

Sistem surjan hampir merata diterapkan pada lahan rawa pasang surut dan rawa lebak bahkan juga sebagian lahan tadah hujan. Pada lahan rawa pasang surut, sistem surjan tersebar dari pasang surut tipe luapan A, B, sampai tipe luapan C, sedang pada rawa lebak tersebar pada tipe lebak dangkal dan lebak tengahan. Lahan rawa pasang surut tipe luapan A dan B sering disebut lahan rawa pasang surut langsung karena mendapatkan luapan pasang secara langsung baik saat pasang tunggal (*spring tide*) atau purnama maupun pasang ganda atau perbana (*neap tide*) khusus tipe luapan A, sementara tipe luapan C disebut lahan pasang surut tidak langsung. Lahan pasang surut tipe luapan D lebih mirip dengan lahan tadah hujan (*rainfed land*).

Dinamika tinggi muka air permukaan (*water surface level*) dan kedalaman air tanah (*ground water level*) yang terjadi pada lahan rawa adalah merupakan cerminan dari watak hidrologi dan hidrotopografi lahan rawa akibat dipengaruhi oleh ayunan pasang surut laut (untuk lahan rawa pasang surutnya) atau genangan banjir (untuk lahan rawa lebak). Kondisi kering basah inilah yang utamanya memberi pengaruh terhadap perubahan sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Sesuai dengan keberagaman tipologi lahan rawa, sistem surjan dapat diterapkan di lahan potensial, lahan sulfat masam, juga di lahan gambut. Namun demikian, sistem surjan tidak dianjurkan di lahan gambut tebal (ketebalan 2-3 meter). Surjan di lahan gambut tebal sulit dibuat, selain juga mempunyai resiko kebakaran dan mudah ambles. Dalam kasus lahan gambut, untuk meningkatkan kesuburan dan produktivitas lahan dikenal dengan pencampuran dengan tanah mineral atau pasir. Petani lahan gambut juga sering memberikan abu sekam, abu gambut, atau abu campuran dari berbagai limbah seperti kotoran ayam, serasah, sisa kayu, sisa ikan buangan, kepala udang, dan lain sebagainya pada lahan gambutnya sebagai pupuk atau amelioran.

### 3.1. Sifat-sifat Fisika Tanah Surjan

Surjan yang dibuat petani umumnya termasuk tipe tradisional karena mudah dan cepat dibandingkan dengan tipe introduksi. Pembuatan tipe introduksi memerlukan waktu lebih lama dan tenaga lebih banyak sehingga idealnya dapat digunakan alat berat. Namun demikian terlepas dari tipe surjan yang dibuat bahwa sifat fisika tanah pada bagian atas surjan atau tembakan yang ditinggikan mengalami perubahan mengikuti waktu atau umur surjan. Tejoyuwono Notohadiprawiro (1979) menyebut tanah yang ditinggikan sebagai tanah tabukan, selanjutnya kita sebut sebagai tanah surjan (*raised bed*).

Sifat fisika tanah yang mengalami perubahan antara lain pori makro dan pori mikro. Umumnya bagian atas surjan ini menjadi padat dan keras. Hasil penelitian menunjukkan keadaan tekstur tanah pada surjan terdiri atas fraksi pasir dan debu lebih tinggi, sedang pada tukungan fraksi debu lebih besar dibandingkan pada surjan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian lapisan pasir dan debu terangkut ke bagian atas surjan dan tukungan saat pengambilan tanah untuk surjan dan tukungan (Tabel 4).

Tanah surjan mengalami perkembangan kematangan yang dipengaruhi oleh keadaan basah kering. Perubahan sifat fisik atau kematangan tanah surjan ini selain tergantung pada umur surjan juga dipengaruhi oleh jenis komoditas yang ditanam. Kematangan tanah surjan yang diukur berdasarkan pada angka penetrometer (kg/cm<sup>2</sup>) menunjukkan bahwa angka tertinggi berada pada tanaman rambutan dan angka terendah pada tanaman cengkeh dan kopi yang bervariasi menurut musim atau umur pembuatan surjan (Tabel 5 dan Tabel 6).

Hasil pengukuran nilai rata-rata kekerasan, khususnya lapisan permukaan atas (surjan) yang menggambarkan perkembangan kematangan menunjukkan pada musim hujan lebih rendah dari musim kemarau. Permukaan atas surjan yang ditanami rambutan lebih matang, disusul yang ditanami kelapa, nangka, dan petai. Nilai rata-rata kekerasan tanah surjan berdasarkan jenis tanaman yang diusahakan selama lima musim disajikan pada Tabel 5. Proses pematangan lebih lama pada permukaan tanah surjan bagian atas yang ditanami rambutan, tetapi pada tanah surjan bagian samping bawah pematangan lebih cepat. Sementara proses pematangan tanah surjan yang ditanami cengkeh lebih cepat baik bagian atas permukaan maupun bagian samping bawah (Gambar 16).

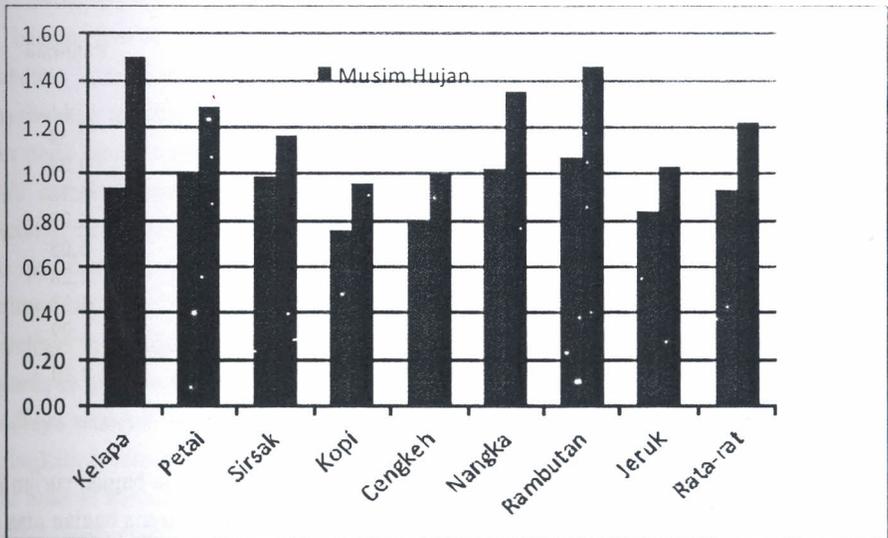
*Tabel 4. Sifat fisika tanah pada sistem surjan dan tukungan di lahan rawa pasang surut tipe B, KP. Belandean, Barito Kuala, Kalsel. 2005.*

No	Parameter/ Fraksi	Tekstur Tanah		
		Kondisi Awal	Sistem Surjan	Sistem Tukungan
1.	Pasir (%)	2,87	11,91	3,15
2.	Debu (%)	7,60	19,40	26,94
3.	Liat (%)	89,53	68,69	69,91

*Sumber: Noor H. Dj. et al (2006)*

Menurut Notohadiprawiro (1979) perkembangan kematangan tanah surjan lebih cepat di bagian atas permukaan daripada di bagian bawah. Hal ini karena bagian bawah mengalami pembasahan atau genangan secara berkala oleh air pasang, sehingga kecepatan mengering lebih terbatas. Pematangan bagian atas surjan pada musim kemarau lebih

cepat, khususnya pada tanaman kelapa dan rambutan. disusul tanaman nangka dan petai (Tabel 6 dan Gambar 16).



Gambar 16. Nilai kekerasan lahan surjan yang ditanami berbagai tanaman selama 3 MH dan 2MK (Diolah dari Notohadiprawiro, 1979)

Tabel 5. Nilai kekerasan rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ ) lahan surjan dengan berbagai tanaman pada lahan pasang surut, Barambai, Kalsel

No	Jenis tanaman	Posisi pengukuran	Musim Tanam				
			MH I	MK I	MH II	MK II	MH III
1	Kelapa	Pm Atas	0,94	1,50	1,24	1,61	1,16
		Sm Bawah	0,45	0,79	0,52	0,83	0,74
2	Petai	Pm Atas	1,01	1,29	1,07	1,50	1,28
		Sm Bawah	0,49	0,66	0,42	0,67	0,58
3	Sirsak	Pm Atas	0,99	1,16	1,12	1,25	0,94
		Sm Bawah	0,46	0,59	0,44	0,56	0,49
4	Kopi	Pm Atas	0,76	0,96	1,07	1,44	0,96
		Sm Bawah	0,37	0,45	0,41	0,65	0,44
5	Cengkeh	Pm Atas	0,80	1,00	0,98	1,42	0,84
		Sm Bawah	0,47	0,63	0,36	0,71	0,45
6	Nangka	Pm Atas	1,02	1,35	1,14	1,54	1,32
		Sm Bawah	0,47	0,70	0,44	0,63	0,48
7	Rambutan	Pm Atas	1,07	1,46	1,20	1,66	1,50
		Sm Bawah	0,60	0,60	0,51	0,70	0,84
8	Jeruk	Pm Atas	0,84	1,03	0,98	1,54	1,06
		Sm Bawah	0,56	0,81	0,37	0,62	0,72
	Rata-rata	Pm Atas	0,93	1,22	1,10	1,50	1,13
		Sm Bawah	0,48	0,65	0,43	0,67	0,59

Keterangan : Pm = permukaan, Sm = samping,

MH = musim hujan, MK = musim kemarau

Sumber : Notohadiprawiro (1979)

Tabel 6. Kematangan tanah bagian atas surjan berdasarkan nilai penetrometer lahan rawa pasang surut Barambai, Kalimantan Selatan.

Jenis komoditas	Nilai Penetrometer (Kg/cm <sup>2</sup> )		Rata-rata
	Musim Hujan	Musim Kemarau	
Kelapa	1,11	1,56	1,34
Petai	1,08	1,40	1,24
Sirsak	1,04	1,20	1,12
Kopi	0,93	1,20	1,05
Cengkeh	0,89	1,21	1,05
Nangka	1,12	1,44	1,28
Rambutan	1,20	1,56	1,38
Jeruk	0,94	1,28	1,09
Rata-rata	1,04	1,36	1,20

Sumber : Notohadiprawiro (1979)

Pada jenis tanah sulfat masam terjadi retakan lebih lebar pada bagian surjan karena lebih cepat mengalami kekeringan pada musim kemarau terlebih karena bagian atas surjan umumnya diambil dari lapisan bawah dengan kadar klei (*clay*) lebih tinggi. Sementara bagian surjan pada lahan gambut sering kekeringan (*irreversible drying*), khususnya apabila bagian atas diambil dari bagian lapisan bawah yang masih mentah (*fibrik*). Pada lahan gambut pembuatan surjan memacu terjadinya pelapukan (*dekomposisi*) dari bahan gambut yang dijadikan surjan. Apabila yang digali untuk surjan masih mentah maka amblas (*subsidence*) sangat tinggi (Gambar 17).



Gambar 17. Surjan dan jelutung di lahan gambut tebal, Desa Kelampangan, Kalteng (Dok M. Noor/Balittra)

### 3.2. Sifat-sifat Kimia Tanah Surjan

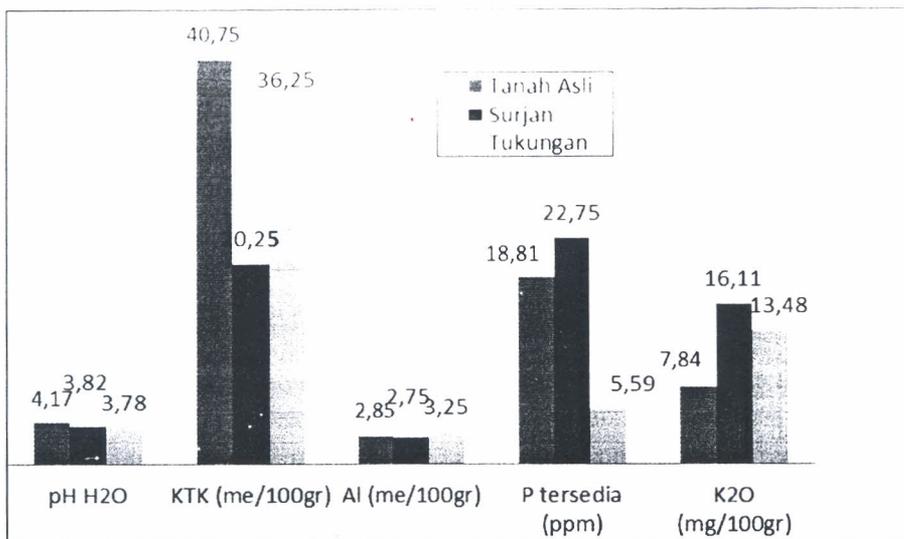
Sebagaimana sifat fisika, sifat-sifat kimia pada bagian atas surjan atau tembokan dan bagian bawah juga mengalami perubahan mengikuti waktu atau umur surjan. Perubahan kimia ini terkait dengan dinamika kering dan basah dari tanah yang menyebabkan terjadinya proses reduksi dan oksidasi yang menimbulkan perubahan kimia tanah pada lahan surjan. Perubahan sifat kimia tanah pada lahan surjan ini antara lain terkait dengan kemasaman tanah (pH), status hara tanah, jumlah kation dan anion, keracunan besi, mangan, atau aluminium dan asam-asam organik. Kemasaman tanah pada pada sistem surjan dan tukangn menjadi lebih tinggi (pH 3,78-3,82) dari sebelumnya pH 4,17 (Tabel 7). Perubahan sifat kimia tanah pada sistem surjan lebih besar dibandingkan dengan sistem tukangn. Keadaan ini menunjukkan bahwa pengusikan (*disturben*) pada tanah sulfat masam dengan dibuatnya surjan atau tukangn memacu terjadinya oksidasi yang berakibat meningkatnya kemasaman tanah dan diikuti dengan meningkatnya ion-ion toksis seperti Al, Fe dan sebagainya. Perubahan menjadi semakin besar apabila kemudian diikuti terjadinya pengelantangan (*expose*) dengan meningkatnya oksidasi lapisan pirit (FeS<sub>2</sub>) yang terangkut ke bagian surjan atau tukangn (Gambar 17).

Tabel 7. Sifat kimia tanah pada sistem surjan dan tukangn di lahan rawa pasang surut tipe B, KP. Belandean, Barito Kuala, Kalsel. 2005.

No	Parameter	Karakteristik Sifat Kimia		
		Kondisi Awal	Sistem Surjan	Sistem Tukungan
1.	pH H <sub>2</sub> O	4,17 (SM)	3,82 (SM)	3,78 (SM)
2.	pH KCl	3,34 (SM)	3,36 (SM)	3,36 (SM)
3.	C-organik (%)	5,70 (ST)	7,29 (ST)	5,72 (ST)
4.	N total (%)	0,39 (S)	0,38 (S)	0,35 (S)
5.	KTK (me/100gr)	40,75 (T)	20,25 (S)	36,25 (T)
6.	Ca (me/100gr)	1,499 (SR)	1,588 (SR)	0,587 (SR)
7.	Mg (me/100gr)	1,459 (S)	1,811 (S)	0,975 (R)
8.	K (me/100gr)	0,174 (R)	0,275 (R)	0,213 (R)
9.	Na (me/100gr)	0,797 (T)	0,899 (T)	1,148 (T)
10.	Al (me/100gr)	2,85	2,75	3,25
11.	P tersedia (ppm)	18,812 (S)	22,752 (S)	5,589 (SR)
12.	Fe (ppm)	527,1 (T)	940,3 (T)	1023,7 (T)
13.	SO <sub>4</sub> (ppm)	438 (T)	517 (T)	422 (T)
14.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100gr)	76,34 (T)	139,93 (ST)	48,60 (T)
15.	K <sub>2</sub> O (mg/100gr)	7,845 (R)	16,11 (R)	13,48 (R)

Keterangan: R= rendah; S=sedang, T= tinggi, SR/ST/SM = Sangat rendah/ tinggi/masam

Sumber : Noor, H. Dj. et al, 2006



Gambar 18. Perubahan beberapa sifat kimia tanah antara surjan dan tukungan dengan tanah asli pada tanah sulfat masam (Diolah dari Noor et al., 2006).

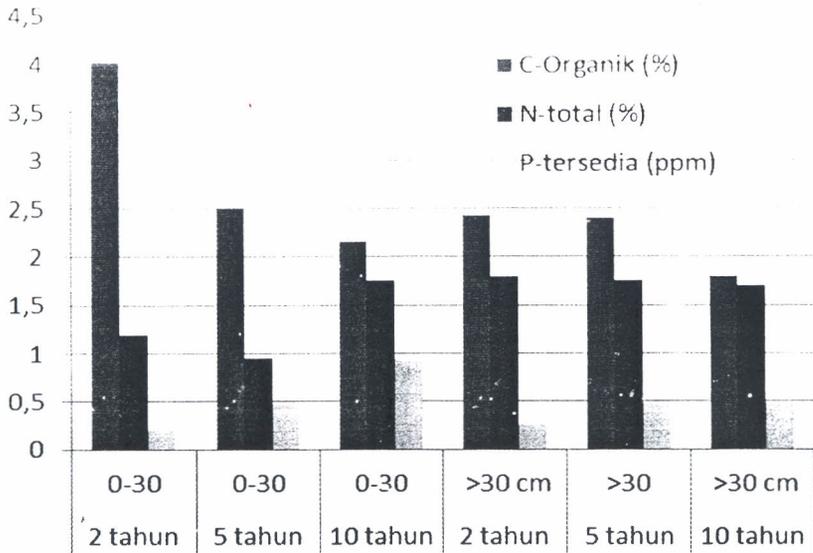
Perubahan sifat kimia tanah bagian atas surjan yang pertama adalah penurunan pH atau peningkatan kemasaman karena adanya oksidasi juga ditunjukkan pada Tabel 5. Namun yang menarik adalah adanya translokasi zat-zat atau senyawa basa disamping pelindian (*leaching*) ke luar badan surjan. Sifat kimia lainnya, adalah KTK yang meningkat dibandingkan dengan tanah semua diduga sebagai akibat pematangan tanah gambut karena humifikasi gambut mentah memperbanyak gugusan penukar ion yang aktif. Pematangan tanah gambut juga dapat dinilai dari nisbah C/N yang mempunyai nilai wajar untuk humus tanah dengan perembihan (permebialitas) yang baik. C-organik, N total, dan Daya Hantar Listrik (*Electric Conductivity*) tanah bagian atas surjan turun (Tabel 8). Menurut Notohadiprawira (1979) terjadinya pemasaman yang luar biasa menyebabkan nisbah C/N menjadi sangat kecil.

Tabel 8. Sifat kimia tanah surjan dan tanah asli, UPT Barambai, Kab. Barito Kuala Kalimantan Selatan.

Parameter	Tanah surjan			Tanah asli
	Samping Atas	Samping tengah	Samping bawah	
pH H <sub>2</sub> O tanah	3,89	3,84	3,79	3,96
DHL (mmhos/cm)	0,281	0,245	0,209	0,211
KTK (me/100 g)	48,24	46,12	44,01	37,85
C Organik (%)	4,68	4,46	4,24	3,53
N total (%)	0,83	0,97	1,11	0,52
Nisbah C/N	5,6	4,6	3,8	6,8
P tersedia (ppm)	43	40	37	48
Sulfat terlarut (ppm)	1,2	0,9	0,7	0,4
H tertukar (me/100 g)	35,82	35,19	34,56	30,97
Ca tertukar (me/100g)	2,70	2,24	1,78	2,37
K tertukar (me/100 g)	1,22	1,13	1,03	0,95

Sumber: Notohadiprawiro (1979)

Rasmadi (2003) yang meneliti pengaruh umur tukungan antara 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun terhadap sifat kimia tanah bagian atas permukaan pada lapisan 0-30 cm dan lapisan bawah 30-60 cm pada lahan rawa pasang surut Desa Tanipah, Kab Banjar (Kalsel) yang ditanami jeruk pada tukungannya menunjukkan bahwa semakin tua umur tukungan semakin rendah kadar bahan organik dan nitrogen total. Penurunan ini diduga karena perombakan yang lebih cepat dibandingkan dengan akumulasi yang terjadi. Sebaliknya semakin tua umur tukungan semakin meningkat pH tanah, P tersedia dan KTK. Sedangkan P dan K total mengalami penurunan sampai 50% dengan semakin tua umur tukungan. Hanya saja sebagian basa tertukar mengalami penurunan pada umur tukungan 10 tahun setelah meningkat pada umumnya pada umur tukungan 5 tahun (Gambar 18).



Gambar 19. Perubahan sifat kimia tanah pada tukungan lapisan 0-30 cm dan > 30 pada umur 2, 5 dan 10 tahun, lahan rawa pasang surut Desa Tanipah, Kab. Banjar (Kalsel)

Sumber : Diolah dari Rasmadi (2003)

Gambaran di atas menunjukkan bahwa pemanfaatan lahan rawa pasang surut, misalnya untuk budidaya padi memerlukan inovasi teknologi atau sistem pengelolaan lahan yang antara lain yaitu pemberian bahan amelioran (Dent, 1986, Noor, 2004). Dalam kasus lahan sulfat masam yang digunakan untuk penanaman padi yang disawahkan dan disarankan menunjukkan perbaikan lahan perlu dilakukan misalnya dengan pemberian bahan amelioran seperti dolomit atau kalsit dengan takaran antara 0,5-2,0 t/ha yang jumlah atau takarannya tergantung pada tingkat kemasamannya agar hasil padi yang diperoleh lebih baik.

Hasil penelitian di lahan sulfat masam Karang Agung, Sumatera Selatan menunjukkan sifat kimia tanah dari tanah yang disawahkan dan disarankan lebih baik dibandingkan dengan kondisi sebelumnya (tanah asli) antara lain pH meningkat, kelarutan besi menurun, keracunan besi menurun, dan hasil padi meningkat khususnya pada tanam ketiga (MH II). Kelarutan dan keracunan besi pada padi pada lahan surjan lebih tinggi dibandingkan sawah. Hasil padi semakin meningkat seiring dengan perubahan sifat-sifat tanah yang lebih baik karena adanya pemberian bahan amelioran. Bahan amelioran dapat berpengaruh sampai tanam ke tiga, karena adanya efek residu yang semakin baik semakin

lama (Tabel 9). Inovasi teknologi pendukung, termasuk perbaikan lahan dan pemupukan dalam pengembangan sistem surjan ini dikemukakan dalam Bab IV.

Tabel 9. Sifat-sifat kimia tanah pada sulfat masam tanah sebelum dan sesudah dijadikan sawah dan surjan, Karang Agung Ulu, 1991-1993.

Parameter	Sawah				Surjan			
	Sebelum	MH I	MK	MH II	Sebelum	MH I	MK	MH II
pH tanah	3,8	4,2	4,1	4,5	3,7	4,1	4,0	4,7
Fe larut (ppm)	169,6	128,2	121,5	86,3	144,2	152,2	149,5	72,6
Al-dd (me/10 g)	21,1	20,4	22,2	19,6	35,5	32,1	28,5	18,5
Fe toxicity (%)	-	38,5	29,5	14,3	-	37,0	28,3	15,0
Hasil (ton/ha)	2,0	2,3	2,9	3,3	1,8	2,2	2,6	3,5

Sumber: Ismail et al. (1993)

### 3.3. Sifat-sifat Biologi Tanah Surjan

Sifat-sifat biologi lahan rawa pasang surut atau rawa lebak yang disurjankan mengikuti perkembangan sifat fisika dan sifat kimia tanah yang terjadi. Perkembangan tutupan lahan atau vegetasi yang tumbuh di atasnya juga dapat berpengaruh terhadap sifat atau keadaan biologi tanah surjan antara lain makrofauna dan mikrofauna, termasuk mikroba. Makrofauna utama yang ditemukan antara lain jenis cacing dan rayap, sedangkan mikroba yang penting antara lain jamur, bakteri atau sejenisnya yang mempunyai peran sebagai perombak, pengikat N, dan atau pelepas P secara beragam ditemukan pada lahan surjan. Hasil penelitian sifat biologi tanah ini khususnya pada tanah surjan masih terbatas. Namun perubahan kondisi lahan sebagaimana dikemukakan di atas tentang sifat kimia dan kesuburannya tentu sangat berpengaruh terhadap kondisi kehidupan makro dan mikrofauna yang ada di lahan surjan, khususnya lahan rawa.

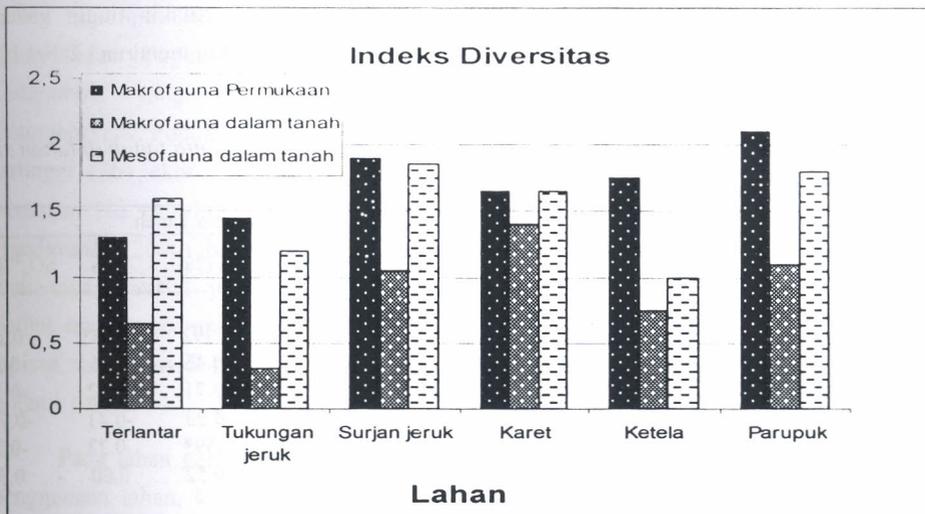
Kelimpahan dan keanekaragaman fauna tanah di lahan sulfat masam sangat tergantung pada jenis tanah, kelembaban, kemasaman, kadar bahan organik, dan genangan air. Hasil penelitian Maftu'ah et al. (2007) menunjukkan bahwa populasi mesofauna yang aktif di permukaan tanah dengan tanaman jeruk tertinggi pada surjan, sedangkan terendah pada tukungan. Populasi makrofauna aktif di permukaan tanah tertinggi pada areal tumbuhan perupuk (*Pragmites karka*), sedangkan populasi terendah ditemukan pada areal lahan terlantar (Tabel 10).

Tabel 10. Populasi mesofauna dan makrofauna yang aktif di permukaan tanah pada berbagai penggunaan dengan berbagai tanaman di lahan sulfat masam.

Jenis fauna tanah	Populasi (ekor/jebak) pada berbagai penggunaan lahan					
	Terlantar	Tukungan jeruk	Surjan jeruk	Karet	Ubi kayu	Parupuk
<b>Mesofauna</b>						
- Diplura	-	-	3	3	1	3
- Acarina	-	-	10	-	1	-
- Collembola	2	-	5	5	2	20
- Isopoda	2	-	2	1	-	-
- Isoptera	-	-	4	2	-	-
<b>Jumlah</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>23</b>
<b>Makrofauna</b>						
- Hymenoptera	9	8	52	8	5	59
- Araneidae	2	2	5	3	10	9
- Diplopoda	2	8	5	6	4	-
- Coleoptera	-	-	-	2	2	4
- Diptera	2	2	2	-	-	4
- Orthoptera	-	-	-	4	6	-
- Chilopoda	-	-	-	-	-	8
- Homoptera	-	-	-	-	-	2
<b>Jumlah</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>64</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>86</b>

Sumber: Maftuah et al. (2007)

Perbedaan sistem penggunaan lahan dan jenis komoditas yang ditanam mempengaruhi keanekaragaman dan populasi makrofauna tanah. Penggunaan lahan mempengaruhi kelembaban, suhu serta beberapa sifat kimia tanah seperti dikemukakan sebelumnya. Makrofauna yang aktif di permukaan tanah bersifat sesaat, pada kondisi menguntungkan populasi meningkat dan sebaliknya pada kondisi merugikan berpindah tempat. Kondisi yang disukai oleh fauna tanah bersifat aerob dan lembab tetapi tidak berair. Keanekaragaman makrofauna atau mikroorganisme dapat dinilai dengan Indeks Keanekaragaman (IK). IK makrofauna dipermukaan umumnya lebih tinggi dibandingkan di dalam tanah. IK makrofauna permukaan tanah yang tertinggi ditemukan pada areal pertanaman karet dan terendah pada areal lahan terlantar. IK makrofauna dalam tanah tertinggi juga ditemukan pada areal pertanaman karet dan terendah pada areal tukungan jeruk. IK mesofauna rata-rata tertinggi ditemukan pada areal surjan jeruk dan terendah pada areal pertanaman ubi kayu (Gambar 19).



Gambar 20. Indeks Keanekaragaman (IK) fauna tanah pada berbagai penggunaan lahan dan komoditas.

Sumber: Maftuah *et al.* (2007)

Penurunan keanekaragaman organisme tertentu dapat dijadikan bioindikator atau deteksi dini terjadinya perubahan habitat atau ekosistem tertentu. Menurut Maftuah *et al.* (2013) dengan mengutip beberapa pendapat pakar lingkungan, menyatakan bahwa bioindikator adalah organisme yang dapat memberikan respon, indikasi, peringatan dini atau representasi serta refleksi dan informasi dari kondisi dan atau perubahan yang terjadi pada suatu ekosistem. Salah satu peran bioindikator adalah untuk menentukan kualitas tanah pada ekosistem tertentu. Kualitas tanah umumnya ditentukan oleh sifat fisik dan kimia. Penggunaan organisme juga dapat digunakan sebagai bioindikator perubahan lingkungan yang berdampak terhadap kualitas tanah. Bioindikator yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas tanah harus memiliki ciri antara lain: biota sensitif terhadap perubahan, mempunyai respon spesifik, mudah ditemukan dalam jumlah banyak dan biaya penentuan relatif murah (Maftu'ah, 2002). Keberadaan fauna tanah dapat dijadikan bioindikator kualitas tanah. Fauna tanah berperan penting dalam proses yang ada di dalam tanah, diantaranya dekomposisi, aliran karbon, redistribusi unsur hara, siklus unsur hara, bioturbasi dan agregrasi tanah (Giller *et al.* 1997).

Berdasarkan penelitian Maftu'ah *et al.* (2007), keberadaan fauna tanah berhubungan dengan sifat fisik dan kimia tanah di lahan sulfat masam. Misalnya, populasi makrofauna dalam tanah seperti cacing (*Oligochaeta*) dan lalat (*Diptera*) pada tanah sulfat masam menunjukkan korelasi negatif terhadap kelembaban tanah pada batas antara 80-96%. Hal ini terjadi karena pada lokasi penelitian tergolong lahan rawa pasang surut yang dengan

kondisi umumnya anaerob dan kadar air tinggi, sehingga semakin tinggi kadar air tanahnya data antara 80-96% justru populasi cacing tanah semakin menurun (Tabel 11).

Tabel 11. Koefisien korelasi antara fauna tanah dengan sifat kimia tanah di lahan sulfat masam

Fauna tanah	Sifat Fisika dan Kimia Tanah					
	Kelembaban (%)	pH	C (%)	N (%)	C/N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)
<b>Makrofauna permukaan</b>						
Kelimpahan Semut	-0.497	0.49	-0.49	0.192	-0.65*	0.21
Kelimpahan Cacing	-0.546	-0.68*	-0.11	-0.45	0.26	-0.26
Kelimpahan Kumbang	-0.35	-0.23	-0.35	-0.71	-0.22	-0.19
Kelimpahan Jangkrik	-0.07	-0.36	-0.28	-0.23	-0.41	-0.72*
Kelimpahan Laba-laba	0.08	-0.01	-0.04	0.59*	-0.22	-0.29
Kelimpahan Lalat	-0.09	-0.16	-0.16	-0.52	0.00	0.31
<b>Mesofauna dalam tanah</b>						
Kelimpahan Rayap	-0.19	-0.19	-0.37	-0.42	-0.33	-0.41
Kelimpahan Acarina	-0.48	0.21	-0.52	0.07	-0.64*	0.09
Kelimpahan Isopoda	0.39	-0.13	0.61*	0.95**	0.42	-0.42
Kelimpahan Diplura	-0.21	0.27	-0.28	-0.56	-0.13	0.69*
Kelimpahan Collembola	0.16	0.20	0.38	0.31	0.32	-0.27
<b>Makrofauna dalam tanah</b>						
Kelimpahan Semut	0.18	0.23	0.59*	0.53	0.51	0.13
Kelimpahan Cacing	-0.86*	-0.15	0.59*	-0.56	-0.52	0.11
Kelimpahan Kaki seribu	0.15	-0.05	-0.24	-0.45	-0.16	-0.16
Kelimpahan Lipan	-0.19	-0.11	-0.31	-0.36	-0.28	-0.35
Kelimpahan Diptera	-0.89**	-0.44	-0.62	-0.50	-0.77*	-0.17
<b>Keanekaragaman</b>						
Makrofauna di permukaan	-0.289	-0.487	-0.453	-0.546	-0.336	-0.515
Mesofauna di dalam tanah	-0.049	0.596*	-0.272	-0.07	-0.353	-0.564*
Makrofauna di dalam tanah	-0.803*	-0.196	-0.277	-0.726*	-0.117	0.130

Keterangan: \*korelasi nyata, \*\* korelasi sangat nyata  
 Sumber : Maftuah et al. (2007)

Populasi Isopoda berkorelasi positif nyata terhadap kadar bahan organik tanah, N total dan kemasaman tanah pada lahan sulfat masam. Keanekaragaman makrofauna tanah yang aktif di permukaan tidak menunjukkan korelasi dengan faktor fisika dan kimia tanah. Namun mesofauna dalam tanah yang diekstraksi dengan *Barlese Tullgren* menunjukkan korelasi positif dengan pH tanah. Pada lahan lebak, keanekaragaman fauna tanah cukup tinggi, baik fauna yang aktif di permukaan maupun di dalam tanah didominasi oleh ordo Acarina, Hymenoptera, Diptera, sedangkan fauna yang aktif di dalam tanah didominasi oleh Collembola, Oligochaeta, Diplopoda (Maftuah et al., 2004). Populasi Acarina pada musim hujan di areal lebak terlantar lebih tinggi (184 ekor/kg tanah) dibandingkan pada areal pertanaman karet (104 ekor/kg tanah). Acarina yang

sering dijumpai di lahan lebak adalah family Polyaspididae, Uropodidae dan Trambillidae. Populasi Collembola tertinggi (16 ekor/kg tanah) di lahan terlantar. Collembola yang ditemukan adalah famili Sminthuridae, Onychiuridae dan Entomobryidae. Populasi family Formicidae (Hymenoptera) dominan di lahan rawa lebak, tertinggi (264 ekor/kg tanah) dijumpai pada areal tumbuhan perupuk, diikuti lahan pertanian (12 ekor/kg tanah) dan areal pertanaman karet (4 ekor/kg tanah). Menurut Handayanto (2000) bahwa famili Formicidae (semut) merupakan fauna yang habitat makannya bervariasi yaitu termasuk dalam karnivora, saprofit, predator dan decomposer. Semut mampu mempengaruhi struktur tanah dengan menggali sarang dan menimbun lapisan tanah tipis di permukaan. Semut lebih menyukai tanah dengan kandungan bahan organik tinggi.

Pada lahan gambut populasi dan jenis fauna tanah bervariasi tergantung macam penggunaan lahan, ketebalan gambut dan musim (Maftu'ah *et al.*, 2004). Pada lahan gambut populasi mesofauna tanah pada areal pertanaman karet lebih tinggi dibandingkan areal pertanaman nenas, terong, jagung, dan lahan terlantar, tetapi keanekaragaman tertinggi pada lahan terlantar. Fauna tanah yang dominan adalah Acarina kemudian disusul oleh Diptera, Hymenoptera, Thymenoptera. Populasi Acarina pada musim hujan tertinggi pada areal pertanaman karet (54 ekor/kg tanah), sedangkan di lahan terlantar lebih rendah (20 ekor/kg tanah).

Keberadaan cacing tanah di lahan gambut sangat tergantung pada pengelolaan lahannya. Pada lahan gambut alamiah jarang dijumpai cacing tanah, namun pada lahan gambut yang dibudidayakan lebih banyak. Biomassa dan populasi cacing tanah pada beberapa penggunaan lahan gambut dipengaruhi oleh musim. Pada lahan bergambut ditemui tiga spesies cacing tanah yaitu *Dichogaster* sp., *Pontoscolex corethrurus* dan *Megascolex* spp, sedangkan pada lahan gambut tebal hanya ditemui *Dichogaster* sp. yang dimungkinkan berasal dari bahan amelioran yang digunakan. Populasi cacing tanah di lahan gambut lebih besar pada musim hujan dibanding musim kemarau (Maftu'ah dan Susanti, 2009). Beberapa fauna tanah lainnya, seperti Coleoptera dan Carabidae mempunyai populasi lebih tinggi pada musim kering (arid) dibandingkan musim basah (winter) di lahan rawa Swedia (Anderson, 2011).

Pada lahan rawa terdapat sejumlah mikroorganisme seperti jamur dan bakteri yang berkembang, tergantung pada kondisi iklim, tanah dan air di lokasi setempat. Bakteri yang banyak ditemui di lahan rawa pasang surut sulfat masam adalah genus *Desulfovibrio* yang berperan dalam pereduksi sulfat yang bersifat *obligat anaerob* yaitu hanya mampu hidup dan giat berkembang dalam suasana anaerob. Mikroorganisme yang berperan dalam oksidasi besi dan pirit di lahan sulfat masam adalah genus *Thiobacillus*. terdiri atas 3 jenis, yaitu (1) *Thiobacillus ferrooxidans* yang mengoksidasi Fe (II) dan pirit

(FeS<sub>2</sub>). (2) *Thiobacillus acidophilus*, berperan mengoksidasi pirit hanya pada keadaan tertentu, dan (3) *Thiobacillus thiooxidans* yang hanya mengoksidasi sulfur dan pirit, dan *T. ferrooxidans* secara cepat menghasilkan Fe<sup>2+</sup> dari Fe<sup>3+</sup> dalam suasana masam (Subba-Rao, 1994).