

Kajian Provititas Lahan Sulfat Masam Sumatera Selatan: Studi Kasus Desa Mulya Sari Kecamatan Tanjunglago

Niluh Putu Sri Ratmini

**BPTP Sumatera Selatan
nps_ratmini@yahoo.com**

ABSTRAK

Pengembangan pertanian di lahan sulfat masam terkendala dengan kelarutan besi akibat keberadaan lapisan pirit. Pengelolaan yang salah akan berdampak sangat buruk terhadap produktivitas lahan. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat produktivitas lahan sulfat masam yang mempunyai kadar pirit berbeda. Kajian dilakukan di Desa Mulayarsi Kecamatan Tanjung Lago pada kadar pirit rendah (0,45%) dan kadar pirit tinggi (6,39%), metode yang digunakan adalah wawancara dengan petani pemilik lahan, petani sekitar dan ketua kelompok tani. Hasil kajian menunjukkan bahwa pengelolaan lahan sulfat masam dengan kadar pirit rendah, produksi lahan tetap stabil sedangkan pengelolaan lahan sulfat masam dengan kadar pirit tinggi dapat menghasilkan dengan pengaturan tata air dan masukan yang tinggi. Produksi padi lahan pada kadar pirit rendah mencapai 7-8 t/ha selama 5 tahun terakhir sedangkan pada lahan dengan kadar pirit tinggi produksi lahan sangat rendah yaitu antara 2,5-4 t/ha awal pembukaan lahan dan 5 tahun terakhir tidak panen.

Kata kunci: pengelolaan, pirit, produktivitas, dan sulfat masam

PENDAHULUAN

Lahan sulfat masam merupakan lahan dataran rendah dengan topografi datar sehingga pada periode tertentu dapat tergenang atau kering, sering dapat ditemui di daerah pesisir atau sungai- sungai besar yang dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut. Menurut Noor (2004), tanah sulfat masam merupakan endapan marin yang mempunyai salah satu dari ciri-ciri berikut: mengandung bahan sulfidik (pirit), memiliki horizon sulfurik, terdapat bercak jarosit, dan mengandung bahan penetral berupa karbonat atau basa tukar lainnya. Pengembangan lahan sulfat masam untuk lahan pertanian terkendala dengan adanya lapisan pirit. Pirit akan stabil apabila berada pada kondisi reduktif (tergenang). Pirit yang terungkap ke permukaan akan berbahaya untuk tanaman pangan karena mengakibatkan terlarutnya unsur-unsur logam seperti Fe dan Al, bersamaan dengan meningkatnya kemasaman tanah (Hasibuan, 2008; Purnomo, *et al.*, 2005; Shamim *et al.*, 2009; Shamshuddin *et al.*, 2004).

Besi dalam tanah berada dalam bentuk Ferri (Fe^{3+}) dan sebgai Ferro (Fe^{2+}), tergantung dengan kondisi lingkungan (Kyuma 2004). Besi diserap tanaman dalam bentuk Fe^{2+} dan terakumulasi di daun. Kelarutan besi yang tinggi berdampak langsung terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan dan hasil tanaman padi (Diatta and Sahrawat, 2006; Audebert, 2006) sedangkan pengaruh tak langsung adalah terhadap ketersediaan unsur hara terutama P dan K (Yosida *et al.*, 1981 dan Olaleye *et al.*, 2001) karena diikat sangat kuat sehingga tidak tersedia untuk tanaman. Semakin banyak besi terlarut maka semakin banyak permukaan besi yang dapat berinteraksi dengan unsur yang bermuatan negatif (Bebie dan Martin, 2000). Tanaman akan mengalami keracunan apabila kelarutan besi, aluminum tinggi (Moore dan Patrick, 1989; Rout *et al.*, 2001).

Keracunan besi pada tanaman padi dapat menurunkan hasil sampai 35.8 to 79.8% (Aboa dan Dogbe, 2006) atau sampai 100% (Sahrawat, 2003) dari potensi hasil tergantung varietas utamanya di daerah tropis dan subtropis (Audebert, 2006). Keracunan aluminum biasanya terjadi pada membran sel akar. Interaksi antara Al^{3+} dengan protein, asam nukleat, polisakarida akan menyebabkan penghambatan pembelahan sel, perluasan sel, dan transportasi (Mossor-Pietraszewsk, 2001). Kejenuhan Aluminium >30%, pH tanah <5,0, konsentrasi Al dalam larutan tanah >1-2 mg Al/l⁻¹ dapat mengakibatkan keracunan pada tanaman padi dan palawija. Konsentrasi aluminum dalam tanaman pada fase vegetatif antara 15-18 ppm, tanaman akan mengalami keracunan apabila konsentrasi aluminum >100 ppm (Makarim, 2006). Aluminum umumnya terakumulasi di ujung akar pada lokasi terjadinya pembelahan dan pemanjangan sel. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat produktivitas lahan sulfat masam yang mempunyai kadar pirit berbeda.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan dilakukan di Desa Mulya Sari, Kecamatan Tanjunglago, Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan pada lahan sulfat masam dengan tipologi C. Metode penelitian menggunakan metode observasi lapangan dipertajam dengan wawancara mendetail dengan petani pemilik lahan. Kegiatan dilakukan pada tahun 2016, petani yang digunakan sebagai responden adalah petani yang memiliki lahan sawah yang berbeda tingkat produktivitasnya dan kadar pirit, untuk mengetahui kadar pirit lahan tersebut dilakukan analisis sampel di laboratorium. Berdasarkan hasil analisis laboratorium diketahui bahwa masing-masing tanah memiliki kandungan pirit 0,45 (kategori pirit rendah) dan 6,39 (kadar pirit tinggi). Wawancara petani dilakukan untuk mendapatkan perkembangan produksi masing-masing lahan dan sejarah pemakaian lahan pada MK

2016. Data yang diperoleh diolah dan ditabulasi dalam bentuk tabel dan grafik. Data sekunder berupa produksi secara umum di wilayah Desa Mulya Sari didapat dari petugas lapang (PPL) dan BPP setempat. Adapun data yang dikumpulkan meliputi penggunaan lahan, penggunaan varietas, penggunaan pupuk dan produksi.

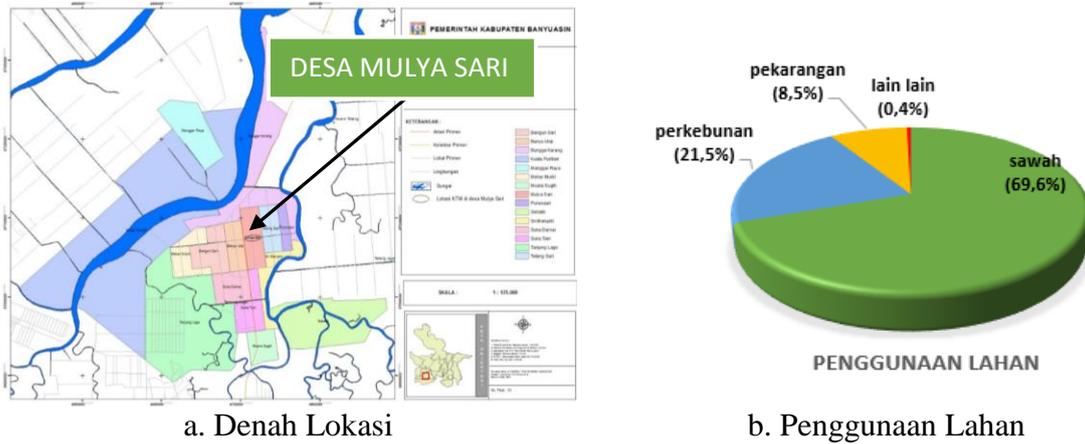
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Wilayah

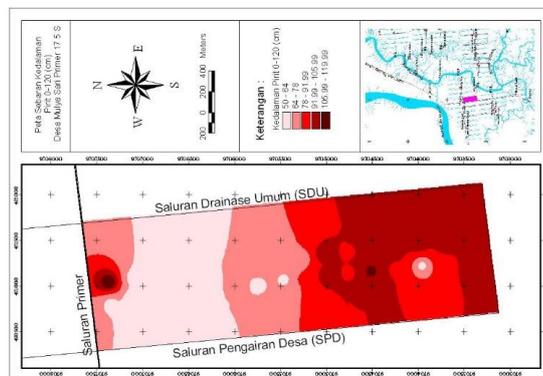
Wilayah Desa Mulya Sari merupakan salah satu desa yang terdapat di wilayah kecamatan Tanjung Lago Kabupaten Banyuasin. Wilayah Mulya Sari merupakan salah satu kawasan transmigrasi yang sebagian besar penduduknya berasal dari Jawa Tengah dan mulai dibuka pada tahun 1980. Kecamatan Tanjung Lago merupakan kecamatan pemekaran yang awalnya merupakan bagian dari kecamatan Talang Kelapa. Kecamatan Tanjung Lago, memiliki luas wilayah 89.242 ha dengan jumlah penduduk 36.259 jiwa. Baru sekitar 85% dari luas wilayah tersebut dimanfaatkan untuk pertanaman. Desa Mulya Sari berbatasan di sebelah Utara dengan Desa Bunga Karang, di sebelah Timur Desa Telang Sari, sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Srimenanti dan di Sebalah Barat dengan Desa Banyu Urip (Gambar 1a). Desa Mulya Sari berada di sebelah Timur kota Palembang berjarak 42,6 km dengan jarak tempuh sekitar 1 jam. Kondisi jalan sebagian besar (32,6 km) adalah jalan aspal dalam keadaan baik, sedangkan yang 10 km dalam kondisi kurang baik. Luas wilayah Desa Mulya Sari terdiri dari 1.310 ha lahan sawah, 405 ha lahan perkebunan, 160 ha lahan pekarangan dan untuk penggunaan lain-lain 8 ha dengan jumlah penduduk 3214 jiwa (Gambar 1b). Alih fungsi lahan terjadi cukup luas, hal ini disebabkan produktivitas lahan yang masih sangat rendah terutama pada lahan sulfat masam aktual.

Sebaran kedalaman pirit di Desa Mulyasari terbagai menjadi lima kedalaman yaitu 50-64 cm; 64-78 cm; 78-91,99 cm; 91,99 – 105,99 cm dan 195,99-119,99 cm. Semakin jauh lokasi lahan dari saluran primer ke arah daratan teindikasi bahwa keberadaan pirit semakin dalam. Sebagian besar wilayah persawahan Desa Mulyasari mempunyai kedalaman pirit dibawah 78 cm (Gambar 2), dan keberadaan pirit secara umum di atas 50 cm, maka untuk pengusahaan lahan pertanian relatif aman, namun apabila kondisi air tanah sampai berada di bawah lapisan pirit maka hal ini sangat berbahaya untuk pertumbuhan tanaman. Kedalaman pirit sangat menentukan dalam pengelolaan lahan pasang surut, untuk lahan pertanian selain kadar pirit dalam tanah. Status air merupakan salah satu permasalahan dalam usahatani di daerah pasang surut (Imanudin dan Bakri, 2014) baik

untuk pertumbuhan tanaman maupun untuk pencucian unsur-unsur logam yang kelarutannya sangat tinggi. Oksidasi pirit menyebabkan pH tanah turun, besi, sulfat meningkat (Priatmadi dan Haris, 2009; Alwi *et al.*, 2010), semakin lama oksidasi pirit berlangsung maka jumlah logam-logam terlarut juga akan meningkat (Saad, 2008).



Gambar 1. Denah Lokasi Desa Mulya Sari dan Penggunaan lahan di Desa Mulya Sari Kecamatan Tanjung Lago Kabupaten Banyuasin



Gambar 2. Sebaran kedalaman pirit di Desa Mulya Sari Kecamatan Tanjung Lago Kabupaten Banyuasin (sumber: Proyek IISP, 1999)

Sistem Pengelolaan Lahan dan Air

Pengelolaan lahan sulfat masam meliputi pengelolaan tanah dan air. Tipologi lahan di daerah Mulya Sari tergolong kedalam tipologi luapan air B dan C. Pola penataan lahan pada tipe luapan B dan C di lahan sulfat masam di arahkan dengan sistem surjan untuk tanaman padi, palawija, sayuran (Widjaja-Adhi, 1995). Sistem pengolahan tanah dan pembuatan surjan dilakukan dengan hati-hati atau bertahap untuk menghindari lapisan pirit teroksidasi. Pola penataan lahan di Desa Mulya Sari saat ini adalah dalam bentuk

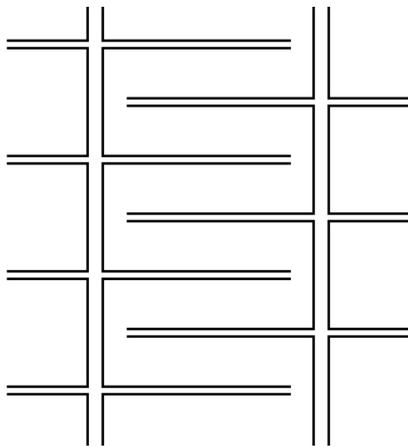
hampan satu hektar. Sebelum tahun 2000 lahan sawah ditata dengan sistem surjan, yang mana pada surjan ditanami jeruk siam. Pola ini berlangsung sampai beberapa tahun, seiring dengan gagalnya pertanaman jeruk akibat serangan CVPD dan juga perkembangan alsintan yang pesat terutama traktor, maka fungsi surjan tidak optimal dan cenderung menjadi masalah karena menjadi sarang tikus. Surjan mulai dibongkar oleh petani untuk mempermudah dalam pengolahan tanah dan menghindari sarang tikus di surjan. Lahan usaha yang dalam kepemilikan satu hektar hanya dipisahkan dengan galengan atau surjan keliling sebagai pembatas lahan dengan petani di sebelahnya, serta dilengkapi dengan parit kemalir yang umumnya dalam satu hektar terdapat 8 batang saluran kemalir/cacing. Saluran ini berfungsi untuk mempercepat pembuangan air baik pada pertanaman padi maupun jagung.

Pembukaan lahan pasang surut sebagai lahan transmigrasi dilengkapi dengan sistem jaringan tata air. Jaringan tata air merupakan kunci utama untuk keberhasilan pengembangan pertanian di lahan sulfat masam. Pengelolaan air yang dimaksud meliputi jaringan tata air makro maupun mikro. Sistem penataan lahan dan air yang baik dan benar di lahan sulfat masam dapat meningkatkan kualitas lahan, produktifitas lahan, intensitas penggunaan lahan, dan menagtur pola tanam (Sarwani, 2001). Pengelolaan tata air yang baik untuk di lahan sulfat masam adalah sistem aliran satu arah (*one way flow sistem*) dan sistem tabat (*dam overflow*) sesuai dengan tipologi lahan dan tipe luapan air (Jumberi dan Alihamsyah, 2005). Sistem satu arah bertujuan untuk memisahkan antara saluran irigasi yang membawa air bersih dan saluran drainase yang mengangkut hasil pencucian unsur beracun, sedangkan tabat bertujuan untuk menahan air karena air pasang tidak masuk ke lahan.

Jaringan tata air makro meliputi saluran primer, sekunder dan tersier yang merupakan saluran yang dibuat dan dibawah kewenangan Pekerjaan Umum. Pembuatan jaringan tata air di lahan sulfat masam selain bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air, juga berfungsi untuk memperbaiki sifat fisiko-kimia tanah utamanya mencuci zat-zat beracun bagi tanaman dan mengurangi terjadinya oksidasi pirit. Jaringan tata air makro terdiri dari berbagai tipe yaitu sisir tunggal, sisir berpasangan, garpu, kombinasi dari garpu dengan sisir dan tangga. Sistem jaringan yang terdapat di Desa Mulya Sari adalah tipe sisir berpasangan (Gambar 3) dimana antar saluran sekunder yang lebih dikenal dengan istilah SDP dan SDU tidak saling berhubungan. Kondisi tata air makro saat ini terutama saluran sekunder dibagian tengah ke ujung saluran mengalami pendangkalan akibat sedimen

sehingga fungsi saluran sebagai penyediaan air dan pencucian kurang optimal. Untuk meningkatkan fungsi jaringan perlu dilakukan pengerukan saluran, sehingga arus air pasang dan surut lancar serta volume air juga bertambah.

Jaringan tata air mikro meliputi saluran kwarter dan saluran kemalir (parit cacing). Menurut Suriadikarta (2005), pengelolaan tata air mikro bertujuan untuk: 1) menjaga evapotranspirasi tanaman, 2) mencegah pertumbuhan gulma, 3) mencegah terbentuknya bahan beracun bagi tanaman melalui penggelontoran dan pencucian, 4) mengatur tinggi muka air, dan (5) menjaga kualitas air di petakan lahan dan saluran. Pada saluran kwarter saat ini, saluran banyak yang mengalami pendangkalan dan banyak ditumbuhi rumput purun sehingga sulpai air untuk ke lahan sawah berkurang dan proses pencucian unsur-unsur beracun terhambat.



a. Jaringan tipe sisir berpasangan



b. Pintu air tipe ulir



c. Kondisi saluran sekunder

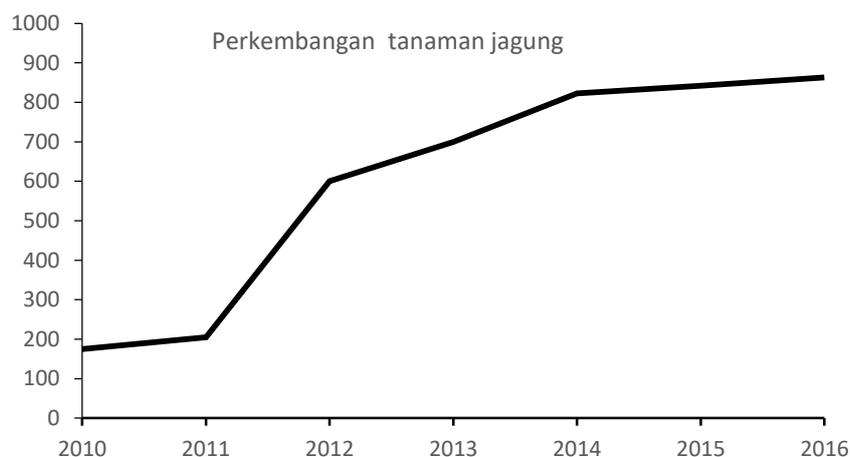


d. Kondisi saluran kwarter

Gambar 3. Sistem jaringan tata air dan kondisi saluran di Desa Mulaya Sari (a. tipe sisir berpasangan, b. pintu air system ulir, c. saluran sekunder dan d. saluran tersier)

Sistem Usahatani

Pola pengusahaan lahan oleh petani di Desa Mulya Sari pada awal penempatan hanya pertanaman satu kali setahun yaitu pada musim hujan dengan pola tanam padi - bera. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa peluang pengembangan IP 200 padi-padi sangat memungkinkan. Sebelum tahun 2000 produktivitas tanaman pangan yang diterima petani masih sangat rendah yaitu sekitar 3 ton/ha. Pada tahun 2000 proyek PULPLPS3 telah melakukan penelitian berbagai komponen teknologi dan pengembangan IP 200 kemudian dilanjutkan dengan program SUP dari BPTP Sumsel pada tahun 2003, pada saat itu produksi padi masih relative rendah utamanya di musim kemarau. Produktivitas padi dimusim kemarau berkisar 3 t/ha, sedangkan pada musim hujan produktivitas bisa mencapai 5-6 t/ha. Pola tanam padi-padi tidak banyak berkembang, sampai pada tahun 2010 dikembangkan jagung pada musim pertanaman kedua melalui program SL-PTT. Pola ini banyak diadopsi petani dan berkembang sampai saat ini. Pertanaman padi umumnya dilakukan pada bulan November atau awal Desember sampai pada bulan Februari, kemudian pertanaman jagung dilakukan pada bulan Mei sampai Agustus. Pola tanam yang dikembangkan petani Desa Mulya Sari ada beberapa yaitu padi - jagung, Padi – jagung - jagung, padi – semangka - jagung dan padi – jagung – semangka. Pola tanam padi – jagung diterapkan hampir 50% (863 ha) dari keseluruhan lahan pertanian, sementara untuk pola tanam padi – semangka - jagung atau padi – jagung – semangka sekitar 2% (20 ha) diterapkan oleh sebagian kecil petani. Pengusahaan tanaman jagung dari tahun 2010 meningkat cukup pesat selama 7 tahun (Gambar 4).



Gambar 4. Perkembangan pengusahaan tanaman jagung di Desa Mulya Sari, Kecamatan Tanjung Lago 2010-2016

Perkembangan penggunaan varietas padi dan jagung di daerah kajian cukup bervariasi setiap tahunnya. Varietas padi yang ditanam petani saat awal penempatan, masih banyak menggunakan varietas lokal yang mempunyai umur panjang (\pm 6-8 bulan). Varietas lokal mempunyai adaptasi yang cukup tinggi baik pada lahan dengan kandungan pirit yang tinggi, seperti adaptasi varietas manggar produksinya mencapai 4,2 t/ha mendekati produksi varietas unggul pada lahan dengan kandungan pirit rendah. Pemanfaatan varietas unggul berkembang mulai tahun 2000-an. Varietas unggul umumnya mempunyai tingkat adaptasi yang lebih rendah dibandingkan dengan varietas lokal. Tingkat produksi padi varietas unggul yang diperoleh pada kadar pirit tinggi jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan pirit rendah (Tabel 1). Produksi yang setabil perlu memperhatikan varietas yang akan ditanam utamanya pada lahan-lahan bermasalah. Pada lahan-lahan yang mempunyai kelarutan besi tinggi, penggunaan varietas yang toleran besi merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan (Sulya, 2008; Sudiakarta dan Wiwik. H, 2004; Saikia and Baruah, 2012). Padi merupakan salah satu tanaman yang mempunyai kemampuan dalam mempengaruhi dinamika kelarutan besi di dalam tanah berbeda dengan tanaman jagung. Proses penggenangan mengakibatkan kelarutan besi meningkat, sementara tanaman padi pada fase vegetatif umumnya memerlukan penggenangan, kondisi tergenang mengakibatkan kelarutan Fe^{2+} meningkat. Varietas yang mempunyai tingkat toleransi terhadap kelarutan besi tinggi, karena kemampuannya mengoksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} disekitar daerah perakaran (Nozoe *et al.*, 2004; Majerus *et al.*, 2007), kemudian akan mengalami pengendapan di daerah perakaran dalam bentuk FeOOH dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (Wang and Peverly, 1999).

Pengelolaan air merupakan upaya yang dapat dilakukan selain pemilihan varietas. Pada tahun 2003 dilakukan normalisasi saluran, hal ini sangat berpengaruh terhadap produksi padi yang dicapai terlihat pada Tabel 1. Produksi yang dicapai cukup tinggi pada lahan dengan kadar pirit rendah maupun pada kadar pirit tinggi. Pada tahun berikutnya lahan dengan kandungan pirit tinggi, tanaman padi sudah tidak dapat menghasilkan akibat kondisi lahan yang sudah mengalami oksidasi berkali kali dan pencucian tidak berlangsung dengan baik. Proses pencucian sangat berpengaruh terhadap produksi padi. Proses pencucian dapat meningkatkan pH tanah dan menurunkan kelarutan besi (Isdijanto *et al.*, 2015). Kelarutan besi (Fe^{2+}) yang tinggi dapat menurunkan produksi padi sampai 30-100% tergantung pada tingkat kesuburan tanah dan tingkat keracunannya (Majerus *et al.*, 2007; Khairullah *et al.*, 2011).

Pemberian bahan amelioran sangat diperlukan disamping pencucian, untuk menetralkan keracunan dan kemasaman tanah. Pemberian dolomit 500 kg/ha dan penggunaan varietas adaptif pada lahan dengan kadar pirit tinggi mampu meningkatkan produksi padi dari 2,4 t/ha menjadi 4,2 t/ha yang dilakukan petani pada tahun 2003. Purba *et al.*, (2015), menyatakan bahwa pemberian bahan organik mampu meningkatkan berat 1000 butir gabah dan menurunkan persentase gabah hampa.

Tabel 1. Perkembangan penggunaan varietas dan produksi padi dan jagung di Desa Mulya Sari selama periode 1981-2016

Tahun	Pirit rendah				Pirit tinggi			
	MH		MK		MH		MK	
	Varietas	Produksi (t/ha)	Varietas	Produksi (t/ha)	Varietas	Produksi (t/ha)	Varietas	Produksi (t/ha)
1981-2000	ketek sawo	4-5	-	-	ketek sawo	2,4	-	-
2001-2003	cisanggarung	4-5	-	-	Manggar	4,2	-	-
2004-2005	banyuasin	5-6	-	-	Sanapi	1.8	-	-
2006-2010	Ciherang	7-8	-	-	Ciherang	Tidak panen	-	-
2011-skrng	Ciherang	7-8	Pioner	5-7,2	Ciherang	Tidak panen	-	-

Kesimpulan

Dari hasil kajian dapat disimpulkan bahwa

1. Tingkat produktivitas lahan sulfat masam sangat dipengaruhi dengan persentase kadar pirit, penggunaan varietas yang ditanam dan sistem pengelolaan air.
2. Produktivitas lahan sulfat masam pada musim kemarau 50% lebih rendah dibandingkan pada musim hujan
3. Produktivitas lahan sulfat masam dengan kadar pirit tinggi tingkat produksi antara 50-100% lebih rendah dibandingkan dengan lahan sulfat masam dengan kadar pirit rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboa, K and S.Y. Dogbe. 2006. Effect of iron toxicity on rice yield in the amou-oblo lowland in Togo. In *Iron Toxicity in Tice Based system in West Africa*. A. Audebert, L.T. Narteh, P. Kiepe, D. Millar, and B. Books (eds). Africa Rice Center (WARDA). Cotonou, Benin. 1–5.
- Alwi, M., S. Sabiham, S. Anwar, Suwarno, Achmadi. 2010. Pelindian tanah Belandean Kalimantan Selatan pada beberapa kondisi potensial redok menggunakan sumber air insitu. *J. Tanah dan Iklim* 32:83-94.

- Audebert. 2006. Diagnosis of risk and approaches to Iron toxicity management in Lowland rice farming. In Iron Toxicity in Tice Based sistem in West Africa. A. Audebert, L.T. Narteh, P. Kiepe, D. Millar, and B. Beks (eds). Africa Rice Center (WARDA). Cotonou, Benin. 6-17
- Bebie, J., and Martin A.A.S. 2000. Pyrite surface interaction with selected organicaqueous species under anoxic conditions. journal: [Geochemical Transactions](#).
- Diatta, S. and Sahrawat, L.K. 2006. Ron toxicity of rice in West Africa: screening toleran varieties and the role N, P, K and Zn. In Iron Toxicity in Tice Based sistem in West Africa. A. Audebert, L.T. Narteh, P. Kiepe, D. Millar, and B. Beks (eds). Africa Rice Center (WARDA). Cotonou, Benin. 75-81
- Hasibuan, B.E. 2008. Pengelolaan Tanah dan Air Lahan Marginal. USU. Medan
- Imanudin, M.S. dan Bakri. 2014. Kajian Budidaya Jagung pada Musim Hujan di Daerah Reklamasi Rawa Pasang Surut dalam Upaya Terciptanya Indeks Pertanaman 300 %. Prosiding Seminar Nasional INACID 16-17 Mei 2014, Palembang-Sumatera Selatan. ISBN 978-602-70580-0-2.
- Jumberi A. dan T. Alihamsyah, 2005. Pengembangan Lahan Rawa Berbasis Inovasi Teknologi. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Balittra. Banjarbaru.
- Khairullah, I., D. Indradewa, P. Yudono, A. Maaz. 2011a. Pertumbuhan dan hasil tiga varietas padi pada perlakuan kompos jerami dan purun tikus (*Eleocharis dulcis*) di tanah sulfat masam yang berpotensi keracunan besi. J. Agroscentiae 18:108-115.
- Makari, K. 2006. Cekaman abiotik utama dalam peningkatan produktivitas tanaman. Prosiding Seminar Nasional Pemanfaatan Bioteknologi untuk Mengatasi Cekaman Abiotik pada Tanaman. http://biogen.litbang.pertanian.go.id/wp/terbitan/pdf/prosiding2006_1-11.pdf.
- Majerus, V., P. Bertin, S. Lutts. 2007. Effects of iron toxicity on osmotic potential, osmolytes and polyamines concentrations in African rice (*Oryza glaberrima Steud*). Plant Science 173:96-105.
- Nozoe, T., R. Agbisit, Y. Fukuta, R. Rodriguez, and S. Yanagihara. 2004. The iron (Fe) excluding power of rice root as a mecanism of tolerance of ellite breeding lines to iron toxicity. In New Direction for Adverse Planet ; Proceeding of the 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia, 26 Sep – 1 Oct 2004.
- Moore, P.A. and W.H. Patrick jr. 1989. Iron availability and uptake by rice in acid sulpahte soils. Soils science Society of American Journal. 53; 471 -476.
- Mossor-Pietraszewska, K. 2001. Effect of aluminium on plant growth and metabolism. Acta Biochimica Polonica, Vol. 48 No. 3
- Noor, M. 2004. Lahan rawa.; Sifat dan pengelolaan tanah bermasalah sulfat masam. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta, 241 hlm.
- Olaleye, A.O., F.O. Tabi, A.O. Ogunkunle, B.N. Singh, and K.L. Sahrawat. 2001. Effect of toxic iron concentrations on the growth of lowland rice. Journal of plant nutrition, 24(3), 441-457.
- Priatmadi, B.J. dan A. Haris. 2009. Reaksi pemasaman senyawa pirit pada tanah rawa pasang surut. J. Tanah Trop., Vol. 14, No. 1, 2009: 19-24 ISSN 0852-257X.

- Purba, M.A., Fauzi, K. Sari. 2015. Pengaruh pemberian fosfat alam dan bahan organik pada tanah sulfat masam potensial terhadap P -tersedia tanah dan produksi padi (*Oryza sativa* L.) Jurnal Online Agroekoteknologi . ISSN No. 2337-6597 Vol.3, No.3 : 938-948
- Purnomo, E., A. Mursyid, M. Syarwani, A. Jumberi, Y. Hashidoko, T. Hasegawa, S. Honma, and M. Osaki. 2005. Phosphorus solubilizing microorganisms in the rhizosphere of local rice varieties grown without fertilizer on acid sulphate soils. *Soil Sci. Plant Nutr.* 51(5): 679-681.
- Rout, G., S. Samantaray, P. Das. 2001. Aluminium toxicity in plants: a review. *Agronomie, EDP Sciences*, 2001, 21 (1), pp.3-21.
- Saad, A., Y. Achnopa, H.I. Mohammad. 2008. Penerapan teknologi perbaikan lahan sulfat masam pada lahan sawah seluas 100 hektar di Desa Pematang Mayan Rantau Makmur Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi. *J. Pengabdian Masyarakat* 46:46-54.
- Sahrawat, K.L. 2003. Iron toxicity in Wetland rice: occurrence and management through integration of genetic tolerance with plant nutrition. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, Vol. 51, No. 4, pp 409-417.
- Saikia, T., and Baruah, K.K. 2012. Iron toxicity tolerance in rice (*Oryza sativa*) and its association with anti-oxidative enzyme activity. *Journal of Crop Science* ISSN: 0976 - 8920 & E-ISSN: 0976-8939, Volume 3, Issue 3, 90-94
- Sarwani M., 2001. Penelitian dan Pengembangan Pengelolaan Air di Lahan Pasang Surut. Makalah Pada Monograf Pengelolaan Air dan Tanah di Lahan Pasang Surut. Balittra Banjarbaru. Shamshuddin, J., Muhrizal, S., Fauziah, I., Van Ranst, E., 2004. A laboratory study on pyrite oxidation in acid sulfate soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 35 (1 & 2), 117–129
- Shamim, A. H, M. H. R Khan and T. Akae. 2009. Assessment of basic slag on reduction of Fe and Al toxicity in acid sulfate soils under various moisture regimes. *Journal of American Science*; 5 (4): 33-42.
- Suriadikarta, D.A. 2005. Pengelolaan lahan sulfat masam untuk usaha pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(1): 36-45
- Sudiakarta, D. A dan Wiwik. H, 2004. Teknologi Pengelolaan Lahan Sawah Bukaan Baru. Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. Hal. 115-136
- Yosida, S. 1981. *Fundamentals of rice crop science*. The International rice research institute. Manila, Philippines.
- Wang, T. and J.H. Peverly. 1999. Iron oxidation states on root surface of a wetland plant (*Pragmites australis*). *Soil Science Society of America Journal*. 63: 247-252.
- Widjaja-Adhi, IP.G. 1995. Pengelolaan tanah dan air dalam pengembangan sumber daya lahan rawa untuk usaha tani berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Makalah disampaikan pada Pelatihan Calon Pelatih untuk Pengembangan Pertanian di Daerah Pasang Surut, Karang Agung Ulu, Sumatera Selatan, 26–30 Juni 1995. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.