

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

## **KAJIAN KECUKUPAN HARA FOSFOR PADA LAHAN SULFAT MASAM POTENSIAL TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BEBERAPA VARIETAS KEDELAI**

*(Study of phosphorus nutritional adequacy on potential sulfic soil for the growth and production of some varieties of soybean)*

**Syamsul Bahri <sup>\*1</sup>, Teuku Hasan Basri <sup>2</sup>, Rahmatsyah <sup>3</sup>, Teuku Muhammad Faisal <sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Samudra

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Samudra

<sup>3</sup>Program studi Pendidikan Sejarah, Universitas Samudra

<sup>4</sup>Program Studi Akuakultur, Universitas Samudra

Jalan. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Meurandeh Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh

\*Corresponding author, Email : [syamsulbahrimp@unsam.ac.id](mailto:syamsulbahrimp@unsam.ac.id)

### **ABSTRACT**

The development of acid sulphate land for agricultural land faces many obstacles, including high soil acidity and low P nutrient availability due to fixation by Al and Fe. Soil characteristics in the Langsa City area are classified as marginal soils with high soil acidity. But to ensure the successful management of acid sulphate into productive agricultural land must be managed properly. One effort that can be done to ensure the successful management of acid sulphate land into productive land. This research was conducted in the acid sulphate field of Simpang Wie village, East Langsa Subdistrict, Langsa City, which was conducted in Mai until September 2019. This study aimed to determine the P dose of some soybean varieties in potential acid sulphate fields. This research used factorial randomized block design (RBD) with 2 replications. The first factor is the soybean variety factor (V) which consists of 4 varieties namely V1 = Burangrang, V2 = Sibayak, V3 = Anjasmoro and V4 = Willis and the second factor is the dose of Phosphorus fertilizer (P) which consists of 4 levels namely P1 = 0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, P2 = 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, P3 = 72 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and P4 = 108 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Provision of Phosphorus nutrients in various soybean varieties significantly differ in plant height at ages 4 and 6 MST, number of productive branches at age 6 MST, number of pods per plant, weight of 100 soybean seeds, and nutrient content of acid sulfate soils. The best phosphorus nutrient to increase the growth and yield of soybean plants in acid sulfate soils is 108 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Willis soybean varieties are more responsive to the supply of Phosphate nutrients in acid sulfate soils which are characterized by the best growth and yield of soybeans compared to other varieties.

**Keywords** : phosphorus, potential acid sulfate land, soybean

### **PENDAHULUAN**

Pengembangan lahan sulfat masam untuk lahan pertanian menghadapi banyak kendala, antara lain kemasaman tanah yang tinggi dan ketersediaan hara P yang rendah

karena difiksasi oleh Al dan Fe. Dent (1986) menambahkan bahwa rendahnya produktivitas lahan sulfat masam selain disebabkan oleh tingginya kemasaman tanah yang menyebabkan meningkatnya kelarutan unsur

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

beracun seperti Al, Fe, dan Mn, juga karena rendahnya kejenuhan basa. Kemasaman tanah yang tinggi memicu larutnya unsur beracun dan meningkatnya kahat hara sehingga tanah menjadi tidak produktif.

Pemanfaatan lahan sulfat masam merupakan salah satu pilihan dalam peningkatan produksi kedelai karena terbatasnya lahan subur. Peluang ini cukup besar karena ketersediaannya mencakup luasan 6,71 hektar yang tersebar di Sumatera, Kalimantan dan Papua. Kebutuhan kedelai di Indonesia terus-menerus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi kedelai adalah melalui perluasan areal penanaman dengan memanfaatkan lahan-lahan marginal diantaranya lahan sulfat masam.

Karakteristik tanah di wilayah Kota Langsa tergolong tanah-tanah marginal dengan tingkat kemasaman tanah yang tinggi. Untuk dapat dikembangkan sebagai lahan pertanian produktif, berkelanjutan serta pertanian yang ramah lingkungan, perlu terlebih dahulu diketahui karakteristik dan kendala-kendala pengembangannya sehingga penanganannya lebih tepat. Pengelolaan lahan sulfat masam yang tepat dan memperhatikan kelestarian lingkungan dengan menerapkan teknologi yang adaptif terhadap perubahan iklim dengan tingkat emisi gas rumah kaca yang rendah, meminimalkan residu agrokimia, pengendalian hama penyakit dengan pestisida nabati/hayati yang ramah lingkungan, meningkatkan keanekaragaman hayati serta menekan degradasi tanah baik sifat fisik, kimia, dan biologi.

Hasil berbagai penelitian menunjukkan bahwa jika dikelola dengan baik menggunakan

teknologi tepat guna berdasarkan karakteristik lahannya, maka lahan sulfat masam dapat dikembangkan sebagai lahan pertanian yang produktif.

Penataan lahan dan tata air yang sesuai dengan karakteristik lahannya, pemilihan komoditas dan varietas yang tepat, serta penerapan teknologi ameliorasi dan pemupukan yang tepat merupakan usaha komprehensif yang dapat dilakukan untuk menjamin keberhasilan pengelolaan lahan sulfat masam menjadi lahan pertanian produktif.

Menurut Maas (1989) tanah sulfat masam potensial dicirikan oleh adanya material sulfidik. Material sulfidik adalah tanah mineral yang mengandung komponen sulfur yang dapat teroksidasi. Ditambah oleh Subiksa dan Diah (2009) bahan sulfidik adalah sumber kemasaman tanah, bila bahan ini teroksidasi akan menghasilkan kondisi sangat masam. Bahan ini disebut pirit ( $\text{FeS}_2$ ), bila terekspos oleh udara terbentuk  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang dapat mengasamkan lingkungan sehingga tanah tersebut tidak dapat dibudidayakan.

Masalah hara yang paling banyak dilaporkan pada lahan sulfat masam adalah ketersediaan hara P yang rendah dan fiksasi P yang tinggi oleh Al dan Fe. Hara P merupakan salah satu unsur hara yang paling banyak dibutuhkan tanaman.

Hara ini berfungsi untuk pertumbuhan akar, transfer energi dalam proses fotosintesis dan respirasi, perkembangan buah dan biji, kekuatan batang dan ketahanan terhadap penyakit. Unsur P adalah unsur penting kedua setelah nitrogen yang berperan penting dalam fotosintesis, perkembangan akar, pembentukan bunga, buah dan biji (Simanungkalit, 2006).

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

Pemberian pupuk P tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman disebabkan oleh unsur ini terfiksasi sangat erat (pH tanah = 4.39) sehingga tidak tersedia bagi tanaman.

Kandungan Al yang tinggi pada tanah masam juga berhubungan dengan membran *lipid bilayer* pada sel, aluminium dapat memblok  $\text{Ca}^{2+}$  dan saluran  $\text{K}^-$  sehingga mengganggu proses penyerapan haratanaman (Hanum, 2013). Fiksasi P yang tinggi sebagai akibat oksidasi pirit menyebabkan ketersediaan hara P yang rendah di lahan sulfat masam. Hal ini akan berdampak pada pertumbuhan dan pengisian polong dan biji. Menurut Tampubolon (1991) kedelai membutuhkan P dalam jumlah yang relatif banyak karena dibutuhkan selama pertumbuhan. Periode terbesar penggunaan P terjadi mulai dari pembentukan polong sampai kira-kira 10 hari sebelum biji mulai berkembang. Tanaman biji-bijian yang tumbuh pada tanah-tanah yang kekurangan P menyebabkan pengisian biji berkurang (Yustisia *et al.*, 2005).

Tanaman kedelai memerlukan P lebih besar dibandingkan dengan komoditas lainnya seperti gandum dan jagung. Cekaman kahat P biasanya terjadi pada fase awal pertumbuhan tanaman yaitu akar-akar tanaman kurang berkembang sehingga tidak mampu menyediakan seluruh kebutuhan P.

Fosfor dapat diikat kuat oleh Al dan Fe pada tanah-tanah masam sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Daun-daun tua pada kedelai yang kahat P sering menampilkan warna ungu karena terjadinya akumulasi antosianin (pigmen ungu) (Hilman, 2005).

Neraca hara N, P, dan K lahan sawah dan lahan kering di sentra produksi kedelai dilaporkan mengalami kesetimbangan negatif. Hal ini disebabkan oleh minimnya dosis pupuk yang diaplikasikan atau praktek pemupukan yang tidak berimbang serta kebiasaan petani membawa seluruh tanaman hasil panen keluar dari lahan. Hasil kedelai ditingkat petani sebesar 1 ton biji  $\text{ha}^{-1}$ , tanaman mengangkut hara 70 kg N, 7 kg P, dan 43 kg  $\text{K}^{-1}$  ha (Manshuri, 2012). Dengan kondisi tersebut, maka terdapat indikasi gejala kahat hara tersamar (*hidden hunger*) unsur N dan P di sentra produksi kedelai.

## BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di lahan sulfat masam desa Simpang Wie Kecamatan Langsa Timur Kota Langsa, pada bulan Mei - September 2019. Analisis tanah awal dan akhir dilakukan di Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial dengan 2 ulangan. Faktor pertama adalah faktor varietas kedelai (V) yang terdiri atas 4 varietas yaitu  $V_1 = \text{Burangrang}$ ,  $V_2 = \text{Sibayak}$ ,  $V_3 = \text{Anjasmoro}$  dan  $V_4 = \text{Willis}$  dan faktor kedua adalah dosis pupuk Fosfor (P) yang terdiri atas 4 taraf yaitu  $P_1 = 0 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ ,  $P_2 = 36 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ ,  $P_3 = 72 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  dan  $P_4 = 108 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ . Dengan demikian diperoleh 16 kombinasi perlakuan.

Setiap perlakuan diulang 2 kali sehingga diperoleh 32 satuan percobaan dan setiap polibeg percobaan terdiri dari 1 tanaman per polibeg dan semuanya dijadikan tanaman sampel. Data dari setiap percobaan akan dianalisis dengan sidik ragam dengan uji

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

F. Jika terdapat pengaruh nyata maka akan dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 0,05 (5%).

Pelaksanaan penelitian diawali dengan melakukan analisis tanah, pengambilan sampel tanah dilakukan secara komposit metode zig-zag pada kedalaman 0 - 25 cm, diambil dengan menggunakan bor tanah. Persiapan lahan diawali dengan membersihkan lahan dari gulma dan tanaman lainnya. Kemudian dilakukan pembuatan plot percobaan dengan ukuran 100 x 100 cm sebanyak 32 plot dengan jarak antar plot 30 cm dan jarak antar ulangan 50 cm yang sekaligus berfungsi sebagai saluran drainase. Persiapan media tanam yaitu tanah yang diambil dilokasi penelitian sedalam  $\pm 20$  cm (top soil) kemudian tanah tersebut di aduk hingga merata (homogen), kemudian disusun dengan rapi zik zak diatas plot yang telah di persiapkan. Sebelum dilakukan penanaman terlebih dahulu diberikan inokulan rhizobium dalam lubang tanam. Inokulasi rhizobium dilakukan dengan metode pelapisan biji. Penanaman benih dilakukan secara tugal sedalam 2 cm, sebelum dilakukan penanaman pada setiap lubang diberikan insektisida Furadan bertujuan untuk mengendalikan hama. Setiap lubang tanam ditanami sebanyak 3 butir benih lalu ditutup dengan tanah, setelah tanaman berumur 1 minggu setelah tanam (MST) dilakukan seleksi dengan menyisakan satu tanaman yang pertumbuhannya paling baik.

Pemberian pupuk P disesuaikan dengan perlakuan, yaitu dosis 0 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (0 kg SP 36 ha<sup>-1</sup>); 36 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (100 kg SP 36 ha<sup>-1</sup>); 72 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (200 kg SP 36 ha<sup>-1</sup>); dan 108

kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (300 kg SP 36 ha<sup>-1</sup>). Pemberian pupuk P dilakukan sekali pada saat tanam. Pemupukan pupuk kandang dilakukan pada saat bersamaan pengisian polibag. Pupuk Urea yang diberikan sebanyak 2 kali yaitu saat tanam dan 45 HST dengan dosis 100 ha<sup>-1</sup>), dan 100 kg KCl ha<sup>-1</sup> sebagai pupuk dasar (saat tanam).

Tahap selanjutnya dilakukan pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyulaman, penyiangan serta pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan dua kali sehari atau tergantung dengan kondisi cuaca di lapangan. Penyulaman dilakukan jika ada tanaman yang gagal tumbuh dengan tanaman baru yang telah dipersiapkan dan berumur sama dengan tanaman pada plot percobaan pada umur 1 MST. Penyiangan gulma dilakukan secara manual diseluruh plot percobaan dan dalam polibag.

Pengamatan dilakukan pada peubah 1) tinggi tanaman, 2) jumlah cabang produktif, 3) umur berbunga (HST), 4) jumlah polong isi/tanaman, 5) bobot 100 biji. Pengamatan juga dilakukan setelah panen dalam satuan plot percobaan yaitu Kandungan N, P dan K pada Uji Tanah Akhir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tinggi Tanaman (cm)

Hasil uji F pada analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pemberian hara Fosfor dan beberapa varietas terhadap tinggi tanaman. Rata-rata tinggi tanaman kedelai pada umur 4 dan 6 MST akibat pemberian hara posfor pada beberapa varietas kedelai dapat dilihat pada Tabel 1.

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

Tabel 1. Rata-rata tinggi tanaman kedelai pada umur 4 minggu setelah tanam (MST) akibat pemberian hara fosfor dan beberapa varietas kedelai

Perlakuan Varietas	Hara Fosfor			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
	.....(cm).....			
V <sub>1</sub>	36,50 A ab	36,25 A a	40,50 A ab	46,88 AB b
V <sub>2</sub>	42,55 AB a	43,85 A a	42,43 AB a	41,88 A a
V <sub>3</sub>	48,18 B a	46,58 A a	52,52 B a	46,63 AB a
V <sub>4</sub>	36,63 AB a	45,85 A ab	44,28 AB ab	55,50 B b
	BNJ <sub>0,05</sub> (11,64)			

Keterangan : Angka- angka dengan huruf yang tidak sama berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman kedelai pada umur 6 minggu setelah tanam (MST) akibat pemberian hara fosfor dan beberapa varietas kedelai

Perlakuan Varietas	Hara Fosfor			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
	.....(cm).....			
V <sub>1</sub>	62,40 A a	64,45 A a	62,75 A a	72,78 A a
V <sub>2</sub>	66,65 A a	69,83 A a	71,30 AB ab	78,05 AB b
V <sub>3</sub>	64,88 A a	78,05 A b	81,13 B b	85,15 B b
V <sub>4</sub>	69,70 A a	71,58 A ab	81,25 B bc	85,50 B c
	BNJ <sub>0,05</sub> (11,17)			

Keterangan : Angka- angka dengan huruf yang tidak sama berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal

Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa tanaman tertinggi umur 4 MST ditemukan pada perlakuan V<sub>4</sub>P<sub>4</sub> (varietas Willis dengan dosis hara fosfor 108 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) yang mempunyai nilai 55,50 cm dan tanaman terendah dijumpai pada perlakuan V<sub>1</sub>P<sub>2</sub> (varietas Burangrang dengan dosis hara fosfor 36 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dengan nilai 36,25 cm, sedangkan pada umur 6 MST tanaman tertinggi juga di jumpai pada perlakuan V<sub>4</sub>P<sub>4</sub>

yang mempunyai nilai 85,50 cm, tetapi tanaman terendah di jumpai pada perlakuan V<sub>1</sub>P<sub>1</sub> (varietas Willis dengan tanpa dosis hara fosfor 0 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dengan nilai 62,40 cm. Dengan meningkatnya dosis pupuk fosfat yang diberikan pada tanaman kedelai varietas Willis maka semakin tingginya tanaman kedelai, hal ini menunjukkan bahwa varietas kedelai Willis mempunyai adaptasi kondisi lingkungan yang lebih baik dibandingkan dengan varietas yang

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

dicoba lainnya pada kondisi lingkungan dengan cekaman sulfat masam, sehingga lebih responsif terhadap pemberian hara fosfor yang diberikan. Pada varietas-varietas kedelai yang lebih adaptif pada lahan masam organ perakaran tidak terganggu dan akar dapat berkembang dengan baik dalam penyerapan hara fosfor yang diberikan, sehingga penambahan hara fosfor berdampak pada perkembangan perakaran yang akhirnya serapan hara semakin aktif dan akhirnya berdampak pada peningkatan tinggi tanaman. Gardner *et al.* (1991) menyatakan bahwa perbedaan pertumbuhan akar antar genotipe dapat digunakan sebagai salah satu kriteria seleksi untuk mencari tanaman toleran. Selanjutnya Wang *et al.* (2008) menyatakan strategi adaptasi tanaman dalam cekaman Al tersebut salah satunya berupa translokasi karbon dari tajuk ke akar tanaman. Lebih lanjut Watt dan Evans. (2003) menyatakan bahwa pelepasan eksudat akar pada adaptasi lingkungan tercekam dalam bentuk senyawa organik. Tanah sulfat masam mempunyai karakteristik kimia yang jelek, salah satunya adalah ketersediaan fosfat yang rendah karena diikat oleh besi atau alluminium dalam bentuk besi fosfat atau alluminium fosfat.

Varietas Willis diduga lebih mampu terhadap lingkungan tanah sulfat masam tersebut sehingga lebih responsive terhadap pemupukan fosfat. Hal ini terbukti dari hasil penelitian dimana tanaman tertinggi dijumpai pada varietas Willis dengan dosis pemupukan fosfor tertinggi yaitu 108 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis fosfor yang diberikan semakin meningkat tinggi tanaman hal ini membuktikan kondisi tanah sulfat masam di

lokasi penelitian mempunyai masalah terhadap ketersediaan fosfat sehingga ketersediaan hara fosfor relative rendah. Menurut Susilawati *et al.* (2016) tanah sulfat masam mempunyai karakteristik kimia tanah yang jelek antara lain ketersediaan fosfat yang rendah karena diikat oleh besi dan alluminium, serta mempunyai kemasaman tanah yang tinggi sehingga memicu larutnya unsur hara beracun dan kahat akan hara makro dan mikro tertentu.

### Jumlah Cabang Produktif

Hasil uji F pada analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pemberian hara Fosfor dan beberapa varietas terhadap jumlah cabang produktif tanaman. Rata-rata jumlah cabang produktif tanaman kedelai pada umur 4 MST akibat pemberian hara Fosfor dan beberapa Varietas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa jumlah cabang produktif tanaman umur 4 MST tertinggi ditemukan pada perlakuan V<sub>2</sub>P<sub>2</sub> (varietas Sibayak dengan dosis hara fosfor 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha), dan V<sub>4</sub>P<sub>4</sub> (varietas Willis dengan dosis 108 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) yang mempunyai jumlah cabang produktif terbanyak yaitu 7,00 cabang. Untuk nilai jumlah cabang produktif terendah dijumpai pada perlakuan V<sub>1</sub>P<sub>2</sub> (varietas Burangrang dengan dosis hara fosfor 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha) dengan nilai jumlah cabang produktif yaitu 4,25 cabang.

Perlakuan varietas V<sub>4</sub> dan V<sub>3</sub> perlakuan dosis pupuk yang diberikan tidak berbeda nyata terhadap peningkatan jumlah cabang produktif kedelai, sedangkan pada perlakuan varietas V<sub>1</sub> dosis pupuk P<sub>4</sub> mempunyai nilai jumlah cabang produktif tertinggi yang berbeda nyata dengan perlakuan P<sub>2</sub> akan tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan P<sub>1</sub> dan P<sub>3</sub>. Untuk

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

varietas V<sub>2</sub> jumlah cabang produktif tertinggi berbeda nyata dengan P<sub>1</sub> dan berbeda tidak juga dijumpai pada dosis P<sub>4</sub> akan tetapi nyata dengan dosis P<sub>2</sub>, dan P<sub>3</sub>.

Tabel 3. Rata-rata jumlah cabang produktif tanaman kedelai pada umur 4 minggu setelah tanam (MST) akibat pemberian hara fosfor dan beberapa varietas kedelai

Perlakuan Varietas	Hara Fosfor			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
	.....(cabang).....			
V <sub>1</sub>	5,50 A ab	4,25 A a	5,50 A ab	6,25 A b
V <sub>2</sub>	5,00 A a	7,00 B B	6,00 A ab	6,75 A ab
V <sub>3</sub>	6,75 A a	6,25 B a	6,50 A a	6,75 A a
V <sub>4</sub>	5,50 A a	6,25 B a	6,00 A a	7,00 A a
	BNJ <sub>0,05(1,80)</sub>			

Keterangan : Angka- angka dengan huruf yang tidak sama berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal

Hasil penelitian (Tabel 3) juga menunjukkan adanya peningkatan secara nyata dan tidak nyata dari setiap dosis pupuk yang diberikan masing-masing varietas. Hal ini menunjukkan bahwa tanah sulfat masam di lokasi penelitian mempunyai pembatas hara terutama hara makro salah satunya adalah Fosfat. Oleh karena itu setiap dosis Fosfat yang diberikan berdampak pada peningkatan pertumbuhan tanaman kedelai termasuk salah satunya adalah jumlah cabang produktif. Menurut Haryono (2013) ketersediaan hara Fosfat di tanah sulfat masam menjadi berkurang karena diikat oleh besi atau alluminium dalam bentuk besi Fosfat atau alluminium Fosfat, serta mempunyai kejenuhan basa yang rendah sehingga terjadi kekahatan unsur hara makro didalam tanah. Lebih lanjut menurut Setiawati *et al.* (2016) pemasalahan yang umum dijumpai pada lahan sulfat masam adalah kemasaman tanah yang

tinggi, ketersediaan hara P yang rendah, dan fiksasi P yang tinggi oleh Al dan Fe yang berakibat pada rendahnya hasil tanaman yang diusahakan. Oleh karena itu diduga varietas kedelai tertentu seperti Willis mampu memainkan adaptasi terhadap kondisi tercekam Fosfat yang rendah sehingga lebih responsif pada penambahan hara Fosfat di tanah sulfat masam. Tanaman kedelai juga masih toleran untuk dibudidayakan di tanah sulfat masam tersebut. Hal ini sejalan juga dengan hasil penelitian Suwarno *et al.* (2000) yang melaporkan hasil penelitiannya bahwa tanaman yang dapat diusahakan di lahan sulfat masam antara lain tanaman padi, palawija (jagung, kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau), sayuran (cabe, kacang panjang, kubis, tomat dan terong), buah-buahan (rambutan, nenas, pisang, jeruk, nangka, dan semangka), serta tanama industri (kelapa dan lada). Hasil penelitian tersebut juga melaporkan bahwa

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

tanaman tersebut dapat tumbuh dengan baik asalkan sistem tata air mikro seperti saluran drainase dan ameliorasi tanah termasuk salah satunya pemupukkan dilakukan dengan baik sesuai dengan kondisi lahannya.

### **Jumlah Polong pertanaman**

Hasil uji F pada analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pemberian hara Fosfor dan beberapa varietas terhadap jumlah polong pertanaman. Rata-rata jumlah polong pertanaman kedelai pada saat panen akibat pemberian hara Fosfor dan beberapa Varietas dapat dilihat pada Tabel 4. Pemberian hara posfor pada berbagai varietas kedelai yang dicobakan memberikan peningkatan terhadap fase generative dari tanaman kedelai yaitu dengan meningkatnya rata-rata jumlah polong tanaman kedelai. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan tanah sulfat masam yang tepat khususnya pengelolaan hara posfor harus dilakukan dengan tepat untuk meningkatkan hasil kedelai di tanah sulfat masam. Hal ini juga tidak terlepas respon masing-masing varietas kedelai terhadap pemberian hara posfor di tanah sulfat masam.

Tabel 5 menunjukkan bahwa bobot 100 biji kedelai tertinggi dijumpai pada perlakuan  $V_4$  pada dosis  $P_4$ , dimana dosis pupuk  $P_4$  berbeda nyata dengan perlakuan dosis  $P_2$  akan tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan dosis pupuk  $P_1$  dan  $P_3$ . Untuk perlakuan Varietas  $V_3$ , bobot 100 biji kedelai tertinggi dijumpai pada perlakuan  $P_4$ , yang berbeda nyata dengan perlakuan  $P_1$  tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan dosis pupuk  $P_2$  dan  $P_3$ . Untuk perlakuan varietas  $V_2$  dan  $V_1$  dosis pupuk posfor yang diberikan berbeda tidak

nyata terhadap peningkatan rata-rata bobot 100 biji kedelai.

Setiap varietas kedelai yang dicobakan mempunyai daya hasil yang berbeda-beda terhadap pemberian hara posfor. Hal ini menunjukkan bahwa hanya varietas kedelai yang toleran terhadap tanah sulfat masam yang lebih respon terhadap pemberian hara posfor sehingga berimplikasi secara langsung pada produksi kedelai. Menurut Sopandie (2014) mekanisme adaptasi tanaman terhadap kekahatan P dapat dikelompokkan ke dalam dua kelompok, yaitu (1) mekanisme internal yang berkaitan dengan efisiensi penggunaan P oleh jaringan tanaman, dan (2) mekanisme eksternal yang memungkinkan efisiensi serapan P yang lebih tinggi oleh akar tanaman.

Mekanisme internal dapat dicapai melalui kemampuan tanaman untuk (a) memanfaatkan P dengan lebih efisien, (b) memobilisasi P dari jaringan yang tidak lagi aktif bermetabolisme. Untuk mekanisme eksternal dari adaptasi terhadap kekahatan P antara lain; (a) kemampuan tanaman untuk membentuk perakaran yang lebih panjang, (b) kemampuan meningkatkan luas serapan dengan pertumbuhan rambut-rambut akar, (c) kemampuan melarutkan P tidak tersedia melalui perubahan pH atau sekresi senyawa pengkelat, (d) kemampuan menggunakan P organik melalui sekresi fosfatase, (5) kemampuan dalam bersimbiosis dengan mikorhiza. Salah satu mekanisme eksternal penting dalam meningkatkan kemampuan penyerapan P tanaman adalah dengan meningkatkan kinetika serapan P (Kochian *et al.*, 2004).

Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah polong pertanaman saat panen terbanyak

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

ditemukan pada perlakuan  $V_4P_4$  (varietas Willis dengan dosis hara fosfor 108 kg  $P_2O_5$ /Ha) dengan rata-rata jumlah polong yaitu 150,00 polong dan yang terendah ditemukan pada perlakuan  $V_1P_2$  (varietas burangrang dengan dosis hara fosfor 36 kg  $P_2O_5$ /ha) yang mempunyai rata-rata jumlah polong yaitu 83,00 polong.

Tabel 4. Rata-rata jumlah polong per tanaman kedelai pada saat panen akibat pemberian hara fosfor dan beberapa varietas kedelai

Perlakuan Varietas	Hara Fosfor			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
	.....(polong).....			
V <sub>1</sub>	85,25 A a	83,00 A a	94,50 A ab	123,00 B b
V <sub>2</sub>	95,50 AB ab	91,00 A a	96,50 A ab	107,50 A b
V <sub>3</sub>	130,00 C a	140,00 C a	127,50 B a	135,50 BC a
V <sub>4</sub>	115,00 BC ab	105,00 BC a	130,25 B abc	150,00 C c
	BNJ <sub>0,05</sub> (20,87)			

Keterangan : Angka- angka dengan huruf yang tidak sama berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal

Table 4 menunjukkan bahwa pada perlakuan  $V_4$  dosis pupuk  $P_4$  yang diberikan berbeda nyata dengan dosis  $P_1$  dan  $P_2$  akan tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan dosis  $P_3$ , sedangkan pada perlakuan varietas  $V_3$  semua perlakuan dosis pupuk berbeda tidak nyata terhadap peningkatan jumlah polong per tanaman. Untuk perlakuan varietas  $V_2$ , perlakuan dosis pupuk  $P_4$  berbeda nyata dengan perlakuan  $P_2$  tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan dosis pupuk  $P_1$  dan  $P_3$  sedangkan pada perlakuan  $V_1$ , dosis pupuk pada  $P_4$  berbeda nyata dengan dosis  $P_1$  dan  $P_2$ , tetapi berbeda tidak nyata dengan dosis  $P_3$ . Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan varietas terhadap pemberian beberapa dosis hara Fosfat memberikan respon yang berbeda-beda terhadap peningkatan jumlah polong tanaman kedelai. Hal ini diduga disebabkan adaptasi berbagai varietas tersebut yang juga berbeda terhadap media tumbuh yang

digunakan yaitu tanah sulfat masam. Hasil penelitian didapat varietas Willis memberikan respon yang terbaik terhadap peningkatan jumlah polong, hal ini diduga varietas Willis lebih toleran pada kondisi sulfat masam sehingga dapat memanfaatkan hara posfor yang diberikan dengan baik yang akhirnya berdampak pada peningkatan jumlah polong. Menurut Sarwono *et al.* (2000) sampai saat ini telah dilepas secara resmi 11 varietas kedelai yang cocok di lahan pasang saurut termasuk di tanah rawa sulfat masam. Lebih lanjut hasil penelitian Sarwono *et al.* (2000) melaporkan bahwa varietas kedelai yang cocok untuk tanah sulfat masam adalah Willis, Rinjani, Lokon, dan Dempo, dimana varietas kedelai tersebut mampu memberikan hasil 1,5-2,4 ton  $ha^{-1}$ .

#### Bobot 100 biji kedelai (gram)

Hasil uji F pada analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

nyata antara pemberian hara Fosfor dan beberapa varietas terhadap bobot 100 biji kedelai. Rata-rata bobot 100 biji kedelai pada saat panen akibat pemberian hara Fosfor dan beberapa Varietas dapat dilihat pada Tabel 5. Rata-rata bobot 100 biji kedelai tertinggi dijumpai pada perlakuan V<sub>4</sub>P<sub>4</sub> (varietas Willis dengan dosis hara fosfor 108 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>),

sedangkan rata-rata bobot 100 biji kedelai terendah dijumpai pada perlakuan V<sub>1</sub>P<sub>1</sub> (varietas burangrang dengan tanpa dosis hara fosfor 0 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian hara posfor pada masing-masing varietas kedelai meningkatkan rata-rata bobot 100 biji secara nyata dan tidak nyata.

Tabel 5. Rata-rata bobot 100 biji kedelai pada saat panen akibat pemberian hara fosfor dan beberapa varietas kedelai

Perlakuan Varietas	Hara Fosfor			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
	.....(gram).....			
V <sub>1</sub>	12,80 A a	13,95 A a	15,65 A a	13,60 A a
V <sub>2</sub>	13,30 A a	14,75 A a	15,00 A a	16,35 AB a
V <sub>3</sub>	13,80 A a	15,35 A ab	15,65 A ab	18,00 B b
V <sub>4</sub>	15,20 A ab	15,00 A a	15,55 A ab	18,05 B b
	BNJ <sub>0,05</sub> (2,97)			

Keterangan : Angka- angka dengan huruf yang tidak sama berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal

Tabel 5 menunjukkan bahwa bobot 100 biji kedelai tertinggi dijumpai pada perlakuan V<sub>4</sub> pada dosis P<sub>4</sub>, dimana dosis pupuk P<sub>4</sub> berbeda nyata dengan perlakuan dosis P<sub>2</sub> akan tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan dosis pupuk P<sub>1</sub> dan P<sub>3</sub>. Untuk perlakuan Varietas V<sub>3</sub>, bobot 100 biji kedelai tertinggi dijumpai pada perlakuan P<sub>4</sub>, yang berbeda nyata dengan perlakuan P<sub>1</sub> tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan dosis pupuk P<sub>2</sub> dan P<sub>3</sub>. Untuk perlakuan varietas V<sub>2</sub> dan V<sub>1</sub> dosis pupuk posfor yang diberikan berbeda tidak nyata terhadap peningkatan rata-rata bobot 100 biji kedelai. Setiap varietas kedelai yang dicobaka mempunyai daya hasil yang berbeda-beda terhadap pemberian hara posfor. Hal ini menunjukkan bahwa hanya varietas kedelai

yang toleran terhadap tanah sulfat masam yang lebih respon terhadap pemberian hara posfor sehingga berimplikasi secara langsung pada produksi kedelai. Menurut Sopandie (2014) mekanisme adaptasi tanaman terhadap kekahatan P dapat dikelompokkan ke dalam dua kelompok, yaitu (1) mekanisme internal yang berkaitan dengan efisiensi penggunaan P oleh jaringan tanaman, dan (2) mekanisme eksternal yang memungkinkan efisiensi serapan P yang lebih tinggi oleh akar tanaman. Mekanisme internal dapat dicapai melalui kemampuan tanaman untuk (a) memanfaatkan P dengan lebih efisien, (b) memobilisasi P dari jaringan yang tidak lagi aktif bermetabolisme. Untuk mekanisme eksternal dari adaptasi terhadap kekahatan P antara lain; (a)

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

kemampuan tanaman untuk membentuk perakaran yang lebih panjang, (b) kemampuan meningkatkan luas serapan dengan pertumbuhan rambut-rambut akar, (c) kemampuan melarutkan P tidak tersedia melalui perubahan pH atau sekresi senyawa pengkelat, (d) kemampuan menggunakan P organik melalui sekresi phosphatase, (5) kemampuan dalam bersimbiosis dengan mikorhiza. Salah satu mekanisme eksternal penting dalam meningkatkan kemampuan penyerapan P tanaman adalah dengan meningkatkan kinetika serapan P (Kochian *et al.*, 2004).

**Kandungan Hara Fosfat (Uji Tanah Akhir)**

Hasil uji F pada analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pemberian hara Fosfor dan beberapa Varietas terhadap parameter kandungan hara Fosfor. Rata-rata kandungan hara posfor pada saat sesudah panen akibat pemberian hara Fosfor dan beberapa Varietas dapat dilihat pada Tabel 6.

menunjukkan bahwa rata-rata hara posfor tertinggi dijumpai pada perlakuan V<sub>4</sub>P<sub>4</sub> (varietas Willis dengan dosis pemupukkan hara posfor 108 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dengan nilai 24,38 mg kg<sup>-1</sup>, sedangkan rata-rata kandungan hara posfor terendah dijumpai pada perlakuan V<sub>1</sub>P<sub>3</sub> (varietas burangrang dengan dosis hara fosfor 72 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dengan nilai 19,15 mg kg<sup>-1</sup>.

Tabel 6 menunjukkan bahwa pada perlakuan V<sub>4</sub>, rata-rata kandungan hara Fosfat tertinggi dijumpai pada perlakuan dosis pupuk P<sub>4</sub> yang berbeda nyata dengan perlakuan dosis P<sub>3</sub> tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan dosis P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> terhadap peningkatan kandungan hara posfor. Pada perlakuan V<sub>3</sub>, dosis pupuk P<sub>4</sub> berbeda nyata dengan dosis pupuk P<sub>2</sub>, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan dosis pupuk P<sub>1</sub> dan P<sub>3</sub> terhadap rata-rata peningkatan hara Fosfat, sedangkan pada perlakuan varietas V<sub>2</sub> dan V<sub>1</sub> setiap dosis pupuk Fosfat yang diberikan berbeda tidak nyata terhadap peningkatan rata-rata kandungan hara Fosfat.

Tabel 6. Rata-rata kandungan hara fosfat pada saat sesudah panen (uji tanah akhir) akibat pemberian hara fosfor dan beberapa varietas kedelai

Perlakuan Varietas	Hara Fosfor			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
	.....( mg kg <sup>-1</sup> ).....			
V <sub>1</sub>	22,48 A a	22,50 A a	19,15 A a	20,08 A a
V <sub>2</sub>	21,00 A a	21,08 A a	21,23 AB a	22,08 AB a
V <sub>3</sub>	22,15 A ab	20,00 A a	22,45 B ab	24,28 B b
V <sub>4</sub>	22,18 A ab	21,60 A ab	20,88 AB a	24,38 B b
	BNJ <sub>0,05</sub> (2,97)			

Keterangan : Angka- angka dengan huruf yang tidak sama berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal

Pemberian hara Fosfat pada berbagai varietas kedelai di tanah sulfat masam memberikan dampak terhadap peningkatan

hara Fosfat baik secara nyata maupun tidak nyata. Hal ini diduga adanya adaptasi varietas kedelai dalam penyerapan hara Fosfat yang

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

diberikan di tanah sulfat masam tersebut sehingga berdampak pada peningkatan kandungan hara posfat dan akhirnya berdampak pada peningkata hasil dari tanaman kedelai. Mekanisme adaptasi varietas kedelai dapat dilakukan dengan jalan memperluas jangkauan permukaan serap melalui perubahan arsitektur dan morfologi akar menjadi mekanisme yang efektif dalam meningkatkan kemampuan daya serap tanaman kedelai terhadap unsur hara posfor yang diberikan. Mekanisme lainnya juga diduga melalui eksudasi akar dan mobilisasi hara posfor, dimana eksudasi asam organik (*malat, sitrat, oksalat*) dapat meningkatkan ketersediaan dari hara posfor yang diberikan melalui mekanisme pelarutan senyawa P sukar larut (Al-P, Fe-P) dengan penuruna pH atau desorpsi P dari tapak jerapan dengan pertukaran anion. Hal ini sejalan dengan pernyataan Crowley and Rengel (2000) yang menyatakan bahwa asam organik dapat meningkatkan kelarutan posfor, dimana anion dari asam organik dapat membentuk kompleks dengan Al atau Fe sehingga dapat melepaskan ion Fosfat atau mencegah ion Fosfat bereaksi dengan ion Al atau Fe. Lebih lanjut menurut Kasim *et al.* (2001) peningkatan sintesis asam organik berkaitan dengan mekanisme detoksifikasi Al oleh kedua asam organik melalui pembentukan kompleks Al-asam organik. Di antara asam organik, asam sitrat memiliki aktivitas pengkelatan tertinggi terhadap Al atau Fe, diikuti oleh asam oksalat dan asam suksinat. Aktivasi sekresi asam organik terjadi dengan cepat setelah penderaan dengan Al atau Fe pada beberapa tanaman, seperti gandum (Ryan *et al.*, 2001). Oleh karena itu mekanisme adaptasi beberapa

varietas kedelai yang berbeda-beda terhadap pemberian hara posfor pada tanah sulfat masam menyebabkan perbedaan secara nyata dan tidak nyata terhadap rata-rata hara posfor dalam tanah yang akhirnya berdampak pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai yang optimal pada tanah sulfat masam.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa pemberian hara posfor pada berbagai varietas kedelai memberikan perbedaan secara nyata terhadap tinggi tanaman umur 4 dan 6 MST, jumlah cabang produktif umur 6 MST, jumlah polong per tanaman, bobot 100 biji kedelai, dan kandungan hara posfor tanah sulfat masam. Hara posfor terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai di tanah sulfat masam yaitu 108 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Varietas kedelai Willis lebih respon terhadap pemberian hara Fosfat pada tanah sulfat masam yang ditandai dengan pertumbuhan dan hasil terbaik kedelai dibandingkan dengan varietas lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakker, M. R., Kerisit, R., Verbist, K., & Nys, C. (2000). Effects of liming on rhizosphere chemistry and growth of fine roots and of shoots of sessile oak (*Quercus petraea*). In *The Supporting Roots of Trees and Woody Plants: Form, Function and Physiology* (pp. 405-417). Springer, Dordrecht.
- Barabasz, W., Albinska, D., Jaskowska, M., & Lipiec, J. (2002). Ecotoxicology of aluminium. *Polish journal of environmental studies*, 11(3), 199-204.

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

- Bari, A., Musa, S., & Syamsuddin, E. (1974). *Pengantar Pemuliaan Tanaman*. Bogor: Departemen Agronomi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Hecht-Buchholz, C. (1983). Light and electron microscopic investigations of the reactions of various genotypes to nutritional disorders. In *Genetic Aspects of Plant Nutrition* (pp. 17-31). Springer, Dordrecht.
- Christiansen, M. N. and C. F. Lewis, (1982). *Breeding Plants for Less favorable Environments*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Crowley, D. E., & Rengel, Z. (1999). Biology and chemistry of nutrient availability in the rhizosphere. *Mineral nutrition of crops: fundamental mechanisms and implications.*, 1-40.
- Fitter, A. H., and Hay, R. K. M. (1991). *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Gadjah Mada University Press. 421 h.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., and Mitchel, R. L. (1991). *Physiology of Crop Plants*. America: The Iowa State University Press.
- George, T. S., Turner, B. L., Gregory, P. J., Cade-Menun, B. J., & Richardson, A. E. (2006). Depletion of organic phosphorus from Oxisols in relation to phosphatase activities in the rhizosphere. *European Journal of Soil Science*, 57(1), 47-57.
- Hanum, C. (2013). Pertumbuhan, hasil, dan mutu biji kedelai dengan pemberian pupuk organik dan fosfor. *J. Agron. Indonesia*, 41: 209 – 214.
- Haryono. (2013). *Lahan Rawa: Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia*. Cetakan ke 2. IAARD. Jakarta.142 Hlm.
- Hilman, Y. (2005). Teknologi produksi kedelai di lahan kering masam. Dalam Makarim, *et al.* (penyunting). *Prosiding Lokakarya Pengembangan Kedelai di Lahan Sub-optimal*. Puslitbangtan Bogor, 2005; 78-86 hlm.
- Kasim, N., Sopandie, D., Harran, S., & Jusuf, M. (2001). Pola akumulasi dan sekresi asam sitrat dan asam malat pada beberapa genotipe kedelai toleran dan peka aluminium. *Hayati*, 8(3), 58-61.
- Kochian, L. V., Hoekenga, O. A., & Pineros, M. A. (2004). How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55, 459-493.
- Manshuri, A. G. (2018). Optimasi pemupukan NPK pada kedelai untuk mempertahankan kesuburan tanah dan hasil tinggi di lahan sawah.
- Ryan, P. R., Delhaize, E., & Jones, D. L. (2001). Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots. *Annual review of plant biology*, 52(1), 527-560.
- Setiawati, E., Mardiana, D., Prijono, S., and Soemarno. (2016). *Biochar untuk Tanah Sulfat Masam*. Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya. Kota Malang.
- Simanungkalit, R. D. M., Suriadikarta, D. A., Saraswati, R., Setyorini, D., &

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.1534

- Hartatik, W. (2006). Pupuk organik dan pupuk hayati.
- Susilawati, A., Nursyamsi, D., & Syakir, M. (2016). Optimalisasi penggunaan lahan rawa pasang surut mendukung swasembada pangan nasional.
- Sopandie, D. (2014). Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika. IPB Press. Bogor.
- Suwarno, T., Alihamsyah, & Ismail, I. G. (2020). *Optimasi pemanfaatan lahan pasang surut dengan penerapan teknologi sistem usahatani terpadu*. Paper presented at the Seminar Nasional Penelitian dan Pengembangan Pertanian di Lahan Rawa, Cipayung
- Tampubolon, B. O. P. (1991). Soybean and Farming. [Kedelai dan Bercocok Tanamnya]. *Universitas Sumatera Utara, Medan*.
- Wang, X., Tang, C., Guppy, C. N., & Sale, P. W. G. (2008). Phosphorus acquisition characteristics of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and white lupin (*Lupinus albus* L.) under P deficient conditions. *Plant and Soil*, 312(1), 117-128.
- Watt, M., & Evans, J. R. (2003). Phosphorus acquisition from soil by white lupin (*Lupinus albus* L.) and soybean (*Glycine max* L.), species with contrasting root development. *Plant and soil*, 248(1), 271-283.
- Yustisia, Zakia, & Canto., E. (2005). Hasil Beberapa Varietas Kedelai di Lahan Buka-an Baru Dan Pengaruh Takaran Pupuk N, P dan K Terhadap Produksi di Lahan Kering. *Jurnal Agronomi*, 9, 67-71.