (Eberhart dan Russell 1966). Sejumlah prosedur statistik telah dikembangkan untuk menganalisis interaksi G x E, khususnya stabilitas hasil terhadap lingkungan. Kajian interaksi genotipe x lingkungan telah banyak dikemukakan seperti analisis koefisien keragaman Francis dan Kannenberg (1978), komponen ragam rata-rata plaisted dan peterson (1959), komponen ragam untuk interaksi genotipe x lingkungan Plaisted (1960), keragaman stabilitas Shukla (1972), Koefisien regresi Finlay dan Wilkinson (1963), koefisien regresi Perkins dan Jinks (1968), dan kuadrat simpangan regresi Eberhart dan Russell (1966) (Lin *et al.* 1986).

2.4 Heritabilitas

Heritabilitas merupakan suatu tolak ukur yang bersifat kuantitatif menentukan perbedaan penampilan suatu karakter disebabkan oleh faktor genetik atau lingkungan sehingga akan diketahui sejauh mana sifat tersebut akan diturunkan pada generasi selanjutnya (Bari *et al.* 1982). Heritabilitas terbagi menjadi dua yaitu heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) dan heritabilitas arti sempit (h^2_{ns}). Heritabilitas arti luas adalah proporsi relatif ragam genetik terhadap ragam total (ragam genetik ditambah ragam lingkungan). Heritabilitas arti sempit adalah proporsi relatif ragam aditif terhadap ragam total (Roy 2000). Heritabilitas arti luas yaitu untuk menduga seberapa besar pengaruh lingkungan terhadap ekspresi gen pada suatu karakter sedangkan heritabilitas arti sempit ialah untuk menduga seberapa besar sifat aditif diturunkan pada generasi selanjutnya (Falconer dan Mackay 1996).

Nilai heritabilitas secara teoritis berkisar dari 0 sampai 1. Nilai 0 ialah apabila seluruh variasi yang terjadi disebabkan oleh faktor lingkungan sedangkan nilai 1 apabila seluruh variasi disebabkan oleh faktor genetik. Oleh sebab itu nilai heritabilitas akan terletak antara kedua nilai ekstrim tersebut (Welsh 1991). Stansfield (1983) membagi nilai heritabilitas menjadi tiga kategori yaitu nilai heritabilitas tinggi ($h^2 > 50\%$), heritabilitas sedang ($20\% < h^2 < 50\%$), dan nilai heritabilitas rendah ($h^2 < 20\%$).

Besarnya nilai duga heritabilitas sangat penting dalam program pemuliaan tanaman terutama dalam menentukan apakah karakter tersebut dapat digunakan sebagai kriteria seleksi serta kapan waktu yang tepat untuk melakukan seleksi. Menurut Pinaria *et al.* (1995) nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan

seleksi dapat dilakukan sejak generasi awal, sedangkan jika nilai heritabilitas rendah sebaiknya seleksi terhadap karakter tersebut dilakukan pada generasi lanjut.

2.5 Analisis Stabilitas Daya Hasil

Konsep adaptabilitas dan stabilitas harus mampu diestimasi dan dibuktikan secara statistik. Metode analisis stabilitas dikelompokkan menjadi empat kelompok dan tiga konsep stabilitas berdasarkan deviasi pengaruh rata-rata genotipe, pengaruh interaksi genotipe dan lingkungan, serta pengaruh gabungan keduanya (Lin *et al.* 1986). Pengelompokan metode analisis stabilitas tersebut tertera pada Tabel 1.

Kelompok A mendasarkan metode analisisnya pada deviasi pengaruh rata-rata genotipe. Stabilitas diukur berdasarkan pada terbentuknya variasi suatu genotipe dalam berbagai lingkungan. Kelompok B berdasarkan pada pengaruh interaksi genotipe dan lingkungan. Kelompok C dan D didasarkan pada pengaruh gabungan deviasi rata-rata genotipe dan interaksi genotipe dan lingkungan.

Keempat kelompok tersebut mampu menjelaskan tiga konsep stabilitas yang dibuat Lin *et al.* (1986), dimana suatu genotipe dikatakan stabil jika (1) memiliki koefisien keragaman yang kecil dalam lingkungannya, (2) respon terhadap lingkungannya sebanding dengan rata-rata respon seluruh genotipe yang diuji, atau sebanding dengan indeks lingkungannya, (3) memiliki kuadrat tengah sisa yang kecil dari garis regresi indeks lingkungannya. Konsep stabilitas tipe 1 dan 3 bersifat statis, dimana suatu genotipe hanya dapat dilihat stabil atau tidak. Adapun konsep stabilitas tipe 2 bersifat dinamis karena dapat menunjukkan pola stabilitas dan adaptabilitas suatu genotipe. Kelompok A mampu menjelaskan konsep stabil tipe 1, kelompok B mampu menjelaskan konsep stabil tipe 2, kelompok D menjelaskan konsep stabil tipe 3, sedangkan kelompok C menjelaskan konsep stabil tipe 1 dan 2. Keempat kelompok metode analisis stabilitas disajikan pada Tabel 1.

Analisis stabilitas Finlay dan Wilkinson (1963) didasarkan pada koefisien regresi (b_i) antara hasil rata-rata suatu genotipe dengan rata-rata umum semua genotipe yang diuji dan semua lingkungan pengujian. Analisis ini dapat menjelaskan fenomena stabilitas dan adaptabilitas suatu genotipe. Genotipe yang mempunyai slope regresi (b_i) : > 1 , $= 1$, dan < 1 berturut-turut mempunyai stabilitas di bawah rata-rata, setara rata-rata, dan di atas rata-rata.

Eberhart dan Russell (1966) mengembangkan metode pengujian stabilitas yang didasarkan pada deviasi dari regresi nilai rata-rata genotipe pada indeks lokasi (lingkungan). Suatu genotipe dikatakan stabil hanya bila kuadrat tengah sisa dari garis regresi adalah kecil. Nilai s^2_{di} (parameter deviasi) yang besar atau R_{i2} (koefisien determinasi) yang kecil menunjukkan bahwa model regresi yang diperoleh tidak menggambarkan data yang sebenarnya dan dengan sendirinya tidak dapat dipakai sebagai ukuran stabilitas.

Tabel 1 Pengelompokan metode analisis stabilitas oleh Lin *et al.* (1986)

Kelompok	Tipe	Persamaan Model	Penggagas	Konsep Stabilitas
A	1	$S_i^2 = \sum_{j=1}^q \left(X_{ij} - \bar{X}_{..} \right)^2 / (q-1)$	Francis & Kannenberg (1978)	Statik
	1	$CV_i = S_i / \bar{X}_{..}$		
	2	$\theta_i = \frac{p}{2(p-1)(q-1)} \sum_{j=1}^q \left(X_{ij} - \bar{X}_{..} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..} \right) + \frac{SS(GE)}{2(p-1)(q-1)}$	Plaisted & Peterson (1959)	Dinamis
	2	$\theta_i = \frac{-p}{(p-1)(p-2)(q-1)} \sum_{j=1}^q X_{ij} - \bar{X}_{..} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..} + \frac{SS(GE)}{(p-2)(q-1)}$		
C	2	$W_i^2 = \sum_{j=1}^q \left(X_{ij} - \bar{X}_{..} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..} \right)$	Wrinkle (1962)	Dinamis
	2	$\sigma_i^2 = \frac{p}{2(p-1)(q-1)} \sum_{j=1}^q \left(X_{ij} - \bar{X}_{..} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..} \right) + \frac{SS(GE)}{(p-1)(p-2)(q-1)}$	Shukla (1972)	Dinamis
	2	$b_i = \sum_{j=1}^q \left(X_{ij} - \bar{X}_{..} \right) / \sum_{j=1}^q \left(\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..} \right)^2$	Finlay & Wilkinson (1963)	Dinamis / Statik
	2	$\beta_i = \sum_{j=1}^q \left(X_{ij} - \bar{X}_{..} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..} \right) \left(\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..} \right) / \sum_{j=1}^q \left(\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..} \right)^2$	Perkins & Jinks (1968)	Dinamis
D	3	$\delta_i^2 = \frac{1}{(q-2)} \left[\sum_{j=1}^q \left(X_{ij} - \bar{X}_{..} \right)^2 - \beta_i^2 \sum_{j=1}^q \left(\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..} \right)^2 \right]$	Eberhart & Russell (1968)	Dinamis
	3	$\delta_i^2 = \frac{1}{(q-2)} \left[\sum_{j=1}^q \left(X_{ij} - \bar{X}_{..} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..} \right)^2 - \beta_i^2 \sum_{j=1}^q \left(\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..} \right)^2 \right]$	Perkins & Jinks (1968)	Dinamis

Metode yang dapat digunakan dalam memvisualisasi dan menjelaskan respon genotipe terhadap lingkungan serta stabilitas daya hasilnya adalah metode *Additive Main Effect and Multiplicative Interaction* (AMMI). Analisis AMMI adalah suatu metode analisis data percobaan genotipe dengan pengaruh utama perlakuan bersifat aditif, sedangkan pengaruh interaksi dimodelkan dengan model bilinear. Pada dasarnya analisis AMMI menggabungkan analisis ragam aditif dengan pengaruh multiplikatif pada analisis komponen utama (Mattjik dan Sumertajaya 2006). Suatu galur dianggap stabil jika posisinya berada dekat dengan sumbu utama. Galur dianggap spesifik pada lokasi tertentu dapat dilihat melalui posisi masing-masing galur terhadap garis lokasi (Mattjik dan Sumertajaya 2008).

Metode pengukuran stabilitas hasil seperti stabilitas Francis dan Kannenberg, Finlay dan Wilkinson, Stabilitas Eberhart dan Russell, dan AMMI adalah sebagai berikut :

a. Stabilitas Francis dan Kannenberg (1978)

Konsep analisis stabilitas didasarkan pada terbentuknya variasi suatu genotipe dalam berbagai lingkungan. Terbentuknya variasi ini didekati kuadrat tengah genotipe serta koefisien variasi genotipe. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa dengan semakin kecilnya nilai pengukuran, maka semakin stabil genotipe tersebut. Jika nilai CV suatu genotipe kurang dari 20% dikategorikan stabil.

b. Stabilitas Finlay dan Wilkinson (1963)

Ukuran pengaruh lingkungan berasal dari rata-rata produksi dari masing-masing lingkungan dan musim. Regresi didasarkan pada produksi masing-masing varietas di plot terhadap rata-rata populasi. Rata-rata populasi mempunyai koefisien regresi = 1 sebagai genotipe yang stabil. Penambahan nilai koefisien terhadap 1 berarti meningkatkan kepekaan terhadap lingkungan, dan bila penurunan nilai koefisien terhadap 1 berarti meningkatkan ketahanan terhadap lingkungan. Regresi cukup efektif untuk mengetahui respon produksi varietas dalam kisaran lingkungan alami. Batas kisaran lingkungan berkurang akan mengurangi proporsi komponen keragaman bagi interaksi genotipe x lingkungan yang ditunjukkan oleh ragam pada koefisien regresi secara individu.

c. Stabilitas Eberhart dan Russell (1966)

Prinsip stabilitas Eberhart dan Russell yaitu menggabungkan jumlah kuadrat dari lingkungan (E) dan interaksi genotipe x lingkungan (GxE) serta membaginya ke dalam pengaruh linier antar lingkungan (derajat bebas = 1) dan pengaruh linier dari genotipe x lingkungan. Pengaruh residual kuadrat tengah dari model regresi antar lingkungan digunakan sebagai indeks stabilitas. Genotipe stabil bila memiliki nilai deviasi (simpangan) regresi kuadrat tengah $s^2_{di} = 0$ dan memiliki nilai koefisien regresi $b_i = 1$.

d. AMMI (*Additive Main Effect and Multiplicative interaction*)

Analisis AMMI adalah suatu teknik analisis data percobaan dua faktor perlakuan dengan pengaruh utama perlakuan bersifat aditif sedangkan pengaruh interaksi dimodelkan dengan model bilinear. Model AMMI dapat digunakan untuk menganalisis percobaan lokasi ganda. Pada dasarnya analisis AMMI menggabungkan analisis ragam aditif bagi pengaruh utama perlakuan dengan analisis komponen utama ganda dengan permodelan bilinear bagi pengaruh interaksi (Mattjik dan Sumertajaya 2008). AMMI sangat efektif menjelaskan interaksi genotipe dengan lingkungan. Penguraian interaksi dilakukan dengan model bilinear, sehingga kesesuaian tempat tumbuh bagi genotipe akan dapat dipetakan. Selain itu biplot yang digunakan memperjelas pemetaan genotipe dan lingkungan secara simultan (Sumertajaya 2007).





III KOMPONEN KERAGAMAN DAN HERITABILITAS KOMPONEN HASIL BEBERAPA GALUR KECIPIR (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) PADA TIGA LINGKUNGAN

Abstrak

Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) dijuluki sebagai kedelai daerah tropis dengan potensi kandungan gizi yang lebih baik. Kurangnya informasi komponen keragaman dan heritabilitas menjadi salah satu penyebab belum adanya varietas kecipir di Indonesia. Penelitian ini bertujuan memperoleh informasi ragam dan nilai duga heritabilitas kecipir. Penelitian dilakukan di tiga lingkungan yaitu dua mudim tanam di Bogor, dan Palembang yang dilaksanakan pada bulan Januari 2019 sampai dengan Juni 2020. Terdapat 11 karakter yang diamati pada 11 genotipe kecipir diuji. Hasil menunjukkan karakter umur berbunga memiliki nilai koefisien keragaman panjang yang tinggi dan umur berbunga, panjang polong muda, jumlah biji per polong memiliki nilai heritabilitas yang tinggi. Hasil analisis korelasi dan analisis lintas menunjukkan bahwa bobot biji per tanaman, bobot polong muda per plot, bobot biji per plot, memiliki pengaruh langsung positif terhadap produktivitas polong muda dan produktivitas biji.

Kata kunci : Heritabilitas, komponen ragam, korelasi, analisis lintas

3.1 Pendahuluan

Analisis genetik dilakukan untuk menduga nilai komponen ragam, koefisien keragaman dan heritabilitas. Faktor yang harus diperhatikan dalam pelaksanaan seleksi adalah keragaman genetik dan heritabilitas. Efektivitas seleksi untuk memperoleh genotipe unggul ditentukan oleh keragaman genetik pada suatu populasi dan seberapa besar sifat unggul yang diinginkan dapat diturunkan pada generasi selanjutnya (Sleper dan Poehlman 2006).

Keragaman suatu populasi dapat dilihat dari keragaman fenotipe dan keragaman genotipenya. Keragaman fenotipe merupakan keragaman yang dapat diukur atau dilihat langsung pada karakter yang diamati. Keragaman genotipe tidak dapat dilihat atau diukur secara langsung, melainkan dapat diduga melalui analisis ragam. Suatu populasi yang memiliki keragaman fenotipe yang luas belum tentu memiliki keragaman genotipe yang luas karena dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Roy 2000).

Korelasi antar karakter agronomi dengan hasil perlu dipelajari lebih mendalam karena akan menentukan arah pemuliaan untuk menghasilkan varietas dengan potensial hasil yang tinggi pada lingkungan optimal maupun marginal. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai korelasi antar komponen pertumbuhan, komponen hasil dengan hasil genotipe padi dataran tinggi serta mengetahui nilai heritabilitas setiap karakter agronomi pada pengujian tiga level ketinggian tempat.

3.2 Metodologi Penelitian

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 sampai dengan Juni 2020. Percobaan dilaksanakan di 3 lingkungan yaitu, Bogor 1 (populasi F6), Bogor 2 dan Palembang.

Materi Genetik

Bahan tanam yang digunakan adalah galur kecipir hijau lokal dan kecipir ungu introduksi dari Thailand serta 10 galur generasi F7 hasil seleksi generasi sebelumnya. Generasi F7 yang ditanam disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Materi genetik kecipir

No	Nama	Keterangan
1	F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	Hasil Seleksi
2	F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	Hasil Seleksi
3	F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	Hasil Seleksi
4	F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	Hasil Seleksi
5	F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	Hasil Seleksi
6	F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	Hasil Seleksi
7	F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	Hasil Seleksi
8	F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	Hasil Seleksi
9	F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	Hasil Seleksi
10	P1	Tetua Introduksi Thailand
11	P2	Tetua Lokal Cilacap
12	Kedelai Anjasmoro	Pembanding

L = Kecipir berpolong lirik, H = Kecipir berpolong hijau, U = Biji berwarna ungu, P = Biji berwarna coklat

Metode Pelaksanaan

Lahan yang akan ditanami sebelumnya dipersiapkan dengan pengolahan tanah agar tanah menjadi gembur. Pengolahan tanah dilakukan dengan penambahan kapur pertanian agar pH tanah optimum bagi pertumbuhan dan pupuk kandang sebagai tambahan bahan organik. Bedengan dibuat sepanjang 5 m dan lebar 1 m sehingga terdapat 36 bedengan pada petak percobaan. Setelah media selesai, dilakukan pemasangan mulsa dengan jarak antar lubang tanam 50 cm x 30 cm untuk kecipir dan 40 cm x 20 cm untuk kedelai (Srihartanto *et al.* 2015).

Penanaman kecipir dilakukan pada hari yang sama ketika persiapan media pada tray semai dengan jumlah 1 benih per lubang tray. Pindah tanam dilakukan seminggu setelah pengolahan tanah. Pindah tanam dilakukan sesuai dengan denah percobaan. Bibit ditanam dengan jarak tanam 50 cm x 30 cm beserta pemberian insektisida karbofurane sejimpit per lubang. Sehingga dalam tiap bedengan terdapat 30 tanaman. Penyulaman dilakukan 1 minggu setelah pindah tanam. Penanaman kedelai dilakukan langsung tanpa pindah tanam dengan jarak tanam 40 cm x 20 cm. Penanaman juga dilakukan pada polibag khusus unuk tanaman tetua P2 ungu, karena tetua ungu peka terhadap perubahan lingkungan dan serangan hama penyakit.

Tanaman kecipir yang telah dipindah tanam dipasangi ajir tunggal masing-masing 2 m dan ajir penghubung yang menghubungkan ajir tiap tanaman dengan panjang 5 m per baris. Pemupukan dilakukan 2 kali yaitu pada minggu pindah tanam dengan dosis urea, 50 kg ha⁻¹, TSP 75 kg ha⁻¹, dan KCl 150 kg ha⁻¹ dan

pemupukan susulan dilakukan pada saat 3 minggu setelah tanam hanya untuk urea dan TSP dengan dosis sama dengan pemupukan pertama. Tanaman kedelai diberikan pupuk pada awal tanam dengan dosis urea 100 kg ha^{-1} , SP-36/200 kg ha^{-1} , dan KCl 150 kg ha^{-1} . Tanaman kecipir maupun kedelai yang terserang hama dan penyakit akan disemprot dengan insektisida ataupun fungisida apabila diperlukan. Pestisida yang digunakan adalah butiran berbahan aktif karbofuran dengan dosis 17 kg ha^{-1} , fungisida Dithane M-45 80WP, dan insektisida Decis 25 EC. Bahan lain yang digunakan adalah mulsa plastik untuk mengurangi pertumbuhan gulma.

Pemanenan biji kering dilakukan dengan hati-hati. Pemanenan dilakukan pada saat polong telah mengering sempurna dengan warna kecoklatan dan kadar air rendah. Pemanenan dilakukan sesuai tanaman contoh per plot dan dimasukkan ke dalam kantung panen untuk dijemur setelahnya.

Pengamatan

Pengamatan dilakukan dengan mengamati 10 karakter amatan. Pengamatan dilakukan mulai dari warna daun dan sulur hingga panen biji kering untuk analisis uji proksimat. Pengamatan dilakukan pada 10 tanaman contoh setiap plot tanaman. Karakter yang diamati meliputi, merujuk pada (IBPGR, 1978 dan Kementan 2014) :

1. Umur berbunga (hari)

Umur berbunga dihitung setelah 50% tanaman dari populasi sudah berbunga.

2. Panjang polong muda (cm)

Panjang polong diukur dari rata-rata setiap polong muda yang dipanen.

3. Lebar polong muda (cm)

Lebar polong muda diukur dari rata-rata setiap polong muda yang dipanen.

4. Bobot polong muda

Bobot polong muda ditimbang dari rata-rata setiap polong muda yang dipanen.

5. Jumlah biji per polong

Jumlah biji per polong dihitung dari 10 polong pada setiap tanaman contoh.

6. Bobot biji per tanaman (g)

Bobot biji pertanaman dihitung dari bobot biji yang dihasilkan setiap blok genotipe tanaman kemudian dirata-rata sejumlah tanaman yang hidup dibedengan.

7. Bobot 100 butir biji (g)

Bobot 100 butir benih diamati dengan memilih biji tiap genotipe kecipir secara acak

8. Bobot polong muda per plot (g)

Bobot polong muda dihitung dari total polong muda yang dipanen.

9. Bobot biji per plot (g)

Bobot biji per plot dihitung dari penjumlahan bobot 10 tanaman contoh yang diamati per plot.

10. Produktivitas polong muda

Bobot biji per ha dihitung dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \text{hasil tiap blok} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{luas blok}}$$

11. Produktivitas biji

Bobot biji per ha dihitung dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \text{hasil tiap blok} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{luas blok}}$$



Alat yang digunakan terdiri dari alat pertanian konvensional, alat pengukuran dan pengamatan (meteran, jangka sorong digital, oven, timbangan, mistar, kamera digital, alat tulis), dan alat laboratorium untuk uji kandungan proksimat biji kering. Alat dan bahan laboratorium pegujian biji kecipir menyesuaikan kebutuhan laboratorium analisis yang melakukan pengujian proksimat. Analisis proksimat akan dianalisis di laboratorium PAU IPB.

Analisis Data

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) faktor tunggal dan 3 ulangan. Perlakuan tersebut adalah genotipe kecipir yang terdiri atas 11 genotipe kecipir dan kedelai. Seluruh genotipe akan ditanam dengan perlakuan budaya optimal. Total unit percobaan dari percobaan tersebut adalah 36 unit percobaan. Unit percobaan berupa 28 tanaman yang ditanam pada bedengan bermulsa.

Analisis Ragam Tiap Lingkungan

Analisis ragam dilakukan pada tiap lingkungan untuk karakter-karakter kecipir yang diamati. Analisis ragam berdasarkan metode yang digunakan oleh Singh dan Chaudhary (1979) disajikan pada Tabel 3. Model linier untuk tiap lingkungan, sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

- Y_{ij} = nilai pengamatan genotipe ke-i, kelompok ke-j
- μ = nilai tengah populasi yang diamati
- τ_i = pengaruh genotipe ke-i
- α_j = pengaruh kelompok ke-j
- ϵ_{ij} = galat percobaan pada genotipe ke-i yang ditanam pada kelompok ke-j

Tabel 3. Sidik ragam dan kuadrat tengah harapan masing-masing lingkungan

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah	Nilai Harapan
Ulangan	(r-1)	-	-
Genotipe	(g-1)	M1	$\sigma^2 e + r\sigma^2 g$
Galat	(r-1)(g-1)	M2	$\sigma^2 e$

l = lingkungan, r = ulangan, g = genotipe

Analisis Ragam Gabungan

Analisis ragam gabungan dilakukan untuk menganalisis hasil pengamatan di semua lingkungan uji untuk karakter kecipir yang diamati. Model linear untuk RKLT gabungan antara genotipe dan lingkungan seperti dikemukakan oleh Annicchiarico (2002) sebagai berikut:



Model aditif linier dari gabungan tiap lingkungan adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + L_k + \beta_{ik} + G_j + (LG)_{kj} + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

- Y_{ijk} = nilai pengamatan ulangan ke-i, genotipe ke-j, dan lingkungan ke-k
- μ = nilai rataan umum
- L_k = pengaruh lingkungan ke-k
- β_{ik} = pengaruh ulangan ke-i dalam lingkungan ke-k
- G_j = pengaruh genotipe ke-j
- $(LG)_{kj}$ = pengaruh interaksi lingkungan ke-k dengan genotipe ke-j
- ϵ_{ij} = pengaruh galat percobaan

Data dianalisis kehomogenan ragam sebelum dilakukan analisis ragam dengan perangkat lunak pengolahan data SAS, R dan PBStat. Analisis ragam gabungan untuk beberapa lingkungan menurut Annicchiarico (2002) disajikan dalam Tabel 4. Untuk mengetahui bahwa genotipe dan interaksi genotipe lingkungan berbeda nyata, maka dapat dilihat nilai F hitungnya. Jika terdapat beda nyata maka dilakukan uji DMRT pada taraf α 0.05 (5%).

Berdasarkan persamaan linier pada percobaan pertama, tabel sidik ragam gabungan seluruh lingkungan pada percobaan ini adalah model acak. Seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Sidik ragam gabungan seluruh lingkungan model acak

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai Harapan	F hitung
Lingkungan (L)	(l-1)	M5	-	M5/M4
Ulangan/Lingkungan	l(r-1)	M4	-	-
Genotipe (G)	(g-1)	M3	$\sigma^2_e + r(\sigma^2_g + \sigma^2_{gl}) + rm(\sigma^2_g + \sigma^2_{gl})$	M3/M2
GxL	(g-1)(l-1)	M2	$\sigma^2_e + r(\sigma^2_g + \sigma^2_{gl})$	M2/M1
Galat	l(g-1)(r-1)	M1	σ^2_e	-

Keterangan : l = lokasi, r = ulangan, g = genotipe

Berdasarkan kuadrat tengah dan nilai harapan pada Tabel 7. Dapat diuraikan komponen ragam sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \sigma^2_e &= M1 \\
 \sigma^2_e + r\sigma^2_{gl} &= M2 \\
 M1 + r\sigma^2_{gl} &= M2 \\
 r\sigma^2_{gl} &= M2 - M1 \\
 \sigma^2_{gl} &= \frac{M2-M1}{r} \\
 \sigma^2_e + r \cdot \sigma^2_{gl} + rl \cdot \sigma^2_g &= M3 \\
 M2 + rl \cdot \sigma^2_g &= M3 \\
 rl \cdot \sigma^2_g &= M3 - M2 \\
 \sigma^2_g &= \frac{M3-M2}{rl} \\
 \sigma^2_p &= \sigma^2_g + \frac{\sigma^2_g}{l} + \frac{\sigma^2_g}{rl}
 \end{aligned}$$



Menurut Sing dan Chaudhary (1979) nilai duga heritabilitas dan kriterianya dihitung dengan menggunakan rumus :

$$h^2_{(BS)} = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_p} \times 100\%$$

Kriteria nilai heritabilitas (Stanfield 1983): $h^2 > 0.5$ (heritabilitas tinggi), $0.2 > h^2 > 0.5$ (heritabilitas sedang), $h^2 < 0.2$ (heritabilitas rendah).

Korelasi Pearson

Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui karakter yang berkaitan dengan karakter produktivitas, yaitu untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier dari dua variabel. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan salah satu variabel disertai dengan perubahan variabel lainnya, baik dalam arah yang sama ataupun arah yang sebaliknya. Analisis korelasi dihitung berdasarkan korelasi Pearson:

Kovarian :

$$\text{Covarian} = S_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1}$$

Standar Deviasi variabel X dan Y :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \text{ dan } S_y = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

Korelasi :

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y}$$

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{(y_i - \bar{y})^2}}$$

Analisis Lintas (*path analysis*)

Analisis lintasan digunakan untuk mengetahui kontribusi suatu variable bebas terhadap variabel respon apakah berpengaruh langsung atau tidak langsung. Analisis lintasan berdasarkan persamaan simultan (Gasperz 1992) seperti berikut:

$$\begin{bmatrix} r_{11}r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21}r_{22} & \dots & r_{2p} \\ r_{p1}r_{p2} & \dots & r_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ r_{py} \end{bmatrix}$$

$$R_x \cdot \underline{C} = R_y$$

Keterangan:

R_x = matriks korelasi antar variabel bebas dalam model regresi berganda yang memiliki p buah variabel bebas sehingga merupakan matriks dengan elemen-elemen R_{ixj} ($i,j=1,2,\dots,p$)

C = vektor koefisien lintasan yang menunjukkan pengaruh langsung dari setiap variabel bebas yang telah dibakukan

R_y = vektor koefisien korelasi antar variabel bebas X_i ($i=1,2,\dots,p$) dan variabel tak bebas Y

3.3 Hasil dan Pembahasan

Analisis ragam genetik perlu dilakukan oleh pemulia untuk mengetahui nilai ragam genetik, ragam lingkungan dan ragam interaksi genotipe x lingkungan dan ragam fenotipe. Selain itu analisis genetik juga untuk mengetahui nilai koefisien keragaman genetik, koefisien keragaman fenotipe dan heritabilitas. Hasil analisis didasarkan pada 11 genotipe kecipir yang diuji. Hasil analisis ragam genetik disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Komponen ragam genetik ragam lingkungan, ragam interaksi genotipe x lingkungan, dan ragam fenotipe karakter kecipir

Karakter	Ragam genetik				
	σ^2g	$\sigma(\sigma^2g)$	σ^2ge	σ^2e	σ^2p
Umur berbunga	422,47	208,56	247,99	17,11	507,03
Bobot polong muda	0,38	0,54	2,13	0,75	1,17
Panjang Polong muda	1,07	0,63	1,11	0,59	1,50
Lebar polong muda	0,0003	0,00	0,0031	0,01	0,002
Jumlah biji per polong	2,13	0,97	0,32	1,29	2,38
Bobot biji per tanaman	16,83	48,94	200,56	165,18	102,04
Bobot 100 biji	3,62	2,40	5,14	3,17	5,69
Bobot polong muda per plot	28078,00	49560,24	191170,00	133506,00	106635,33
Produktivitas polong muda	0,33	0,33	0,96	0,91	0,75
Bobot biji per Plot	11963,00	13746,56	44125,00	36239,00	30697,89
Produktivitas biji	0,05	0,09	0,35	0,31	0,20

σ^2g = ragam genetik, $\sigma(\sigma^2g)$ = standar deviasi ragam genetik, σ^2e = ragam lingkungan, σ^2ge = ragam interaksi genotipe dan lingkungan, σ^2p = ragam fenotipe

Tabel 5 menunjukkan nilai dari komponen ragam karakter yang diamati pada tiga lingkungan uji. Nilai ragam genetik lebih tinggi dari ragam lingkungan dan ragam interaksi ditunjukkan oleh karakter umur berbunga, panjang polong muda, jumlah biji per polong. Hal ini menunjukkan bahwa keragaman karakter tersebut lebih dominan dipengaruhi oleh faktor genetik pada genotipe-genotipe yang diuji. Kondisi ini dapat diartikan bahwa karakter-karakter tersebut lebih dominan ditentukan oleh faktor genetik dibanding dengan faktor lingkungan maupun faktor interaksi genotipe x lingkungan (Rasyad dan Idwar 2010). Karakter bobot polong muda, lebar polong muda, bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, produktivitas polong muda dan produktivitas biji memiliki nilai ragam interaksi yang lebih besar dari ragam genetik dan lingkungan. Dengan demikian interaksi genetik dan lingkungan untuk karakter tersebut memiliki peran yang lebih besar dalam mempengaruhi ragam fenotipe.

Nilai pendugaan ragam genetik, KKG, standar deviasi ragam genetik dan heritabilitas yang diamati memperlihatkan hanya karakter umur berbunga yang memiliki keragaman genetik yang luas. Keragaman genetik yang luas pada karakter umur berbunga disebabkan latar belakang populasi yang berbeda (Syukur *et al.* 2012). Sedangkan karakter lainnya memiliki nilai keragaman genetik yang sempit. Nilai KKG yang tinggi ($\geq 20\%$) efektif digunakan untuk perbaikan karakter (Kumar dan Arumugam 2013). Karakter umur berbunga menjadi karakter yang tergolong memiliki nilai KKG tinggi.

Nilai duga heritabilitas suatu karakter perlu diketahui untuk menduga kemajuan seleksi dan juga mengetahui bahwa suatu karakter tersebut lebih dipengaruhi oleh faktor genetik atau lingkungan (Lestari *et al.* 2015). Nilai duga heritabilitas ini bermanfaat dalam melakukan proses seleksi (Syukur *et al.* 2012).

Seleksi akan efektif jika populasi memiliki nilai heritabilitas yang tinggi. Karakter yang tidak besar dipengaruhi oleh lingkungan biasanya memiliki nilai heritabilitas yang tinggi (Jalata *et al.* 2011). Hal ini akan mempengaruhi pemilihan prosedur seleksi dalam mengembangkan karakter tanaman yang inginkan. Selain itu pendugaan ragam genetik, interaksi genetik x lingkungan dan heritabilitas (Tabel 6) akan lebih baik pada percobaan beberapa lingkungan dibanding hanya pada satu lingkungan.

Tabel 6 Nilai koefisien keragaman genetik dan heritabilitas kecipir

Karakter	KKG (%)	Kriteria KKG	h^2_{bs} (%)	Kriteria h^2_{bs}
Umur berbunga	25,3	Luas	83,32	Tinggi
Bobot polong muda	5,3	Sempit	32,20	Sedang
Panjang polong muda	6,0	Sempit	70,97	Tinggi
Lebar polong muda	0,7	Sempit	13,72	Rendah
Jumlah biji per polong	11,7	Sempit	89,48	Tinggi
Bobot biji per yanaman	9,2	Sempit	16,49	Rendah
Bobot 100 biji	5,1	Sempit	63,68	Tinggi
Bobot polong muda per plot	11,5	Sempit	26,33	Sedang
Produktivitas polong muda	12,2	Sempit	44,05	Sedang
Bobot biji per plot	14,3	Sempit	38,97	Sedang
Produktivitas biji	9,9	Sempit	25,52	Sedang

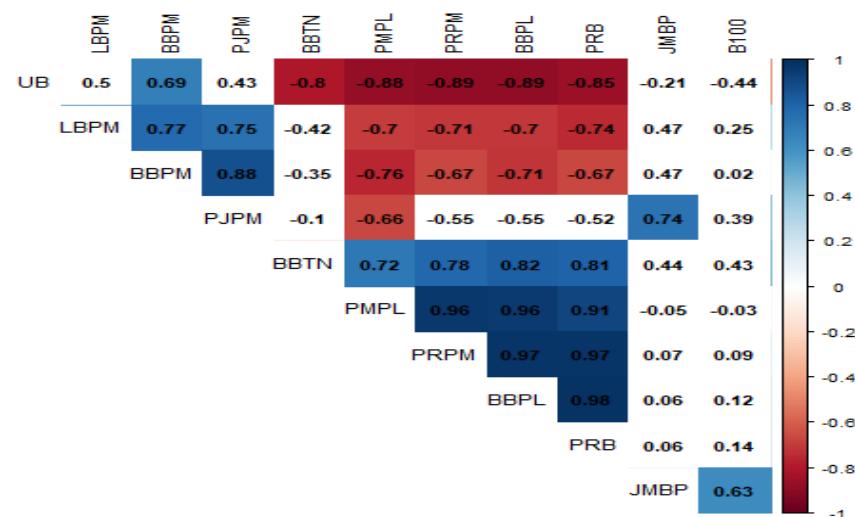
KKG = koefisien keragaman genetik, KKP = koefisien keragaman fenotipe, h^2_{bs} = heritabilitas dalam arti luas

Berdasarkan Tabel 6 karakter umur berbunga, panjang polong muda, jumlah biji per polong dan bobot 100 biji memiliki nilai duga heritabilitas yang tinggi. Hasil yang sama terjadi pada penelitian (Ardi *et al.* 2017) bahwa keempat karakter tersebut memiliki nilai duga heritabilitas yang tinggi. (Udensi *et al.* 2012) menyatakan bahwa karakter yang memiliki nilai heritabilitas arti luas tinggi diduga memiliki nilai pemuliaan (*breeding value*) tinggi yang dipengaruhi oleh adanya gen aditif. Menurut Sujiprihati *et al.* (2003) populasi yang memiliki nilai heritabilitas yang tinggi akan lebih mudah dilakukan perbaikan karakter melalui seleksi dan masih memiliki keragaman pada genetiknya. Karakter bobot polong muda, bobot polong muda per plot, bobot biji per plot, produktivitas polong muda dan produktivitas biji mempunyai nilai duga heritabilitas sedang. (Prasanth dan Sreelatha, 2014) melaporkan hal yang sama karakter bobot polong muda dan bobot polong per plot memiliki nilai duga heritabilitas sedang.

Selain informasi nilai parameter genetik, korelasi antar karakter kuantitatif dengan hasil juga memiliki arti penting. Analisis korelasi digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua karakter melalui koefisien korelasi (Walpole 1982). Koefisien korelasi antar karakter dapat digunakan untuk mengestimasi arah respon dari karakter pasangannya, Ketika arah respon dari suatu karakter diketahui. Semakin besar nilai koefisien antar karakter, maka hubungan antar karakter semakin erat. Hasil Analisis korelasi karakter kuantitatif dengan karakter hasil disajikan pada Gambar 1. Warna coklat menyatakan karakter memiliki korelasi negatif dan biru menyatakan berkorelasi positif.

Hasil analisis yang menunjukkan korelasi yang positif sangat nyata antara komponen hasil dengan produktivitas biji adalah bobot biji per tanaman, bobot

polong muda per plot, bobot biji per plot, dan produktivitas polong muda yang berturut-turut nilai koefisien korelasinya adalah 0,81; 0,91; 0,98; 0,97. Sedangkan karakter umur berbunga, lebar polong bobot polong berkorelasi negatif. Hal menarik dari kecipir ini adalah karakter umur berbunga memiliki korelasi negatif terhadap bobot biji per tanaman. Hasil ini mengartikan bahwa walau umur berbunga kecipir cepat tidak menghasilkan bobot biji pertanaman yang semakin tinggi seperti legum pada umumnya. Hal ini dikarenakan kecipir ini tergolong intermediet.



Gambar 2 Korelasi Pearson karakter-karakter kecipir pada tiga lingkungan

Korelasi secara umum menunjukkan hubungan tingkat interaksi linear suatu pasangan karakter, namun tidak dapat memprediksi kriteria seleksi yang efektif dengan tepat. Analisis sidik lintas dapat mengidentifikasi hubungan sebab-akibat yang disebabkan suatu karakter ke karakter yang lain. Analisis ini dapat menyajikan pengaruh langsung, pengaruh tidak langsung maupun pengaruh total (Hefny 2011). Pengaruh langsung adalah pengaruh suatu karakter terhadap daya hasil tanpa melalui karakter lain. Pengaruh tidak langsung merupakan pengaruh suatu karakter terhadap daya hasil melalui karakter lain. Pengaruh total adalah jumlah gabungan nilai pengaruh langsung maupun tidak langsung suatu karakter.

Produktivitas polong muda dan biji merupakan hasil dari interaksi komponen hasil. Analisis lintas dapat menyajikan informasi penting mengenai bagaimana berbagai macam karakter komponen hasil maupun karakter agronomis dapat mempengaruhi produktivitas polong muda dan biji. Pengaruh langsung dari karakter yang diamati terhadap daya hasil dapat memberikan gambaran tentang efektivitas seleksi terhadap karakter tersebut untuk memperbaiki daya hasil. Hasil sidik lintas disajikan pada Tabel 7 dan 8.

Lenka dan Mishra (1973) mengkategorikan nilai pengaruh analisis lintas menjadi lima kategori, yaitu nilai 0 hingga 0,09 tergolong dapat diabaikan, nilai 0,10 hingga 0,19 tergolong rendah, nilai 0,20 hingga 0,29 tergolong sedang, nilai 0,30 hingga 0,99 tergolong tinggi dan nilai lebih dari 1,00 tergolong sangat tinggi. Pada percobaan ini. Karakter jumlah biji per polong memiliki nilai pengaruh langsung yang rendah, karakter bobot polong muda memiliki nilai pengaruh langsung sedang, dan karakter bobot polong muda per plot dan produktivitas biji memiliki nilai pengaruh langsung yang sangat tinggi.



Tabel 7 Nilai pengaruh langsung dan tidak langsung karakter komponen hasil dan karakter agronomis kecipir terhadap produktivitas polong muda kecipir.

x	Pengaruh Langsung	Pengaruh tak Langsung									Korelasi
		UB	BBPM	PJPM	LBPM	JMBP	BBTN	B100	PMPL	BBPL	
UB	-0,29		0,17	-0,07	-0,05	-0,03	0,07	0,01	-0,59	0,70	-0,82
BBPM	0,25	-0,20		-0,14	-0,08	0,06	0,03	0,00	-0,51	0,56	-0,65
PJPM	-0,16	-0,12	0,22		-0,08	0,10	0,01	-0,01	-0,44	0,44	-0,50
LBPM	-0,11	-0,14	0,19	-0,12		0,06	0,04	-0,01	-0,47	0,55	-0,71
JMBP	0,13	0,06	0,12	-0,12	-0,05		-0,04	-0,01	-0,03	-0,05	0,06
BBTN	-0,08	0,23	-0,09	0,02	0,04	0,06		-0,01	0,48	-0,65	0,78
B100	-0,02	0,13	0,00	-0,06	-0,03	0,08	-0,04		-0,02	-0,10	0,13
PMPL	0,67	0,25	-0,19	0,10	0,07	-0,01	-0,06	0,00		-0,76	0,88
BBPL	-0,79	0,26	-0,17	0,09	0,07	0,01	-0,07	0,00	0,64		0,94
PRB	0,96	0,24	-0,16	0,08	0,08	0,01	-0,07	0,00	0,61		-0,78
Residu = -0,00035											

UB=Umur berbunga, BBPM=Bobot Polong Muda , PJPM=Panjang Polong muda, LBPM=Lebar Polong muda, JMBP=Jumlah Biji per Polong, BBTN=Bobot Biji per Tanaman, B100=Bobot 100 Biji, PMPL=Bobot Polong Muda per Plot, PRPM=Produktivitas Polong Muda, BBPL=Bobot biji per Plot, PRB=Produktivitas Biji.

Berdasarkan hasil analisis sidik lintas (Tabel 7) karakter yang mempunyai pengaruh langsung positif terhadap produktivitas polong muda adalah bobot polong muda (0,25), jumlah biji per polong (0,13), bobot polong muda per plot (0,67), dan produktivitas biji (0,96). Karakter yang memiliki pengaruh langsung terbesar adalah produktivitas biji (0,96) disusul oleh bobot polong muda per plot (0,67). Karakter umur berbunga menunjukkan memiliki pengaruh tak langsung melalui karakter bobot polong muda per plot dan produktivitas biji terhadap produktivitas polong muda.

Tabel 8 Nilai pengaruh langsung dan tidak langsung karakter komponen hasil dan karakter agronomis kecipir terhadap produktivitas biji kecipir.

x	Pengaruh Langsung	Pengaruh tak Langsung									Korelasi
		UB	BBPM	PJPM	LBPM	JMBP	BBTN	B100	PMPL	PRPM	
UB	0,30		-0,19	0,07	0,06	0,03	-0,08	0,00	0,64	-0,96	-0,72
BBPM	-0,28	0,20		0,15	0,09	-0,07	-0,03	0,00	0,55	-0,72	-0,57
PJPM	0,17	0,13	-0,24		0,09	-0,11	-0,01	0,00	0,48	-0,59	-0,45
LBPM	0,12	0,15	-0,21	0,13		-0,07	-0,04	0,00	0,51	-0,76	-0,57
JMBP	-0,14	-0,06	-0,13	0,13	0,06		0,04	0,01	0,04	0,08	0,05
BBTN	0,10	-0,24	0,10	-0,02	-0,05	-0,06		0,00	-0,52	0,84	0,66
B100	0,01	-0,13	-0,01	0,07	0,03	-0,09	0,04		0,02	0,10	0,10
PMPL	-0,73	-0,26	0,21	-0,11	-0,09	0,01	0,07	0,00		1,03	0,78
PRPM	1,07	-0,26	0,19	-0,10	-0,09	-0,01	0,08	0,00	-0,70		0,79
BBPL	0,81	-0,26	0,20	-0,10	-0,09	-0,01	0,08	0,00	-0,70	1,04	
Residu = -0,0039											

UB=Umur berbunga, BBPM=Bobot Polong Muda , PJPM=Panjang Polong muda, LBPM=Lebar Polong muda, JMBP=Jumlah Biji per Polong, BBTN=Bobot Biji per Tanaman, B100=Bobot 100 Biji, PMPL=Bobot Polong Muda per Plot, PRPM=Produktivitas Polong Muda, BBPL=Bobot biji per Plot, PRB=Produktivitas Biji.

Hasil sidik lintas karakter (Tabel 8) yang memiliki pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap produktivitas biji kecipir. Karakter yang memiliki pengaruh langsung positif adalah umur berbunga (0,30), panjang polong muda (0,17), lebar polong muda (0,12), bobot biji per tanaman (0,10), bobot 100 biji (0,01), bobot biji per plot (0,81) dan produktivitas polong muda (1,07). Karakter yang memiliki nilai pengaruh langsung yang tinggi adalah umur berbunga, bobot biji per plot dan produktivitas polong muda. Sedangkan karakter panjang polong muda, lebar polong muda, bobot 100 biji dan bobot biji per tanaman memiliki nilai pengaruh langsung yang kecil. Karakter bobot polong muda memiliki pengaruh tidak langsung melalui bobot biji per plot dan produktivitas polong muda terhadap produktivitas biji kecipir.



Analisis lintas bersama dengan uji korelasi dan pendugaan nilai heritabilitas dapat digunakan untuk mencari karakter yang dapat digunakan sebagai kriteria seleksi yang efektif. Yunianti *et al.* (2010) menyatakan bahwa penentuan karakter-karakter yang dapat dijadikan kriteria seleksi efektif dapat dilihat dari (1) besarnya nilai pengaruh langsung, (2) hasil korelasi antar karakter yang bertanda sama dengan hasil analisis lintas dan (3) selisih yang kecil ($<0,5$) antara nilai korelasi dengan nilai pengaruh langsung.

3.4 Simpulan

Karakter umur berbunga, panjang polong muda, dan jumlah biji per polong dipengaruhi oleh faktor genetik. Karakter bobot polong muda, lebar polong muda, produktivitas polong muda dan produktivitas biji dipengaruhi oleh interaksi genetik x lingkungan.

Heritabilitas karakter umur berbunga, panjang polong muda, jumlah biji per polong, dan bobot 100 biji tergolong heritabilitas tinggi. Bobot polong muda, bobot polong muda per plot, bobot biji per plot, produktivitas polong muda dan produktivitas biji tergolong karakter dengan heritabilitas sedang. Serta karakter lebar polong muda, bobot biji per tanaman termasuk karakter dengan heritabilitas rendah.

3. Karakter yang berkorelasi positif terhadap produktivitas polong muda adalah karakter bobot biji per tanaman, bobot polong muda per plot, bobot biji per plot, dan produktivitas biji. Karakter yang berkorelasi positif terhadap produktivitas biji adalah karakter bobot biji per tanaman, bobot polong muda per plot, bobot biji per plot dan produktivitas polong muda.
4. Karakter yang berpengaruh langsung positif tinggi terhadap produktivitas polong muda adalah bobot polong muda per plot dan produktivitas biji.
5. Karakter yang berpengaruh langsung positif tinggi terhadap produktivitas biji adalah, produktivitas polong muda, bobot biji per plot.

IV INTERAKSI GENOTIPE X LINGKUNGAN KOMPONEN HASIL DAN NUTRISI KECIPIR (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) PADA TIGA LINGKUNGAN

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu pusat keragaman kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) memiliki potensi daya hasil yang tinggi untuk dibudidayakan secara luas. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan genotipe kecipir yang memiliki keragaan dan potensi hasil terbaik dari tiga lingkungan uji. Penelitian dilakukan di tiga lingkungan yaitu dua musim tanam di Bogor dan satu musim tanam di Palembang pada bulan Januari 2019 sampai dengan Juni 2020. Terdapat 11 genotipe kecipir dan kedelai sebagai pembanding yang diuji dan 27 karakter yang diamati. Rancangan lingkungan yang digunakan rancangan acak kelompok lengkap. Hasil menunjukkan keragaan kualitatif sama di setiap lingkungan. Analisis ragam gabungan menunjukkan genotipe, lingkungan dan interaksi genotip x lingkungan sangat berbeda nyata untuk karakter umur berbungaan, bobot polong muda, panjang polong muda, lebar polong muda, jumlah biji per polong, bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, bobot polong muda per plot, bobot biji per plot, produktivitas polong muda, dan produktivitas biji. Genotipe L1 dan L4 menjadi genotipe terbaik untuk karakter komponen hasil dan hasil. Genotipe H3U menjadi genotipe dengan kandungan protein polong muda dan biji kering terbaik.

Kata kunci : Interaksi GxE, nutrisi, produktivitas

4.1 Pendahuluan

Pemuliaan tanaman kecipir masih perlu dikembangkan untuk memanfaatkan potensi kecipir yang dapat menjadi pengganti kebutuhan kedelai nasional yang belum terpenuhi. Informasi mengenai interaksi genotipe x lingkungan dapat menjadi modal bagi pemulia untuk mendapatkan genotipe yang memiliki keragaan yang konsisten pada semua lokasi ataupun yang memiliki keragaan yang baik pada lokasi tertentu (Paul *et al.* 2003; Tyagi *et al.* 2007).

Interaksi genotipe dengan lingkungan dikelompokkan menjadi dua yaitu interaksi yang bersifat quantitative dan interaksi yang bersifat qualitatif. Interaksi genotipe dengan lingkungan yang bersifat kuantitatif tidak menyebabkan perubahan rangking genotipe. Genotipe yang unggul pada satu lingkungan tetap unggul pada lingkungan yang berbeda. Interaksi kualitatif sebagai suatu interaksi genotipe x lingkungan ditunjukkan oleh adanya perubahan ranking suatu genotipe pada setiap lokasi uji. Informasi tentang G x E dari galur yang telah dihasilkan sangat diperlukan ketika suatu varietas akan dirilis.

4.2 Metodologi Penelitian

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 sampai dengan Juni 2020. Percobaan dilaksanakan di 3 lingkungan yaitu, Bogor 1 (populasi F6), Bogor 2, dan Palembang.



Materi Genetik

Bahan tanam yang digunakan adalah galur kecipir hijau lokal dan kecipir ungu introduksi dari Thailand sebagai P1 dan P2 serta Bahan tanam lainnya adalah 9 galur generasi F7 hasil seleksi generasi sebelumnya yang sama dengan percobaan pertama.

Pengamatan

Metode percobaan yang digunakan sama dengan yang dilakukan pada percobaan pertama. Pengamatan dilakukan dengan mengamati 26 karakter amatan, dimana 13 karakter kualitatif dan 13 karakter kuantitatif. Pengamatan dilakukan mulai dari warna daun dan sulur hingga panen biji kering untuk analisis uji proksimat. Pengamatan dilakukan pada 10 tanaman contoh setiap plot tanaman. Karakter yang diamati meliputi, merujuk pada (IBPGR, 1978) :

1. Bentuk daun
Bentuk daun dilihat dengan menyesuaikan pada buku deskriptor tanaman kecipir, diantaranya *ovalate*, *deltoid*, *ovalate-lanciolate*, *lanciolate*, *longlanciolate*.
2. Warna batang
Warna batang dikelompokkan berdasarkan warna hijau, hijau keunguan, ungu, atau lainnya.
3. Warna kelopak bunga
Warna kelopak dikelompokkan berdasarkan warna hijau, hijau keunguan, ungu, dan lainnya.
4. Warna mahkota bunga
Warna mahkota bunga dikelompokkan berdasar warna putih, biru terang, biru, dan lainnya.
5. Warna polong
Warna polong diamati pada bagian tengah polong yang dikelompokan berdasarkan warna krem, hijau, pink, ungu, dan lainnya.
6. Warna sayap polong
Sayap polong dikelompokkan berdasarkan warna hijau, ungu, dan lainnya.
7. Tekstur permukaan polong
Tekstur permukaan polong dikelompokkan diantaranya halus, medium, dan kasar.
8. Bentuk irisan polong
Bentuk irisan polong dibagi berdasarkan letak sutura dan bentuk polong tersebut, diantaranya *rectangular*, *semi flat*, *flat on sides*, dan *flat on sutura*.
9. Warna biji ketika panen kering
Warna biji terdiri atas, krem, kelabu, coklat, ungu, hitam, coklat-hitam, dan lainnya.
10. Keberadaan bintik pada biji (ada (+) atau tidak ada (0))
11. Warna hilum biji
Warna hilum biji terdiri atas putih, hitam, dan lainnya.
12. Bentuk biji
Bentuk biji dikelaskan menjadi bulat, oval, dan lainnya.
13. Permukaan biji
Permukaan biji dikelaskan berdasarkan lembut atau berkerut.

14. Umur berbunga (hari setelah tanam)
Umur berbunga kecipir dihitung pada saat sudah 50% dari populasi tiap genotipe berbunga.
 15. Bobot polong muda (gram)
Bobot polong muda ditimbang dari rata-rata setiap polong muda yang dipanen.
 16. Lebar polong muda (cm)
Lebar polong muda diukur dari rata-rata setiap polong muda yang dipanen.
 17. Panjang polong (cm)
Panjang polong diukur dari rata-rata 10 polong masak tanaman.
 18. Jumlah biji per polong
Jumlah biji per polong dihitung dari 10 polong pada setiap tanaman contoh.
 19. Bobot biji per tanaman (gram)
Bobot biji pertanaman dihitung dari bobot biji yang dihasilkan setiap blok genotipe tanaman kemudian dirata-rata sejumlah tanaman yang hidup dibedengan.
 20. Bobot 100 biji (gram)
Bobot 100 biji diamati per genotipe kecipir dan kedelai untuk dijadikan sebagai perbandingan.
 21. Bobot polong muda per plot (gram)
Bobot polong muda dihitung dari total polong muda yang dipanen
 22. Bobot biji per plot (gram)
Bobot biji per plot dihitung dengan menimbang seluruh biji kering tiap genotipe pada tiap blok.
 23. Produktivitas polong muda
Bobot biji per ha dihitung dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{hasil tiap blok}}{\text{luas blok}} \times 10.000 \text{ m}^2$$
 24. Produktivitas biji
Bobot biji per ha dihitung dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{hasil tiap blok}}{\text{luas blok}} \times 10.000 \text{ m}^2$$
 25. Analisis proksimat biji per genotipe
Analisis proksimat dilakukan untuk menguji kandungan karbohidrat, protein, dan lemak biji kering per genotipe yang diamati.
- Alat yang digunakan terdiri dari alat pertanian konvensional, alat pengukuran dan pengamatan (meteran, jangka sorong digital, oven, timbangan, mistar, kamera digital, alat tulis), dan alat laboratorium untuk uji kandungan proksimat biji kering. Alat dan bahan laboratorium pengujian biji kecipir menyesuaikan kebutuhan laboratorium analisis yang melakukan pengujian proksimat. Analisis proksimat akan dianalisis di laboratorium Ilmu Pangan IPB.



Analisis Data

Analisis ragam gabungan dilakukan untuk mengalisis hasil pengamatan disemua lingkungan uji untuk karakter kecipir yang diamati. Model linear untuk rancangan RKLT berdarkan pada percobaan pertama. Sidik ragam gabungan seluruh lingkungan mengacu pada model tetap (Tabel 9).

Tabel 9 Sidik ragam gabungan seluruh lingkungan model tetap

Sumber Keragaman	db	Kuadrat Tengah (KT)	F uji
Lingkungan (L)	(l-1)	M5	M5/M1
Ulangan/Lingkungan	l(r-1)	M4	-
Genotipe (G)	(g-1)	M3	M3/M1
G x L	(g-1)(l-1)	M2	M2/M1
Galat	l(g-1)(r-1)	M1	-

l = lingkungan, r = ulangan, g = genotipe

4.3 Hasil dan Pembahasan

Karakter Kualitatif

Keragaan tanaman kecipir di tiga lingkungan menunjukkan seragaman pada seluruh karakter kualitatif. Perbedaan antar genotipe yang paling terlihat pada warna batang, warna daun, warna bunga, polong dan biji (Lampiran 1). Warna batang genotipe berbiji ungu (L1, L2, L3, L4, H3U, dan tetua ungu) dominan berwarna ungu, sedangkan warna batang genotipe berbiji krem kecoklatan (H1P, H1U, H2, H4P dan tetua hijau) dominan berwarna hijau. Warna bunga yang dominan muncul pada setiap genotipe adalah ungu kebiruan (*violet blue*), namun berbeda pada genotipe H3U dan tetua ungu menunjukkan warna ungu kemerah yang mengikuti warna bunga dari tetua ungu (P1).

Polong muda memiliki perbedaan warna pada beberapa genotipe. Genotipe L1, L2, L3, L4 memiliki warna polong dasar hijau namu berwarna ungu dibagian sayap polong. Genotipe H1P, H1U, H2, dan H4P memiliki warna dasar polong hijau. Sedangkan genotipe H3U memiliki warna dasar polong ungu yang mengikuti warna dasar polong P1 (tetua ungu). Warna biji kering kecipir terbagi menjadi dua yaitu warna coklat dan ungu. Genotipe yang berwarna ungu pada polongnya umumnya memiliki warna ungu pada bijinya, seperti genotipe L1, L2, L3, L4, H3U dan P1. Terdapat hal yang menarik dimana genotipe H1U yang memiliki polong muda berwarna hijau memiliki warna biji ungu. Genotipe dengan polong muda berwarna hijau seperti genotipe H1P, H2, H4P, dan P2 memiliki warana biji coklat.

Karakter Kuantitatif

Analisis ragam gabungan dilakukan terhadap karakter kuantitatif untuk mengetahui pengaruh genotipe terhadap lingkungan, dan interaksi genetik dengan lingkungan. Faktor genetik dan lingkungan serta interaksi G x E berpengaruh sangat nyata dengan karakter kecipir yang diamati (Tabel 10).

Tabel 10 Hasil analisis ragam gabungan pengaruh genotipe, lingkungan dan interaksi genotipe x lingkungan kecipir

Karakter	Kuadrat tengah			CV (%)
	Genotype	Lingkungan	GxL	
Umur berbunga	4540.06**	6767.99**	760.16**	5.09
Bobot polong muda	10.37**	284.41**	6.99**	7.51
Panjang polong muda	12.90**	71.68**	3.93**	4.47
Lebar polong muda	0.02ns	3.24**	1.80*	4.61
Jumlah biji per polong	19.70**	18.17**	2.24tn	9.39
Bobot biji per tanaman	906.38**	9030.05**	749.46**	28.91
Bobot 100 biji	49.75**	139.47**	17.92**	4.82
Bobot polong muda per plot	959647**	32394434**	705483**	25.17
Produktivitas polong muda	6.76**	263.29**	3.78**	20.25
Bobot biji per plot	275879**	1334073**	167832**	24.98
Produktivitas biji	1.82**	17.36**	1.35**	24.38

* = berpengaruh nyata pada taraf $\alpha > 0.05$, ** = berpengaruh nyata pada taraf $\alpha > 0.01$, tn = tidak berbeda nyata

Hasil analisis ragam gabungan menunjukkan faktor genotipe, lingkungan dan interaksi genotipe x lingkungan berpengaruh sangat nyata hamper diseluruh karakter yang diamati kecuali lebar polong muda dan jumlah biji per polong. Hal ini menunjukkan adanya keragaman dari karakter yang diamati. Tabel keragaan komponen agronomis, komponen hasil dan hasil disajikan pada Tabel 11 – 21.

Tabel 11 Rata-rata umur berbunga (hari) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Umur berbunga			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	63,67de	86,67fg	89,33a	79,89b
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	70,67c	90,33cd	62,67bc	74,56cd
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	64,33de	105,00b	73,33b	80,89b
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	65,67d	63,33h	66,00bc	65,00f
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	64,00de	92,00cd	72,00b	76,00c
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	71,67c	83,67g	65,00bc	73,44cd
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	92,33b	85,33fg	66,67bc	81,44b
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	72,00c	94,00c	59,00c	75,00cd
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	65,33de	86,33fg	63,33bc	71,67de
P1 (Tetua Ungu)	63,00d	89,00df	54,00d	68,67ef
P2 (Tetua Hijau)	152,33a	197,00a	93,00a	147,44a
Kedelai Anjasmoro	38,67f	40,00i	40,00e	39,56g
Rata-rata Lingkungan	68,83B	97,52A	69,48B	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Umur berbunga menjadi salah satu karakter agronomis yang diperhatikan untuk menjadikan sebuah genotipe dilepas menjadi varietas. Tabel 11 menunjukkan bahwa umur berbunga kecipir yang ditanam pada 3 lingkungan uji berkisar antara 54 – 197 hari setelah tanam (hst). Genotipe L4 menunjukkan umur berbunga tercepat dengan rata-rata 65 hst, sedangkan genotipe tetua hijau (P2) menunjukkan

umur berbunga paling lama 147,44 hst. Terdapat perbedaan yang nyata umur berbunga genotipe L4 dengan genotipe lainnya kecuali tetua ungu (P1). Perbedaan yang tidak nyata antara P1 dan L4 mengindikasikan genotipe L4 sebagai hasil persilangan antara tetua genjah (P1) dan dalam (P2) mewariskan umur genjah dari tetuanya ungu. Sama halnya dengan genotipe L4, genotipe H4P tidak berbeda nyata dengan tetua ungu (P1). Nilai rata-rata umur berbunga kecipir pada penelitian ini hampir sama dengan penelitian Handayani *et al.* (2013) yang meneliti kecipir lokal dengan umur berbunga 59 – 73 hst. (Prasant dan Sreelatha Kumary 2014) dalam penelitiannya juga terdapat genotipe kecipir yang memiliki umur berbunga yang berkisar antara 112 – 187 hst serta penelitian Eagleton (2019) di Bogor menguji kecipir lokal yang memiliki rata-rata umur berbunga 122 hst.

Umur panen polong muda dihitung 10 hari setelah bunga mekar. Penentuan umur panen ini didasarkan pada tingkat kelembutan polong muda untuk dikonsumsi. polong muda yang dipanen 10 hari setelah bunga mekar masih terasa lembut, ukuran yang tidak terlalu panjang dan lentur. Sedangkan jika polong muda dipanen lebih dari 10 hari polong lebih keras, besar, dan tidak terlalu enak untuk dikonsumsi.

Tabel 12 Rata-rata lebar polong muda (cm) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Lebar polong muda			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	2,11b	1,99b	2,58c	2,23ab
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	1,97c	2,02ab	2,58c	2,19c
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	2,01b	2,31a	2,57c	2,29ab
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	2,00b	2,03ab	2,56c	2,19b
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	2,02b	2,07ab	2,69ab	2,26ab
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	2,13ab	2,03ab	2,59c	2,25ab
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	2,14ab	2,09ab	2,59c	2,27ab
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	2,16ab	2,09ab	2,64bc	2,29ab
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	2,01b	2,05ab	2,65bc	2,24ab
P1 (Tetua Ungu)	2,12ab	2,04ab	2,74a	2,30ab
P2 (Tetua Hijau)	2,28a	2,02ab	2,65bc	2,32a
Rata-rata Lingkungan	2,09B	2,06B	2,62A	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Tabel 12 menyajikan nilai rata-rata lebar polong muda kecipir yang diuji pada tiga lingkungan. Berdasarkan tabel diatas lebar polong muda yang diuji di tiga lingkungan berkisar antara 1,99 – 2,74 cm. Nilai rata-rata pada seluruh lokasi pengujian menunjukkan tetua hijau (P2) memiliki polong muda terlebar dengan lebar 2,32 cm. Lebar polong muda tetua hijau (P2) tidak berbeda nyata dengan hampir semua genotipe kecuali genotipe L4 (2,19 cm) dan L2 (2,19 cm). Lingkungan Palembang menunjukkan lebar polong muda terlebar dengan rata-rata lebar 2,62 cm.

Tabel 13 Rata-rata panjang polong (cm) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Panjang polong muda			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	15,37cd	13,66e	17,32e	15,45e
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	14,82d	16,98bc	18,32d	16,71cd
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	16,33c	15,79cd	18,53bcd	16,89c
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	15,50cd	14,43de	18,27d	16,07de
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	15,43cd	14,79de	19,92a	16,72cd
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	16,15c	14,91de	19,45ab	16,87cd
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	16,20c	14,19de	19,31abc	16,57cd
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	19,19ab	17,93ab	18,43dc	18,52b
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	15,99c	16,16bcd	19,06a-d	17,07c
P1 (Tetua Ungu)	20,04a	17,92ab	19,95a	19,30a
P2 (Tetua Hijau)	18,87b	19,35a	18,92bcd	19,04b
Rata-rata Lingkungan	16,72B	16,01C	18,86A	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Berdasarkan Tabel 13 nilai rata-rata panjang polong muda terpanjang ditunjukkan oleh tetua ungu (P1) dengan 19,30 cm. Tetua ungu (P1) memang memiliki karakter Panjang polong terpanjang dibanding genotipe hasil persilangan lainnya dan tetua hijau (P2), terlihat pada tiga lingkungan uji panjang polong muda tetua ungu memiliki nilai terbesar. Hal ini menunjukkan pengaruh lingkungan tidak begitu berarti untuk genotipe ini. Genotipe L1 menjadi genotipe dengan panjang polong muda terpendek dengan 15,45 cm yang tidak berbeda nyata dengan genotipe L4 (16,07 cm). Prasanth dan Sreelatha Kumary (2014) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa panjang polong muda berkisar antara 14,84 – 21,89 cm. Menurut Bramastyo *et al.* (2020) Polong muda yang diminati untuk dikonsumsi memiliki ukuran panjang polong berkisar antara 13 – 18 cm.

Tabel 14 Rata-rata bobot polong muda (g) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Bobot polong muda			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	9,94bc	7,91b	13,96d	10,60e
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	8,80c	8,25b	14,17cd	10,40e
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	10,52d	8,21b	14,09cd	10,94de
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	9,72d	7,99b	14,74bc	10,81de
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	8,62d	8,76b	15,06ab	10,81de
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	9,86c	7,85b	15,55a	11,10de
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	11,02b	8,84b	15,10ab	11,65cd
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	14,15c	8,74b	14,31cd	12,40bc
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	10,81bc	8,69b	15,36ab	11,62cd
P1 (Tetua Ungu)	14,02a	8,52b	15,51a	12,69b
P2 (Tetua Hijau)	11,54b	15,36a	14,99ab	13,96a
Rata-rata Lingkungan	10,82B	9,02C	14,80A	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Nilai rata-rata bobot polong muda kecipir yang diuji pada tiga lingkungan (Tabel 14). Berdasarkan tabel diatas nilai bobot polong muda yang ditanam pada 3 lingkungan uji berkisar antara 7,85 – 15,55 cm. Bobot polong muda terberat ditunjukkan oleh tetua hijau (P2) dengan rata-rata 13,96 cm. Bobot tetua hijau berbeda nyata dengan rata-rata genotipe lainnya. Lingkungan menunjukkan nilai yang berbeda nyata antar setiap lingkungan uji. Lingkungan Palembang memiliki nilai rata-rata bobot polong muda terbesar dengan 14,80 g.

Tabel 15 Rata-rata jumlah biji per polong genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Jumlah biji per polong			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	11,70bc	10,60b	10,47c	10,60c
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	12,23bc	11,37b	10,53c	11,38bc
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	12,13bc	11,44b	11,13bc	11,44bc
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	11,43bc	11,07b	11,03bc	11,08c
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	12,23bc	11,62b	11,37bc	11,62bc
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	12,47bc	11,72b	11,27bc	11,72bc
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	12,03bc	11,61b	11,53bc	11,62bc
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	17,03a	14,62a	12,83b	14,62b
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	13,43b	12,11b	12,70b	12,11bc
P1 (Tetua Ungu)	17,37a	15,59a	14,67a	18,86a
P2 (Tetua Hijau)	10,60c	11,46b	12,00bc	11,47bc
Rata-rata Lingkungan	12,97A	12,49A	11,78A	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Nilai rata-rata jumlah biji per polong disajikan pada Tabel 15. Jumlah biji per polong kecipir yang diuji pada tiga lingkungan berkisar antara 10,46 – 17,37 biji. Genotipe tetua ungu (P1) menunjukkan nilai rata-rata jumlah biji per polong terbanyak dengan 18,86 biji yang berbeda nyata terhadap seluruh genotipe. Lingkungan tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata terhadap jumlah biji per polong.

Tabel 16 Rata-rata bobot biji per tanaman (g) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Bobot biji per tanaman			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	27,51ab	66,73ab	49,57a	47,94ab
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	28,19ab	48,07abc	69,50a	48,59ab
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	30,97ab	9,57d	66,10a	35,54c
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	29,65ab	79,55a	52,00a	53,73ab
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	32,26ab	35,09bcd	59,57a	42,31b
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	26,40ab	33,02bcd	67,97a	42,46b
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	23,92b	17,91dc	67,53a	36,45c
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	32,55ab	77,97a	64,17a	58,23a
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	36,56a	47,23abc	58,30a	47,36ab
P1 (Tetua Ungu)	33,55ab	71,19a	56,20a	53,65ab
P2 (Tetua Hijau)	1,39c	11,24d	55,67a	22,77d
Rata-rata Lingkungan	27,54C	45,23B	60,59A	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%



Berdasarkan Tabel 16, nilai rata-rata bobot biji per tanaman kecipir yang diuji pada tiga lingkungan berkisar antara 1,39 – 79,55 g. Genotype H3U memiliki nilai rata-rata bobot biji pertanaman tertinggi dengan 58,23 g dan tidak berbeda nyata dengan genotipe L4, L1, L2, H4P, dan P1 (tetua ungu). Lingkungan uji menunjukkan adanya perbedaan yang nyata, dimana lingkungan Palembang menjadi lingkungan dengan bobot biji per tanaman terberat dengan 60,59 g.

Tabel 17 menunjukkan bobot 100 biji yang diuji pada tiga lingkungan berkisar antara 32,80 – 46,43 g. Hasil serupa juga diperlihatkan pada penelitian Eagleton (2019) bahwa rata-rata bobot 100 biji akses lokal kecipir adalah 48,30 g. Sedangkan kedelai memiliki bobot 100 biji berkisar 15,29 – 16,69 g. Genotype H1(U) memiliki nilai rata-rata bobot 100 pada tiga lingkungan uji dan tidak berbeda nyata dengan genotipe P1 (tetua ungu) dan genotipe H3U. lingkungan yang berpengaruh nyata diduga akibat suhu dan curah hujan yang tinggi pada lingkungan Bogor 2, sehingga mengakibatkan umur berbunga pada lingkungan Bogor 2 lebih lambat muncul dibanding kedua lingkungan lainnya.

Tabel 17 Rata-rata bobot 100 biji (g) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Bobot 100 biji			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	33,53ef	33,27d	35,33d	34,05e
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	33,49ef	37,47c	40,00ab	36,99cd
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	36,69a	36,14cd	37,00cd	36,61cd
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	33,21fg	35,19cd	37,33b-d	35,25de
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	35,55c	37,83c	41,67ab	38,35bc
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	36,01b	42,24b	43,00a	40,41a
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	33,98e	38,03c	35,00d	35,67de
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	37,07a	46,43a	36,00cd	39,83ab
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	33,63ef	37,23c	34,67d	35,18de
P1 (Tetua Ungu)	35,02d	45,06ab	40,33ab	40,14a
P2 (Tetua Hijau)	32,80g	35,78cd	33,67d	34,08e
Kedelai Anjasmoro	15,29h	15,80e	19,00e	16,69f
Rata-rata Lingkungan	38,61A	37,64B	30,79C	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Seluruh genotipe kecipir yang diuji menunjukkan nilai yang berbeda nyata terhadap kedelai sebagai pembanding. Kedelai yang digunakan sebagai pembanding adalah kedelai yang umumnya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan tempe dan memiliki biji yang tergolong besar. Hal ini menunjukkan genotipe-genotipe kecipir memiliki potensi yang besar pada biji untuk menggantikan biji kedelai.

Tabel 19 Menampilkan rata-rata bobot polong muda per plot kecipir yang Bobot rata-rata biji per plot disajikan pada Tabel 18. Berdasarkan tabel diatas bobot biji per plot menunjukkan perbedaan genotipe terbaik di masing-masing lokasi. Lingkungan Bogor1 menunjukkan genotipe L1 sebagai genotipe terbaik. Pada lingkungan Bogor2 menunjukkan genotipe L4 menjadi yang terbaik. Genotipe H2 menjadi genotipe terbaik pada lingkungan Palembang.

Tabel 18 Rata-rata bobot biji per plot (g) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Bobot biji per plot			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	1278,8a	870,8a	616,0b	921,86a
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	999,5ab	675,5abc	850,7ab	841,88ab
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	1161,1ab	184,8fe	624,0b	656,62b
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	1168,2ab	948,8a	677,7ab	931,54a
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	1038,2ab	561,5bcd	861,0ab	820,24ab
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	758,0b	528,2b-e	901,0a	729,08ab
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	847,9ab	286,6def	906,7a	680,38b
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	1040,3ab	435,9cde	784,7ab	753,59ab
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	1171,7ab	755,6abc	816,7ab	914,67a
P1 (Tetua Ungu)	999,2ab	714,4abc	732,3ab	815,29ab
P2 (Tetua Hijau)	40,1c	74,8f	836,7ab	317,21c
Rata-rata Lingkungan	954,82A	782,48B	548,8C	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Tabel 19 Rata-rata bobot polong muda per plot (g) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Bobot polong muda per plot			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	3247,6a	482,2ab	1614,3bcd	1781,4ab
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	2158,8ab	367,7abc	2166,3a	1564,3ab
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	2756,4ab	167,3c	1262,0d	1395,3b
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	3011,7ab	552,9a	1870,7abc	1811,8a
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	2083,2b	390,1abc	1827,1abc	1433,5ab
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	1630,8c	245,4bc	2100,7ab	1325,6c
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	2241,4ab	306,3bc	1944,2abc	1497,3ab
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	2317,2ab	248,9bc	1558,6dc	1374,9c
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	2731,9ab	391,1abc	1999,7abc	1707,6ab
P1 (Tetua Ungu)	2266,1ab	181,8c	1975,3abc	1474,4ab
P2 (Tetua Hijau)	135,7d	147,6c	1522,8cd	602,0d
Rata-rata Lingkungan	2234,63A	316,49C	1803,78B	

Keterangan: Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Nilai rata-rata bobot biji per plot terbaik ditunjukkan oleh genotipe L1, L4, dan H4P dengan bobot berturut-turut 921,86 g, 931,54 g, 914,67 g. Genotipe-genotipe terbaik ini memiliki bobot yang lebih baik dibandingkan dengan kedua tetua pembanding. Lingkungan Bogor1 menjadi lingkungan dengan bobot biji per plot yang terbaik dengan 954,82 g. Lingkungan ini berbeda nyata terhadap lingkungan lainnya.

Produktivitas polong muda kecipir (Tabel 20) dihitung dari bobot polong muda per ditanam pada tiga lingkungan. Nilai bobot polong muda per plot yang ditanam pada tiga lingkungan uji berkisar antara 135,7 – 3247,6 g. Berdasarkan tabel diatas genotipe L4 menjadi genotipe terbaik untuk bobot polong muda per plot dengan rata-rata sebesar 1811,8 g. Genotipe ini tidak berbeda nyata dengan genotipe L1, L2, H1P, H2, H4P, dan P1 (tetua ungu). Terdapat perbedaan yang



nyata antar lingkungan, dimana Bogor1 menjadi lingkungan terbaik dengan nilai 2234,63 g.

plot lalu dikonversi menjadi luasan hektar. Nilai produktivitas polong muda yang ditanam pada tiga lingkungan uji berkisar antara $0,73 - 8,66$ ton ha^{-1} . Produktivitas polong muda pada setiap lingkungan memiliki genotipe terbaik yang berbeda. Pada lingkungan Bogor1 genotipe L1 dengan $7,03$ ton ha^{-1} , Bogor2 dengan $2,77$ ton ha^{-1} dan Palembang $8,66$ ton ha^{-1} menjadi genotipe terbaik. Nilai rata-rata produktivitas polong muda kecipir di tiga lingkungan uji menunjukkan genotipe L4 sebagai genotipe terbaik dengan $5,65$ ton ha^{-1} . Produktivitas polong muda yang tinggi diharapkan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat untuk dimanfaatkan sebagai sayur dan lalapan. Lingkungan menunjukkan Palembang sebagai lingkungan terbaik dengan rata-rata hasil $7,21$ ton ha^{-1} . Lingkungan ini berbeda nyata dengan lingkungan uji lainnya.

Tabel 20 Rata-rata produktivitas polong muda (ton) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Produktivitas polong muda			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	7,03a	2,41ab	6,46abc	5,30ab
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	4,76b	1,84abc	8,66a	5,09ab
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	6,05ab	0,84c	5,05d	3,98c
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	6,72ab	2,77a	7,48abc	5,65a
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	5,06ab	1,95abc	7,31abc	4,77ab
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	4,17c	1,23bc	8,40ab	4,60b
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	5,12ab	1,53bc	7,78abc	4,80ab
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	6,10ab	1,24bc	6,23dc	4,52b
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	6,64ab	1,96abc	7,99abc	5,53ab
P1 (Tetua Ungu)	6,14ab	1,02c	7,90abc	5,02ab
P2 (Tetua Hijau)	0,73d	0,74c	6,09dc	2,52d
Rata-rata Lingkungan	5,32B	1,59C	7,21A	

Keterangan: Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Produktivitas biji disajikan pada Tabel 21. Nilai rata-rata produktivitas biji kecipir yang ditanam pada tiga lingkungan uji berkisar antara $0,11 - 3,36$ ton ha^{-1} . Genotipe terbaik untuk produktivitas biji kecipir berbeda di tiap lingkungan uji. Genotipe L1 dengan $2,56$ ton ha^{-1} menjadi genotipe terbaik dilingkungan Bogor1, genotipe L4 menjadi genotipe terbaik pada lingkungan Bogor2 dengan $3,16$ ton ha^{-1} , dan genotipe H2 menjadi genotipe terbaik di lingkungan Palembang dengan $3,36$ ton ha^{-1} . Nilai rata-rata produktivitas biji kecipir menunjukkan genotipe L4 sebagai genotipe dengan produktivitas biji terbaik dengan $2,74$ ton ha^{-1} . Genotipe ini tidak berbeda nyata genotipe L1, L2, H1P, H1U, H3U, H4P, dan P1 (tetua ungu).

Tabel 21 Rata-rata produktivitas bobot biji (ton) genotipe kecipir pada tiga lingkungan

Genotipe	Produktivitas biji			Rata-rata Genotipe
	Bogor1	Bogor2	Palembang	
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	2,56a	2,90ab	2,46b	2,64ab
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	1,99ab	2,25ab	3,40ab	2,55ab
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	2,32ab	0,62e	2,49b	1,81c
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	2,34ab	3,16a	2,71ab	2,74a
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	2,08ab	1,87b-d	3,44ab	2,46ab
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	1,52b	1,76b-d	3,60a	2,29ab
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	1,69b	0,95de	3,63a	2,09b
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	2,08ab	1,45de	3,14ab	2,22ab
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	2,34ab	2,52ab	3,27ab	2,71ab
P1 (Tetua Ungu)	1,99ab	2,38ab	2,93ab	2,44ab
P2 (Tetua Hijau)	0,08c	0,25f	3,34ab	1,23d
Kedelai Anjasmoro	0,11c	0,28f	1,50c	0,63e
Rata-rata Lingkungan	1,64B	1,83B	3,13A	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Kandungan nutrisi kecipir

Kecipir memiliki potensi pada seluruh bagian tanaman untuk dikonsumsi, seperti daun, polong muda, biji dan umbinya (Mohanty *et al.* 2020). Namun biji kecipir menjadi bagian yang paling potensial untuk dimanfaatkan. Menurut penelitian Aletor dan Aladetimi (1989); Amoo *et al.* (2006) kandungan protein kecipir (33,83%) hampir sebanding dengan kandungan protein kedelai (35%). Pada penelitian ini di analisis tiga bagian kecipir yaitu daun muda, polong muda, dan biji kering kecipir serta biji kedelai sebagai pembanding.

Tabel 22 Kandungan komponen nutrisi daun kecipir

Genotipe	KAD	ABU	LMK	PRT	SKR	KBT
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	81,20g	2,80a-c	0,51b-d	5,68d	2,80a-c	11,55c
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	81,37f	2,69b-d	0,53bc	5,70cd	2,69b-d	11,28d
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	83,56c	2,28e	0,61ab	5,17f	2,28e	9,66g
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	80,69i	2,91ab	0,48c-e	5,56e	2,91ab	12,24a
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	80,84h	2,99a	0,41de	5,78c	2,99a	11,94b
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	84,24a	2,03f	0,40e	5,52e	2,03f	8,91h
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	82,40e	2,53d	0,68a	5,02g	2,53d	10,87e
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	80,79h	2,83ab	0,50b-e	6,03b	2,83ab	11,76bc
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	82,59d	2,56cd	0,57bc	6,10b	2,56dc	9,68g
Tetua Ungu (P1)	82,65d	2,56cd	0,47cde	5,48e	2,56dc	10,42f
Tetua hijau (P2)	83,98b	2,30e	0,68a	6,30a	2,30e	8,08i

KAD = Kadar air, ABU = kadar abu, LMK= lemak, PRT = protein, SKR = serat kasar, KBT = karbohidrat, Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Hasil analisis proximat daun kecipir yang disajikan pada Tabel 22. Kadar air tertinggi ditunjukkan oleh genotipe H1P sebesar 84,24%. sedangkan kandungan protein pada daun kecipir berkisar antara 5,17 – 6,30%. Genotipe dengan kandungan protein tebesar dimiliki oleh genotipe P2 (Tetua hijau) dengan 6,30% yang berbeda nyata dengan genotipe lain. Genotipe L4 memiliki kandungan karbohidrat total tertinggi dengan 12,24% berbeda nyata dengan genotipe lainnya. Sedangkan serat kasar menunjukkan genotipe H1U dengan nilai tertinggi 2,99 %

namun tidak berbeda nyata dengan genotipe L1, L4 dan H3U. Serupa dengan hasil penelitian (Krisnawati 2016) dan (Handayani 2013) bahwa kandungan kadar air daun kecipir 64 – 85%, protein daun kecipir 5,00 – 7,60%, karbohidrat daun kecipir 3,00 – 8,50%, lemak daun kecipir 0,5 – 2,5%, dan serat kasar 3,00 – 4,2%.

Tabel 23 Kandungan komponen nutrisi polong muda kecipir

Genotipe	KAD	ABU	LMK	PRT	SKR	KBT
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	92,71f	0,57c	0,09bc	2,64b	1,02de	3,98d
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	92,65g	0,58c	0,07c	2,35e	0,93e	4,34b
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	93,50a	0,63a	0,08bc	2,37de	1,04de	3,41g
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	93,25b	0,64a	0,09bc	2,39de	1,30b	3,62e
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	93,24b	0,60bc	0,08c	1,99f	0,99de	4,09c
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	93,14c	0,57c	0,14a	2,66b	0,94de	3,48g
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	92,93e	0,57c	0,07c	2,42d	0,94de	4,01cd
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	92,14i	0,65a	0,16a	3,00a	1,18c	4,04cd
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	93,00d	0,59bc	0,09bc	2,55c	1,04de	3,77e
Tetua Ungu (P1)	92,52h	0,62ab	0,10b	2,64b	1,05d	4,10c
Tetua hijau (P2)	91,94j	0,56c	0,08bc	1,94g	1,48a	5,47a

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Polong muda kecipir masih perlu diketahui komponen nutrisi yang terkandung didalamnya karena dapat dikonsumsi sebagai sayuran. Hasil analisis proximat polong muda kecipir disajikan pada Tabel 23. Kadar air polong muda kecipir berkisar antara 92,14 – 93,50 %. Kandungan protein polong muda kecipir berkisar antara 1,48 – 3,00 %. Kandungan karbohidrat total polong muda kecipir berkisar antara 3,41 – 5,47 %. Kandungan mineral polong muda kecipir ini juga sama dengan penelitian sebelumnya (Krisnawati 2016) dan (Handayani 2013) bahwa kandungan kadar air polong muda kecipir 76 – 93 %, protein polong muda kecipir 1,9 – 4,3 %, karbohidrat polong muda kecipir 1,1 – 7,9 %, lemak polong muda kecipir 0,1 – 3,4 %, dan serat kasar polong muda kecipir 0,9 – 3,1 %.

Tabel 24a Kandungan komponen nutrisi biji kecipir dan kedelai

Genotipe	Kadar air			Protein				
	BGR1	BGR2	PLBG	Rata-rata Genotipe	BGR1	BGR2	PLBG	Rata-rata Genotipe
L1	13,44b	14,82a	16,54ef	14,93b	34,42bc	33,20d	31,21de	32,94c
L2	27,43a	12,83c	15,16g	18,47a	28,07i	28,98i	32,33bc	29,79h
L3	11,31c	14,39ab	16,78de	14,16d	34,05c	30,43h	32,84b	32,44d
L4	10,35e	13,15c	17,39c	13,63e	33,15d	30,98g	30,40f	31,51f
H1P	11,03cd	14,42ab	15,17g	13,54e	29,47gh	35,01bc	30,56ef	31,68ef
H1U	11,18c	13,64bc	16,26f	13,69e	29,21h	35,56b	31,14de	31,97e
H2	10,04e	14,90a	17,85b	14,26d	32,14e	31,59f	28,99g	30,90g
H3U	11,54c	13,46c	16,22f	13,74e	30,23fg	37,05a	31,83cd	33,04c
H4P	10,53de	13,09c	20,24a	14,62c	30,44f	34,75c	29,51g	31,57f
P1	10,02e	11,88d	16,87de	12,92f	35,17b	36,56a	29,29g	33,67b
P2	13,37b	15,08a	17,06cd	15,17b	28,30i	35,24bc	29,70g	31,08g
KD	9,27f	9,47e	10,28h	9,67g	37,01a	32,66e	36,89a	35,52a
Rata-rata Lingkungan	12,46C	13,42B	16,32A		31,80B	33,49A	31,22C	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Biji kecipir menjadi bagian yang paling potensial karna memiliki kandungan protein yang hampir sebanding dengan biji kedelai. Berdasarkan hasil analisis biji





kering kecipir dan kedelai pada Tabel 24. Menunjukkan kadar air biji kecipir berkisar antara 10,04 – 20,24 %, sedangkan kadar air biji kering kedelai sebesar 9,27 – 10,28 %. Standar simpan untuk biji kedelai berkisar 9 – 10 %, jika kadar air melebihi standar dikhawatirkan biji akan mudah rusak dan terserang cendawan sehingga tidak dapat dimanfaatkan kembali.

Kandungan protein biji kering kecipir berkisar antara 28,07 – 37,01 %. Genotipe P1 menjadi geotipe yang memiliki kandungan protein yang paling mendekati kandungan protein kedelai. Sementara genotipe genotipe L1, L3, dan H3U menjadi genotipe hasil persilangan yang memiliki kandungan protein yang mirip dengan tetua ungu (P1) dan mendekati kedelai. Hasil ini sama dengan hasil penelitian sebelumnya (Krisnawati 2016) dan (Handayani 2013) dimana kandungan kadar air biji kecipir 8,7 – 24,6 %, protein biji kecipir 29,8 – 39 %, karbohidrat biji kecipir 23,9 – 42 %, lemak biji kecipir 15 – 20,4 %.

Tabel 24b Kandungan komponen nutrisi biji kecipir dan kedelai

Genotipe	Lemak			Rata-rata Genotipe	Karbohidrat			Rata-rata Genotipe
	BGR1	BGR2	PLBG		BGR1	BGR2	PLBG	
L1	13,63e	13,42e	14,38c	13,81cd	24,72d	33,35bc	27,34abc	28,47fgh
L2	11,45g	14,42bcd	14,89b	13,5d	20,51e	38,56a	27,73ab	28,93efg
L3	14,45d	15,03ab	14,59bc	14,69b	25,75d	34,65b	27,14abc	29,18ef
L4	16,02b	11,90f	14,60bc	14,17c	27,99c	38,61a	25,60cd	30,73bc
H1P	15,99b	13,80de	14,75bc	14,85b	29,87b	31,67de	29,17a	30,24cd
H1U	12,82f	13,93de	13,74d	13,50d	35,48a	31,52de	27,25abc	31,42ab
H2	15,67bc	14,87abc	13,81d	14,78b	29,25bc	33,39bc	26,47bcd	29,70de
H3U	15,94b	12,62f	15,82a	14,79b	28,81bc	32,29cd	25,07d	28,72fg
H4P	14,99cd	14,14cde	13,24e	14,12c	28,93bc	32,55cd	21,66e	27,71h
P1	17,30a	15,55a	15,83a	16,23a	25,81d	30,72e	27,64abc	28,05gh
P2	12,11fd	11,88f	14,41bc	12,80e	34,90a	32,60cd	28,68a	32,06a
KD	13,60e	12,46f	11,07f	12,38f	25,29d	38,89a	27,70ab	30,63bc
Rata-rata Lingkungan	14,50A	13,67C	14,26B		28,11B	34,06A	26,79C	

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil dan dalam satu baris yang diikuti huruf kapital yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

4.4 Simpulan

1. Tetua pembanding yaitu P1 (tetua ungu) dan P2 (tetua hijau) lebih baik pada karakter panjang, lebar dan bobot polong muda serta jumlah biji per polong.
2. Karakter bobot biji per tanaman dan bobot 100 biji memperlihatkan genotipe H3U, H1U dan P1 (tetua ungu).
3. Genotipe L4 menjadi genotipe terbaik pada karakter umur berbunga, bobot biji per plot, bobot polong muda per plot, produktivitas polong muda, dan produktivitas biji.
4. Genotipe L1, H3U dan P1 (tetua ungu) memiliki kandungan protein, lemak, dan karbohidrat yang mendekati kandungan kedelai.
5. Genotipe kecipir yang diuji memiliki potensi sebagai substitusi kedelai baik dari segi produktivitas biji maupun kandungan nutrisi dalam biji.

V ANALISIS STABILITAS HASIL KECIPIR (*Psophocarpus tetragonolobus L.*) PADA TIGA LINGKUNGAN

Abstrak

Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus L.*) merupakan tanaman yang dapat dimanfaatkan hampir seluruh bagiannya terutama polong muda dan biji. Polong muda yang dapat dijadikan sayur dan biji yang memiliki kandungan protein setara kedelai. Upaya untuk meningkatkan produktivitas dengan mendapatkan varietas unggul. Varietas unggul diperoleh dari genotipe-genotipe dengan keragaan baik dan hasil baik serta tergolong genotipe stabil. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi kestabilan 11 genotipe kecipir di tiga lingkungan dengan menggunakan metode analisis parametrik. Penelitian dilaksanakan di tiga lingkungan yaitu dua musim tanam di Bogor dan satu musim tanam di Palembang pada bulan Januari 2019 sampai dengan Juni 2020. Sebanyak 11 genotipe kecipir diuji dan diamati karakter produktivitas polong muda dan produktivitas biji. Karakter produktivitas polong muda dan produktivitas biji memiliki interaksi G x E yang nyata dan memenuhi asumsi statistik untuk melakukan analisis stabilitas. Terdapat genotipe-genotipe yang stabil diantara 11 genotipe kecipir yang diuji. Pada karakter produktivitas polong muda Genotipe L4, H1P dan H4P stabil pada seluruh metode stabilitas yang digunakan. Genotipe L4 dan L2 menjadi genotipe yang stabil untuk karakter produktivitas biji pada seluruh metode.

Kata kunci : stabilitas, parametrik, AMMI, GGE

5.1 Pendahuluan

Potensi kecipir (*Psopocarpus tetragonolobus L.*) yang dapat menjadi pengganti kedelai dari segi biji dan polong muda menjadikan perlu adanya varietas kecipir di Indonesia. Varietas kecipir dapat diperoleh dari genotipe-genotipe yang memiliki keragaan dan daya hasil yang baik. Selain itu diperlukan varietas unggul yang berdaya hasil baik di suatu lokasi spesifik maupun di berbagai lokasi. Genotipe dengan keragaan relatif terbaik pada berbagai lokasi dapat digolongkan sebagai genotipe yang berpenampilan stabil. Genotipe stabil adalah genotipe yang memiliki peringkat tinggi pada berbagai kondisi lingkungan dan tidak memberikan respons terhadap perlakuan (Trustinah dan Iswanto 2013).

Analisis stabilitas dapat memberikan informasi mengenai kecocokan suatu genotipe di berbagai lokasi. Metode ini dibedakan menjadi dua pendekatan yaitu pendekatan parametrik dan non parametrik. Pendekatan parametrik menggunakan perhitungan parameter stabilitas seperti koefisien keragaman, koefisien regresi dan sejenisnya untuk menganalisis stabilitas genotipe. Teknik analisis ini mensyaratkan data menyebar mengikuti distribusi normal (Huehn 1990). Beberapa metode dalam pendekatan parametrik antara lain adalah metode Wricke, Finlay-Wilkinson, Eberhart-Russel, Shukla dan Francis-Kannenberg

Analisis stabilitas dengan menggunakan pendekatan non parametrik memiliki potensi yang baik untuk mengidentifikasi genotipe pilihan. Analisis tersebut memberikan keluasaan bagi pemulia tanaman untuk melakukan seleksi rata-rata daya hasil dan stabilitas secara bersamaan (Karimizadeh *et al.* 2012). Beberapa



metode non parametrik yang dapat digunakan adalah metode Nassar-Huehn, Kang, Fox dan Thennarasu. Metode analisis stabilitas tersebut tergolong ke dalam konsep statis atau konsep dinamis.

Analisis multivariat dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas. Analisis multivariat yang digunakan adalah metode *Additive Main Effect Multiplicative Interaction* (AMMI) (Gauch 2006). Analisis AMMI dikembangkan dari gabungan pengaruh aditif pada analisis ragam dengan pengaruh multiplikatif pada analisis komponen utama. Analisis AMMI dapat meningkatkan keakuratan dugaan respon interaksi galur dengan lingkungan (Widyastuti *et al.* 2013).

5.2 Metodologi Penelitian

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 sampai dengan Juni 2020. Percobaan dilaksanakan di 3 lokasi yaitu, Bogor 1 (populasi F6), Bogor 2, dan Palembang.

Materi Genetik

Bahan tanam yang digunakan adalah galur kecipir hijau lokal dan kecipir ungu introduksi dari Thailand sebagai P1 dan P2 serta bahan tanam lainnya adalah 10 galur generasi F7 hasil seleksi generasi sebelumnya yang sama dengan percobaan pertama.

Pengamatan

Metode percobaan yang digunakan sama dengan yang dilakukan pada percobaan pertama. Pengamatan dilakukan dengan mengamati 2 karakter amatan. Pengamatan dilakukan pada komponen hasil. Pengamatan dilakukan pada 10 tanaman contoh setiap plot tanaman. Karakter yang diamati meliputi, merujuk pada (IBPGR 1978 dan Kementerian 2014) :

1. Produktivitas polong muda (ton)
Bobot polong per plot dihitung dengan menimbang seluruh polong muda tiap genotipe pada tiap blok.
2. Produktivitas biji per ha (ton)
Bobot biji per ha dihitung dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \text{bobot tiap blok} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{luas blok}}$$

Alat yang digunakan terdiri dari alat pertanian konvensional, alat pengukuran dan pengamatan (meteran, jangka sorong digital, oven, timbangan, miistar, kamera digital, alat tulis), dan alat laboratorium untuk uji kandungan proksimat biji kering. Alat dan bahan laboratorium pegujian biji kecipir menyesuaikan kebutuhan laboratorium analisis yang melakukan pengujian proksimat. Analisis proksimat akan dianalisis di laboratorium Ilmu Pangan IPB.

Analisis Data

Sidik ragam gabungan tiap lingkungan mengacu pada model tetap (Tabel 9). Analisis stabilitas hasil pada populasi kecipir dilakukan dengan menggunakan tiga metode analisis yaitu 1) Finlay dan Wilkinson, 2) Eberhart dan Russell, 3) Francis dan Kannenberg, 4) AMMI (*Additive Main Effect and Multiplicative Interaction*), dan 5) GGE (*Genotype and Genotype by Environment Interaction Biplot*).

a. Finlay dan Wilkinson (1963)

Analisis stabilitas Finlay dan Wilkinson (1963) didasarkan pada koefisien regresi (b_i) antara hasil rata-rata suatu genotipe dengan rata-rata umum semua genotipe yang diuji dan semua lingkungan pengujian. Analisis ini dapat menjelaskan fenomena stabilitas dan adaptabilitas suatu genotipe. Genotipe-genotipe yang mempunyai slope regresi (b_i) : > 1 , $= 1$, dan < 1 berturut-turut mempunyai stabilitas di bawah rata-rata, setara rata-rata, dan di atas rata-rata.

b. Eberhart dan Russell (1966)

Eberhart dan Russell menggunakan standar deviasi kuadrat tengah terhadap koefisien regresi pada tiap genotipe sebagai penduga stabilitas.

$$1) \delta^2 = \frac{1}{q-2} [\sum(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 - b^2 \sum(Y_{ij} - \bar{Y})]$$

$$2) R_i^2 = \frac{b_i^2 \sum(Y_{ij} - \bar{Y})}{\sum_j (Y_{ij} - \bar{Y}_i)}$$

Dimana δ^2 adalah ragam genotipe; q adalah banyaknya lingkungan pengujian; Y_{ij} adalah rata-rata nilai pengamatan pada genotipe ke- i dan lingkungan ke j ; \bar{Y}_i adalah nilai rata-rata genotipe ke- i pada seluruh lingkungan; \bar{Y}_j adalah nilai rata-rata pengamatan lingkungan ke j pada seluruh genotipe; \bar{Y} adalah nilai rata-rata total seluruh pengamatan; R_i^2 adalah koefisien determinasi; b_i^2 adalah *slope* regresi.

c. AMMI (*Additive Main Effect and Multiplicative Interaction*)

Analisis AMMI merupakan suatu teknik analisis data percobaan dua faktor perlakuan dengan pengaruh utama perlakuan dan lingkungan bersifat aditif, sedangkan pengaruh interaksi dimodelkan dengan model bilinear (Mattjik dan Sumertajaya 2007). Model persamaannya sebagai berikut :

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum \lambda_n \lambda_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

Keterangan :

Y_{ge} = Hasil genotipe ke- g pada lingkungan ke- e

μ = Rata-rata umum

α_g = Simpangan genotipe ke- g terhadap rata-rata umum

β_e = Simpangan lingkungan ke- e terhadap rata-rata umum

N = Jumlah sumbu AKU (Analisis Komponen Utama) dalam model

λ_n = Nilai Singular untuk AKU sumbu ke- n

λ_{gn} = Nilai vektor ciri genotipe untuk AKU sumbu ke- n

δ_{en} = Nilai vektor ciri lingkungan untuk AKU Sumbu ke- n

ρ_{ge} = Galat sisa

d. Francis dan Kannenberg (1978)

Francis dan Kannenberg (1978) menyatakan bahwa kestabilan suatu genotipe ditentukan oleh nilai ragam lingkungan dan koefisien keragaman (CV_i). Nilai koefisien keragaman (CV_i) ditentukan dari nilai simpangan baku rata-rata hasil suatu genotipe yang didasarkan dari rata-rata umumnya.

$$CV_i = \left(\frac{\sqrt{s_i^2}}{\bar{Y}_i} \right) \times 100\% = \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_i (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_j)^2}{q-1}}}{\bar{Y}_i} \right) \times 100\%$$

Dimana :

- CV_i = Koefisien keragaman
 S_i^2 = Ragam lingkungan
 \bar{Y}_{ij} = rataan genotipe ke- i pada seluruh lokasi ke- j
 \bar{Y}_{ij} = rataan pada genotipe ke- i dan lingkungan ke- j
 \bar{Y}_j = rataan lingkungan ke- j untuk seluruh genotipe
 q = banyaknya lingkungan ke- i

5.3 Hasil dan Pembahasan

Analisis stabilitas dilakukan untuk memperoleh informasi stabilitas genotipe-genotipe yang diuji di tiga lingkungan. Pendugaan parameter kestabilan dilakukan dengan menggunakan empat pendekatan stabilitas hasil yaitu analisis stabilitas menurut Francis dan Kannenberg (1978), Finlay dan Wilkinson (1963), Eberhart dan Russel (1966), AMMI dan GGE biplot.

Analisis ragam (Tabel 25) menunjukkan bahwa faktor lingkungan dan interaksinya ($G \times E$) berpengaruh nyata terhadap produktivitas polong muda dan produktivitas biji pada genotipe-genotipe yang diuji. Analisis ragam juga menunjukkan bahwa jumlah kuadrat lingkungan berkontribusi sebanyak 78,51% untuk produktivitas polong muda dan 43,76% untuk karakter produktivitas biji. Interaksi genotipe \times lingkungan berkontribusi sebanyak 11,28% untuk produktivitas polong muda dan 33,65% untuk produktivitas biji, Sedangkan genotipe berpengaruh sebanyak 10,21% untuk produktivitas polong muda dan 22,59% untuk produktivitas biji. Jumlah kuadrat tengah lingkungan yang besar dan nyata menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang menyebabkan keragaman hasil antarlingkungan (Nzuve *et al.* 2013).

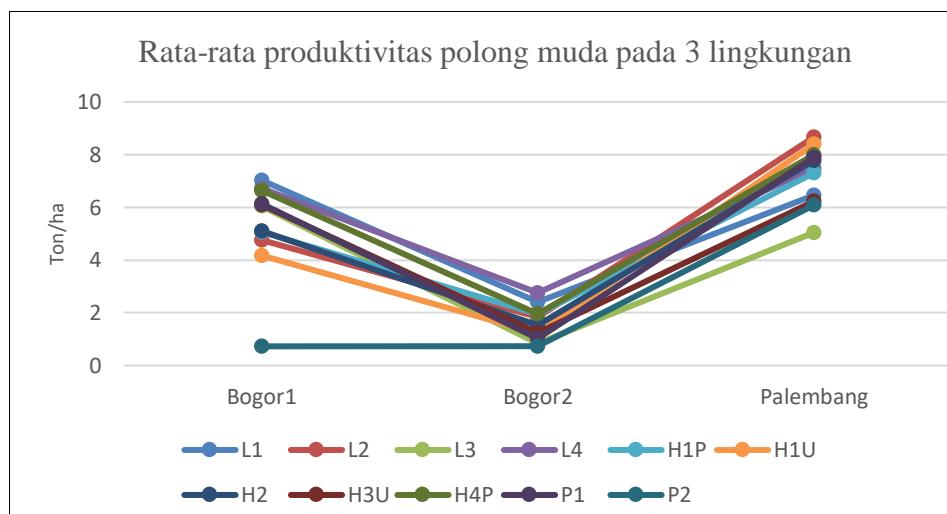
Tabel 25 Analisis ragam gabungan produktivitas polong muda (PRPM) dan Produktivitas biji (PRB) kecipir

Sumber	db	JK		KT		F hitung		Kontribusi (%)	
		PRPM	PRB	PRPM	PRB	PRPM	PRB	PRPM	PRB
Lingkungan	2	525,54	35,03	262,77	17,52	284,4**	55,26**	78,51	43,76
Ulangan(ling)	6	7,17	5,75	1,19	0,96	1,29ns	3,03*		
Genotipe	10	68,30	18,09	6,83	1,81	7,39**	5,71**	10,21	22,59
Ling*Geno	20	75,52	26,94	3,78	1,35	4,09**	4,25**	11,28	33,65
Galat	59	54,51	18,70	0,92	0,32				
Total	97	731,0453	104,513						

* = berpengaruh nyata pada taraf $\alpha > 0,05$, ** = berpengaruh nyata pada taraf $\alpha > 0,01$, ns=tidak berbeda nyata

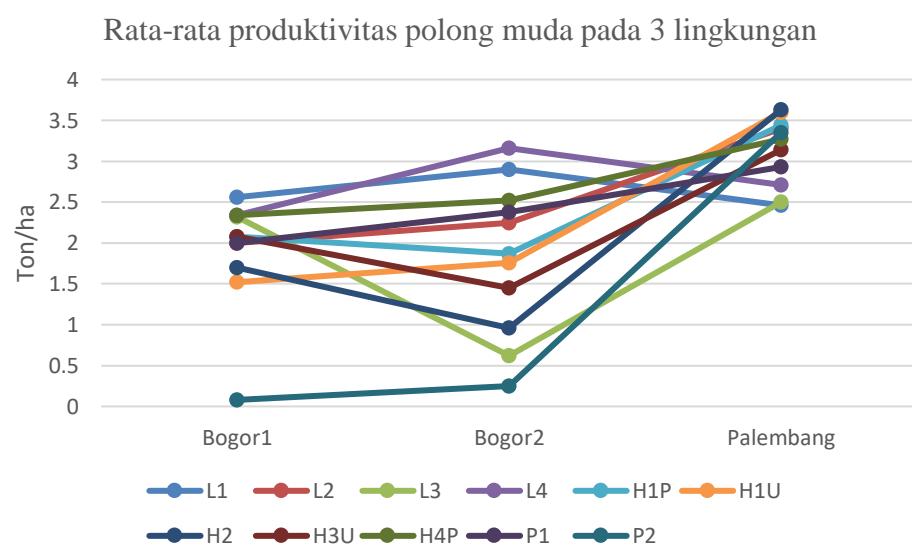
Interaksi antara genotipe dan lingkungan menyebabkan perbedaan respon setiap genotipe. Efek dari kedua faktor baik genotipe maupun lingkungan menentukan fenotipe individu, namun tidak selalu aditif karena adanya interaksi antara keduanya. Besarnya keragaman interaksi antara genotipe dengan lingkungan biasanya akan mempengaruhi keakuratan estimasi hasil dan mengurangi hubungan antara nilai-nilai genotipe dan fenotipe (Akinwale 2011). Estimasi interaksi genotipe dan lingkungan yang sangat signifikan menunjukkan bahwa keragaman karakter berfluktuasi seiring dengan perubahan lingkungan (Lodhi *et al.* 2015).

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 3 Interaksi genotipe x lingkungan terhadap produktivitas polong muda kecipir

Gambar 3 dan 4 memperlihatkan produktivitas polong muda dan produktivitas biji 11 genotipe yang diuji pada tiga lingkungan dan adanya interaksi antara genotipe x lingkungan. Interaksi ini disebabkan oleh perubahan respon setiap genotipe yang diuji pada lingkungan uji yang berbeda. Hal ini menunjukkan diantara genotipe-genotipe yang diuji memberikan tanggap produktivitas yang tidak sama terhadap tiga lingkungan tumbuh. Nilai produktivitas polong muda dan produktivitas biji yang berbeda antar genotipe di tiga lingkungan serta memiliki interaksi G x E yang nyata telah memenuhi syarat dilakukannya analisis stabilitas. Hal ini dilakukan untuk menjelaskan pengaruh interaksi.



Gambar 4 Interaksi genotipe x lingkungan terhadap produktivitas biji kecipir

Analisis Stabilitas menurut Finlay dan Wilkinson (1963)

Metode ini menggunakan parameter koefisien regresi (b_i) antara rata-rata suatu genotipe dengan rata-rata umum semua genotipe yang diuji dan semua lingkungan pengujian. Genotipe dengan nilai $b_i > 1$, $b_i = 1$, dan $b_i < 1$ berturut-turut diartikan memiliki stabilitas dibawah rata-rata, setara rata-rata, dan diatas rata-rata.



Genotipe-genotipe dengan stabilitas di bawah rata-rata menunjukkan galur tersebut peka terhadap perubahan lingkungan, sehingga beradaptasi baik pada lingkungan yang menguntungkan. Galur-galur yang memiliki stabilitas di atas rata-rata tidak sensitif terhadap perubahan lingkungan, karena itu beradaptasi pada lingkungan yang marginal (sub optimum).

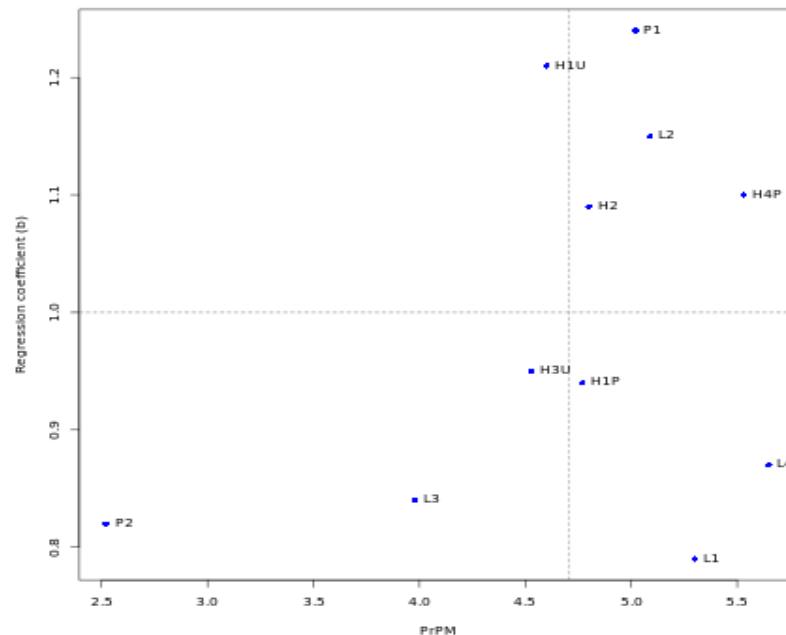
Tabel 26 Rataan hasil dan koefisien regresi genotipe kecipir analisis Finlay-Wilkinson

Genotipe	Y (ton ha ⁻¹)		b_i	s^2_{di}	
	PRPM	PRB		PRPM	PRB
F7-UxH-4-1-L1-1-1(B)-B	5,3	2,64	0,79ns	-0,22**	2,12
F7-UxH-4-1-L2-1-1(B)-B	5,09	2,55	1,15ns	1ns	1,34
F7-UxH-4-1-L3-1-1(B)-B	3,98	1,81	0,84ns	0,88ns	3,49
F7-UxH-4-1-L4-1-1(B)-B	5,65	2,74	0,87ns	-0,06*	0,13
F7-UxH-4-1-H1(U)-1-1(B)-B	4,77	2,46	0,94ns	1,17ns	-0,18
F7-UxH-4-1-H1(P)-1-1(B)-B	4,6	2,29	1,21ns	1,55ns	1,8
F7-UxH-4-1-H2-1-1(B)-B	4,8	2,09	1,09ns	1,85*	-0,1
F7-UxH-4-1-H3(U)-1-1(B)-B	4,53	2,22	0,95ns	1,11ns	1,24
F7-UxH-4-1-H4(P)-1-1(B)-B	5,53	2,71	1,1ns	0,65ns	-0,01
Tetua Ungu (P1)	5,02	2,44	1,24ns	0,57ns	-0,11
Tetua hijau (P2)	2,52	1,23	0,82ns	2,51**	7,84
Rata-rata	4,71	2,29			

Y= rataan hasil; b_i =Koefisien regresi genotipe; *= berbeda nyata dengan 1 pada $\alpha=0,01$; **= berbeda nyata dengan 1 pada $\alpha=0,05$; ns= tidak berbeda nyata dengan 1 pada $\alpha=0,05$, s^2_{di} = deviasi dari regresi kuadrat tengah.

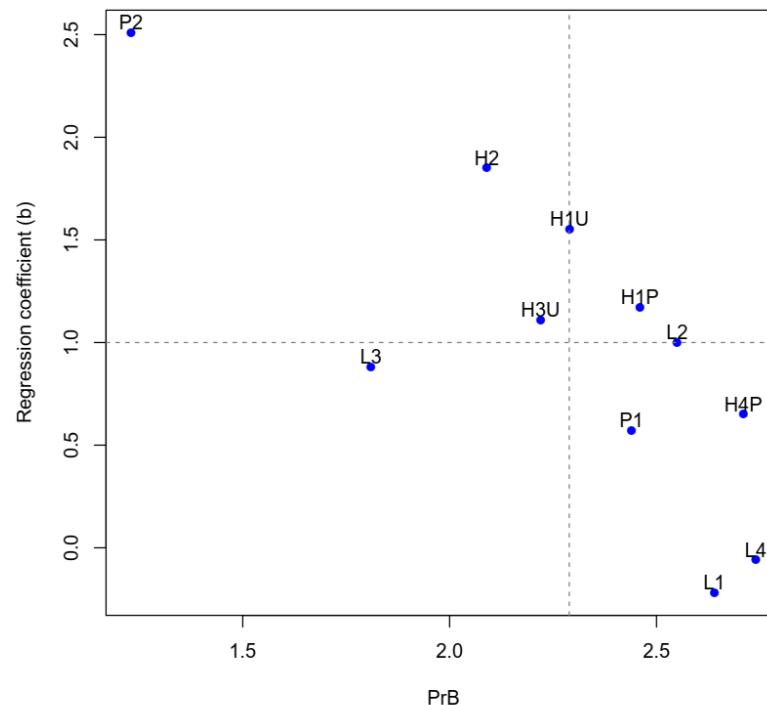
Tabel 26 menunjukkan nilai koefisien regresi produktivitas polong muda tidak berbeda nyata dengan $b_i=1$ oleh seluruh genotipe. Dengan kata lain seluruh genotipe dikatakan stabil untuk karakter produktivitas polong muda. Genotipe L1, L2, L4, H1P, H2, H4P, P1 memiliki rataan hasil berturut-turut sebesar 5,3; 5,09; 5,65; 4,77; 4,8; 5,53; 5,02; 4,71 ton ha⁻¹ lebih besar dibanding rataan total sebesar 4,71 ton ha⁻¹. Analisis stabilitas untuk produktivitas biji menunjukkan genotipe L2, L3, H1P, H1U, H3U, H4P, dan P1 (tetua ungu) memiliki nilai yang tidak berbeda nyata $b_i = 1$. Genotipe H2 dan P2 (tetua hijau) memiliki nilai $b_i > 1$. Genotipe L1 dan L4 memiliki nilai $b_i < 1$.

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara nilai koefisien regresi dan produktivitas polong muda rata-rata dari genotipe-genotipe yang diuji. Genotipe L1, L3, L4, H1P, H3U, dan P2 (tetua hijau) memiliki nilai koefisien regresi berturut-turut 0,79; 0,84; 0,87; 0,94; 0,95 dan 0,82 dimana nilai tersebut kurang dari 1 ($b_i < 1$). Dengan demikian genotipe-genotipe tersebut beradaptasi baik terhadap lingkungan yang marginal. Genotipe L2, H1U, H2, H4P, dan P1 (tetua ungu) memiliki nilai koefisien regresi berturut-turut 1,15; 1,21; 1,06; 1,1 dan 1,24. nilai koefisien tersebut lebih besar dibanding 1 ($b_i > 1$). Genotipe-genotipe tersebut termasuk genotipe yang beradaptasi baik pada lingkungan optimal.



Gambar 5 Hubungan koefisien regresi dengan produktivitas polong muda kecipir

Nilai koefisien regresi dan rata-rata produktivitas biji (Gambar 6) dari genotipe-genotipe yang diuji memperlihatkan genotipe yang memiliki nilai koefisien regresi kurang dari 1 ($b_i < 1$) adalah genotipe L1 dan L4 dengan nilai berturut-turut -0,22 dan -0,06. Ketiga genotipe ini beradaptasi baik pada lingkungan marginal. genotipe L2, L3, H1P, H1U, H3U, H4P, dan P1 (tetua ungu) memiliki nilai koefisien regresi sama dengan 1 ($b_i=1$), sehingga genotipe ini dikatakan stabil diseluruh lingkungan. Sedangkan genotipe H2 dan P2 (tetua hijau) memiliki nilai koefisien regresi berturut-turut 1,85 dan 2,1 lebih besar dari satu ($b_i > 1$). Genotipe-genotipe ini beradaptasi pada lingkungan optimal.

Plot of regression coefficient (b) vs Y

Gambar 6 Hubungan koefisien regresi dengan produktivitas biji kecipir

Analisis Stabilitas menurut Eberhart dan Russel (1966)

Metode ini menggunakan parameter koefisien regresi (b_i) dan simpangan regresi ($s^2 d_i$). Genotipe yang dikatakan stabil jika kuadrat tengah sisa dari model regresi pada indeks lingkungannya kecil. Hasil analisis ragam uji stabilitas Eberhart dan Russell (1966) pada Tabel 27 menunjukkan bahwa genotipe, lingkungan (L) + interaksi G x L, Lingkungan (linier), Interaksi G x L (linier) dan Simpangan gabungan tidak berbeda nyata. Keragaman yang tidak nyata untuk lingkungan (L) + interaksi G x L, Lingkungan (linier) dan Interaksi G x L (linier) menunjukkan tidak adanya respon perbedaan produktivitas polong muda dari 11 genotipe kecipir yang diuji pada 3 lingkungan.

Analisis ragam gabungan analisis stabilitas produktivitas biji dengan metode Eberhart dan Russell (1966) pada Tabel 28 menunjukkan interaksi G x L berbeda nyata. Keragaman yang nyata ini menunjukkan respon yang berbeda dari 11 genotipe kecipir yang diuji pada tiga lingkungan.

Tabel 27 Analisis ragam gabungan produktivitas polong muda kecipir metode Eberhart dan Russell (1966)

Sumber	df	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F-hitung
Total	32	227,93	7,12	
Genotipe (G)	10	22,63	2,26	1,19tn
Lingkungan (L) + (G x L)	22	205,30	9,33	
Lingkungan (linear)	1	179,97	179,97	
G x L (linear)	10	4,42	0,44	0,23tn
Simpangan gabungan	11	20,91	1,90	
H1P	1	0,12	0,12	0,41tn
H1U	1	2,11	2,11	6,95*
H2	1	0,21	0,21	0,68tn
H3U	1	1,54	1,54	5,09*
H4P	1	0,29	0,29	0,97tn
L1	1	2,43	2,43	7,99**
L2	1	1,65	1,65	5,43*
L3	1	3,79	3,79	12,50**
L4	1	0,44	0,44	1,44tn
P1	1	0,20	0,20	0,65tn
P2	1	8,14	8,14	26,84**
Galat gabungan	60	18,20	0,30	

* berbeda sangat nyata pada taraf $\alpha>0,05$; **berbeda nyata pada taraf $\alpha>0,01$; tn= tidak berbeda nyata

Tabel 28 Analisis ragam gabungan produktivitas biji kecipir metode Eberhart-Russell (1966)

Sumber	df	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F-hitung
Total	32	26,81	0,84	
Genotipe (G)	10	6,07	0,61	2,82tn
Lingkungan (L) (G x L)	22	20,73	0,94	
Lingkungan (linear)	1	11,69	11,69	
G x L (linear)	10	6,67	0,67	3,09*
Simpangan gabungan	11	2,37	0,22	
H1P	1	0,01	0,01	0,06tn
H1U	1	0,07	0,07	0,66 tn
H2	1	0,18	0,18	1,69 tn
H3U	1	0,15	0,15	1,40 tn
H4P	1	0,03	0,03	0,25 tn
L1	1	0,05	0,05	0,52 tn
L2	1	0,06	0,06	0,53 tn
L3	1	1,34	1,34	12,92**
L4	1	0,34	0,34	3,26 tn
P1	1	0,09	0,09	0,89 tn
P2	1	0,07	0,07	0,66 tn
Galat gabungan	60	6,23	0,10	

* berbeda sangat nyata pada taraf $\alpha>0,05$; **berbeda nyata pada taraf $\alpha>0,01$; tn= tidak berbeda nyata

Eberhart dan Russell (1966) menyatakan bahwa untuk menentukan ketstabilitan harus didasarkan pada nilai koefisien regresi (b_i) dan juga nilai deviasi regresi kuadrat tengah (s^2_{di}). Genotipe yang memiliki nilai deviasi (simpangan) regresi



kuadrat tengah (s^2d_i) mendekati nol dan nilai koefisien regresi (b_i) mendekati satu menjadi genotipe yang stabil.

Tabel 29 Rataan hasil produktivitas polong muda dan produktivitas biji kecipir serta nilai koefisien regresi dan simpangan regresi

Genotipe	PRPM			PRB		
	Y (ton ha ⁻¹)	b_i	s^2d_i	Y (ton ha ⁻¹)	b_i	s^2d_i
L1	5,30	0,79	2,12**	2,64	-0,22	-0,05ns
L2	5,09	1,15	1,34*	2,55	1,00	-0,05ns
L3	3,98	0,84	3,49**	1,81	0,88	1,24**
L4	5,65	0,87	0,13ns	2,74	-0,06	0,23ns
H1P	4,77	0,94	-0,18ns	2,46	1,17	-0,1ns
H1U	4,60	1,21	1,8*	2,29	1,55	-0,04ns
H2	4,80	1,09	-0,1ns	2,09	1,85	0,07ns
H3U	4,53	0,95	1,24*	2,22	1,11	0,04ns
H4P	5,53	1,10	-0,01ns	2,71	0,65	-0,08ns
P1	5,02	1,24	-0,11ns	2,44	0,57	-0,01ns
P2	2,52	0,82	7,84**	1,23	2,51	-0,03ns
Rata-rata	4,71			2,29		

PRPM = Produktivitas polong muda, PRB = produktivitas biji, b_i = nilai koefisien regresi, s^2d_i = simpangan regresi, **= berpengaruh sangat nyata pada taraf $\alpha>0.01$; * = berbeda nyata pada taraf peluang $\alpha>0.05$; ns= tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 29. Untuk karakter produktivitas polong muda genotipe L4 ($b_i = 0,87$; $s^2d_i = 0,13$), H1P ($b_i = 0,94$; $s^2d_i = -0,18$), H2 ($b_i = 1,09$; $s^2d_i = -0,1$), dan H4P ($b_i = 1,10$; $s^2d_i = -0,11$) sebagai genotipe yang stabil berdasarkan metode uji stabilitas Eberhart dan Russell (1966). Sedangkan pada karakter produktivitas biji genotipe L1 ($b_i = -0,22$; $s^2d_i = -0,05$), L2 ($b_i = 1,00$; $s^2d_i = -0,05$), L4 ($b_i = -0,06$; $s^2d_i = -0,23$), H1P ($b_i = 1,11$; $s^2d_i = -0,10$), dan H3U ($b_i = 1,11$; $s^2d_i = 0,04$) menunjukkan sebagai genotipe yang stabil menurut uji stabilitas ini.

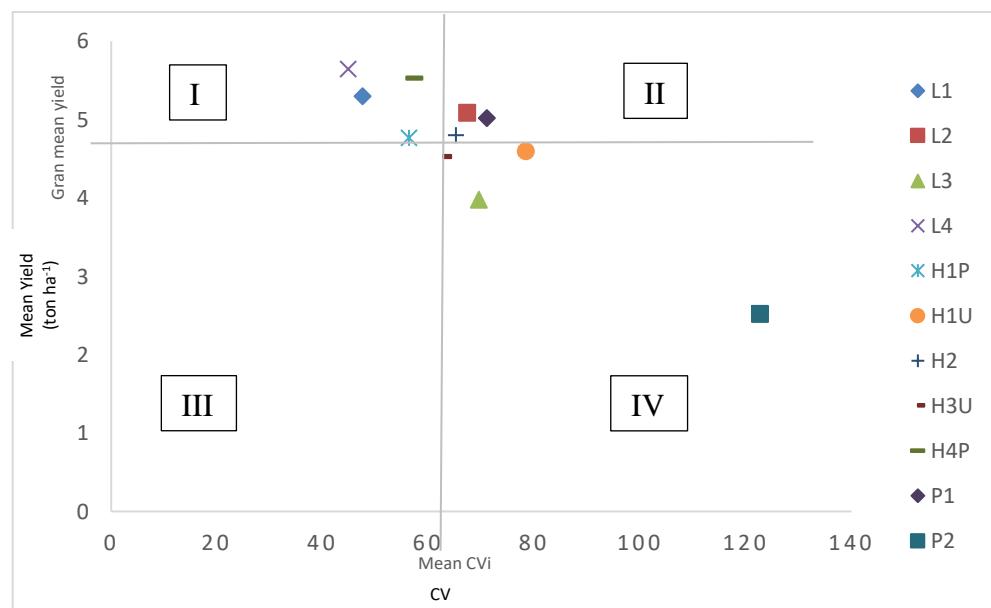
Analisis Stabilitas menurut Francis dan Kannenberg (1978)

Metode ini menggunakan nilai koefisien keragaman (CV_i). Nilai koefisien keragaman (CV_i) ditentukan dari nilai simpangan baku rata-rata hasil suatu genotipe yang didasarkan dari rata-rata umum. Ketika semakin kecil nilai koefisien keragaman maka semakin tinggi tingkat kestabilan suatu genotipe.

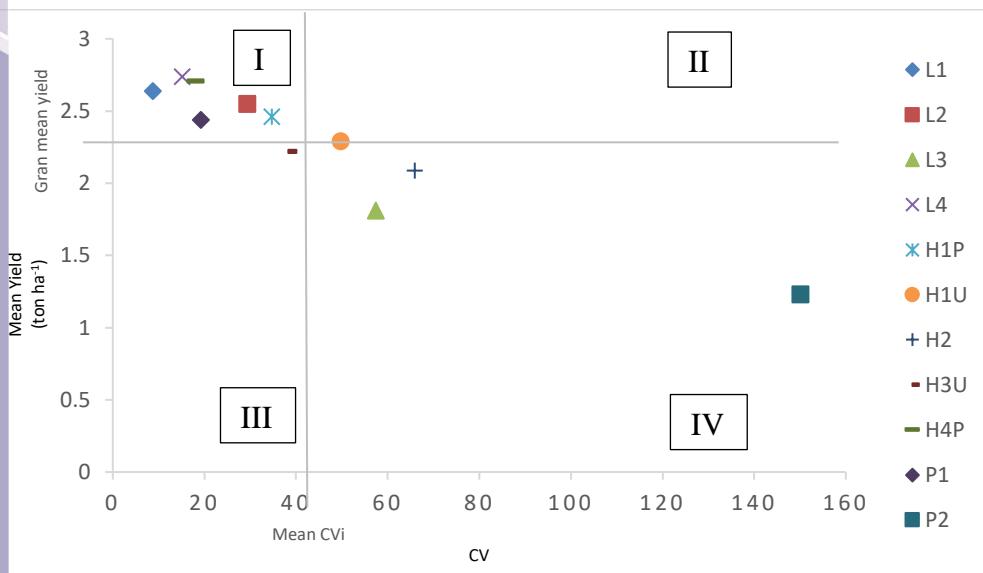
Hubungan antara koefisien keragaman (CV_i) dengan rata-rata produktivitas masing-masing genotipe disajikan pada Gambar 7 dan 8. Hasil rata-rata produksi terhadap koefisien keragaman (CV) dibagi menjadi empat kelompok. Kelompok I mengelompokkan genotipe yang memiliki produksi tinggi dengan keragaman yang kecil, kelompok II mengelompokkan genotipe yang memiliki hasil tinggi dengan keragaman yang tinggi. Sedangkan kelompok III dan IV mengelompokkan genotipe yang memiliki produksi rendah dengan keragaman yang rendah dan tinggi.

Tabel 30 Rata-rata produktivitas polong muda dan produktivitas biji kecipir serta nilai ragam lingkungan dan koefisien keragaman

Genotipe	Poduktivitas polong muda		Produktivitas biji	
	Y (ton ha ⁻¹)	CV _i	Y (ton ha ⁻¹)	CV _i
L1	5,3	47,52	2,64	8,75
L2	5,09	67,29	2,55	29,33
L3	3,98	69,56	1,81	57,36
L4	5,65	44,78	2,74	15,12
H1P	4,77	56,36	2,46	34,69
H1U	4,6	78,39	2,29	49,77
H2	4,8	65,22	2,09	65,91
H3U	4,53	62,81	2,22	38,31
H4P	5,53	57,32	2,71	18,1
P1	5,02	71,05	2,44	19,21
P2	2,52	122,73	1,23	150,06
Rata-rata	4,71		2,29	

PRPM = Produktivitas polong muda, PRB = produktivitas biji, CV_i = koefisien keragamanGambar 7 Hubungan koefisien keragaman (CV_i) dengan nilai rata-rata produktivitas polong muda kecipir

Genotipe yang berada dikelompok I merupakan genotipe dengan produksi yang tinggi dan stabil. Menurut metode Fancis dan Kanennberg hanya kelompok I yang dianggap stabil. Jadi, meskipun kelompok III tergolong stabil, namun pada lingkungan lain menunjukkan hasil yang rendah. Gambar 7 memperlihatkan genotipe L4, L1, H4P, dan H1P tergolong kedalam kelompok I yang diartikan genotipe-genotipe tersebut tergolong stabil dan memiliki hasil lebih tinggi dibandingkan rata-rata total genotipe untuk karakter produktivitas polong muda dan genotipe P2, H1U, dan L3 yang berada di kelompok IV menunjukkan genotipe tersebut tidak stabil. Pada karakter Produktivitas biji (Gambar 8) genotipe L4, L1, H4P, P1, L2, dan H1P tergolong genotipe yang stabil dan memiliki hasil yang relative tinggi dibanding dengan rata-rata total genotipe.



Gambar 8 Hubungan koefisien keragaman (CV_i) dengan nilai rata-rata produktivitas biji kecipir

Analisis Stabilitas Model AMMI (Additive Main Effect and Multiplicative Interaction)

Model AMMI dapat menjelaskan stabilitas dengan menggabungkan analisis ragam aditif bagi pengaruh utama perlakuan dengan analisis komponen utama ganda dengan pemodelan bilinier bagi pengaruh interaksi (Mattjik dan Sumertajaya, 2008). Model ini dapat menduga besarnya pengaruh komponen genotipe, lokasi dan interaksi G x E, sehingga stabilitas dan adaptabilitas suatu genotipe dapat dilihat melalui biplot AMMI (Suwarto dan Nasrullah 2011).

Berdasarkan Tabel 31 dan 32 hasil analisis ragam AMMI komponen utama dan komponen interaksi perpengaruh sangat nyata pada karakter produktivitas polong muda dan produktivitas biji. Adanya interaksi yang sangat nyata ini dapat dilakukan analisis AMMI untuk mengetahui interaksi antar genotipe dan lingkungan serta kestabilan suatu genotipe (Novianti *et al.* 2010). Sa'diyah (2011) juga menyatakan adanya pengaruh interaksi genotipe x lingkungan yang nyata menjadikan analisis stabilitas AMMI pada struktur interaksi tersebut bermakna.

Tabel 31 Analisis ragam AMMI untuk produktivitas polong muda kecipir

Sumber	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung
Lingkungan	2	539,90	269,95	213,6117**
Ulangan(Lingkungan)	6	7,58	1,26	1,39tn
Genotipe	10	67,90	6,79	1,79tn
Lingkungan x Genotipe	20	75,98	3,80	4,1753**
PC1	11	63,89	5,81	6,38**
PC2	9	12,09	1,34	1,48tn
Galat	60	54,59	0,91	
Total	118	821,93		

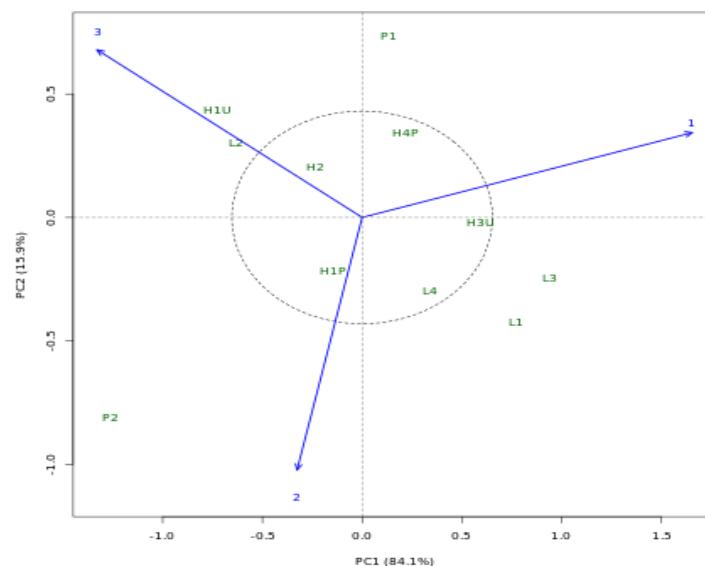
**= berpengaruh nyata pada taraf $\alpha>0.01$; *= berpengaruh nyata pada taraf $\alpha>0.05$; tn= tidak berbeda nyata

Tabel 32 Analisis ragam AMMI untuk produktivitas biji kecipir

Sumber	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung
Lingkungan	2	35,06	17,53	19,265**
Ulangan (Lingkungan)	6	5,46	0,91	2,9193*
Genotipe	10	18,22	1,82	1,34tn
Lingkungan x Genotipe	20	27,14	1,36	4,354**
PC1	11	20,50	1,86	5,98**
PC2	9	6,64	0,74	2,37*
Galat	60	18,70	0,31	
Total	118	131,73		

**= berpengaruh nyata pada taraf $\alpha>0.01$; *= berpengaruh nyata pada taraf $\alpha>0.05$; tn= tidak berbeda nyata

Gambar 9 dan 10 menunjukkan biplot AMMI antara komponen yang terpilih (AMMI1 dan AMMI2) untuk karakter produktivitas polong muda. Biplot ini merupakan visualisasi dari analisis AMMI yang dapat digunakan untuk melihat genotipe yang stabil diseluruh lingkungan atau genotipe yang spesifik lokasi tertentu. AMMI dan grafik biplot dapat memberikan informasi lebih banyak tentang interaksi G x E dibandingkan dengan metode ANOVA yang biasa dilakukan (Hadi dan Sa'diyah 2004).

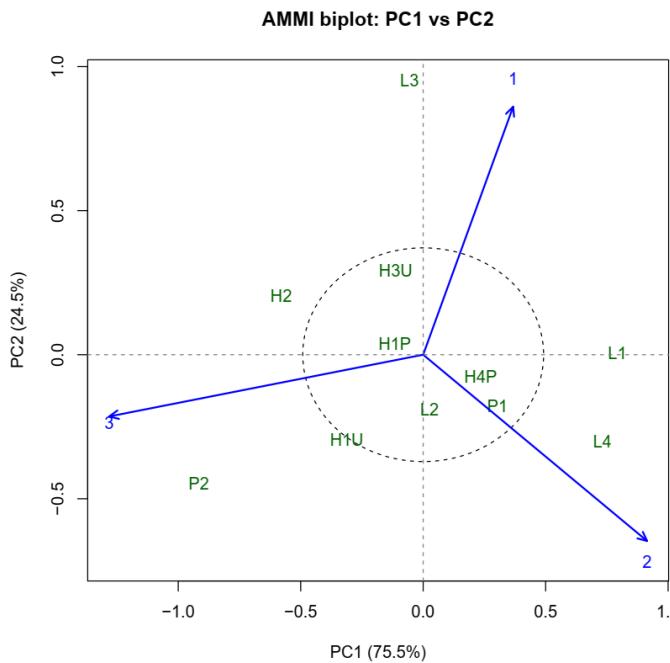


Gambar 9 Biplot pengaruh interaksi model AMMI pada produktivitas polong muda kecipir di tiga lingkungan.

Posisi genotipe dalam biplot menunjukkan keeratan hubungan antara genotipe dengan lingkungan. Semakin pendek garis atau semakin dekat suatu genotipe dengan titik pusat, maka semakin tinggi tingkat kestabilan suatu genotipe. Semakin dekat posisi genotipe ke titik pusat dapat dikatakan genotipe stabil pada semua lingkungan. Sedangkan genotipe spesifik lokasi adalah posisi genotipe yang jauh dari titik pusat tapi dekat dengan garis lingkungan (Widyastuti *et al.* 2013). Biplot pada Gambar 9. Menunjukkan bahwa genotipe L4, H1P, H2, H3U, dan H4P merupakan genotipe yang memiliki adaptasi luas atau stabil di ketiga lingkungan.

Genotipe L2 dan H1U merupakan genotipe yang adaptif spesifik lokasi di Palembang.

Biplot pengaruh interaksi model AMMI pada produktivitas biji disajikan pada Gambar 10. Biplot menunjukkan genotipe L2, H1P, H1U, H4P, H3U dan P1 (tetua ungu) dikelompokkan sebagai genotipe yang stabil dan beradaptasi luas. Genotipe L4 merupakan genotipe yang adaptif spesifik lingkungan di Bogor2, genotipe P2 (tetua hijau) adaptif spesifik lingkungan di Palembang.

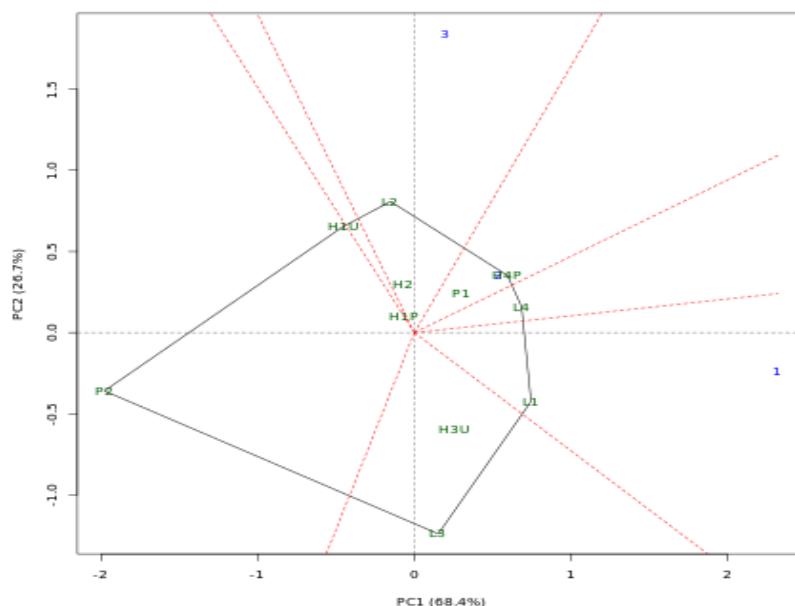


Gambar 10 Biplot pengaruh interaksi model AMMI pada produktivitas biji kecipir di tiga lingkungan.

Genotype and genotype by environment interaction biplot (GGE Biplot)

Salah satu metode untuk mengestimasi tingkat stabilitas adalah dengan menggunakan teknik GGE biplot. Metode ini merupakan penggabungan metode AMMI dan mampu menjelaskan sumber variasi lebih rinci daripada metode AMMI (Gauch 2006 dan Roostaei *et al.* 2014). Terdapat tiga komponen yang diuji pada metode ini yaitu analisis *mega-environment*, analisis lokasi uji, dan evaluasi genotipe (Yan *et al.* 2007).

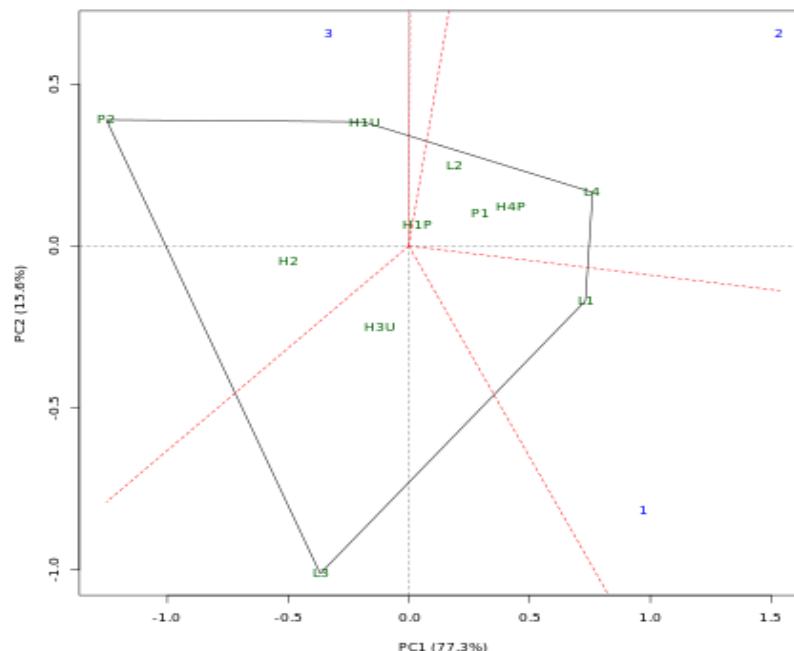
Skor PCA 1 dan PCA 2 hasil analisis biplot untuk karakter produktivitas polong muda dapat dilihat pada Tabel 31 dan produktivitas biji pada Tabel 32. Skor PCA merupakan nilai koordinat hibrida dan lingkungan yang ditampilkan dalam kurva biplot. Untuk karakter produktivitas polong muda pada Gambar 11. menunjukkan urutan produktivitas polong muda tertinggi ke rendah pada beberapa lingkungan uji yaitu L4>L1>H3U>L3>P2 yang merupakan titik terluar koordinat, dan Gambar 12 menunjukkan genotipe L1>L4>H4P>L3>L2>P2 yang merupakan titik koordinat terluar. Titik-titik koordinat tersebut kemudian dihubungkan oleh satu garis hingga membentuk polygon, kemudian ditarik garis tegak lurus dari pusat biplot dengan garis koneksi. Perpotongan antara garis tersebut dengan garis koneksi membagi polygon menjadi beberapa sektor yang disebut *mega-environment*. Menurut Oliveira *et al.* (2010) satu *mega-environment* adalah lingkungan pengujian yang berada dalam satu sektor.



Gambar 11 Plot “*which-won-where*” pada pengujian kecipir di tiga lingkungan karakter produktivitas polong muda

Gambar 11 menunjukkan polygon terbagi menjadi beberapa sektor. Sektor yang pertama merupakan *mega-environment* yang merupakan lingkungan Bogor 1, dimana lokasi memiliki daya dukung hasil yang baik untuk genotipe L1 dan L4. Hasil tertinggi diberikan oleh genotipe L1 rata-rata 5,3 ton ha^{-1} . Sektor kedua yaitu *mega-environment* yang merupakan lingkungan bogor 2, sesuai untuk genotipe P1 dan H4P. hasil tertinggi ditunjukkan oleh genotipe H4P dengan rata-rata 5,53 ton ha^{-1} . Sektor ketiga yaitu lingkungan Palembang yang sesuai untuk genotipe L2, H1U, H2, dan H1P. Genotipe yang tidak berada pada ketiga *mega-environment* tersebut seperti P2, H3U, dan L3 tidak dapat berproduksi dengan baik pada ketiga mega- environment lainnya.

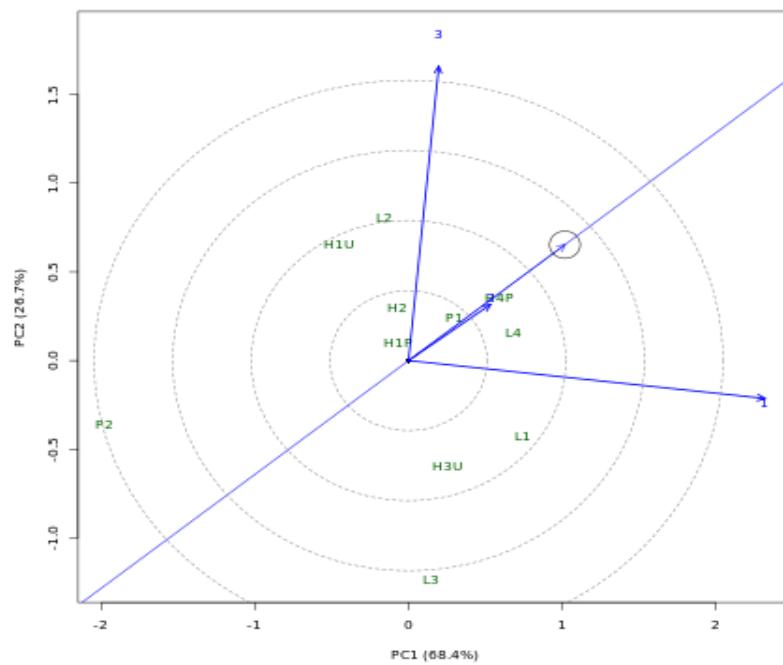
Gambar 12 menyajikan biplot *mega-environment* untuk karakter prosuktivitas biji. *Mega-environment* dibagi menjadi empat sektor. Sektor pertama merupakan *mega-environment* dari lingkungan Bogor 1. Sektor ini sesuai untuk genotipe L1 dengan rata-rata hasil 2,64 ton ha^{-1} . *Mega-environment* kedua merupakan lingkungan Bogor 2 dimana sesuai untuk genotipe L4, L2, H4P, P1, dan H1P. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh genotipe L4 dengan rata-rata 2,74 ton ha^{-1} . *Mega-environment* ketiga merupakan lingkungan Palembang yang sesuai dengan genotipe P2, H1U, dan H2. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh genotipe H1U dengan rata-rata 2,29 ton ha^{-1} . Pada dasarnya *mega-environment* terdiri dari lebih dari satu lingkungan untuk melihat suatu daya adaptasi genotipe terhadap lingkungan tumbuh, sehingga pada penelitian ini masih belum dapat merepresentasikan dengan sempurna *mega-environment* karena hanya menggunakan tiga lingkungan.



Gambar 12 Plot “which-won-where” pada pengujian kecipir di tiga lingkungan karakter produktivitas biji.

Gambaran hubungan antar lingkungan dan antar genotipe dapat diketahui dengan menarik garis lurus dari titik pusat biplot menuju koordinat genotipe dan lingkungan. PCA 1 menjadi sumbu x dan PCA 2 menjadi sumbu y. titik pertemuan kedua sumbu adalah pusat biplot. Titik tersebut mewakili sebuah genotipe yang diasumsikan sebagai nilai tengah umum pada tiap lingkungan (AEA) (Priyanto *et al.* 2017). Genotipe tersebut memiliki nilai interaksi dengan lingkungan sama dengan nol. Ketika kedua vektor membentuk sudut lancip atau berhimpitan kedua lingkungan tersebut dianggap berkorelasi positif. Sedangkan saat kedua vektor membentuk sudut tumpul kedua lingkungan berkorelasi negatif. Yan dan Tinker (2006) mengemukakan bahwa garis dari pusat biplot menuju koordinat genotipe disebut vektor genotipe dan garis yang menuju koordinat lingkungan disebut vektor lingkungan.

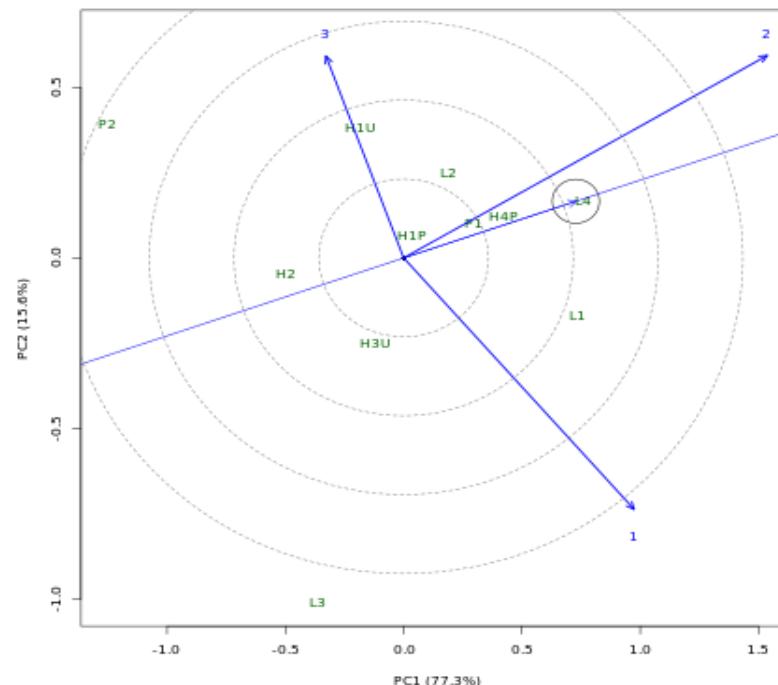
Gambar 13 dan 14 menunjukkan vektor lingkungan yang semakin panjang dapat diartikan bahwa lingkungan tersebut diskriminatif (beragam) dan informatif. Ketika vektor lingkungan semakin pendek menandakan lingkungan tersebut diskriminatif namun tidak informatif (Yan dan Tinker 2006). Hal ini dapat diartikan lingkungan dengan sumbu vektor yang pendek kurang baik untuk dijadikan lingkungan uji. Selain itu Yan dan Tinker (2006) juga menyatakan sudut yang paling kecil dari AEA merupakan lingkungan paling representatif dan sudut yang paling besar dari AEA menjadi lingkungan yang tidak representatif. Fan *et al.* (2007) menyatakan nilai kosinus antara dua vektor lingkungan dapat menunjukkan korelasi antara dua lingkungan.



Gambar 13 Keragaan biplot menggambarkan korelasi antar lokasi pengujian genotipe kecipir pada karakter produktivitas polong muda

Berdasarkan Gambar 13 lingkaran pada grafik menunjukkan titik *average environment coordinates* (AEC) yang merupakan rata-rata koordinat dari semua lingkungan yang terletak pada sumbu *average environment axis* (AEA). Lingkungan 2 (Bogor2) memperlihatkan vektor yang paling pendek diantara lingkungan lainnya dan memiliki sudut paling kecil dari sumbu AEA. Hal ini menunjukkan lingkungan Bogor 2 diskriminatif dan representatif sebagai lingkungan uji. Lingkungan pengujian yang diskriminatif dan representatif (lingkungan 2) adalah lingkungan pengujian yang baik untuk memilih genotipe yang beradaptasi umum (Yan dan Tinker 2006). Sedangkan lingkungan 1 (Bogor 1) dan lingkungan 3 (Palembang) menunjukkan lingkungan yang diskriminatif namun tidak representatif sebagai lingkungan uji. Lingkungan ini dapat digunakan untuk memilih genotipe yang beradaptasi khusus jika lingkungan target dapat dibagi menjadi lingkungan mega (Yan dan Tinker 2006).

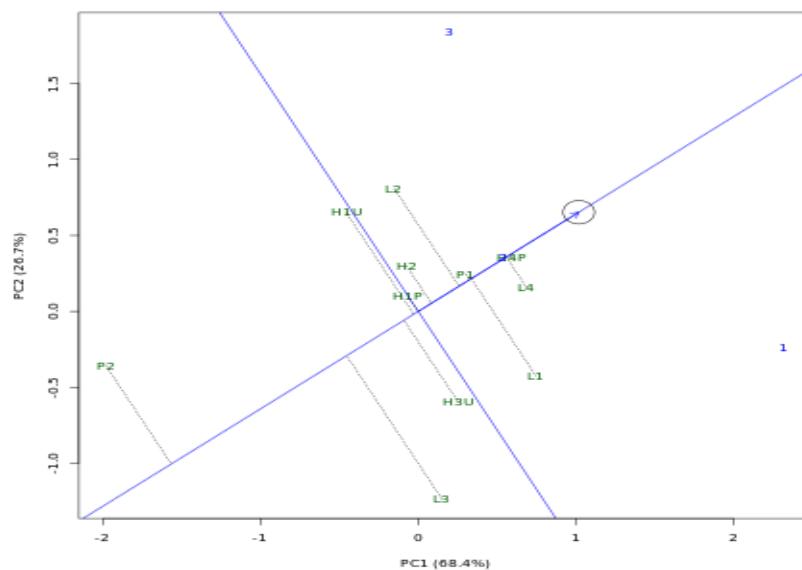
Pada karakter produktivitas biji grafik yang ditunjukkan pada Gambar 14 menunjukkan vektor lingkungan 2 (Bogor 2) memiliki sudut paling kecil terhadap sumbu AEA mengartikan lingkungan 2 (Bogor 2) diskriminatif dan representatif sebagai lingkungan uji. Lingkungan 1 (Bogor 1) dan lingkungan 3 (Palembang) memperlihatkan jarak vektor yang jauh dari sumbu AEA. Hal ini menunjukkan kedua lingkungan ini kurang representatif sebagai lingkungan uji.



Gambar 14 Keragaan biplot menggambarkan korelasi antar lokasi pengujian genotipe kecipir karakter produktivitas biji.

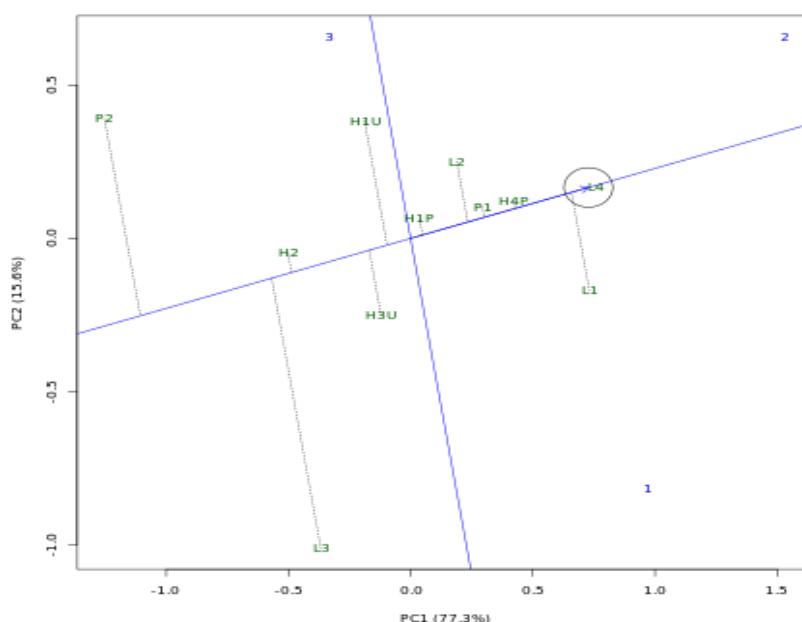
Keragaan hasil rata-rata dan stabilitas karakter produktivitas polong muda dan produktivitas biji disajikan pada Gambar 15 dan 16. Sumbu AEA (sumbu X) menunjukkan gambaran rata-rata hasil biji masing-masing genotipe (Yan dan Tinker 2005). Sumbu Y merupakan garis tegak lurus terhadap sumbu AEA dan melalui titik asal biplot yang memberikan gambaran stabilitas agronomis genotipe uji. Genotipe yang berada disebelah kanan sumbu Y memiliki hasil lebih tinggi daripada rata-rata semua genotipe, sedangkan disebelah kiri sumbu Y memiliki nilai dibawah rata-rata semua genotipe. Semakin jauh jarak genotipe dari sumbu X semakin tidak stabil genotipe tersebut.

Gambar 15. menunjukkan genotipe L4 dan H4P sebagai genotipe dengan produktivitas polong muda tertinggi. Genotipe H4P dan genotipe P1 menjadi genotipe paling stabil secara agronomis karena memiliki jarak genetik paling dekat dengan sumbu X. sementara genotipe L3 menjadi genotipe yang tidak stabil karena jarak genetiknya yang jauh dari sumbu X. Pada karakter produktivitas biji genotipe L4 memiliki rata-rata tertinggi disusul oleh genotipe L1. Genotipe yang stabil adalah genotipe L4, H4P, dan P1 karena dekat dengan sumbu X, sedangkan genotipe L3 dan P2 menjadi genotipe yang tidak stabil karna jauh dari sumbu X.



Gambar 15 Keragaan biplot rata-rata produktivitas polong muda dan stabilitas genotipe kecipir di tiga lingkungan

Sementara itu untuk genotipe ideal ditunjukkan oleh sumbu AEA di posisi positif dengan panjang dati titik pusat biplot sama dengan vektor genotipe terpanjang (Zanetta *et al.* 2015). Genotipe terbaik memiliki jarak genetik paling dekat dengan titik genotipe ideal dibanding yang lainnya (Laurie dan Boyses 2015). Genotipe L4 dan H4P (Gambar 15) menjadi genotipe ideal untuk karakter produktivitas polong muda karena memiliki jarak genetik paling dekat dengan nilai genotipe ideal dibanding dengan genotipe lain. Sedangkan untuk karakter produktivitas biji genotipe L4 (Gambar 16) menjadi genotipe ideal karena memiliki posisi tepat pada titik nilai genotipe ideal.



Gambar 16 Keragaan biplot rata-rata produktivitas biji dan stabilitas genotipe kecipir di tiga lingkungan



5.4 Simpulan

1. Metode Francis-Kannenberg yang tergolong konsep statis memperlihatkan genotipe L1, L4, H1P, dan H4P stabil pada karakter produktivitas polong muda, Genotype L1, L2, L4, H1P, H4P dan P1 (tetua ungu) stabil pada karakter produktivitas biji. Konsep stabilitas dinamis dengan menggunakan metode Finlay-Wilkinson dan Eberhat-Russel memperlihatkan genotipe L1, L4, H1P, H2 H3U dan H4P tergolong stabil dan memiliki hasil diatas rata-rata untuk karakter produktivitas polong muda. Pada karakter produktivitas biji menunjukkan genotipe L1, L2, L4, H1P, H1U, H3U, H4P dan P1 tergolong stabil. Genotype L4, H1P, H2 merupakan genotipe yang stabil untuk karakter produktivitas polong muda di ketiga lingkungan uji menurut metode AMMI. Genotype L2, H1P, H1U, H4P, H3U dan P1 (tetua ungu) merupakan genotipe yang stabil untuk karakter produktivitas biji di ketiga lingkungan uji menurut metode AMMI.
4. Berdasarkan metode GGE, genotipe yang stabil untuk karakter produktivitas polong muda adalah genotipe L4 dan H4P. Pada karakter produktivitas biji genotipe L4 menjadi genotipe yang stabil.

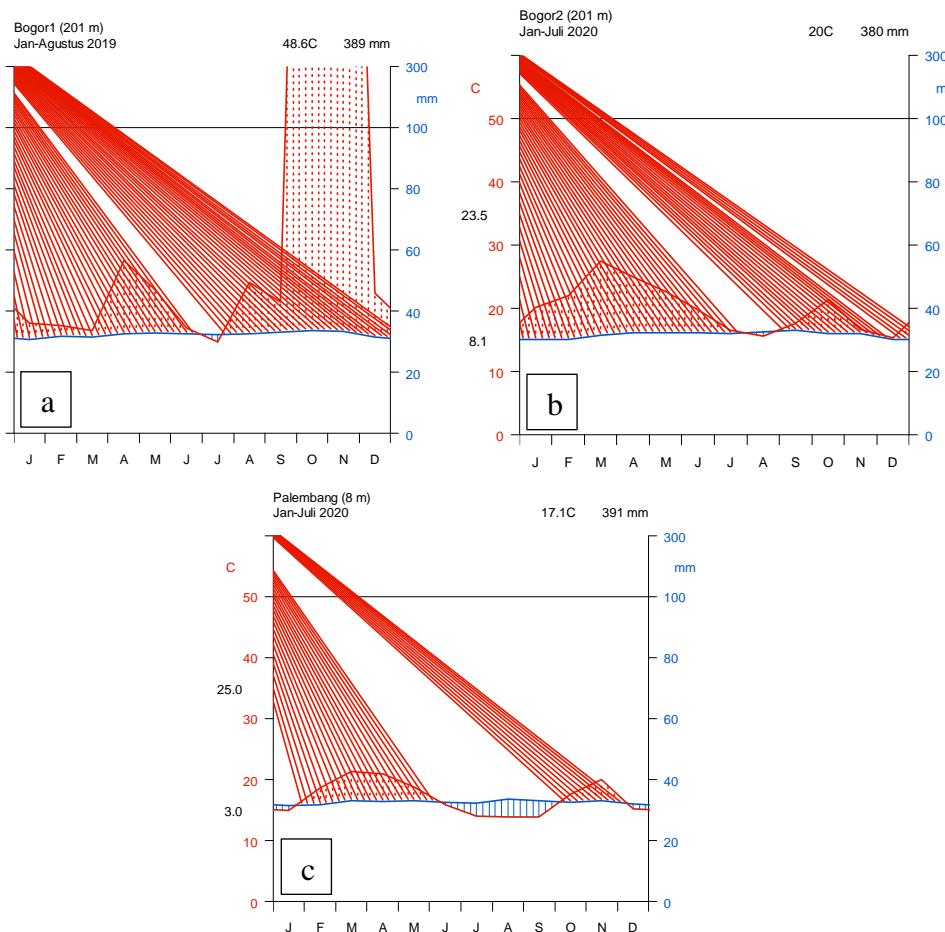
VI PEMBAHASAN UMUM

Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) merupakan tanaman kacang-kacangan yang dapat dijumpai di negara-negara tropis yang lembab dan panas seperti India, Thailand, dan Indonesia (Mohanty *et al.*, 2013). Kecipir merupakan salah satu tanaman yang sangat potensial untuk dikembangkan karena seluruh bagiannya dapat dikonsumsi (Leptcha *et al.* 2017; Tanzi *et al.* 2019; Alalade *et al.* 2016; Mohanty *et al.* 2020). Tanaman ini juga dapat menjadi pendamping bahkan pengganti kedelai dalam memenuhi kebutuhan nasional, karena kandungan protein kecipir mirip dengan kedelai (Amoo *et al.* 2011; Ningombam *et al.* 2012; Handayani, 2013).

Penelitian ini dilakukan di tiga lingkungan pada bulan Januari 2019 hingga Juni 2020. Penelitian dilaksanakan dua musim tanam di Kebun Percobaan (KP) Leuwikopo IPB, Kabupaten Bogor dan lingkungan di Palembang. Penanaman musim pertama di Bogor dilakukan pada awal musim kering dimulai pada bulan januari 2019 hingga juni 2019 dengan jenis tanah latosol dengan pH 6,0, rata-rata curah hujan 281,31 mm, suhu berkisar 26,24 °C dan kelembapan udara antara 82,99 %. Penanaman musim kedua dilakukan pada awal musim hujan dimulai bulan September 2019 hingga Juni 2020 dengan curah hujan berkisar 440,67 mm, suhu 26,35 °C dan kelembapan 83,24 %. Lingkungan ketiga di Palembang dimulai pada bulan Oktober 2019 hingga juli 2020 dengan curah hujan antara 235,72 mm, suhu 27,59 °C, dan kelembapan 86,84 % (BMKG 2020). Grafik iklim pada tiga lingkungan ditampilkan pada Gambar 19.

Indonesia masih belum memiliki varietas kecipir yang dilepas secara luas. Kecipir lokal yang dibudidayakan petani umumnya memiliki umur dalam yang membutuhkan waktu lebih dari 100 hari untuk munculnya bunga pertama (Eagleton 2019), sehingga komoditas ini tidak menjadi pilihan utama budidaya dibanding kedelai. Salah satu upaya perbaikan kecipir adalah melalui pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas yang berumur genjah dan berdaya hasil tinggi (Syukur *et al.* 2012). Kurangnya informasi keragaman genetik dari kecipir ini menjadi faktor pembatas dalam merakit varietas kecipir.

Informasi keragaman genetik perlu diketahui untuk menentukan metode pemuliaan metode pemuliaan dalam suatu program pemuliaan tanaman (Syukur *et al.* 2012). Hasil penelitian (Bab 3 Tabel 5) menunjukkan karakter umur berbunga dan jumlah biji per polong memiliki keragaman genetik yang luas karena nilai ragam genetik dua kali lebih besar dibandingkan simpangan bakunya. Dalam program merakit tanaman kecipir yang memiliki umur genjah dan produksi tinggi kedua karakter tersebut efektif dijadikan kriteria seleksi. Sementara itu karakter bobot polong muda, panjang polong muda, lebar polong muda, bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, bobot polong muda per plot, produktivitas polong muda, bobot biji per plot, dan produktivitas biji mempunyai keragaman genetik yang sempit, sehingga karakter-karakter tersebut tidak efektif untuk dijadikan kriteria seleksi pada populasi ini.



Gambar 17 Grafik iklim tiga lingkungan percobaan (a). Bogor 1 (b). Bogor 2 (c)
Palembang

Nilai duga heritabilitas suatu karakter perlu diketahui untuk menduga kemajuan seleksi dan juga mengetahui bahwa suatu karakter tersebut lebih dipengaruhi oleh faktor genetik atau lingkungan (Lestari *et al.*, 2015). Nilai duga heritabilitas ini bermanfaat dalam melakukan proses seleksi (Syukur *et al.*, 2012). Seleksi akan efektif jika populasi memiliki nilai heritabilitas yang tinggi. Karakter yang banyak dipengaruhi oleh lingkungan biasanya memiliki nilai heritabilitas yang tinggi (Jalata *et al.* 2011). Hal ini akan mempengaruhi prosedur seleksi yang akan digunakan untuk mengembangkan karakter target. Selain itu pendugaan ragam genetik, interaksi genetik x lingkungan dan heritabilitas akan lebih baik pada percobaan beberapa lingkungan dibanding hanya pada satu lingkungan.

Karakter umur berbunga menjadi satu-satunya karakter yang memiliki keragaman genetik yang luas dan nilai heritabilitas yang tinggi. Karakter lain yang memiliki nilai heritabilitas tinggi adalah jumlah biji per polong, panjang polong muda, bobot 100 biji (Bab 3 Tabel 6). Hasil penelitian Ardi *et al.* (2017) menunjukkan hal yang serupa yaitu karakter-karakter tersebut memiliki nilai duga heritabilitas yang tinggi. Perbaikan karakter yang memiliki nilai heritabilitas tinggi lebih mudah dibandingkan karakter dengan heritabilitas rendah (Sujiprihati *et al.*, 2003). Karakter bobot polong muda, bobot polong muda per plot, bobot biji per plot, produktivitas polong muda dan produktivitas biji mempunyai nilai duga

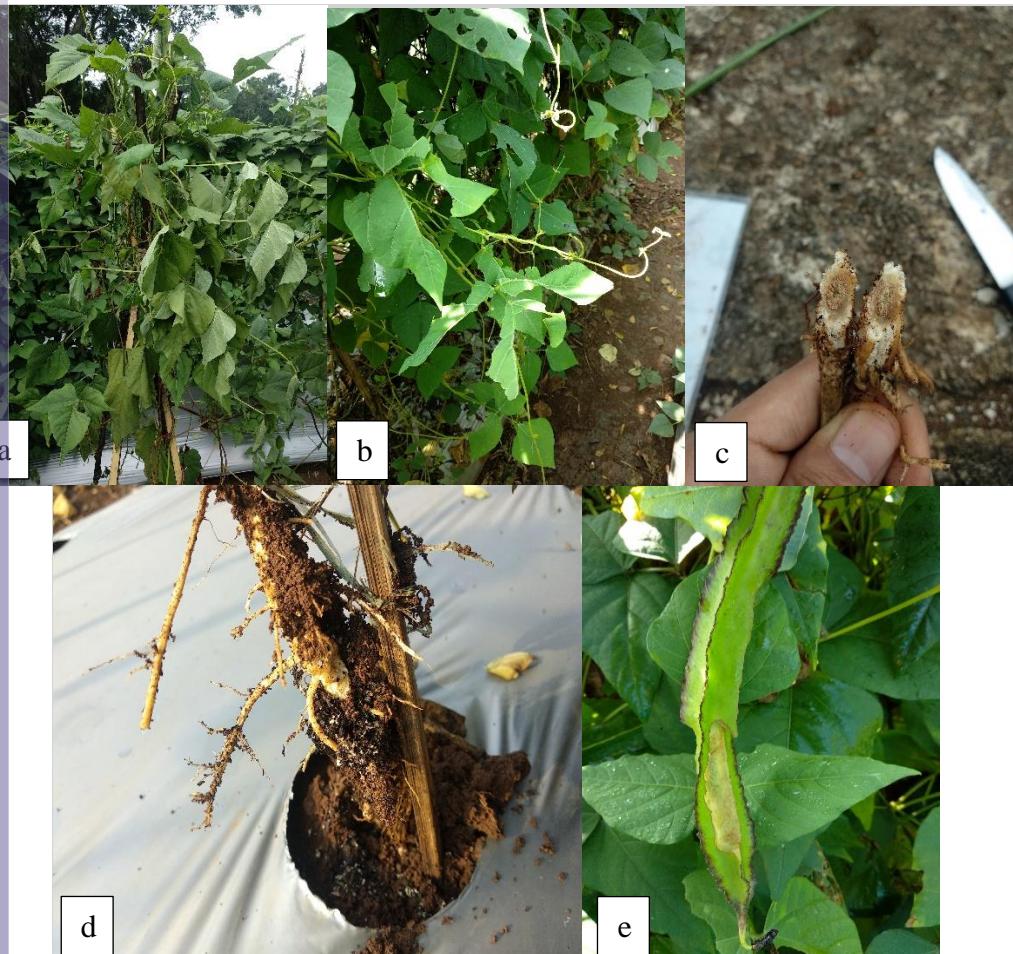
heritabilitas sedang. Prasanth dan Sreelatha (2014) melaporkan hal yang sama terjadi pada karakter bobot polong muda dan bobot polong per plot.

Analisis sidik lintas dapat mengidentifikasi hubungan sebab-akibat yang disebabkan suatu karakter ke karakter lain. Analisis lintas dapat menyajikan informasi penting mengenai bagaimana berbagai macam karakter komponen hasil maupun karakter agronomis mempengaruhi daya hasil atau produksi biji kecipir. Karakter produksi polong muda dan bobot biji per plot memiliki nilai pengaruh langsung terhadap daya hasil biji kecipir. Semakin tinggi produksi polong muda dan bobot biji per plot, maka akan semakin tinggi pula produksi biji pada tanaman kecipir. Kedua karakter tersebut dapat digunakan sebagai karakter seleksi langsung. Karakter bobot polong muda memiliki pengaruh tidak langsung terhadap produktivitas biji melalui karakter bobot biji per plot dan produktivitas polong muda.

Pengujian sebelas genotipe kecipir di tiga lingkungan menghasilkan analisis ragam gabungan. Berdasarkan hasil analisis ragam tersebut, faktor lingkungan sangat berpengaruh nyata untuk semua karakter. Faktor genotipe juga sangat berpengaruh nyata untuk semua karakter kecuali lebar polong muda. Selain itu, terdapat interaksi yang sangat nyata antara genotipe dan lingkungan pada semua karakter pengamatan kecuali jumlah biji per polong. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat respon yang spesifik dari tanaman sehingga fenotipe tanaman sangat bergantung pada interaksi gen dengan lingkungan (Dewi 2014). Hasil analisis ragam juga menunjukkan jumlah kuadrat lingkungan berkontribusi paling besar ($\geq 50\%$) dibandingkan dengan genotipe dan interaksi genotipe x lingkungan.

Keragaan genotipe-genotipe kecipir secara umum, fenotipe 11 genotipe kecipir yang di tanam pada tiga lingkungan tidak memperlihatkan perbedaan seperti warna daun, bunga, batang, polong muda, dan biji. Karakter agronomis yang diamati memperlihatkan hasil yang berbeda pada setiap lingkungan. Karakter umur berbunga pada lingkungan Palembang menunjukkan umur berbunga tercepat untuk hampir seluruh genotipe yang diuji. Genotipe L4 menjadi genotipe dengan umur bunga tercepat dan lebih baih dibandingkan tetua ungu yang memiliki umur genjeh. Genotipe L4 juga menjadi genotipe yang paling mendekati umur brebunga kedelai. Masa berbunga kecipir ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, dimana suhu dan lamanya sinar matahari mempengaruhi masa inisiasi bunga. Inisiasi bunga kecipir baik pada suhu $25 - 30^{\circ}\text{C}$ dan panjang sinar matahari kurang dari 10 jam (Tanzi *et al.* 2019).

Produktivitas polong muda pada lignkungan Bogor 2 menunjukkan penurunan dibandingkan pada dua lingkungan lainnya. Kondisi di lingkungan Bogor 2 pada masa pembungaan saat curah hujan tinggi sehingga terdapat banyak bunga yang gugur sehingga tidak membentuk polong. Jika dilihat dari potensinya pologn muda kecipir pada kondisi yang optimum dapat mencapai $7 - 8 \text{ ton ha}^{-1}$. Produksi biji kecipir secara umum memperlihatkan beberapa genotipe memiliki hasil yang baik pada ketiga lingkungan uji, seperti genotipe L1, L4, H1P, H4P, dan P1. Genotipe yang tergolong adaptif dan stabil di semua lingkungan pengujian adalah genotipe L2, H1P, H1U, H3U, H4P, dan P1. Selain itu genotipe yang adaptif spesifik lingkungan yaitu genotipe L4 di Bogor2, dan P2 di Palembang.



Gambar 18 Hama dan penyakit yang ditemukan pada tanaman kecipir (a) gejala kematian setelah terserang rayap dan cendawan, (b) belalang dan kepik, (c) bususuk pada pangkal batang, (d) akar berbentuk pensil hasil gigitan rayap *Macrotermes bellicosus*, (e) polong rusak akibat serangan pemakan polong

Serangan hama dan penyakit tanaman merupakan salah satu faktor pembatas produktivitas kecipir. Terdapat beberapa hama yang menyerang pada masa penanaman diantaranya rayap khusus pemakan tanaman yang hidup, penghisap polong, *Nezara viridula*, belalang, kepik dan *aphids craccivora*. Hama yang menyerang hingga dapat menurunkan produktivitas adalah rayap *Macrotermes bellicosus* karena memakan akar tanaman hingga tanaman layu kering dan akhirnya mati. Rayap ini dapat menyerang pada masa vegetative ataupun generative. Genotipe P1 menjadi genotipe yang paling banyak diserang oleh rayap ini. Selain itu hama pemakan daun seperti *Valanga linearis* dan *Oxya sinensis*. Hama yang menyerang pada masa generative yaitu lepidoptera (*Plusia ehaleite* dan *Maruca testulalis*).

Pada penelitian ini, metode analisis stabilitas yang digunakan adalah dengan pendekatan parametrik. Pendekatan parametrik menggunakan perhitungan stabilitas seperti koefisien keragaman, koefisien regresi dan sejenisnya untuk menganalisis stabilitas genotipe. Pendekatan ini dapat digunakan jika beberapa asumsi statistic dapat terpenuhi. Pendekatan analisis stabilitas secara parametrik

menggunakan metode Wricke ecovalence (1962), Finlay-Wilkinson (1963), Eberhart-Russel (1966), Shukla (1972) dan Francis-Kannenberg (1978).

Stabilitas dapat digolongkan menjadi dua konsep yaitu stabilitas statis dan stabilitas dinamis. Metode Eberhart-Russel dan metode Francis-Kannenberg tergolong ke dalam konsep statis. Sementara itu, metode yang tergolong dalam konsep dinamis adalah metode Shukla, metode Wricke dan metode Finlay-Wilkinson. Konsep stabilitas statis menunjukkan bahwa suatu genotipe memiliki keragaan dan daya hasil yang relatif sama di semua lingkungan. Dalam kata lain, genotipe tersebut tidak responsif terhadap perubahan input pertanian maupun lingkungan. Konsep stabilitas dinamis menunjukkan bahwa suatu genotipe yang stabil memiliki keragaan dan daya hasil yang sesuai dengan daya hasil rata-rata di setiap lingkungan (Yan dan Kang 2003). Hasil konsep stabilitas dinamis tergantung pada genotipe lain yang diuji di lingkungan yang sama.

Pemilihan genotipe yang berdaya hasil tinggi dan relatif stabil di berbagai lingkungan penting untuk pemilihan bahan seleksi di program pemuliaan tanaman (Yasmin 2007). Pengujian kestabilan dengan menggunakan metode parametrik dan non parametrik menghasilkan analisis dimana terdapat beberapa genotipe yang stabil. Terdapat dua kelompok genotipe yang stabil. Hal ini disebabkan oleh perbedaan konsep statis dan dinamis. Kategori stabilitas genotipe kecipir dapat dilihat di Tabel 33.

Karakter produktivitas polong muda menunjukkan genotipe L4, H1P, dan H4P memiliki frekuensi kestabilan pada semua metode analisis yang diuji. Sementara itu genotipe L2, H1P, memiliki frekuensi kestabilan pada semua metode analisis. Genotipe H3U dan H4P memiliki frekuensi kestabilan sebanyak tiga kali sementara L1, L4, H1U, dan P1 memiliki frekuensi kestabilan sebanyak dua kali untuk karakter produktivitas biji. Secara umum, metode yang menggolongkan genotipe-genotipe tersebut stabil adalah metode yang sebagian besar menggunakan konsep dinamis. Genotipe tersebut dianggap stabil dalam konsep dinamis karena rata-rata daya hasil mendekati rata-rata daya hasil gabungan seluruh genotipe di masing-masing lingkungan. Konsep dinamis ini membandingkan keragaan suatu genotipe dengan genotipe-genotipe lainnya dalam satu set pengujian (Dewi 2014).

Menurut metode Eberhart & Russel (1966) suatu genotipe dapat beradaptasi baik pada lingkungan sub optimal apabila b_i kurang dari 1. Jika melihat dari nilai b_i yang diuji, genotipe yang tergolong stabil, berdaya hasil tinggi dan cocok untuk lingkungan sub optimal adalah genotipe L1, L4, dan H1P dengan produksi polong muda berturut-turut 5,30 ton ha⁻¹, 5,65 ton ha⁻¹, 4,77 ton ha⁻¹. Sedangkan genotipe L1, L4, H4P, dan P1 dengan produksi biji berturut-turut 2,64 ton ha⁻¹, 2,74 ton ha⁻¹, 2,71 ton ha⁻¹, 2,44 ton ha⁻¹.

Analisis Genotype and genotype by environment interaction biplot (GGE Biplot) merupakan Salah satu metode untuk mengestimasi tingkat stabilitas adalah dengan menggunakan teknik GGE biplot. Metode ini merupakan penggabungan metode AMMI dan mampu menjelaskan sumber variasi lebih rinci daripada metode AMMI (Gauch 2006 dan Roostaei *et al.* 2014). Terdapat tiga komponen yang diuji pada metode ini yaitu analisis *mega-environment*, analisis lokasi uji, dan evaluasi genotipe (Yan *et al.* 2007).

Tabel 33 Kategori stabilitas 11 genotipe kecipir pada tiga lingkungan berdasarkan 4 model analisis

Genotipe	Karakter	Y (ton ha ⁻¹)	FW	ER	FK	AMMI
L1	PrPM	5.30	Stabil		Stabil	
	PrB	2.64		Stabil	Stabil	
L2	PrPM	5.09	Stabil		Stabil	Stabil
	PrB	2.55	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
L3	PrPM	3.98	Stabil			
	PrB	1.81	Stabil			
L4	PrPM	5.65	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
	PrB	2.74		Stabil	Stabil	
H1P	PrPM	4.77	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
	PrB	2.46	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
H1U	PrPM	4.60	Stabil			
	PrB	2.29	Stabil			Stabil
H2	PrPM	4.80	Stabil		Stabil	Stabil
	PrB	2.09				
H3U	PrPM	4.53	Stabil			Stabil
	PrB	2.22	Stabil	Stabil		Stabil
H4P	PrPM	5.53	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
	PrB	2.71	Stabil		Stabil	Stabil
P1	PrPM	5.02	Stabil			
	PrB	2.44	Stabil		Stabil	Stabil
P2	PrPM	2.52	Stabil			
	PrB	1.23				

Y= rataan umum, FW= Finlay-Wilkinson, ER= Eberhart-Russel, FK= Francis Kannenberg

Keragaan biplot mega environment menunjukkan genotipe-genotipe kecipir yang menunjukkan polygon terbagi menjadi empat sektor. Sektor I merupakan *mega-environment* I yang terdiri dari 1 (Bogor 1), dimana lokasi memiliki daya dukung hasil yang baik untuk genotipe L1 dan L4. Hasil tertinggi diberikan oleh genotipe L1 rata-rata 5,3 ton ha⁻¹. Sektor kedua yaitu *mega-environment* II yang merupakan lingkungan bogor 2, sesuai untuk genotipe P1 dan H4P. hasil tertinggi ditunjukkan oleh genotipe H4P dengan rata-rata 5,53 ton ha⁻¹. Sektor ketiga yaitu lingkungan Palembang yang sesuai untuk genotipe L2, H1U, H2, dan H1P. Genotipe yang tidak berada pada ketiga *mega-environment* tersebut seperti P2, H3U, dan L3 tidak dapat berproduksi dengan baik pada ketiga mega environment lainnya. Keragaan biplot *mega-environment* untuk karakter prosuktivitas biji. *Mega-environment* dibagi menjadi empat sektor. Sektor I merupakan *mega-environment* dari lingkungan Bogor 1. Sektor ini sesuai untuk genotipe L1 dengan rata-rata hasil 2,64 ton ha⁻¹. Sektor II merupakan lingkungan Bogor 2 dimana sesuai untuk genotipe L4, L2, H4P, P1, dan H1P. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh genotipe L4 dengan rata-rata 2,74 ton ha⁻¹. Sektor III merupakan lingkungan Palembang yang sesuai dengan genotipe P2, H1U, dan H2. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh genotipe H1U dengan rata-rata 2,29 ton ha⁻¹.

Gambaran hubungan antar lingkungan dan antar genotipe dapat diketahui dengan menarik garis lurus dari titik pusat biplot menuju koordinat genotipe dan lingkungan. PCA 1 menjadi sumbu x dan PCA 2 menjadi sumbu y. titik pertemuan

kedua sumbu adalah pusat biplot. Titik tersebut mewakili sebuah genotipe yang diasumsikan sebagai nilai tengah umum pada tiap lingkungan (AEA) (Priyanto *et al.* 2017). Berdasarkan biplot korelasi antar lokasi menunjukkan lingkungan Bogor 2 diskriminatif dan representatif sebagai lingkungan uji untuk karakter produktivitas polong muda. Lingkungan pengujian yang diskriminatif dan representatif (lingkungan 2) adalah lingkungan pengujian yang baik untuk memilih genotipe yang beradaptasi umum (Yan dan Tinker 2006). Sedangkan lingkungan 1 (Bogor 1) dan lingkungan 3 (Palembang) menunjukkan lingkungan yang diskriminatif namun tidak representatif sebagai lingkungan uji. Lingkungan ini dapat digunakan untuk memilih genotipe yang beradaptasi khusus jika lingkungan target dapat dibagi menjadi lingkungan mega (Yan dans Tinker 2006). Pada karakter produktivitas polong biji lingkungan 2 (Bogor 2) menjadi lingkungan diskriminatif dan representatif sebagai lingkungan uji. Lingkungan 1 (Bogor 1) dan lingkungan 3 (Palembang) memperlihatkan jarak vektor yang jauh dari sumbu AEA. Hal ini menunjukkan ke dua lingkungan ini kurang representatif sebagai lingkungan uji.

Keragaan hasil rata-rata dan stabilitas karakter produktivitas polong muda dan produktivitas biji disajikan pada Gambar 15 dan 16. Sumbu AEA (sumbu X) menunjukkan gambaran rata-rata hasil biji masing-masing genotipe (Yan dan Tinker 2005). Sumbu Y merupakan garis tegak lurus terhadap sumbu AEA dan melalui titik asal biplot yang memberikan gambaran stabilitas agronomis genotipe uji. Genotipe yang berada disebelah kanan sumbu Y memiliki hasil lebih tinggi daripada rata-rata semua genotipe, sedangkan disebelah kiri sumbu Y memiliki nilai dibawah rata-rata semua genotipe. Semakin jauh jarak genotipe dari sumbu X semakin tidak stabil genotipe tersebut.

Genotipe L4 dan H4P menunjukkan sebagai genotipe dengan produktivitas polong muda tertinggi. Genotipe H4P dan genotipe P1 menjadi genotipe paling stabil secara agronomis karena memiliki jarak genetik paling dekat dengan sumbu X. Sementara genotipe L3 menjadi genotipe yang tidak stabil karena jarak genetiknya yang jauh dari sumbu X. Pada karakter produktivitas biji genotipe L4 memiliki rata-rata tertinggi disusul oleh genotipe L1. Genotipe yang stabil adalah genotipe L4, H4P, dan P1 karena dekat dengan sumbu X, sedangkan genotipe L3 dan P2 menjadi genotipe yang tidak stabil karna jauh dari sumbu X.

VII SIMPULAN UMUM DAN SARAN

7.1 Simpulan

1. Umur berbunga dan jumlah biji per polong dapat dijadikan karakter seleksi. Karakter bobot polong muda, bobot biji per tanaman, jumlah biji per polong, dan bobot 100 biji dapat digunakan sebagai karakter seleksi tidak langsung terhadap produktivitas biji.
2. Terdapat pengaruh interaksi genotipe dengan lingkungan yang sangat nyata untuk semua karakter pengamatan. Genotipe yang memiliki produktivitas dan stabil menurut konsep stabilitas statis dan dinamis ialah genotipe L4, H1P, dan H4P untuk produktivitas polong muda, dan genotipe L2, H1P, H3U, dan H4P untuk karakter produktivitas biji.





3. Genotype L2, H1P, H3U, H4P, P1 tergolong genotype yang stabil dan beraptasi luas ditiga lingkungan percobaan, genotype L4 spesifik Bogor2, dan genotype P2 spesifik Palembang menurut metode AMMI.
4. Metode GGE menunjukkan genotype yang stabil untuk karakter produktivitas polong muda adalah genotype L4 dan H4P. Pada karakter produktivitas biji genotype L4 menjadi genotype yang stabil.

7.2 Saran

Lingkungan percobaan dapat ditambah untuk mendapatkan informasi yang lebih baik tentang tingkat ketstabilan genotype. Selain itu dapat dilakukan percobaan dengan musim atau ketinggian tempat yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [IBPGR] International Board for Plant Genetic Resources. 1979. Descriptors for Winged Bean. *Regional Committee for Southeast Asia*. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy.
- [KEMENTERIAN] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2014. Panduan pelaksanaan uji (PPU) keunikan, keseragaman dan kestabilan kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*). Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perizinan Pertanian. Jakarta. Indonesia.
- Akinwale M. 2011. Genotype x environment interaction and yield performance of 43 improved cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes at three agroclimatic zones in Nigeria. *British Biotechnology Journal* 1(3):68-84. <https://doi.org/10.9734/bbj/2011/475>.
- Aletor VA, Aladetimi OO. 1989. Proximate composition of some under-utilised Nigerian legumes. *Die Nahrung* 1989 33: 999-1007.
- Allard RW, Bradshaw AD. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding 1. *Crop Science* 4(5):503-508. <https://doi.org/10.2135/cropsci1964.0011183X000400050021x>.
- Allard RW. 1960. Principles of plant breeding. *J Wiley and Sons*. New York.
- Annicchiarico P. 2002. Defining adaptation strategies and yield-stability targets in breeding programmes. Di dalam: Kang MS, editor. Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. Walingford. Oxon.UK: CAB International Publishing. hlm 365-383.
- Ardi NAP, Yulianah I, Kusmanto. 2017. Evaluasi karakteristik dan keragaman 16 genotip tanaman kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). *Jurnal Produksi Tanaman* 5(8):1243-1249.
- Baihaki A. 2000. Teknik rancang dan analisis penelitian pemuliaan. Bandung: Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran.
- Bari A, Musa S, Sjamsudin E. 1982. Pengantar pemuliaan tanaman. Departemen Agronomi Fakultas Pertanian IPB. Bogor. 124hlm.
- Amoo IA, Adebayo OT, Oyeleye A. 2011. Chemical evaluation of winged beans (*Psophocarpus tetragonolobus*), pitanga cherries (*Eugenia uniflora*) and orchid fruit (Orchid fruit myristica). *Afr J Food Agric Dev* 6:1-12.
- Bhumiratana A. 1978. Utilization of winged bean for Thai traditional consumption. Seminar on developing the potential of the winged bean. Philipina.
- Bramastyo D, Yulianah I, Saptadi D. 2020. Seleksi 21 galur kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) berdasarkan karakter kualitas polong segar yang diinginkan konsumen. *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science* 5(1):43-51. <https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2020.005.1.6>.
- Dewi SM. 2014. Keragaan dan stabilitas hasil 14 genotipe tomat (*Solanum lycopersicum* L). di empat lingkungan dataran rendah [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Eagleton GE, Khan TN, Chai NF. 1981. Winged bean origins. Second international winged bean symposium. Colombo. Sri Lanka.
- Eagleton GE. 2019. Prospects for developing an early maturing variety of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) in Bogor, Indonesia. *Biodiversitas* 20(11): 3142-3152. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d201106>.
- Eberhart SA, Russell WA. 1966. *Stability parameter for comparing varieties. Crop sci.* 6:36-40.
- Falconer DS, Mackay TFC. 1996. Introduction to quantitative genetics. Fourth Edition. England: Longman Group Ltd.
- Fan XM, Kang MS, Chen H, Zhang Y, Tan J, Xu C. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. *Agronomy Journal* 99(1):220-228. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0144>.
- Fehr WR. 1987. Principles of cultivar development Vol. 1. Mac Millan Publishing Co. New York.
- Fitriani L, Toekidjo PS. 2013. Keragaan lima kultivar cabai (*Capsicum annuum* L.) di dataran medium 2(2):50-63. <https://doi.org/10.22146/veg.2415>.
- Gauch HG. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science* 46(4):1488-1500. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.07-0193>.
- Gaspersz V. 1992. Teknik analisis dalam penelitian percobaan. Bandung: Tarsito.
- Gomez KA, Gomez AA. 1995. Prosedur statistik untuk penelitian pertanian. Diterjemahkan oleh: E. Sjamsuddin dan J.S. Baharsjah. UI Press, Jakarta.
- Hadi AF, Sa'diyah H. 2004. Model AMMI untuk analisis interaksi genotipe x lokasi. *Jurnal Ilmu Dasar* 5(1):33-41.
- Handayani, Kusmana, Liferdi. 2013. Karakterisasi morfologi dan evaluasi daya hasil sayuran polong kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) (Yield Potential Evaluation and Characterization of Pod Vegetables Winged Bean), 1–2.
- Handayani T. 2013. Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) potensi lokal yang terpinggirkan. *Jurnal IPTEK Tanaman Sayuran* 001(001):1-8. <https://doi.org/10.1067/mtc.2001.112466>.
- Harder DK, Smartt J. 1992. Further evidence on the origin of the cultivated winged bean, (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) (Fabaceae) – chromosome numbers and the presence of a host-specific fungus. *Economic Botany* 46: 187-191.
- Hastini T, Siti LM, Nandang S. 2015. Potensi hasil enam varietas unggul kedelai di kabupaten sumedang. Prosiding seminar hasil penelitian tanaman aneka kacang dan umbi. Malang. 19 Mei.
- Hefny M. 2011. Genetic parameters and path analysis of yield and its components in corn inbred lines (*Zea mays* L.) at different sowing dates. *Asian Journal of Crop Science* 3(3):106–117. <https://doi.org/10.3923/ajcs.2011.106.117>.

- Huehn, M. 1990. Nonparametric measures of phenotypic stability. *Euphytica*, 47: 189-194. doi: 10.1007/- BF00024241.
- Jalata Z, Ayana A, Zeleke H. 2011. Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in ethiopian barley (*Hordeum vulgare L.*) landraces and crosses. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 5(1):44-52. <https://doi.org/10.3923/ijpb.2011.44.52>.
- Kallo G. 1993. Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) in genetic improvement of vegetable crops. *Pergamon Press*. Oxford. New York. hlm 465-469.
- Karimizadeh R, Mohammadi M, Sabaghnia N, Shefazadeh MK. 2012. Using Huehn's nonparametric stability statistics to investigate genotype × environment interaction. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 40(1):293-301. <https://doi.org/10.15835/nbha4017593>.
- Khan TN. 1994. *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC. Di dalam Siemonsman Js dan Piluek K (editor) Prosea [Plant Resources of South-East Asia] No 8 Vegetables. Prosea Foundation. Bogor. Indonesia 412hlm.
- Krisnawati A. 2016. Keragaman genetik dan potensi pengembangan kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) di Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian* 29(3):113–119. <https://doi.org/10.21082/jp3.v29n3.2010.p113-119>.
- Kumar SR, Arumugam T. 2013. Variability, heritability and genetic advance for fruit yield, quality and pest and disease incidence in eggplant. *Veg Sci* 40:111-113.
- Kusumah DA. Analisis Stabilitas Hasil Cabai Hibrida(*Capsicum annuum L.*)[tesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Laurie SM, Booyse M. 2015. Employing the GGE SREG model plus Elston index values for multiple trait selection in sweetpotato. *Euphytica* 204(2):433-442. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1359-6>.
- Lenka D, Mishra B. 1973. Path coefficient analysis of yield in rice varieties. *Indian J. Agric. Sci* 43:376- 379.
- Lepcha P, Egan AN, Doyle JJ, Sathyanarayana N. 2017. A review on current status and future prospects of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) in tropical agriculture. *Plant Foods Hum Nutr* 72: 225-235. DOI: 10.1007/s11130-017-0627-0.
- Lestari AD, Dewi W, Qosim WA, Rahardja M, Rostini N, Setiamihardja R. 2015. Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil dan hasil lima belas genotip cabai merah. *Zuriat* 17(1). <https://doi.org/10.24198/zuriat.v17i1.6808>.
- Lin CS, Binns MR, Lefkovitch LP. 1986. Stability Analysis: Where Do We Stand?1. *Crop Science*. <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183x002600050012x>.



- Lodhi RD, Prasad LC, Bornare SS, Madakemohekar AH, Prasad R. 2015. Stability analysis of yield and its component traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multi-environment trials in the north eastern plains of India. *Sabao Journal of Breeding and Genetics* 47(2):143-159.
- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2006. Perancangan Percobaan, dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Edisi kedua. Bogor: IPB Press.
- Mnembuka BV, Eggum BO. 1995. Comparative nutritive value of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) and other legumes grown in Tanzania. *Plant Foods for Hum. Nutr* 47:333-339.
- Mohanty CS, Singh V, Chapman MA. 2020. Winged bean: An underutilized tropical legume on the path of improvement, to help mitigate food and nutrition security. *Scientia Horticulturae* 260:108789. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108789>.
- National of Academy Sciences. 1981. The winged bean, a high-protein crop for the tropics. Report. National Academy of Science 5. Washington DC (US).
- Ningombam RD, Singh PK, Salam JS. 2012. Proximate composition and nutritional evaluation of underutilized legume *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC. grown in Manipur, Northeast India. *American Journal of Food Technology* 7(8):487-493.
- Novianti P, Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2010. Pendugaan kestabilan genotipe pada model AMMI menggunakan metode resampling bootstrap (*Genotype Stability Estimation of AMMI Model by Bootstrap Resampling*) 15(1):28-35.
- Nzuvu F, Githiri S, Mukuya DM, Gethi J. 2013. Analysis of genotype x environment interaction for grain yield in maize hybrids. *J. Agric. Sci* 5:75-85.
- Oliveira RL, Von Pinho RG, Balestre M, Ferreira DV. 2010. Evaluation of maize hybrids and environmental stratification by the methods AMMI and GGE biplot. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 10(3):247-253. <https://doi.org/10.1590/s1984-70332010000300010>.
- Paul PK, Alam, Rahman, Hasan, Paul. 2003. Genotype x environment interaction in soybean (*Glycine max* (L.) Merril). Department of genetics and plant breeding. Bangladesh Agricultural University. Bangladesh.
- Pinaria A, Baihaki A, Setiamihardja R, Daradjat AA. 1996. Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter-karakter biomassa 53 genotip kedelai. *Zuriat* 6(2):88-92.
- Prasanth K, Sreelatha Kumary I. 2014. Variability and heritability studies for pod yield and its component characters in winged bean (*Psophocarpus Tetragonolobus* (L.) DC). *Genetics and Plant Breeding* 9(4):1795-1797.
- Priyanto SB, Efendi RZB, Azrai M, Syakir M. 2017. Evaluasi stabilitas hasil jagung hibrida menggunakan metode *genotype and genotype by environment interaction biplot* (GGE BIPILOT). *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 1(2):97. <https://doi.org/10.21082/jpptp.v1n2.2017.p97-104>.
- Rasyad A, Idwar. 2010. Interaksi genetik x lingkungan dan stabilitas komponen hasil berbagai genotipe kedelai di Provinsi Riau. *Jurnal Agronomi Indonesia* 38(1):25-29. <https://doi.org/10.24831/jai.v38i1.1673>.

- Roostaei M, Mohammadi R, Amri A. 2014. Rank correlation among different statistical models in ranking of winter wheat genotypes. *Crop Journal* 2(2-3): 154-163. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2014.02.002>.
- Roy D. 2000. Plant breeding: analysis and exploitation of variation. Narosa Publishing House. New Delhi. 701hlm.
- Rukmana, R. 2000. Kecipir, Budidaya dan Pengolahan Pascapanen. Kanisius, Yogyakarta. 48 hlm.
- Sa'diyah, H. 2011. Indeks stabilitas AMMI untuk penentuan stabilitas genotipe pada percobaan multilokasi. *JMAP* 10(2):P.31-37
- Singh RK, Chaudhary BD. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Ludhiana-New Delhi. Kalyani Publishers.
- Sleper DA, Poehlman JM. 2006. Breeding field crops. 5th edition. Ames. Iowa. USA: Blackwell Publishing.
- Srihartanto E, Anshori A, Iswadi A. 2015. Produktivitas kedelai dengan berbagai jarak tanam di Yogyakarta. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi: 151-154.
- Stansfield WD, 1983. Genetika. Alih Bahasa M. Affandi dan L. T. Hardy. Erlangga, Jakarta.
- Sumertajaya IM. 2007. Analisis statistik interaksi genotipe dengan lingkungan. Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan IPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 33hlm.
- Sujiprihati S, Saleh BG, Ali ES. 2003. Heritability, performance and correlation studies on single cross hybrids of tropical Maize. *Asian Journal of Plant Sciences* 2(1):51-57. <https://doi.org/10.3923/ajps.2003.51.57>.
- Suwarto, Nasrullah. 2011. Genotype × environment interaction for iron concentration of rice in Central Java of Indonesia. *Rice Science* 18(1):75-78. [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(11\)60011-5](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(11)60011-5).
- Syukur M. 2012. Teknik Pemuliaan Tanaman. Penebar Swadaya, Bandung.
- Syukur M, Sujiprihati S, Yunianti R, Nida K. 2012. Pendugaan komponen ragam, heritabilitas dan korelasi untuk menentukan kriteria seleksi Cabai (*Capsicum annuum* L.) Populasi F5. *Jurnal Hortikultura Indonesia* 1(2):74. <https://doi.org/10.29244/jhi.1.2.74-80>.
- Tanzi AS, Eagleton GE, Ho WK, Wong QN, Mayes S, Massawe F. 2019. Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.) for food and nutritional security: synthesis of past research and future direction. *Planta* 250(3):911-931. DOI: 10.1007/s00425-019-03141-2.
- Trustinah, Iswantono R. 2013. Pengaruh Interaksi Genotipe dan lingkungan terhadap hasil kacang hijau. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 32(1): 13.
- Tyagi SD, Khan. 2007. Genotype x environment interaction and stability analysis for yield and its component in soybean (*Glycine max* (L.) Merril). Department of plant breeding and genetic K.P.G. Collage, Simbhaoli, Gaziabad (U.P).



- Udensi O, Edu EA, Ikpeme EV, Ebiwgai JK, Ekpe DE. 2012. Biometrical evaluation and yield performance assessment of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) landraces grown under lowland tropical conditions. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 6(1):47-53. <https://doi.org/10.3923/ijpb.2012.47.53>.
- Verdcourt B, Halliday P. 1978. A revision of Psophocarpus (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseoleae). *Kew Bulletin* 33:191-227.
- Walpole RE, 1982. *Pengantar statistika* Edisi 3. Jakarta: Gramedia Pustaka Tama.
- Widyastuti Y, Satoto, Rumanti IA. 2013. Genetik dan lingkungan The application of regression analysis and AMMI to evaluate the stability of rice genotype and interaction effect between genotype and environment. *Informatika Pertanian*, 22(1):21-28.
- Winarsi D. 2007. Antioksidan Alami dan Radikal Bebas. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Welsh JR. 1991. Dasar-Dasar Genetika dan Pemuliaan Tanaman. Alih Bahasa J.P. Moge. Erlangga, Jakarta.
- Yan W, Kang MS. 2003. GGE-biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. Boca Raton (US): CRC Press.
- Yan W, Kang MS, Ma B, Woods S, Cornelius PL. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science* 47(2):643-655. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0374>.
- Yan W, Tinker NA. 2005. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype x environment interaction. *Crop Science* 45(3):1004-1016. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0076>.
- Yan W, Tinker NA. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science* 86(3):623-645. <https://doi.org/10.4141/P05-169>.
- Yang RC, Baker RJ. 1991. Genotype x Environment interaction in two wheat crosses. *Crop Sci.* 31:63-87.
- Yasmin S. 2007. Evaluation of promising wheat genotypes by the stability analysis through parametric and non-parametric methods. *Int. Sustain. Crop Prod* 2(3):9-16.
- Yunianti R, Sastrosumarjo S, Sujiprihati S. 2010. Kriteria seleksi untuk perakitan varietas cabai tahan phytophthora capsici leonian. *Jurnal Agronomi Indonesia* 38(2):122-129. <https://doi.org/10.24831/jai.v38i2.1796>.
- Zanetta CU, Waluyo B, Rachmadi M, Karuniawan A. 2015. Oil content and potential region for cultivation black soybean in java as biofuel alternative. *Energy Procedia* 65:29-35. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.025>.
- Zeven AC, De Wet JMJ. 1982. Dictionary of cultivated plants and their regions of diversity. 2nd ed. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen. Netherlands.

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di kota Pekanbaru pada tanggal 24 Mei 1995 sebagai anak ke 2 dari pasangan bapak Bustami dan ibu Isroyati Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Riau , dan lulus pada tahun 2018 Pada tahun 2018, penulis diterima sebagai mahasiswa program magister (S2) di Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman pada Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB) dan menamatkannya pada tahun 2021 (untuk mahasiswa S2).

Selama mengikuti program S2, penulis aktif menjadi Wakil ketua umum Forum mahasiswa pascasarjana Riau-Bogor (FOMPASRI) tahun 2018-2019. Karya ilmiah berjudul Heritabilitas dan Hubungan Antar Karakter Kuantitatif Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) pada Tiga Lingkungan telah di telaah di Jurnal Agronomi Indonesia. Karya ilmiah tersebut merupakan bagian dari program S2 penulis.

