

# SIDIK LINTAS DALAM PENENTUAN KARAKTER YANG BERPENGARUH TERHADAP HASIL KEDELAJ PADA LAHAN KERING MASAM

Abdul Wahid dan Maintang

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan  
Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 17,5 Sudiang-Makassar

## ABSTRACT

*Soybean is the third important food crop after rice and corn. The development of this crop on sub optimal land such as acid land is constrained by low soil fertility and high saturation of Al and Fe micro elements. it is needed varieties that are able to adapt to the stress. The correlated character information as well as knowing the relationship pattern between the characters and the results important to determining the tolerance of the plant to soil acidity. The study was conducted by testing 10 soybean strains on acid dry land in Sidey District, Manokwari District, West Papua in the dry season of 2010, using a randomized block design with four replications. The result showed that the coefficient of direct effect of the observed variable was low (not real) to the result. The actual effect on the results is obtained through indirect influence based on high coefficient of indirect effect analysis. Analysis Correlation showed significant positive correlation with yield was plant height, number of fertile book, age 50% flowering, number of crop/plot, harvest age, seed weight/10 clump and number of pods.*

**Keywords:** path analysis, Soybean, acidic dry land

## ABSTRAK

*Kedelai merupakan tanaman pangan ketiga yang penting setelah padi dan jagung. Pengembangan tanaman ini pada lahan sub optimal seperti lahan masam terkendala pada tingkat kesuburan tanah yang rendah dan kejenuhan unsur mikro Al dan Fe yang tinggi. olehnya itu, dibutuhkan varietas yang mampu beradaptasi pada cekaman tersebut. Informasi karakter yang berkorelasi serta mengetahui pola hubungan antara karakter dengan hasil penting dalam menentukan toleransi tanaman terhadap kemasaman tanah. Penelitian dilaksanakan dengan menguji 10 galur kedelai pada lahan kering masam di Distrik Sidey, Kabupaten Manokwari, Papua Barat pada musim kemarau 2010, menggunakan rancangan acak kelompok dengan empat ulangan. Hasil penelitian menunjukkan Nilai koefisien pengaruh langsung dari variabel yang diamati rendah (tidak nyata) terhadap hasil. Pengaruh nyata terhadap hasil diperoleh melalui pengaruh tidak langsung berdasarkan nilai koefisien pengaruh tidak langsung yang tinggi. Analisis korelasi menunjukkan korelasi yang nyata positif dengan hasil adalah tinggi tanaman, jumlah buku subur, umur 50% berbunga, jumlah tanaman panen/petak, umur panen, berat biji/10 rumpun dan jumlah polong isi.*

**Kata Kunci:** Sidik Lintas, Kedelai, Lahan kering masam



## PENDAHULUAN

Kedelai merupakan tanaman pangan ketiga yang penting setelah padi dan jagung. Selain terkait dengan pemenuhan protein nabati, tanaman ini juga dibutuhkan sebagai bahan baku industri terutama industri kecap dan bahan baku industri makanan ringan lainnya. Produksi kedelai di Indonesia masih rendah, sedangkan kebutuhan terhadap tanaman kedelai semakin hari semakin tinggi sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk (Partohardjono, 2005). AMIS (2015) dalam Heru dkk (2016) menyatakan bahwa kebutuhan kedelai di Indonesia, sebanyak 66.67% masih dipenuhi dari impor pada tahun 2013.

Penurunan produksi kedelai diperkirakan terjadi selain karena penurunan produktivitas tanaman juga karena adanya penurunan luas panen akibat besarnya alih fungsi lahan ke penggunaan selain sektor pertanian. Alih fungsi lahan banyak terjadi di Pulau Jawa dengan pertumbuhan penduduk yang besar. Oleh karena itu, salah upaya peningkatan produksi kedelai yang dapat dilakukan adalah dengan perluasan wilayah tanam di luar Pulau Jawa meskipun wilayah tersebut sebagian besar merupakan lahan marginal yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman.

Lahan marginal dapat diartikan sebagai lahan yang memiliki mutu rendah karena memiliki beberapa faktor pembatas jika digunakan untuk keperluan tertentu (Yuwono 2009). Salah satu jenis lahan marginal yang terdapat di Indonesia adalah lahan masam. Luas total lahan kering masam di Indonesia sebesar 102.8 juta ha (Mulyani *et al.*, 2004). Kendala utama budidaya di tanah masam adalah adalah tingkat produktivitas lahannya rendah oleh karena adanya defisiensi asam fosfor (P) dan toksisitas aluminium (Al) yang dapat menurunkan produktivitas tanaman. Kemasaman tanah dan kandungan Al yang tinggi dapat merusak perakaran tanaman sehingga kemampuan penyerapan air dan unsur hara terhambat, kandungan unsur hara makro dan mikro seperti N, P, K, Ca, Mg, dan Mo yang rendah, yang menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat dan mati (Sutjahjo, 2006).

Perbaikan sifat fisik dan kimia tanah pada lahan masam relatif lebih mudah dilakukan dengan teknologi pemupukan, pengapuran, serta pengelolaan bahan organik (Balitan 2006; Mulyani *et al.* 2004). Namun demikian manipulasi sifat fisik kimia

tanah melalui pengapuran dan pemupukan adalah upaya yang sangat mahal dan bersifat sementara sehingga usaha tani menjadi tidak ekonomis. Menurut Sungkono *et al.* (2009) ; Puspitasari *et al.* (2012) pengembangan varietas toleran tanah masam adalah salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi budidaya di tanah masam. Oleh karena itu, perakitan varietas kedelai yang toleran pada lahan masam merupakan salah satu alternatif upaya peningkatan produktivitas kedelai pada lahan lahan masam yang pada umumnya memiliki kesuburan tanah yang rendah. Alternatif ini merupakan metode yang tepat karena hasilnya yang permanen (dapat diturunkan pada generasi selanjutnya).

Syarat utama untuk merakit varietas unggul toleran kemasaman tersebut adalah tersedianya materi genetik yang memiliki sifat ketahanan terhadap cekaman Al yang terekspresi melalui penampilan pertumbuhan yang baik dan produktivitas tinggi. Seleksi pada kedelai yang dilakukan pada lahan masam dimaksudkan untuk mengidentifikasi genotipe kedelai yang potensial untuk dikembangkan atau memilih galur-galur yang potensial menjadi salah satu tetua dalam pengembangan varietas kedelai toleran lahan masam. Keberhasilan seleksi genotipe ditentukan oleh beberapa faktor, salah satunya karakter seleksi yang digunakan, dimana tingkat toleransi dipengaruhi oleh banyak karakter (gen), seperti karakter agronomis, morfologi, dan fisiologi tanaman serta komponen hasil. Derajat keeratan hubungan antara hasil dengan karakter lain dapat diduga dengan menghitung nilai koefisien korelasi. Namun tingkat korelasi tidak dapat menggambarkan hubungan pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap hasil. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan sidik lintas (*path analysis*), dimana masing-masing karakter dapat dihitung kontribusi relatifnya terhadap hasil ke dalam komponen pengaruh langsung dan tidak langsung, sehingga hubungan kausal di antara karakter melalui alur terpisah yang dibangun dalam diagram alur dapat diketahui (Streiner, 2005; Singh and Chaudhary, 2010; Toebe and Filho, 2013; Kozak and Azevedo, 2014 dalam Efendi (2016). Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variabel/karakter yang berkorelasi dengan hasil serta mengetahui pola hubungan antara karakter. Informasi ini dapat berperan dalam menentukan toleransi



tanaman terhadap kemasaman tanah berdasarkan nilai koefisien korelasi serta pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap hasil pada kondisi penanaman di lahan masam.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada lahan kering masam di Distrik Sidey, Kabupaten Manokwari, Papua Barat pada musim kemarau 2010, menggunakan rancangan acak kelompok dengan empat ulangan. Sebanyak 10 galur harapan yaitu SC2P2.99.5.4.5 1-6-1 (G1), SC2P2.151.3.5.1-10 (G2), SC5P2P3.23.4.1-3-28-3 (G3), SC5P2P3.5.4.1-5 (G4), SC5P2P3.23.4.1.1-5 (G5), SC5P2P3.48.31.1-10 (G6), SJ-5/Msr.99.5.4.5-1-6-1 (G7), Msr/SJ-5.21.3.7-3-27-1 (G8), Msr/SJ-5.23.4.1-3-28-3 (G9), Msr/SJ-5.23.4.1-5 (G10) dan empat varietas pembanding yaitu, Tanggamus, Wilis, Anjasmoro, dan Tegal ditanam pada lahan masam. Benih kedelai ditanam dengan jarak tanam 40cm x 15cm, 2-3 biji/lubang. Pengendalian gulma dilakukan pada umur 3 dan 6 minggu setelah tanam. Pemupukan 75 kg urea, 100 kg SP36 dan 100 kg KCl/ha. Variabel yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah buku subur, umur berbunga, umur panen, jumlah tanaman panen, berat biji/10 rumpun, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, berat 100 biji dan hasil biji(t/ha)

Data hasil pengamatan dianalisis sidik lintas. Analisis sidik lintas dilakukan melalui dua tahapan analisis yaitu analisis regresi linear berganda serta analisis korelasi. Analisis linear berganda untuk mengetahui pengaruh langsung variabel terhadap hasil sedangkan analisis korelasi untuk mengetahui tingkat keeratan dari variabel. Analisis data baik regresi dan korelasi menggunakan software SPSS versi 21.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Korelasi untuk menentukan karakter yang saling berkorelasi

Analisis korelasi menggambarkan besarnya koefisien korelasi atau tingkat keeratan hubungan antara satu karakter dengan karakter lainnya, sehingga diketahui karakter-karakter yang saling berkorelasi nyata. Informasi karakter yang berkorelasi dengan hasil pada kondisi cekaman dibutuhkan pada seleksi genotipe kedelai yang berpotensi toleran pada kemasaman tanah. Hasil

analisis korelasi dalam penelitian ini, menunjukkan tujuh variabel berkorelasi positif nyata dengan hasil, yaitu tinggi tanaman dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) 0.666, jumlah buku subur ( $r=0.654$ ), umur 50 % berbunga ( $r=0.656$ ), jumlah tanaman panen/petak ( $r=0.535$ ), umur panen ( $r=0.628$ ), berat biji/ 10 rumpun ( $r=1.00$ ) dan jumlah polong isi ( $r=0.708$ ) (Tabel 1).

Tabel 1. Korelasi antara beberapa variabel ( $X_i$ ) dengan hasil ( $Y$ )

| Variabel ( $X_i$ ) |                          | Nilai koefisien korelasi terhadap hasil ( $Y$ ) |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| X1                 | Tinggi Tanaman           | .666**                                          |
| X2                 | Jumlah cabang            | .428                                            |
| X3                 | Jumlah buku subur        | .654*                                           |
| X4                 | Umur berbunga            | .656*                                           |
| X5                 | Umur panen               | .628*                                           |
| X6                 | Jumlah Tanaman panen     | .535*                                           |
| X7                 | Berat biji per 10 rumpun | 1.000**                                         |
| X8                 | Jumlah polong isi        | .708**                                          |
| X9                 | Jumlah polong hampa      | .024                                            |
| X10                | Berat 100 biji           | .098                                            |

Nilai koefisien korelasi yang nyata positif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai rata-rata dari karakter tersebut maka semakin tinggi hasil yang diperoleh. Sebaliknya semakin kecil nilai dari karakter tersebut, semakin rendah hasil yang diperoleh pada kondisi cekaman kemasaman tanah. Karakter yang berkorelasi nyata positif pada penelitian ini dapat digunakan sebagai karakter seleksi galur toleran pada lahan masam.

### Analisis sidik lintas untuk mengetahui variabel yang berpengaruh terhadap hasil

Analisis jalur atau analisis lintas (path analysis) digunakan untuk mendapatkan gambaran tentang korelasi langsung ataupun tidak langsung antar variabel. Sidik lintas bertujuan untuk memilah koefisien korelasi ke dalam komponen koefisien lintas yang mengukur pengaruh langsung dan tidak langsung. sehingga hubungan kausal di antara karakter yang dikorelasikan dapat diketahui (Singh and Chaudhary, 2010). Melalui analisis ini dapat ditentukan kontribusi relatif dari komponen pertumbuhan dan komponen lainnya terhadap hasil yang diperoleh. Hasil analisis sidik lintas menunjukkan pengaruh langsung yang tidak nyata pada

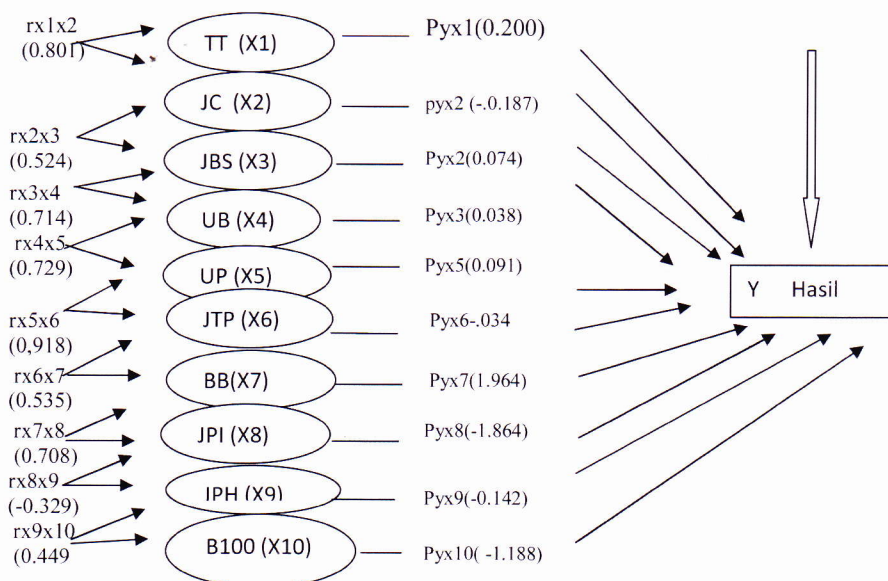
variabel yang diamati dengan nilai koefisien pengaruh langsung pada variabel tinggi tanaman yaitu (PX1 = 0,200), jumlah cabang (PX2 = -0.187), jumlah buku subur (PX3 = 0,074), umur berbunga (PX4 = 0,038), umur panen (PX5 = 0,091), jumlah tanaman panen (PX6 = -0.034), berat biji (PX7 = 1.964), jumlah polong isi (PX8 = -1,864), jumlah polong hampa (PX9 = -0.142) dan berat 100 biji (PX10 = - 0.1.188). (Tabel 2). Menurut Singh and Chaudhary (2010) Jika variabel yang memiliki nilai koefisien pengaruh langsung rendah

terhadap hasil, perlu diperhatikan nilai pengaruh variabel tersebut terhadap hasil secara tidak langsung melalui variabel lainnya (Singh and Chaudhary, 2010). Variabel yang tidak berpengaruh terhadap hasil melalui variabel lainnya dipilih yang memiliki nilai koefisien pengaruh tidak langsung >0,09. Berdasarkan hal tersebut maka sepuluh variabel yang diamati berpengaruh nyata terhadap hasil melalui pengaruh tidak langsung oleh karena nilai koefisien pengaruh tidak langsung > dari 0.09 (gambar 1).

Tabel 2. Pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap hasil

| Varia bel  | Pengaruh langsung | Nilai koefisien pengaruh tidak langsung dari variabel |        |        |        |        |        |        |       |        |
|------------|-------------------|-------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
|            |                   | X2                                                    | X3     | X4     | X5     | X6     | X7     | X8     | X9    | X10    |
| <b>X1</b>  | .200              | .801**                                                | .791** | .681** | .829** | .758** | .666** | .708** | .076  | -.438  |
| <b>X2</b>  | -.187             |                                                       | .524   | .593*  | .618*  | .470   | .428   | .521   | .141  | -.412  |
| <b>X3</b>  | .074              | .524                                                  |        | .714** | .801** | .859** | .654*  | .753** | -.119 | -.487  |
| <b>X4</b>  | .038              | .593                                                  | .714   |        | .729** | .670** | .656*  | .581*  | .247  | -.287  |
| <b>X5</b>  | .091              | .618                                                  | .801   | .729   |        | .918** | .628*  | .669** | .076  | -.421  |
| <b>X6</b>  | -.034             | .470                                                  | .859   | .670   | .918   |        | .535*  | .641*  | -.129 | -.470  |
| <b>X7</b>  | 1.964             | .428                                                  | .654   | .656   | .628   | .535   |        | .708** | .024  | -.098  |
| <b>X8</b>  | -1.864            | .521                                                  | .753   | .581   | .669   | .641   | .708   |        | -.329 | .767** |
| <b>X9</b>  | -.142             | .141                                                  | -.119  | .247   | .076   | -.129  | .024   | -.329  |       | .449   |
| <b>X10</b> | -1.188            | -.412                                                 | -.487  | -.287  | -.421  | -.470  | -.098  | -.767  | .449  |        |

X1= tinggi tanaman, X2= jumlah cabang, X3 = Jumlah buku subur, X4 = umur berbunga, X5= umur panen, X6= Jumlah tanaman panen, X7= berat biji/10 rumpun, X8= Jumlah polong isi, X9= Jumlah polong hampa, X10= Berat 100 biji.



Keterangan: Y = hasil, TT (X1) = tinggi tanaman, JC(X2)= jumlah cabang, JBS (X3)=jumlah buku subur, UB(X4)= umur berbunga, UP (X5)=umur panen, JTP(X6)=jumlah tanaman panen, BB(X7)=berat biji per 10 rumpun, JPI(X8)= jumlah polong isi, JPH(X9)= jumlah polong isi, B100(X10)= berat 100 biji.

Gambar 1. Diagram jalur (*path*) beberapa variabel yang secara langsung dan tidak langsung mempengaruhi hasil kedelai pada lahan masam.



Tabel 3. Nilai variabel dari 10 genotipe dan varietas kedelai pada lahan masam di Manokwari, Papua Barat.

| Genotipe | X1<br>(cm) | X2    | X3   | X4<br>(hr) | X5<br>(hr) | X6    | X7<br>(gr) | X8   | X9   | X10<br>(gr) | Hasil<br>(t/h) |
|----------|------------|-------|------|------------|------------|-------|------------|------|------|-------------|----------------|
| G1       | 63.78      | 11.30 | 6.35 | 42.7       | 90.2       | 178.5 | 11.4       | 93.9 | 12.9 | 12.1        | 1.3            |
| G2       | 62.15      | 10.9  | 6.98 | 43.0       | 89.0       | 178   | 11.0       | 76.4 | 20.2 | 14.3        | 1.3            |
| G3       | 68.75      | 11.05 | 6.57 | 41.5       | 86.7       | 177.2 | 10.2       | 74.6 | 15.1 | 13.7        | 1.2            |
| G4       | 55.38      | 8.7   | 6.68 | 42.5       | 87.5       | 179   | 10.7       | 81.2 | 14.5 | 13.1        | 1.3            |
| G5       | 54.34      | 8.5   | 5.88 | 39.7       | 87.2       | 178.7 | 8.99       | 72.3 | 14.3 | 12.4        | 1.1            |
| G6       | 55.25      | 7.0   | 6.23 | 39.7       | 87.2       | 178.2 | 9.59       | 70.7 | 15.8 | 13.5        | 1.2            |
| G7       | 55.25      | 10.05 | 6.32 | 41.5       | 89.7       | 178.7 | 8.95       | 68   | 14.8 | 13.1        | 1.1            |
| G8       | 56.81      | 8.0   | 6.93 | 38.2       | 88.0       | 179.2 | 11.0       | 85.0 | 9.2  | 13.5        | 1.3            |
| G9       | 64.19      | 11.00 | 6.62 | 39         | 89.5       | 178.2 | 9.24       | 92.3 | 14.5 | 10.0        | 1.1            |
| G10      | 54.88      | 7.4   | 6.40 | 41.5       | 89.7       | 178.2 | 10.2       | 70   | 17.4 | 14.5        | 1.2            |
| T        | 62.31      | 8.65  | 7.32 | 43         | 89.0       | 179.5 | 10.7       | 104  | 12.0 | 10.2        | 1.3            |
| W        | 55.09      | 9.45  | 6.82 | 42.2       | 87.5       | 178.2 | 10.0       | 92.4 | 12.3 | 10.8        | 1.2            |
| A        | 53.28      | 8.8   | 6.68 | 40.2       | 86.5       | 179   | 7.97       | 64.6 | 12.2 | 12.3        | 1.0            |
| TE       | 31.59      | 5.75  | 4.47 | 35.5       | 76.2       | 168.7 | 7.60       | 46.6 | 14.3 | 15.9        | 0.9            |

Keterangan: X1 = tinggi tanaman, X2 = jumlah cabang, X3= jumlah buku subur, X4 = umur berbunga, X5 = umur panen, X6 = jumlah tanaman panen, X7 = Berat biji per 10 rumpun, JPI(X8)= jumlah polong isi, JPH(X9)= jumlah polong isi, B100(X10)= berat 100 biji. T= Tenggamus, W = Wilis, A= Anjasmoro, TE= Tegal.

Berdasarkan analisis korelasi diketahui variabel yaitu tinggi tanaman, jumlah buku subur, umur 50 % berbunga, jumlah tanaman panen/petak, umur panen, berat biji/10 rumpun dan jumlah polong isi ((Tabel 1) berdampak positif nyata terhadap hasil pada kondisi lahan masam. Tinggi tanaman yang besar nyata menunjang pertumbuhan jumlah buku subur ( $r=0.791$ ) berat biji per rumpun ( $r=0.666$ ) dan jumlah polong isi ( $r=0.708$ ). Hal ini menunjukkan keragaan pertumbuhan tanaman yang baik mendukung pertumbuhan komponen hasil dan hasil tanaman. Tingkat keeratan hubungan antara karakter dalam berkontribusi terhadap hasil tanaman disajikan pada Tabel 1 dan gambar 1.

Permasalahan utama yang sering dijumpai dalam usahatani di lahan masam adalah kadar Al dan Fe berlebihan sehingga berpotensi meracuni tanaman, selain itu juga dapat mengakibatkan unsur P menjadi kurang tersedia bagi tanaman karena terfiksasi oleh Al/Fe (Liao *et al.* 2006). Kelarutan Al dalam larutan tanah akan meningkat dengan menurunnya nilai pH tanah. Al menghambat pertumbuhan tanaman dengan mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan akar. Beberapa laporan menyatakan bahwa target utama dan pertama keracunan Al adalah jaringan akar tanaman. Dalam penelitian ini beberapa genotipe yang diuji memberikan rata-rata hasil yang tinggi sejajar dengan varietas Wilis dan Tenggamus. Hal ini menunjukkan kemampuan akar genotipe Wilis

untuk mampu beradaptasi dengan kandungan Al yang tinggi, sehingga tidak mengganggu fungsi akar. Kemampuan genotipe ini juga terlihat pada cekaman Al berat dan perlakuan cekaman keke-  
rangan, dimana genotipe ini mengalami penurunan pertumbuhan akar yang paling kecil dibandingkan dengan lima genotipe (Hanum *et al.*, 2007). Kerusakan akar yang berkelanjutan menyebabkan rusaknya system penyerapan air dan mineral nutrisi yang berujung pada pengurangan hasil panen (Ferrufino *et al.*, 2000).

Hasil penelitian lain dengan menggunakan Al sebagai agen seleksi pada tanaman kedelai menunjukkan bahwa varietas Wilis mampu beradaptasi pada lahan kering dan masam pada konsentrasi 75% Al. Genotipe yang tahan menghasilkan bobot kering akar lebih tinggi dan sebaliknya pada genotipe yang rentan (Hanum *et al.*, 2007). Penelitian Giono dkk (2015) melalui iradiasi sinar gamma 50 gy dan 25 gy diperoleh genotipe toleran yaitu varietas Menyapa, Orba dan Tenggamus. Hasil tinggi yang dicapai oleh galur dan varietas menggambarkan kemampuan tanaman beradaptasi dengan baik pada kondisi tanah masam. Syahri dan Somantri (2014) dan Triadiati *et al.* (2013) menyebutkan bahwa varietas Tenggamus dan Wilis adalah kedelai yang toleran terhadap kemasaman tanah sehingga mampu berproduksi dengan baik. Menurut Fitter dan Hay (1991) kemampuan tanaman beradaptasi pada lahan masam diduga terkait dengan mekanisme eksklusi ameliorasi, dan toleransi.



Kemampuan tanaman mengenal ion toksik dan mencegah agar tidak terambil sehingga tidak mengalami toksisitas disebut eksklusi, atau tanaman mengabsorpsi ion tersebut namun mampu meminimumkan pengaruhnya (ameliorasi), atau tanaman dapat mengembangkan sistem metabolisme yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik yang potensial.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai koefisien pengaruh langsung dari variabel yang diamati rendah (tidak nyata) terhadap hasil. Pengaruh nyata terhadap hasil diperoleh melalui pengaruh tidak langsung berdasarkan nilai koefisien pengaruh tidak langsung yang tinggi. Analisis korelasi menunjukkan korelasi yang nyata positif dengan hasil adalah tinggi tanaman, jumlah buku subur, umur 50 % berbunga, jumlah tanaman panen/petak, umur panen, berat biji/10 rumpun dan jumlah polong isi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah G. 2005. *Principles of Crop Production*. New Jersey (US): Pearson Education inc
- Balai Penelitian Tanah. 2006. Potensi lahan kering masam untuk pengembangan pertanian. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 28(2):16-17.
- Efendi R. Muhammad Aqil, Andi Takdir Makalau dan Muhammad Azra'i. 2016. Sidik Lintas Dalam Penentuan Karakter Seleksi Jagung Toleran Cekaman Kekeringan. *Informatika Pertanian*, Vol. 25 No.2 : 171 - 180
- Fitter A.H. dan R.K.M. Hay. 1991. Fisiologi lingkungan tanaman. Penerjemah Sri Andani dan Purbayanti. UGM-Press, Yogyakarta.
- Ferrufino A, Smyth TJ, Israel DW, Carter TE. Jr. 2000: Root elongation of soybean genotypes in response to acidity constraints in a sub-surface solution compartment. *Crop Science* 40:413 - 421.
- Giono R.W. Muh. farid bdr, Amin nur, Mchtar S. Solle dan izddin idrus. 2014. Ketahanan Genotipe Kedelai Terhadap Kekeringan Dan Kemasaman, Hasil Induksi Mutasi Dengan Sinar Gamma. *Jurnal Agroteknos*. Vol. 4 No. 1. Hal 44-52 .
- Hanum C, Muqnisjahw Q, Yahya S, Sopandy SD, Idris K dan Sahar AA. 2009. Penapisan kedelai toleran cekaman aluminium dan kekeringan, *Forum Pascasarjana* 32(4).
- Liao H., H. Wan, J. Shaff, X. Wang, X. Yan, and L.V. Kochian. 2006. Phosphorus and Aluminium Interactions in Soybean in Relation to Aluminium tolerance. Exudation of specific organic acids from different regions of the intact root system. *Plant Physiology*.
- Mulyani A, Rachman A, Dairah A. 2004. Penyebaran lahan masam, potensi dan keterseediaannya untuk pengembangan pertanian. *Seminar Nasional Multifungsi Pertanian dan Ketahanan Pangan*. 2004 Jun: Bogor, Indonesia. Bogor (ID): Balai Penelitian Tanah dan Agroklimat. hlm 23-45.
- Puspitasari W, Human S, Wirnas D, Trikoesoemaningtyas. 2012. Evaluating genetic variability of sorghum mutant lines tolerant to acid soil. *Atom Indonesia*. 38(2):83-88.
- Sutjahjo SH. 2006. Seleksi *in vitro* untuk ketengangan terhadap Aluminium pada empat genotype jagung. *Akta Agrosia* 9(2): 61-66.
- Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 2010. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalayani, Ludhiana. page 275-280.
- Syahri dan R.U. Somantri. 2014. Optimalisasi lahan sub optimal untuk pengembangan kedelai di Sumatera selatan melalui penerapan inovasi teknologi. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. Palembang.
- Sungkono, Trikoesoemaningtyas, Wirnas D, Sopandie D, Human S, Yudiarto MA. 2009. Pendugaan parameter genetik dan seleksi galur mutan sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) di tanah masam. *J. Agron. Indonesia*. 37(3):220-225.
- Triadiati N.R. Mubarik, dan Y. Ramasita. 2013. Respon pertumbuhan tanaman kedelai terhadap *Bradyrhizobium japonicum* toleran masam dan pemberian pupuk di tanah masam. *J. Agron. Indonesia* 41 (1) : 24 – 31.
- Yuwono NA. 2009. Membangun kesuburan tanah di lahan marginal. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 9(2):137-141.