

Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap Pemberian Dolomit, Pupuk dan Bakteri Pereduksi Sulfat pada Tanah Sulfat Masam di Rumah Kaca

*Response on Growth of Oil Palm Seedling (*Elaeis guineensis* Jacq.) by Adding Dolomite, Fertilizer and Sulphate Reduction Bacteria on Acid Sulphate Soils in Green House*

Muhammad Ramadhan*, Asmarlaili Sahar Hanafiah, Hardy Guchi
Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, USU, Medan 20155
*Corresponding author : muhammadramadhansoil@gmail.com

ABSTRACT

Soil fertility is an important aspect of increasing the growth of oil palm seedling. This research aimed to determine the effect of dolomite, fertilizer and sulphate reduction bacteria (SRB) on the growth of oil palm seedlings. This research was conducted at green house used acid sulphate soils. The research used Randomized Block Design with 3 treatments : Dolomite (without dolomite, dolomite 15,80 tonnes/ha, dolomite 31,60 tonnes/ha), fertilizers (without fertilizer, fertilizer 2,5 grams/seedling, fertilizer 5 grams/seedling) and sulphate reduction bacteria (without SRB and given SRB) with 3 replications. The results showed that the application of dolomite (15,8 and 31,6 tonnes/ha) increased soil pH (4.90 and 4.78) statistically significant. Application of sulphate reduction bacteria increased soil pH (4,59) statistically significant. Application of fertilizers (2,5 and 5 grams/seedling) increased the plant height (40,19 and 44,59 cm) and stem diameter (25,33 and 26,90 mm) statistically significant. Application of dolomite and sulphate reduction bacteria inoculum could increase the plant height and stem diameter of oil palm seedlings more than control. The application of dolomite, fertilizers and also sulphate reduction bacteria inoculum could increase the plant height and stem diameter of oil palm seedlings more than control. The best treatment was dolomite 31,60 tonnes/ha, fertilizer 5 grams/seedling and sulphate reduction bacteria inoculum. Application of dolomite could be replaced with sulphate reduction bacteria inoculum.

Keywords : Acid Sulphate Soil, Dolomite, Fertilizer, Soil Fertility, Sulphate Reduction Bacteria

ABSTRAK

Kesuburan tanah sulfat masam merupakan aspek yang penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian kapur dolomit, pupuk dan bakteri pereduksi sulfat terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca menggunakan tanah sulfat masam. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan 3 faktor perlakuan yaitu kapur dolomit (tanpa diberi kapur dolomit, kapur dolomit 15,80 ton/ha, kapur dolomit 31,60 ton/ha), pupuk kimia (tanpa diberi pupuk, pupuk 2,5 g/bibit, pupuk 5 g/bibit) serta bakteri pereduksi sulfat (tanpa BPS dan diberi BPS) dengan 3 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kapur dolomit (15,8 dan 31,6 ton/ha) meningkatkan pH tanah (4,90 dan 4,78) signifikan secara statistik setelah tiga minggu inkubasi. Pemberian isolat bakteri pereduksi sulfat meningkatkan pH tanah (4,59) signifikan secara statistik setelah satu minggu inkubasi. Pemberian pupuk (2,5 dan 5 g/bibit) meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman (40,19 dan 44,59 cm) dan diameter batang (25,33 dan 26,90 mm) signifikan secara statistik. Pemberian kapur dolomit dan inokulum bakteri pereduksi sulfat dapat meningkatkan

pertambahan tinggi tanaman dan diameter batang bibit kelapa sawit lebih baik dari kontrol. Pemberian kapur dolomit, pupuk kimia dan isolat bakteri pereduksi sulfat dapat meningkatkan pertumbuhan diameter batang tanaman bibit kelapa sawit lebih baik dari kontrol. Perlakuan yang terbaik adalah kapur dolomit dengan dosis 31,60 ton/ha, pupuk kimia dengan dosis 5g/bibit dan diberi inokulum bakteri pereduksi sulfat. Penggunaan kapur dolomit dapat digantikan dengan inokulum bakteri pereduksi sulfat.

Kata Kunci : Bakteri Pereduksi Sulfat, Kapur Dolomit, Kesuburan Tanah, Pupuk Kimia, Tanah Sulfat Masam

PENDAHULUAN

Luas lahan pasang surut di Indonesia sekitar 39,4 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan dan Papua yang terbagi berdasarkan macam dan tingkat kendala yang timbul dari faktor fisika - kimia yaitu lahan potensial sulfat masam, lahan sulfat masam, lahan gambut dan lahan salin. Di Indonesia luas tanah sulfat masam mencapai 2 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, dan Papua (Winarna *et al.*, 2014).

PT. Mopoli Raya Kebun Paya Rambe II yang berlokasi di Kecamatan Seruway Kabupaten Aceh Tamiang merupakan kebun kelapa sawit dengan jenis tanah sulfat masam dengan luas areal tanam 871,91 ha dengan jumlah tanaman 71.782 pohon sawit. Dari data kebun 2016, produksi rata-rata lima tahun terakhir sebesar 9883 ton/ha tergolong produksi yang sangat rendah.

Pengembangan lahan sulfat masam untuk lahan perkebunan menghadapi banyak kendala, antara lain kemasaman tanah yang tinggi dan ketersediaan hara seperti 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 beracun seperti Al, Fe dan Mn, juga karena rendahnya kejenuhan basa. Kemasaman tanah yang tinggi memicu larutnya unsur beracun dan meningkatnya defisiensi hara sehingga tanah menjadi tidak produktif.

Penataan lahan dan tata air yang sesuai dengan karakteristik lahannya, pemilihan komoditas dan varietas yang sesuai, 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. Hasil penelitian menunjukkan jika lahan sulfat masam dikelola secara benar, hampir seluruh komoditas pangan, hortikultura dan perkebunan cocok dikembangkan dan dapat menghasilkan dengan baik (Suastika *et al.*, 2015).

Pemberian bahan amelioran atau bahan pembenah tanah dan pupuk merupakan faktor penting untuk memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan produktivitas lahan. Ameliorasi lahan merupakan salah satu cara yang efektif untuk memperbaiki tingkat kesuburan lahan, terutama pada lahan-lahan yang baru dibuka. Pemberian bahan amelioran dapat berupa kapur oksida (CaO) atau dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Pemberian kapur di lahan sulfat masam potensial diperlukan, karena pH tanah di lahan tersebut pada umumnya rendah ($\text{pH} < 4$) (Saragih *et al.*, 2001). Pemberian kapur lebih efektif jika kejenuhan ($\text{Al} + \text{H}$) $> 10\%$ dan pH tanah < 5 (Wade *et al.*, 1986).

Dari uraian di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh pemberian kapur dolomit, pupuk dan isolat bakteri pereduksi sulfat pada tanah sulfat masam untuk meningkatkan pertumbuhan bibit

kelapa sawit yang dilakukan di rumah kaca.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di Rumah Kaca dan Laboratorium pada bulan September 2016 sampai dengan Mei 2017.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit kelapa sawit, tanah sulfat masam, $(CaMg(CO_3)_2)$, polibag, pupuk kimia lengkap, isolat bakteri pereduksi sulfat (BPS), kompos jerami, EM-4, bahan kimia untuk pembuatan media (*posgate-B*) serta bahan lain yang digunakan pada percobaan ini

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bor tanah, mesin pencacah kompos (*Chopper*), meteran, timbangan, ayakan tanah 10 mesh, GPS (*Global Positioning System*), LAF (*Laminar Air Flow*), autoklaf, tabung reaksi (*testtube*), gelas beaker, erlenmeyer, jarum suntik serta alat lain yang digunakan untuk percobaan ini.

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga faktor yang terdiri atas: Kapur dolomit (tanpa kapur (0 ton/ha), setara 1 x Al_{dd} (15,80 ton/ha) dan setara 2 x Al_{dd} (31,60 ton/ha), dosis pupuk (0 g/bibit, 2,5 g/bibit dan 5 g/bibit) dan BPS (tanpa diberi BPS dan diberi BPS). Data yang diperoleh dianalisis secara statistik berdasarkan analisis varian pada setiap peubah amatan yang diukur dan

diuji lanjut bagi perlakuan yang nyata dengan menggunakan uji beda *Duncan Multiple Range Test* pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH Tanah

Hasil pengukuran pH tanah tanah setelah inkubasi kapur dolomit dan inokulum kompos bakteri pereduksi sulfat dapat dilihat pada Tabel 1:

Pemberian kapur dolomit dapat meningkatkan pH tanah secara nyata. Pemberian kapur dolomit dengan dosis kapur 1 x Al_{dd} (4,90) dan 2 x Al_{dd} (4,78) meningkatkan pH tanah dengan hasil yang sama. Pemberian inokulum bakteri pereduksi sulfat dapat meningkatkan pH tanah secara nyata. Pemberian kapur dolomit dengan dosis 1 x Al_{dd} dan diberi inokulum bakteri pereduksi sulfat meningkatkan pH tanah tertinggi (5,30).

Pemberian kapur dolomit dengan dosis yang tepat dapat meningkatkan pH tanah karena fungsi kapur dapat mengendapkan Al. Selain itu, kapur dolomit yang mengandung Ca dan Mg merupakan penyumbang ion-ion basa dalam tanah dan mampu menggantikan ion Al yang berada pada koloid jerapan. Hal ini didukung oleh Havlin *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa pemberian bahan amelioran yaitu kapur dapat mengurangi kemasaman tanah (pH meningkat) oleh perubahan beberapa H^+ menjadi air.

Tabel 1. pH tanah tiga minggu setelah aplikasi kapur dolomit dan inokulum bakteri pereduksi sulfat

Perlakuan	Bakteri		Rataan
	B ₀ (Tanpa BPS)	B ₁ (Diberi BPS)	
Kapur	-----		
L ₀ (Dolomit 0 ton/ha)	3,37	3,76	3,56b
L ₁ (Dolomit 15,8 ton/ha)	4,49	5,30	4,90a
L ₂ (Dolomit 31,6 ton/ha)	4,84	4,72	4,78a
Rataan	4,23b	4,59a	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf α 5% menurut uji *Duncan Multiple Range Test*

Pemberian bahan organik dalam bentuk kompos yang matang sebagai media *carrier* dapat membantu menaikkan pH tanah. Atmojo (2003) juga menyatakan bahwa peningkatan pH tanah juga akan terjadi apabila bahan organik yang telah ditambahkan telah terdekomposisi lanjut (matang), karena bahan organik yang telah termineralisasi akan melepaskan mineralnya berupa kation-kation basa.

Penggenangan media tanam menciptakan keadaan yang stabil pada tanah sulfat masam maka akan membantu menghambat proses oksidasi sehingga tanah berubah menjadi anaerob. Hal ini sejalan dengan Groudev *et al.* (2001) yang menyatakan bahwa penjumlahan air mengakibatkan tanah menjadi anaerob karena oksigen yang mengisi pori-pori tanah terdesak dan digantikan oleh air. Ketika sulfat menerima elektron dari

bahan organik maka akan mengalami reduksi membentuk senyawa sulfida.

Pemberian isolat bakteri pereduksi sulfat pada *carrier* berupa kompos matang menghasilkan pH lebih tinggi yaitu sebesar 4,59 jika dibandingkan dengan kompos tanpa diberi isolat bakteri pereduksi sulfat yaitu sebesar 4,23 karena bakteri pereduksi sulfat dapat mereduksi ion SO_4^{2-} sebagai sumber utama kemasaman tanah sulfat masam yang merupakan asam kuat diubah menjadi bentuk sulfida yaitu H_2S . Hal ini sesuai dengan Djurle (2004) yang menyatakan bahwa bakteri pereduksi sulfat menggunakan donor elektron H_2 dan sumber C yang dapat diperoleh dari bahan organik. Nenny (2006) juga menyatakan bahwa semakin banyak ion sulfat yang direduksi maka semakin banyak juga ion OH^- yang dihasilkan.

Pertambahan Tinggi Tanaman

Tabel 2. Pertambahan tinggi tanaman dua puluh empat minggu setelah aplikasi kapur dolomit, pupuk dan inokulum bakteri pereduksi sulfat

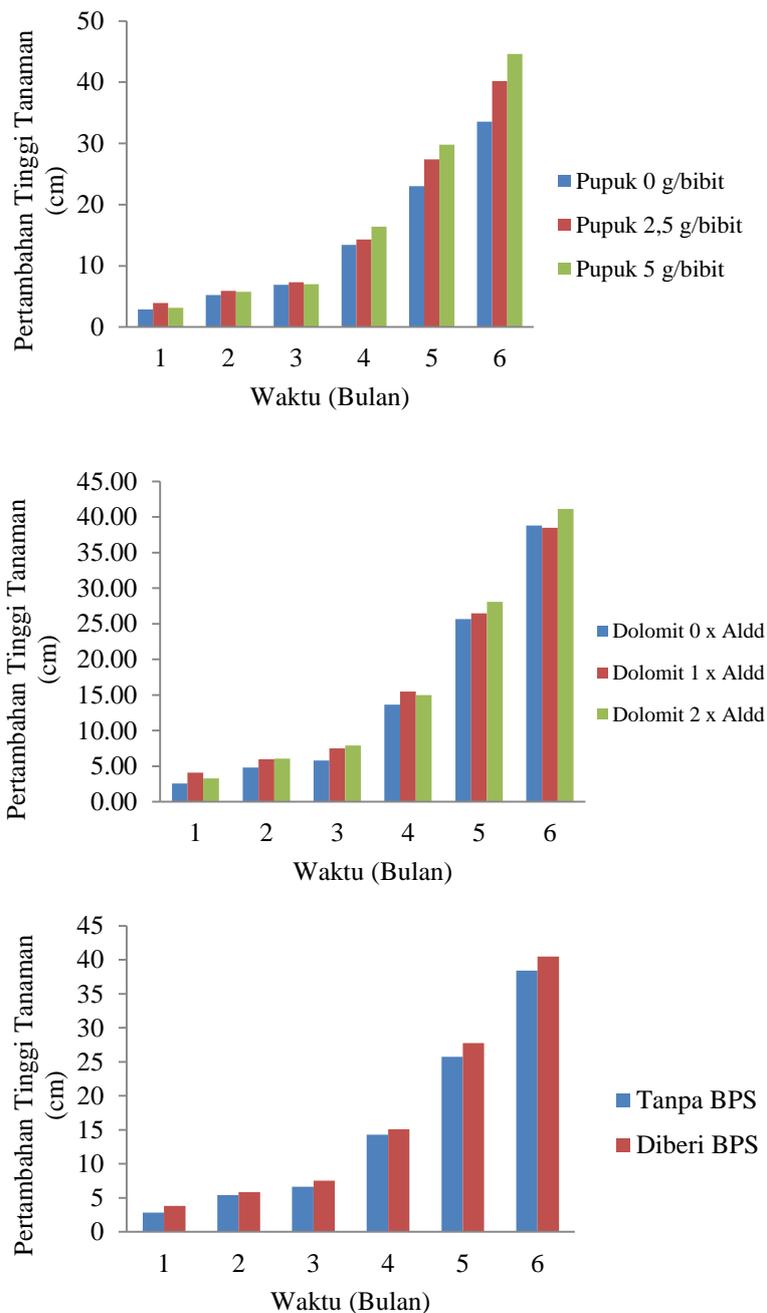
Dosis Kapur	Bakteri	Tinggi Tanaman			Rataan
		Dosis Pupuk			
		F ₀ (0g/bibit)	F ₁ (2,5g/bibit)	F ₂ (5g/bibit)	
----- cm -----					
L ₀ (0 x Al _{dd})	B ₀	26,40	42,30	48,43	39,04
	B ₁	27,03	39,80	48,73	38,52
Rataan		26,72	41,05	48,58	
Rataan L₀					38,78
L ₁ (1 x Al _{dd})	B ₀	28,43	42,07	41,10	37,20
	B ₁	37,60	36,87	44,70	39,72
Rataan		33,02	39,47	42,90	
Rataan L₁					38,46
L ₂ (2 x Al _{dd})	B ₀	41,63	35,23	40,10	38,99
	B ₁	40,30	44,87	44,50	43,22
Rataan		40,97	40,05	42,30	
Rataan L₂					41,11
	B ₀ (Tanpa BPS)	32,16	39,87	43,21	38,41
	B ₁ (Diberi BPS)	34,98	40,51	45,98	40,49
Rataan		33,57b	40,19a	44,59a	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf α 5% menurut uji *Duncan Multiple Range Test*

Pemberian kapur cenderung meningkatkan pertambahan tinggi bibit kelapa sawit. Pemberian inokulum bakteri pereduksi sulfat cenderung meningkatkan pertambahan tinggi bibit kelapa sawit. Pemberian pupuk meningkatkan pertambahan tinggi bibit kelapa sawit secara nyata. Pemberian pupuk dengan dosis 2,5 g/bibit (40,19 cm) dan 5 g/bibit (44,59 cm) meningkatkan pertambahan

tinggi bibit kelapa sawit dengan hasil yang sama. Pemberian pupuk dengan dosis 5 g/bibit dan inokulum bakteri pereduksi sulfat meningkatkan pertambahan tinggi bibit kelapa sawit tertinggi (48,73 cm).

Pertambahan tinggi tanaman setiap bulan akibat pemberian pupuk, kapur dolomit dan inokulum kompos bakteri pereduksi sulfat selama enam bulan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Pertambahan Tinggi Bibit Kelapa Sawit Akibat Pemberian Pupuk, Kapur Dolomit dan Inokulum BPS Selama 6 Bulan

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa pemberian pupuk dengan dosis 2,5 g/bibit meningkatkan pertambahan tinggi bibit kelapa sawit tertinggi pada 1-3 bulan setelah tanam. Setelah mencapai 4 bulan, pemberian pupuk dengan dosis 5 g/bibit meningkatkan pertambahan tinggi bibit kelapa sawit tertinggi. Pemberian kapur dengan dosis setara 1 x Al_{dd} meningkatkan pertambahan tinggi bibit kelapa sawit tertinggi hingga mencapai 4 bulan setelah tanam. Setelah mencapai 5 bulan setelah tanam, pemberian kapur dengan dosis 2 x Al_{dd} meningkatkan pertambahan tinggi bibit kelapa sawit tertinggi. Pemberian inokulum kompos bakteri pereduksi sulfat meningkatkan pertambahan tinggi bibit kelapa sawit dari 1-6 bulan.

Pertambahan Diameter Batang

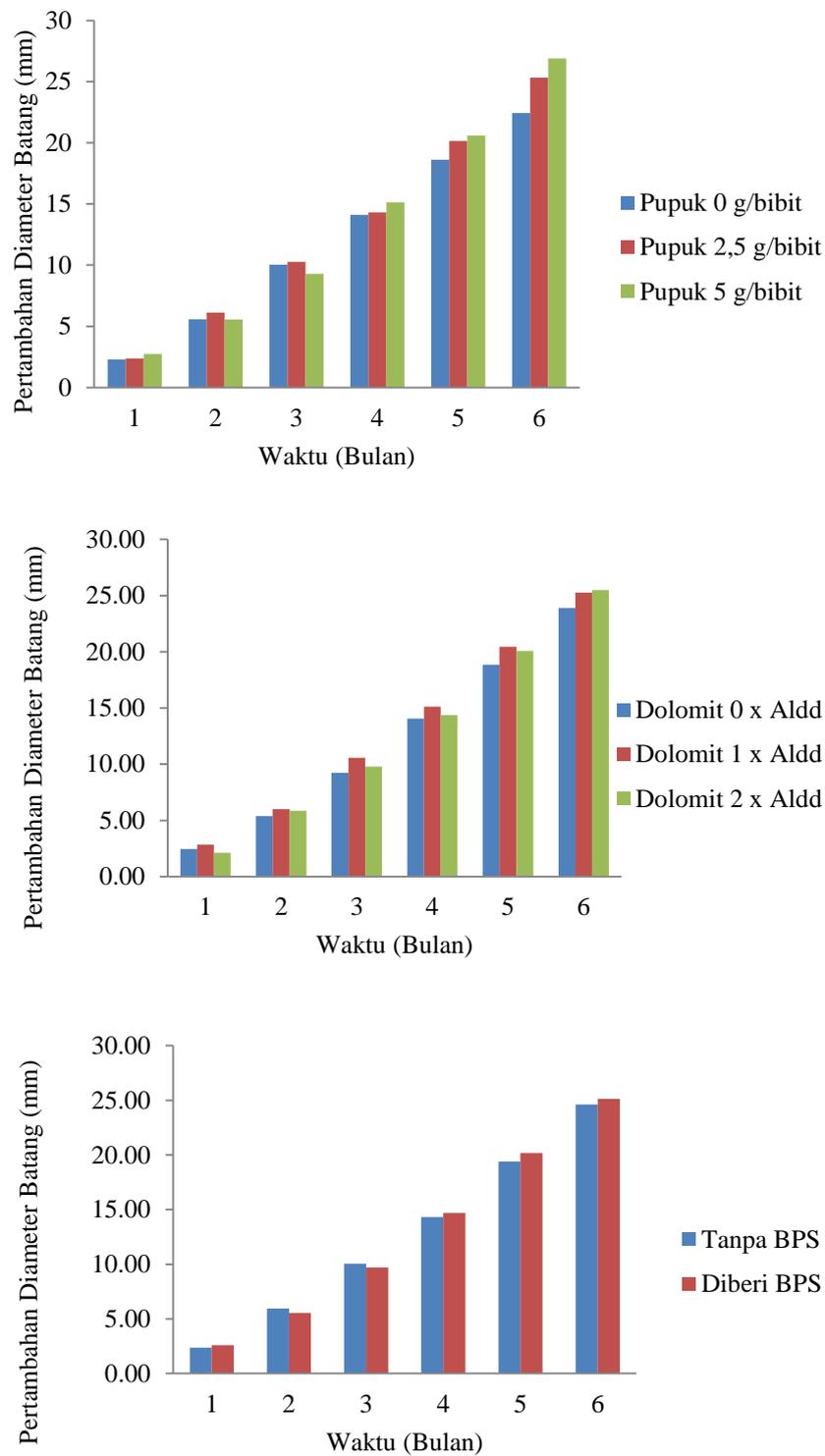
Hasil pengukuran pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 3:

Pemberian kapur cenderung meningkatkan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit. Pemberian inokulum bakteri pereduksi sulfat cenderung meningkatkan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit. Pemberian pupuk meningkatkan pertambahan bibit kelapa sawit secara nyata. Pemberian pupuk dosis 2,5 g/bibit (25,33 mm) dan 5 g/bibit (26,90 mm) meningkatkan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit dengan hasil yang sama. Pemberian pupuk dengan dosis 5 g/bibit dengan inokulum bakteri pereduksi sulfat meningkatkan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit tertinggi (29,41 mm).

Tabel 3. Pertambahan diameter batang dua puluh empat minggu setelah aplikasi kapur dolomit, pupuk dan inokulum bakteri pereduksi sulfat

Dosis Kapur	Bakteri	Diameter Batang			Rataan
		Dosis Pupuk			
		F ₀ (0g/bibit)	F ₁ (2,5g/bibit)	F ₂ (5g/bibit)	
----- mm -----					
L ₀ (0 x Al _{dd})	B ₀	19,23	24,39	26,55	23,39
	B ₁	20,05	23,84	29,41	24,43
Rataan		19,64	24,12	27,98	
Rataan L ₀					23,91
L ₁ (1 x Al _{dd})	B ₀	22,28	27,00	26,83	25,37
	B ₁	23,72	25,31	26,40	25,14
Rataan		23,00	26,15	26,62	
Rataan L ₁					25,26
L ₂ (2 x Al _{dd})	B ₀	24,54	26,54	24,28	25,12
	B ₁	24,75	24,91	27,91	25,86
Rataan		24,65	25,73	26,10	
Rataan L ₂					25,49
B ₀ (Tanpa BPS)		22,02	25,98	25,89	24,63
B ₁ (Diberi BPS)		22,84	24,69	27,91	25,15
Rataan		22,43b	25,33a	26,90a	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf α 5% menurut uji *Duncan Multiple Range Test*



Gambar 2. Pertambahan Diameter Batang Bibit Kelapa Sawit Akibat Pemberian Pupuk, Kapur Dolomit dan Inokulum BPS Selama 6 Bulan

Pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit setiap bulan akibat pemberian

pupuk, kapur dolomit dan inokulum kompos bakteri pereduksi sulfat selama enam bulan dapat dilihat pada Gambar 2:

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa pemberian pupuk dengan dosis 2,5 g/bibit meningkatkan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit tertinggi pada 1-3 bulan setelah tanam. Setelah mencapai 4 bulan, pemberian pupuk dengan dosis 5 g/bibit meningkatkan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit tertinggi. Pemberian kapur dengan dosis setara $1 \times Al_{dd}$ meningkatkan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit tertinggi hingga mencapai 5 bulan setelah tanam. Setelah mencapai 6 bulan setelah tanam, pemberian kapur dengan dosis $2 \times Al_{dd}$ meningkatkan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit tertinggi. Pemberian inokulum kompos bakteri pereduksi sulfat meningkatkan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit dari 1-6 bulan setelah tanam.

Pemberian kompos yang diinokulasikan BPS menghasilkan pertumbuhan lebih baik jika dibandingkan tanpa isolat BPS. Penggunaan kompos yang matang diberikan pada setiap perlakuan. Kompos tersebut digunakan sebagai media *carrier* bakteri pereduksi sulfat (pada perlakuan diberi BPS). Pada tanah sulfat masam, kompos digunakan karena kemampuannya mengikat air yang tinggi sehingga diharapkan dapat menciptakan keadaan reduktif pada tanah sulfat masam. Hal ini sesuai dengan Subagyo (2006) yang menyatakan bahwa bahan organik mempunyai fungsi mempertahankan suasana reduksi sehingga oksidasi pirit dapat ditekan. Hal ini penting artinya bagi pertumbuhan tanaman yang peka terhadap peningkatan kemasaman dan kadar meracun kation-kation seperti Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} dan anion-anion seperti sulfid dan sisa-sisa asam organik.

Penggenangan media tanam tanah sulfat masam menyebabkan keadaan sulfat menjadi stabil sehingga oksidasi sulfat dapat ditahan. Ion SO_4^{2-} , Al, dan Fe tidak

menjadi racun bagi tanaman. Penambahan kompos selain untuk menciptakan keadaan anaerob juga dapat menyumbangkan asam-asam organik. Asam organik ini juga ikut membantu mengikat logam secara stabil sehingga unsur hara tidak terikat oleh logam dan dapat diserap oleh tanaman sehingga pertumbuhan tanaman menjadi baik. Hal ini sesuai dengan Tan (1992) yang menyatakan bahwa asam-asam humat dan fulvat yang terkandung di dalam bahan organik memiliki afinitas tinggi terhadap Al, Fe, dan Ca dan Ponamperuma (1984) telah menemukan bahwa penambahan bahan organik pada tanah tersebut memperbaiki unsur hara tanah.

Pemberian inokulum kompos bakteri pereduksi sulfat tanpa pemberian kapur menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang baik. Pemberian inokulum BPS dapat menggantikan fungsi kapur dalam tanah dalam mengendapkan logam berat di samping fungsi utama inokulum BPS untuk mereduksi ion sulfat yang merupakan sumber utama kemasaman pada tanah sulfat masam. Hal ini sesuai dengan Callander *and* Barford (1983) yang menyatakan peran BPS dapat diterapkan antara lain untuk pengolahan AAT (Air Asam Tambang) untuk mengurangi pencemaran lingkungan seminimal mungkin, mendekontaminasi sulfat dan menurunkan konsentrasi logam melalui proses pengendapan logam. Hanafiah (2004) menyatakan Bakteri Pereduksi Sulfat (BPS) memanfaatkan energi dari reduksi sulfat menjadi sulfida. Reduksi sulfat menghasilkan *hydrogen sulfide* (H_2S). H_2S tersebut berguna untuk mengendapkan Cu, Zn, Cd sebagai metal sulfide. Hards *and* Higgins (2004) juga menambahkan bahwa di daerah tambang, gas ini akan berikatan dengan logam-logam yang banyak terdapat pada lahan bekas tambang dan dipresipitaskan dalam bentuk logam sulfide yang reduktif.

SIMPULAN

Pemberian pupuk meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit. Pupuk menjadi komponen yang paling penting terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. Pemberian kapur selain untuk menetralkan Al juga untuk menambah unsur Ca dan Mg karena Mg merupakan unsur yang penting untuk pertumbuhan bibit kelapa sawit. Pemberian inokulum BPS dapat menaikkan pH tanah dan meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmojo, H. W. 2003. Peranan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Universitas Sebelas Maret. Diklat. Surakarta.
- Callander, I.J. and J.P. Barford. 1983. Precipitation, Chelation and Availability of Metals and Nutrients in Aerobic Digestion. *Applications Biothechnol. Bioeng* 25: 1959-1972.
- Dent, D. 1986. Acid Sulphate Soils: A Base Line for Research and Development. ILRI Publication 39. International Institute for Land Reclamation and Improvement. The Netherlands, Wageningen.
- Djurle, C. 2004. Development of Model for Simulation of Biological Sulphate Reduction with Hydrogen as Energy Source. Master Thesis. Department of Chemical Engineering. Lund Institute of Technology. The Netherlands.
- Groudev, S.N., K. Komnitsas., I.I. Spasova and I. Paspaliaris. 2001. Treatment of AMD by A Natural Wetland. *Minerals Engineering* 12: 261-270.
- Hanafiah, K.A. 2004. Dasar-dasar Ilmu Tanah. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 360 p.
- Hards, B.C. and J.P. Higgins. 2004. Bioremediation of Acid Rock Drainage Using SRB. Jacques Whit Environment Limited. Ontario.
- Havlin, J. L, S.L. Tisdale., W.L. Nelson and J.D. Beaton. 2005. Soil Fertility and Fertilizer, An Introduction to Nutrient Management. Pearson Education, Inc. New Jersey. USA.
- Nenny, A .2006. Dinamika Populasi Mikrob dalam Campuran Tanah Bekas TambangBatu Bara dengan Sludge selama Proses Bioremediasi. [Skripsi]. Prodi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ponamperuma, F.N. 1984. Straw as Source Nutrient for Wetland Rice. In: Organic Matter and Rice, Banta, S and C.V. Mendoza (Eds). IRRI, Los Banos, Philippines. ISBN-13: 9789711041045: pp 117-136.
- Saragih, I., Ar-Riza dan N. Fauziah. 2001. Pengelolaan Lahan dan Hara untuk Budidaya Palawija di Lahan Rawa Pasang Surut. Dalam: Pengelolaan Tanah dan Air di Lahan Pasang Surut. I Ar-Riza, T Alihamsyah dan M Sarwani (Penyunting), 65-81. Monograf Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa Banjarbaru.
- Suastika, I.W., W. Hartatik dan I.G.M. Subiksa. 2015. Karakteristik dan Teknologi Pengelolaan Lahan Sulfat Masam Mendukung Pertanian Ramah Lingkungan. Balitbangtan. 95-120.
- Subagyo, H. 2006. Lahan Rawa Pasang Surut Dalam Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Tan, K.H. 1992. Dasar-Dasar Kimia Tanah. Gadjah Mada University Press. 295 p.
- Wade, M.K., M. Al-Jabri dan M. Sudjadi. 1986. The Effect of Liming on Soybean Yields and Soil Acidity Parameters of Three Red-Yellow Podsollic Soils of West Sumatra. *Pemb.Pen.Tanah dan Pupuk* 6: 1- 8.
- Winarna., H. Santoso., M.A. Yusuf., Sumaryanto dan E.S. Sutarta. 2014.

Pertumbuhan Kelapa Sawit di Lahan
Pasang Surut. Prosiding Seminar
Nasional Lahan Suboptimal. 26-27
September. Palembang.