

Pengelolaan Lahan dan Budidaya Tanaman Lahan Terdampak Lumpur Marine Sidoarjo

Mochamad Thohiron^{1,2}, Heru Prasetyo^{1,2}

¹Program Studi Kajian Lingkungan dan Pembangunan, Program Pascasarjana, Universitas Brawijaya, Malang

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Abstrak

Makalah ini menjelaskan bagaimana upaya memperbaiki kesuburan tanah pada lahan terdampak lumpur marine, melalui rehabilitasi lahan dan budidaya tanaman. Salinitas dan toksisitas unsur dalam lumpur Marine Sidoarjo telah mendegradasi kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah. Luapan lumpur menyebabkan lapisan tanah atas tertimbun lumpur dan menghancurkan petak sawah, sarana-prasarana irigasi, vegetasi dan tanaman pertanian. Salinitas dan toksisitas mengakibatkan berkurangnya hasil tanaman dan produktivitas pertanian. Analisa laboratorium menunjukkan bahwa material ini bersifat salin-sodik, dengan $EC \geq 14 \text{ dS m}^{-1}$ dan $ESP > 1\%$. Peningkatan konsentrasi garam-garam Ca, Mg, dan Na dalam air irigasi dapat menyebabkan E_c tanah meningkat. Senyawa $CaCO_3$ dan $CaSO_4$ terbentuk pada E_c tanah 4mS/cm , $DHL > 4 \text{ dS/m}$ tergolong pada sifat saline. Unsur-unsur toksik dalam lumpur marine adalah Na, Al, Fe dan Cl. Tingginya Na-dd dalam tapak jerapan dapat diturunkan dengan aplikasi Ca amandemen. Aplikasi 6-8 ton/ha gypsum dapat menurunkan kadar Na-tanah yang tinggi. Tanaman mempunyai kisaran toleransi tertentu terhadap perubahan bahkan cekaman lingkungan untuk selanjutnya dapat beradaptasi, termasuk pada cekaman salinitas. Kondisi actual biofisik dan kimia lahan sawah terdampak memerlukan upaya pengelolaan lahan dan sistem budidaya tanaman secara tepat agar dicapai produksi tanaman yang optimal.

Kata Kunci: Pengelolaan Lahan, salinitas, toksisitas, lumpur marine, amandemen, cekaman

Abstract

This paper describes how efforts to improve soil fertility in the lands affected by marine mud, through the land rehabilitation and crop cultivation. Salinity and element toxicities in Sidoarjo mud Marine has degraded the physical, chemical and biological properties of soil. Mudflow caused topsoil silted and destroy rice terraces, irrigation infrastructures, vegetation and agricultural crops. Salinity and toxicity resulting in reduced crop yields and agricultural productivity. Laboratory analysis indicates that this material is saline - sodic, with $EC \geq 14 \text{ dS m}^{-1}$ and $ESP > 1\%$. Increased concentrations of salts Ca, Mg, and Na in irrigation water can cause increased soil E_c . $CaCO_3$ and $CaSO_4$ compounds are formed on land with the $E_c = 4\text{mS/cm}$; $DHL > 4 \text{ dS/m}$ belong to the saline nature. Toxic elements in marine mud are Na, Al, Fe and Cl. The high Na-dd in adsorption complexes can be reduced by application of Ca amendment. Application of 6-8 tonnes / ha gypsum can reduce levels of Na in soil. Plants have a certain tolerance range to the change and stress of environment, including the salinity stress. Actual condition of the biophysical and chemical of sawah land requires management efforts and cultivation system accurately to achieve optimum crop production.

Keywords : Land Management, salinity, toxicity, marine mud, amendment, stress

PENDAHULUAN

Bagian Lumpur secara umum adalah unsur bumi yang memiliki sifat terapeutik. Setiap wilayah di bumi menghasilkan lumpur yang unik sesuai kondisi geografisnya. Lumpur terdiri dari kombinasi tanah, debu, liat dan air serta kaya vitamin maupun mineral. Berbagai jenis lumpur ditemukan diantaranya adalah: Lumpur Laut Mati (*Dead Sea Mud*), Lumpur Moor (*Moor Mud*), Lumpur Vulkanik California (*Volcanic Mud Bath* –

Calistoga California), Lumpur *Great Salt*, Lumpur *Hungaria Wellness*, Lumpur *Ischia Italia*, Lumpur *Bad Wilsnack* Jerman, Lumpur *Multani Mitti* India, dan yang terakhir adalah lumpur Sidoarjo atau disebut lumpur marine.

Luapan lumpur Marine Sidoarjo telah menimbulkan dampak secara langsung maupun tidak langsung yang berdampak besar terhadap kondisi fisik, kimia dan biologi tanah. Secara langsung, luapan lumpur menyebabkan lapisan tanah tertimbun lumpur marine, dan menghancurkan petak sawah, sarana prasarana irigasi dan pertanian lainnya. Luapan lumpur marine tersebut juga menghancurkan berbagai vegetasi, termasuk tanaman pertanian. Lumpur

* AlamatKorespondensi
Mochamad Thohiron
Email : elfahdbtram@yahoo.co.id
Alamat : Perum TAS 4 B1 No. 09 Sidoarjo

marine mempengaruhi lingkungan pertanian dan menyebabkan tanaman mati karena plasmolisis kadar garam yang tinggi dan keracunan beberapa unsur hara berlebih. Secara tidak langsung, lahan pertanian banyak yang terlantar karena pemiliknya menjadi korban atau belum terurus karena masih banyaknya pekerjaan di luar bidang pertanian yang menjanjikan pendapatan langsung.

Tanda yang paling terlihat pada lahan pertanian di wilayah terdampak adalah matinya tanaman-tanaman yang dibudidayakan. Matinya tanaman-tanaman ini disebabkan oleh karena tingkat konduktifitas elektrik yang tinggi dari air lumpur dalam sistem larutan tanah yang diserap tanaman. Tingginya nilai EC menyebabkan tekanan osmotik air meningkat hingga terjadinya plasmolisis jaringan tanaman. Nilai EC yang tinggi dari air lumpur disebabkan karena kandungan garam-garam terlarut terutama NaCl yang mendominasi dalam sistem larutan tanah sebagai unsur salinitas. Menurut Agus et al. (2005), tanah dengan daya hantar listrik >4 dS/m tergolong tanah salin.

Pemasalahan salinitas telah meluas akhir-akhir ini. Data FAO memperlihatkan bahwa hampir 50% lahan irigasi mengalami masalah salinitas. Setiap tahun beberapa ratus ribu hektar lahan irigasi ditinggalkan karena mengalami salinisasi (Abrol 1986). Fenomena ini juga terjadi secara luas di Indonesia, namun perkiraan luas (dengan data yang valid) tidak dapat dikemukakan karena kurangnya survai yang bersifat ilmiah. Di sepanjang daerah produksi padi utama di Indonesia (PANTURA) masalah yang berhubungan dengan salinitas pasti meningkat, dan dari beberapa temuan hasil diskusi yang berkembang di daerah tersebut ternyata sebagian petani telah merubah usaha padinya menjadi lahan pembuatan garam dan perikanan atau bahkan meninggalkan lahannya.

Salinitas merupakan satu dari berbagai masalah pertanian yang cukup serius yang mengakibatkan berkurangnya hasil dan produktivitas pertanian (Yuniati, 2004). Lebih lanjut Sembiring et al. (2004), pada kenyataannya, salinitas tanah telah menjadi suatu masalah serius dalam produksi tanaman di Indonesia. Sebagai contoh daerah produksi padi yang terletak di dekat pinggir laut seperti di pulau Jawa, Sulawesi Selatan dan yang lainnya menghadapi masalah salinitas; banyak petani merubah lahan sawahnya menjadi lahan untuk membuat garam dan perikanan, atau bahkan meninggalkannya.

Pada dasarnya tanaman mempunyai kisaran toleransi tertentu terhadap perubahan bahkan cekaman lingkungan untuk selanjutnya dapat beradaptasi, termasuk pada cekaman salinitas. Kondisi biofisik dan kimia lahan sawah terdampak yang tidak menguntungkan tanaman tersebut memerlukan upaya pengelolaan lahan dan sistem budidaya tanaman secara tepat agar dicapai tingkat produksi yang optimal.

Pembahasan dalam tulisan ini bertujuan untuk melakukan review terhadap beberapa kajian mengenai dampak lumpur marine dalam hubungannya dengan pilihan sistem pengelolaan lahan dan tanaman melalui penerapan sistem budidaya dan pertanaman dalam mendukung produktivitas pertanian di wilayah terdampak. Diharapkan dari hasil diskusi ini dapat diperoleh informasi mengenai sejumlah alternatif maupun opsi sistem budidaya pertanian lahan lumpur marine.

EFEK LUMPUR MARINE TERHADAP KUALITAS LAHAN

a. Terhadap Kesuburan Lahan

Secara geologi hasil pemerian fosil lumpur marine maupun kandungan kimia batuan serta biota, secara alamiah bersumber dari erosi batuan gunung api yang berumur 4,9 juta tahun hingga 2,8 juta tahun yang lalu yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal. Jadi, pada dasarnya lumpur dan air tersebut mempunyai habitat yang pada proses pembentukannya dipengaruhi oleh kondisi laut pada saat itu.

Lumpur dan air merupakan bahan alam yang terjadi karena proses pengendapan (sedimentasi) dan berasal dari aktivitas gunung api purba. Berdasarkan kandungan unsur dan proses pembentukannya, lumpur sidoarjo merupakan lumpur yang mencirikan sedimentasi/ endapan lumpur laut (marine) yang banyak dipengaruhi kondisi mineral air laut, salah satunya garam NaCl sebagai unsur salinitas dominan.

Kerusakan yang disebabkan oleh luapan lumpur bersifat struktural, fisika, kimia dan biologi. Hasil analisis lumpur marine menunjukkan bahwa tanah tergenang berubah menjadi salin-sodik, dengan E_c diatas 4.0 dS m⁻¹. Namun, tidak hanya meningkatnya garam-garam terlarut (Na-dd) tapi juga masalah yang berhubungan dengan ketidak-seimbangan hara.

Salinitas didefinisikan sebagai adanya garam terlarut dalam konsentrasi yang berlebihan dalam larutan tanah (Yuniati, 2004). Satuan pengukuran salinitas adalah konduktivitas elektrik yang dilambangkan dengan

decisiemens/m pada suhu $25 \pm C$. Sedangkan garam terlarut umumnya tersusun oleh sodium (Na^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), klor (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{2-}). Magnesium sulfat ($MgSO_4$) dan sodium kloride ($NaCl$) merupakan garam terlarut yang sering dijumpai (UN-FAO, 2005).

Salinitas tanah adalah keadaan tinggi rendahnya garam di dalam tanah (Agus, *et al.*, 2005). Garam dapur ($NaCl$) merupakan garam yang dominan, namun garam-garam Na_2SO_4 , $MgSO_4$, $NaHCO_3$, Na_2CO_3 , $CaSO_4$, $CaCO_3$, juga menentukan salinitas tanah. Semakin tinggi konsentrasi garam-garam ini pada larutan tanah, semakin tinggi pula daya hantar listrik (DHL) larutan tanah. Tanah dengan daya hantar listrik $>4 dS/m$ tergolong tanah *salin*.

Problem salinitas pada pertanian beririgasi sering terkait dengan muka air tanah. Peningkatan kapilaritas dari muka air tanah dangkal akan membawa kembali garam-garam masuk ke daerah perakaran dan menjadi suatu sumber garam kontinyu. Tanah bertekstur liat, kapilaritasnya dapat mencapai 50 cm (Franzen, *et al.*, 1994). Tanah yang ditanami salinitasnya menurun lebih cepat bila dibandingkan dengan yang tidak ditanami (Wienhold dan Trooien, 1995).

Sehubungan dengan produktivitas pertanian, kerusakan oleh karena genangan lumpur Marine Sidoarjo bersifat struktural, fisika, kimia dan biologi. Analisis bahan lumpur menunjukkan bahwa tanah telah berubah menjadi *salin-sodik*, dengan EC sebesar $\geq 14 dS m^{-1}$ dan ESP sebesar $> 1\%$. Hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa endapan lumpur selain mengandung unsur-unsur yang bersifat meracun (Natrium, Aluminium, Mangan, Besi, dan Khlor) serta DHL yang tinggi, juga unsur-unsur yang bersifat positif (Sulfur, Kalium, Kalsium, dan Magnesium) dengan KTK yang tinggi ($> 40 m.e.g$).

Peningkatan konsentrasi garam-garam Ca, Mg, dan Na dalam air irigasi dapat menyebabkan Ec tanah meningkat (Amdt dan Richardson, 1989 *cit* Ayers dan Westcot, 1994). Mineral-mineral $CaCO_3$ dan $Ca SO_4$ mulai terbentuk pada Ec tanah $4mS/cm$. Tingginya Na-dd dalam tapak jerapan dapat diturunkan dengan penggantian Ca amandemen. Pemberian Gypsum sebanyak 20-25 ton/ha dapat memperbaiki permasalahan tanah dengan Na yang tinggi (Hoeft, 1999), sedangkan Santoso (1993), dengan hanya menggunakan 6-8 ton/ha. Selanjutnya reaksi gypsum di dalam tanah ditentukan oleh tekstur tanah, KTK, kandungan Na, kedalaman tanah, dan ESP

(Richard, 1969; Alam, *et al.*, 2001). Secara ekonomis biayanya murah meskipun kelarutannya rendah, mudah tersedia, dan mudah penanganannya. Akan tetapi karena ESP diturunkan maka konsentrasi elektrolit menjadi meningkat. Dolomit lebih umum digunakan jika pH tanah rendah (Richards, 1969).

Lapisan lahan yang terbentuk oleh endapan lumpur marine mengandung berbagai macam hara, terutama Si, K, Ca, dan Mg, namun pengayaan hara ini tidaklah cukup untuk memenuhi kebutuhan sebagian besar tanaman. Hal ini karena unsur-unsur hara tersebut berada dalam keadaan yang tidak berimbang. Dengan demikian penambahan bahan-bahan pembenah (*amandemen*), amelioran seperti pemupukan pada umumnya tetap diperlukan.

Proses salinisasi tersebut terjadi karena garam $NaCl$ yang dibawa lumpur marine akan terperap oleh tanah, namun jerapan tersebut tidak sekuat bila dibandingkan dengan jerapan tanah terhadap Ca, Mg dan K .yang memungkinkan unsur Na demikian lebih mudah tercuci. Pencucian lebih mudah terjadi bila tanah mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah, tekstur kasar, dan curah hujan tinggi. Tetapi pada hasil analisa lumpur marine Sidoarjo yang terjadi justru sebaliknya, nilai KTK cukup tinggi ($> 40 m.e.g$) dengan sifat fisik yang didominasi fraksi liat /lempung (clay: 71,43%) maka proses pencucian menjadi kendala/ terhambat. Masih tingginya nilai DHL tanah dan air tanah yang masih tinggi ($\geq 14 dSm^{-1}$) menjadikan upaya proses pencucian garam harus tetap dilakukan, karena pada umumnya batas aman untuk berbagai usaha pertanian adalah sebesar DHL $< 2 dS/m$ (sebagai pada batas aman).

Bila curah hujan cukup tinggi ($>2500 mm/tahun$) dan tekstur tanah umumnya lempung berpasir, garam-garam yang mencemari lahan pertanian dengan cepat dapat tercuci namun pada bagian tanah yang cekung dan berdrainase buruk (di beberapa cekungan *Desa Gempolsari dan Glagaharum*), DHL air tanah dan air permukaan relatif tetap tinggi.

Daerah dengan salinitas yang masih tinggi untuk sementara waktu perlu dihindari dari penanaman menjelang pencucian alami berlanjut. Dengan berlangsungnya proses pencucian garam secara alami oleh air hujan, masalah salinitas diharapkan mengalami penurunan secara nyata, terutama apabila mendapat curah hujan tinggi dan tekstur tanah agak kasar. Perbaikan sistem drainase, akan

dapat mempercepat proses pencucian. Langkah lain adalah dengan melakukan pencucian secara artifisial, namun proses ini akan memakan tenaga kerja dan biaya yang tinggi serta memerlukan air tawar dalam jumlah banyak.

Dengan kondisi biofisik lahan yang mendekati bonorowo, nilai pH rendah pada lahan terdampak sering terjadi kekahatan unsur-unsur hara makro (N, P, K, Ca dan Mg), seperti halnya masalah unsur mikro di lahan pasang surut. Kondisi ini akan menjadi lebih memprihatinkan dengan adanya sedimen lumpur marine yang terakumulasi di atas permukaan tanah. Sebagian tanah mempunyai nilai pH yang tinggi dengan Ca dan Mg dapat ditukar yang tinggi, serta kandungan N, P dan K yang rendah. Karena hal-hal ini, daerah yang berbeda memerlukan perhatian khusus karena perbedaan dalam hal tekstur tanah dan pH, tingkat salinitas, serta ketersediaan unsur-unsur hara makro dan mikro.

Pencucian, perbaikan lahan dan pemberian mulsa, serta pemupukan merupakan komponen kegiatan utama untuk rehabilitasi lahan terdampak. Namun, karena keterbatasan struktur sistem irigasi dan drainase serta masalah yang sangat kompleks berhubungan dengan keharaan di tanah terdampak lumpur marine, kedua cara perbaikan ini tidaklah mudah dijalankan dan memerlukan waktu yang lama dengan usaha-usaha yang terintegrasi. Pada kenyataannya, restrukturisasi dan rehabilitasi tanaman pangan berjalan lambat. Pembatas utama adalah perbaikan sistem irigasi dan drainase yang tidak mudah dilaksanakan. Sedangkan peningkatan nutrisi tanah yang optimum sangat memerlukan irigasi dan drainase yang baik.

Perubahan-perubahan lingkungan tanah dan kesuburan lahan yang terjadi sebagai dampak salinisasi garam lumpur marine menunjukkan bahwa apabila Na mendominasi kompleks pertukaran kation akan terjadi dispersi agregat tanah. Dispersi agregat tanah merupakan suatu keadaan yang tidak menguntungkan buat sistem pertanian lahan kering, namun dikehendaki untuk sistem sawah karena sawah harus dilumpurkan. Untuk lahan kering, tanah yang terdispersi akan mengalami penyumbatan pori sehingga infiltrasi tanah terhambat dan permukaan tanah mengalami pengkerakan (*crusting*) yaitu terbentuknya bongkahan lapisan keras di atas permukaan tanah. Selain mengganggu infiltrasi, kerak dapat menghalangi perkecambahan tanaman. Pengolahan tanah, pencucian garam Na, dan pencampuran bahan

organik pada permukaan tanah dapat membantu mengurangi kerak di permukaan tanah. Penggunaan gips (CaSO₄) dapat mempercepat pencucian Na dan mengurangi salinitas tanah.

Lumpur marine, selain dominan mengandung Na, juga mengandung kation-kation Ca, K, Mg, serta berbagai ion dan senyawa kimia lainnya. Kation-kation ini kemudian terjerap dalam tanah dengan menggantikan kation yang terjerap sebelumnya. Dengan demikian apabila terjadi penutupan tanah oleh lumpur marine kesuburannya cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang tidak tertutup lumpur marine. Namun setelah kelarutan garam yang terlalu tinggi menyebabkan tekanan osmosis media lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan osmosis dalam sel tanaman. Akibatnya tanaman tidak mampu menyerap air dan unsur hara. Ekspresi yang muncul pada tanaman adalah mudah layu, kerdil dan gejala defisiensi hara, walaupun dalam tanah tersedia cukup hara.

Berdasarkan kejenuhan kation, keseimbangan kation dalam kompleks jerapan idealnya adalah Ca 65%, Mg 10%, K 5% dan H 20% (McLean, 1977). Kation Na tidak didefinisikan karena idealnya memang harus sangat rendah. Tabel Analisis Lumpur menunjukkan bahwa kation Na dan Mg tergolong cukup tinggi dalam kompleks jerapan. Sebaliknya kation K dan Ca relatif rendah. Hal ini berarti bahwa endapan lumpur marine berpengaruh besar terhadap keseimbangan kation dalam tanah. Dengan meningkatnya kadar kation pesaing (Na dan Mg), maka tanaman berpotensi mengalami defisiensi K, karena serapan hara tidak hanya ditentukan oleh jumlah kation, tetapi juga rasio hara tersebut terhadap hara lainnya. Untuk itu pemberian pupuk K tetap direkomendasikan. Demikian pula halnya dengan kation Ca, terutama untuk tanaman yang memerlukan Ca tinggi seperti kacang tanah agar polongnya tidak menjadi hampa.

Kandungan Silikat dan Aluminium juga ditemukan dalam kadar yang tinggi pada material lumpur marine (lokasi Siring Porong). Salah satu peranan Si terpenting adalah meningkatkan ketahanan akan penyakit.

Beberapa unsur kimia penting dan bernilai positif (Sulfur, Kalium, Kalsium dan Magnesium) serta KTK juga ditemukan dalam kadar yang tinggi sebagaimana Tabel 1.

Pencucian, perbaikan lahan dan pemberian mulsa, serta pemupukan merupakan komponen utama untuk rehabilitasi lahan terdampak. Namun karena keterbatasan struktur sistem irigasi dan drainase serta masalah sangat

komplek yang berhubungan dengan keharaan di tanah terdampak, kedua cara perbaikan ini tidaklah mudah dijalankan dan memerlukan waktu yang lama dan usaha-usaha yang terintegrasi. Pada kenyataannya, restrukturisasi dan rehabilitasi tanaman pangan berjalan lambat. Pembatas utama adalah perbaikan sistem irigasi dan drainase yang tidak mudah dilaksanakan. Sedangkan peningkatan nutrisi tanah yang optimum sangat memerlukan irigasi dan drainase yang baik.

Tabel 1. Hasil analisa kimia lumpur Lapindo dengan metode SEM-EDX di lokasi Siring

Element (O)	mass (%) 45.88	Error (%)	Compound		Mass (%)
Na K	1.17	1.10	Na ₂ O	1.57	0.43
Mg K	1.75	1.00	MgO	2.90	0.60
Al K	13.27	1.09	Al ₂ O ₃	25.07	4.12
Si K 2	25.67	1.18	SiO ₂	54.92	7.65
Cl K	0.91	0.65	Cl	0.91	0.00
K K	1.93	0.98	K ₂ O	2.32	0.41
Ca K	1.54	1.31	CaO	2.16	0.32
Fe K	7.89	2.54	FeO	10.15	1.18

Tabel 2. Hasil analisa kimia lumpur Lapindo Fakultas Pertanian UNIBRAW

Unsur	Nilai	Unsur	Nilai
Sulfur (S) ppm	> 50	Natrium (Na-dd) me/100g	> 1
Kalium (K-dd) me/100g	> 1	Aluminium (Al-dd) me/100	> 0,2
Kalsium(Ca-dd) me/100g	> 10	Besi (Fe tersedia) ppm	>700
Magnesium (Mg-dd) 100g	> 2	Khlor (Cl tersedia) %	≥ 1
KTK (me/100g)	> 40	DHL mS/cm	> 14

b. Terhadap Tanaman dan Komoditas Pertanian

Salinitas merupakan salah satu cekaman abiotik yang sangat mempengaruhi produktivitas dan kualitas tanaman. Lahan pasang-surut, terdapat disepanjang daerah pantai Sumatra, Kalimantan, Jawa, Irian dan pulau-pulau lainnya, terdiri dari berbagai ekosistem yang dipengaruhi oleh pergerakan air pasang dan salinitas dengan tingkat yang bervariasi. Lahan tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan kedalaman gambut, sifat-sifat tanah dan tingkat pengaruh air pasang, dan disebut sebagai daerah “pasang-surut”, dimana padi sawah merupakan komponen utama pola tanam. Pertumbuhan akar, batang dan luas daun berkurang karena cekaman garam, yaitu; ketidak-seimbangan metabolik yang disebabkan

oleh keracunan ion, cekaman osmotik dan kekurangan hara.

Gejala keracunan garam pada tanaman padi berupa terhambatnya pertumbuhan, berkurangnya anakan, ujung-ujung daun bewarna keputihan dan sering terlihat bagian-bagian yang khlorosis pada daun, dan walaupun tanaman padi tergolong tanaman yang tolerannya sedang, pada nilai EC sebesar 6-10 dS m⁻¹ penurunan hasil gabah mencapai 50% (Brinkman dan Singh, 1982). Lebih jauh, Dobermann and Fairhurst (2000) menyimpulkan bahwa padi relatif lebih toleran terhadap salinitas saat perkecambahan, tapi tanaman bisa dipengaruhi saat pindah tanam, bibit masih muda, dan pembungaan.

Pengaruh lebih jauh terhadap tanaman padi adalah: 1) berkurangnya kecepatan perkecambahan; 2) berkurangnya tinggi tanaman dan jumlah anakan; 3) pertumbuhan akar jelek; 4) sterilitas biji meningkat; 5) kurangnya bobot 1000 gabah dan kandungan protein total dalam biji karena penyerapan Na yang berlebihan; dan 6) berkurangnya penambatan N₂ secara biologi dan lambatnya mineralisasi tanah. Menurut Mengel and Kirkby (1979), pengaruh merusak dari salinitas sering juga tergantung pada stadia pertumbuhan tanaman. Bagi kebanyakan jenis tanaman stadia bibit adalah sangat peka terhadap salinitas.

Pada umumnya tanaman sereal, hasil biji kurang dipengaruhi dibanding jerami. Tapi pada padi sebaliknya yang terjadi; tanaman padi paling peka pada stadia berbunga dan pembentukan biji.

Pada awal penanaman kebanyakan tanaman tumbuh dan berproduksi jelek. Masalah-masalah salinitas, penggenangan (waterlogging), dan nutrisi tanaman timbul. Perubahan kesuburan tanah dan perubahan kimia, fisika dan biologi lainnya yang berhubungan dengan salinitas di lahan terkena tsunami ditunjukkan oleh hasil padi yang sangat rendah. Pertumbuhan tanaman padi yang tidak baik, pembentukan dan pengisian biji yang rendah banyak ditemukan. Petani-petani padi di lokasi terdampak melaporkan kegagalan pertumbuhan padi dan panen dari pertanaman padi tahun pertama sampai dengan tahun ke empat (puso permanen).

Beberapa jenis tumbuhan yang mampu hidup dengan baik pada habitat dengan tingkat salinitas tinggi, dan disebut sebagai halofit. Tumbuhan tersebut teradaptasi terhadap konsentrasi garam yang tinggi melalui beberapa mekanisme. Suatu gen ketahanan salinitas telah berhasil di-

introduksi dari tumbuhan *halofit*, *Atriplex gmelini*, ke varietas padi yang peka salinitas (varietas *Kinuhikari* dari Jepang) membentuk padi transgenik yang lebih tahan salin (Masaru *et al.* 2002).

Budidaya varietas tanaman tahan salin di lahan sawah terdampak merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman. Sebagai contoh untuk komoditas padi, terdapat beberapa varietas/ kultivar tahan salin. Di pantai Tamilnadu-India, terdapat banyak jenis padi lokal dan tanaman lain yang dapat bertahan dari gelombang pasang-surut dan intrusi air laut. Beberapa jenis padi lokal tersebut adalah *Kuzhivedichan*, *Kallurundai* dan *Kundali*, *Rassi*, *Vikas*, *Somasila*, *Swarna*, *Deepti* dan *Vedagiri*. Pada tahun 1998, Khar Land Research Station-India merilis varietas padi unggul tahan salin yaitu *Panvel 1*, *Panvel 2* and *Panvel 3*. *Varietas Panvel 1* memberikan hasil gabah tertinggi sebesar 4,4 t ha⁻¹ (Zeng *et al.* 2003). Di Indonesia varietas unggul padi tahan salin diantaranya adalah *Kapuas*, *Cisadane*, *Cisanggarung*, *IR42* dan *IR64* yang menunjukkan adaptasi baik di tanah bergambut. Sedangkan varietas-varietas *Mendawak*, *Krueng Aceh*, *Seilalan*, *Banyu Asin* dan *Cisadane* toleran terhadap salinitas pada stadia vegetatif dan respon terhadap drainase dan pemupukan. Untuk lahan yang dipengaruhi air pasang di pantai varietas seperti *Kapuas*, *Lambur* dan suatu varietas lokal, berikut beberapa galur dari IRRI (International Rice Research Institute) digolongkan toleran terhadap salinitas pada stadia vegetatif. Varietas-varietas padi yang dianggap toleran terhadap kondisi-kondisi tanah yang berhubungan dengan gambut, kemasaman dan salinitas di lahan pasang-surut adalah *Banyuasin*, *Batanghari*, *Dendang*, *Indragiri*, *Punggur*, *Martapura*, *Margasari*, *Siak Raya*, *Air Tenggulang*, *Lambur* dan *Mendawak* dapat digunakan namun adaptasinya di daerah tertentu memerlukan pengujian dan evaluasi lebih jauh.

Usaha-usaha perbaikan yang dapat dilakukan yaitu: (1) penggunaan varietas tanaman tahan salinitas; (2) penyiapan fasilitas drainase untuk mencuci kelebihan garam-garam, dan (3) pengelolaan nutrisi tanaman yang baik, termasuk hara mikro. Penyediaan drainase memerlukan struktur sistem irigasi dan drainase yang baik, dan pengelolaan nutrisi tanaman yang baik bukanlah sesuatu yang mudah. Kedua cara ini tidak mudah dilaksanakan, karena itu keberhasilannya lama. Dalam waktu dekat, penggunaan varietas padi yang tahan merupakan

usaha yang sangat direkomendasikan untuk mengembalikan produktivitas lahan dan tanaman di tanah terdampak.

PEMBAHASAN UMUM

Bertitik tolak dari beberapa permasalahan terkait dampak lumpur marine terhadap degradasi kesuburan lahan, maka setidaknya ada 3 (tiga) strategi pendekatan yang dilakukan dalam upaya merehabilitasi lahan sekaligus pengurangan dampak, yaitu: (1) implementasi teknologi sistem perbaikan (rehabilitasi) kesuburan lahan-lahan berlumpur di wilayah terdampak (bioremediasi) secara in-situ; (2) pemilihan komoditi spesifik dan penggunaan varietas unggul adaptif-toleran kondisi lingkungan tersebut; dan (3) optimalisasi teknologi sistem penggunaan sumber material lumpur sebagai pembenah lahan diperkaya (*enriched soil amelioran*) secara ex-situ.

a. Pengelolaan Sistem Perbaikan (Rehabilitasi) Lahan

Dalam pengelolaan sistem perbaikan lahan lumpur marine, penanganan akan difokuskan dan diprioritaskan dalam upaya-upaya remediasi (bio) dan ameliorasi tanah. Upaya tersebut dapat ditempuh melalui beberapa cara antara lain: (1) pengapuran untuk meningkatkan pH (derajat keasaman tanah) dan mengatasi keracunan Al dan Fe; (2) ameliorasi pada lapisan tanah atas (top soil) dan bawah (sub-soil) menggunakan gypsum; (3) pengkayaan bahan organik dengan pengembalian residu tanaman dan pupuk kompos; (5) pengkayaan hara mikro terutama dalam bentuk *chelate* atau *fritted trace element* (FTE); (7) pengkayaan dan optimasi peran mikroba bermanfaat; dan (8) pemeliharaan kesuburan tanah dengan penyediaan sumber air irigasi.

b. Pengelolaan Sistem Budidaya Tanaman

Pengelolaan lahan sawah terdampak dan kemudian menatanya secara tepat merupakan salah satu keberhasilan dalam mengembalikan fungsi produksi dan jasa bioekohidrologis lahan sawah. Sistem pengelolaan dan penataan lahan dan penentuan jenis komoditas yang sesuai sangat tergantung pada kondisi biofisik tipe lahan dan kondisi airnya yang kesemuanya merupakan sistem dalam manajemen pengelolaan lapang-lapang produksi (agronomi). Sistem budidaya pada lahan sawah terdampak dapat secara hipotesis dibagi menjadi empat macam yaitu sistem sawah, tegalan, surjan, dan caren.

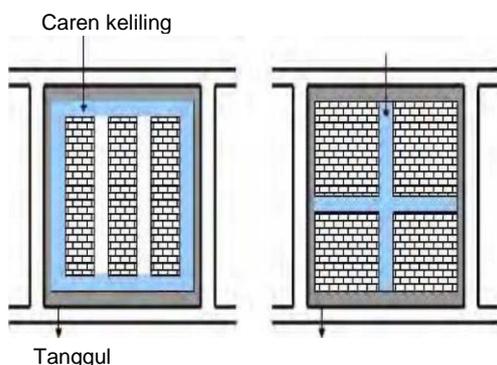
1) Sistem Sawah

Sawah adalah sebidang lahan yang dibatasi oleh pematang untuk menampung kelebihan air sehingga kondisinya menjadi tergenang untuk dibutuhkan tanaman padi. Selanjutnya Najiyati (2005), sawah adalah lahan untuk usahatani yang bisa tergenang air pada waktu dibutuhkan terutama untuk menanam Padi sawah. Pada waktu-waktu tertentu, airnya dapat dikeluarkan sehingga tanah menjadi macak-macak atau kering.

Sawah hanya dibuat pada lahan potensial, bergambut, dan gambut dangkal dengan kedalaman kurang dari 75 cm. Tanah gambut dengan kedalaman lebih dari 75 cm terutama yang belum matang, sulit dibuat sawah. Hal ini karena dalam keadaan tergenang, lahan seperti itu akan amblas jika diinjak. Disamping itu, lapisan kedap air atau tapak bajak (*hard pan*) sulit dibentuk sehingga banyak memerlukan pasokan air.

2) Sistem Surjan

Sistem surjan sudah sejak lama dikenal dan diterapkan petani di beberapa lokasi di Sumatera dan Kalimantan terutama pemanfaatan lahan gambut dangkal (< 75 cm) untuk budidaya pertanian. Sistem budidayanya masih tradisional sehingga produksinya tidak memadai, namun sistem ini mempunyai kearifan tradisional yang ramah lingkungan.



Gambar 1. Penataan lahan sistem tegalan

Surjan dibangun untuk memperoleh/ membentuk lahan sawah yang bisa ditanami padi dan lahan kering yang bisa ditanami palawija, sayuran, atau tanaman tahunan dalam waktu yang bersamaan. Sistem penataan lahan ini sering dibuat petani karena lahan tidak terluapi air atau pasokan air terbatas sehingga tidak dapat membuat sawah pada seluruh lahan. Keuntungan pembuatan surjan adalah petani dapat menganekaragamkan komoditas sehingga

mengurangi resiko kegagalan. Selain itu, surjan juga dapat digunakan sebagai sarana suksesi dari pertanian Padi dan Palawija.

Pembuatan surjan dilakukan dengan cara merendahkan/menggali sebagian permukaan tanah dan meninggikan permukaan tanah lainnya secara beraturan. Bagian yang direndahkan disebut **tabukan** atau **sawah**, digunakan untuk bertanam padi terutama di musim hujan. Pada musim kemarau, lahan sawah masih dapat digunakan untuk bertanam Palawija atau sayuran. Bagian yang ditinggikan disebut **guludan** atau baluran yang dapat digunakan untuk bertanam Palawija, sayuran, Padi gogo, atau tanaman tahunan/ keras. Apabila bagian guludan surjan digunakan untuk tanaman tahunan (Pisang), penataan lahan ini disebut pula sebagai **sistem lorong** atau **wanatani**.

Pembuatan surjan di lahan yang mengandung pirit, dilakukan secara bertahap. Pertama-tama hanya berupa guludan memanjang saja kemudian diperlebar setiap kali habis panen hingga memperoleh ukuran yang dikehendaki. Jika piritnya dangkal, sebaiknya tidak dibuat surjan tetapi disawahkan saja.

3) Sistem Tegalan

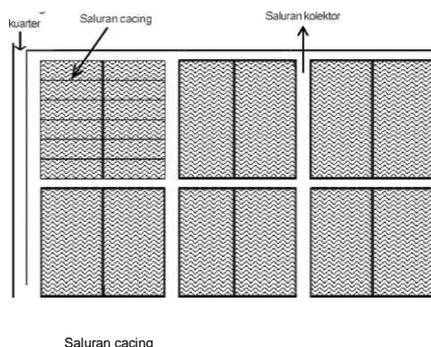
Lahan tegalan adalah lahan yang permukaan tanahnya tidak tergenangi air. Lahan ini dapat dibuat di lahan tergenang atau rawa jika airnya terbatas atau tidak mungkin disawahkan dan tidak dapat dibuat surjan. Lahan ini digunakan untuk bertanam padi gogo, palawija, sayuran, dan tanaman tahunan.

Meskipun tidak tergenang air, tegalan di lahan rawa perlu dijaga kelembabannya terutama bila piritnya dangkal atau tanahnya gambut. Drainase di lahan ini juga harus lancar untuk membuang senyawa-senyawa beracun terutama di lahan sulfat masam, lahan gambut, dan lahan bukaan baru. Untuk itu, lahan perlu dilengkapi dengan tata saluran yang tepat dan dilengkapi dengan pintu-pintu air yang berfungsi baik.

Saluran pengendali (terdiri atas saluran cacing dan saluran kolektor) adalah saluran yang berada di dalam lahan pertanian. Saluran ini dibuat terutama di lahan sulfat masam dan gambut dengan tujuan untuk memperlancar distribusi air, memperlancar drainase, mempertahankan kelembaban tanah, dan mencuci senyawa beracun. Saluran kolektor dimaksudkan untuk mempertahankan muka air tanah, sedangkan saluran cacing untuk memperlancar distribusi air dan drainase dalam petakan lahan.

4) Sistem Caren

Lahan tergenang seperti rawa lebak tengahan ditata dengan sistem caren yang dikombinasikan dengan surjan atau saluran cacing. Prinsip pembuatan caren adalah seperti membuat embung atau tandon air di masing-masing lahan sehingga bisa mengurangi genangan di musim hujan dan menjadi sumber air di musim kemarau. Caren biasanya dibuat pada masing-masing lahan petani. Satu unit caren umumnya berkisar antara 0.25 – 0.5 ha.



Gambar 4. Sistem Caren

c. Pengelolaan Sistem Pertanian

Sistem pertanian adalah pengaturan jenis tanaman dan pola tanam dalam suatu lahan untuk memperoleh produksi dan keuntungan yang optimum. Sebagai alternatif pilihan, beberapa sistem pertanian yang perlu diketahui untuk dapat digunakan dalam kegiatan budidaya lahan lumpur marine, diantaranya adalah monokultur, tumpang sari, tumpang gilir, sistem lorong atau wanatani, dan sistem terpadu.

1) Monokultur

Monokultur adalah sistem pertanian dalam suatu lahan dengan satu jenis tanaman. Tanaman yang diusahakan dapat berupa tanaman semusim atau tanaman tahunan. Monokultur mempunyai kelebihan karena pelaksanaan budidayanya lebih mudah, serta kebutuhan tenaga kerja per satuan luas lahan lebih sedikit. Kelemahannya, mempunyai resiko kegagalan yang lebih besar. Di samping itu, kebutuhan tenaga kerja biasanya menumpuk pada waktu tertentu. Di waktu lain, petani menganggur karena tidak ada pekerjaan.

2) Tumpang sari

Tumpang sari adalah sistem pertanian dalam suatu lahan dengan dua jenis tanaman atau lebih yang ditanam pada waktu yang bersamaan. Jenis tanaman yang diusahakan biasanya tanaman semusim dengan tanaman semusim lainnya. Tetapi bisa juga antara tanaman tahunan dengan tanaman tahunan

lainnya atau antara tanaman tahunan dengan tanaman semusim. Biasanya dipilih jenis tanaman yang memiliki perbedaan tinggi agar distribusi cahaya matahari lebih merata, memiliki perbedaan umur sehingga memiliki waktu panen yang tidak sama, dan memiliki sistem perakaran yang berbeda agar tidak terjadi perebutan unsur hara. Sebagai contoh adalah tumpang sari antara tanaman jagung dengan tanaman kedelai, atau jagung dengan kacang tanah.

Tumpang sari memiliki kelebihan diantaranya karena distribusi kebutuhan tenaga kerja dan pendapatan lebih menyebar. Di samping itu, resiko kegagalan menjadi lebih kecil. Kegagalan panen umumnya hanya terjadi untuk satu jenis tanaman. Apabila satu jenis tanaman gagal panen karena suatu hal, petani masih dapat mengharapkan keberhasilan dari tanaman lainnya.

3) Tumpang Gilir

Tumpang gilir adalah sistem pertanian dengan membudidayakan lebih dari satu jenis tanaman pada tempat yang sama tetapi dengan waktu tanam yang berbeda. Jenis yang ditanam merupakan tanaman semusim yang memiliki perbedaan ketinggian. Sebagai contoh, tanaman jagung ditanam terlebih dahulu dengan sistem monokultur. Dua hingga tiga minggu sebelum panen, tanaman kacang tanah ditanam di sela-sela barisan tanaman jagung.

Sistem ini digunakan biasanya untuk mengejar berakhirnya musim hujan sehingga tanaman yang kedua masih dapat memperoleh suplai air. Di samping itu, juga untuk menghemat waktu dan lahan sehingga diperoleh produktivitas lahan yang lebih tinggi.

4) Sistem Lorong atau Wanatani

Sistem lorong atau wanatani merupakan sistem budidaya tanaman tahunan dan semusim dalam waktu yang bersamaan. Tanaman semusim ditanam diantara satu hingga dua barisan tanaman tahunan. Guludan surjan yang ditanami tanaman tahunan, juga termasuk budidaya wanatani.

Jenis tanaman tahunan yang dibudidayakan bisa berupa tanaman perkebunan, buah-buahan, atau tanaman kehutanan. Kelebihan sistem ini, petani dapat memperoleh penghasilan dari tanaman semusim sambil menunggu tanaman tahunan memberikan pendapatan.

Hal yang perlu diperhatikan dalam sistem wanatani adalah barisan tanaman tahunan harus membujur ke arah timur dan barat serta jarak tanamnya tidak terlalu dekat. Maksudnya, agar distribusi sinar matahari dapat merata sehingga

tanaman semusim tetap dapat memperoleh sinar matahari sepanjang hari.

5) Sistem Terpadu

Pertanian terpadu merupakan sistem budidaya dua jenis komoditas pertanian atau lebih dalam satu siklus yang saling berkaitan. Sebagai contoh adalah pemeliharaan ternak ayam, dipadukan dengan budidaya ikan, dan tanaman sayuran. Ikan dan ayam dipelihara dengan sistem *longyam*, yaitu pembuatan kolam ikan di bawah kolong kandang ayam. Kotoran ayam digunakan untuk membuat pupuk kandang atau kompos/ bokasi. Sisa seleksi hasil sayuran dapat digunakan untuk pakan ayam dan pakan ikan.

Pupuk kandang dan kompos yang dihasilkan dapat digunakan untuk memupuk tanaman sayuran atau tanaman tahunan. Sementara daun-daun tanaman tahunan dan tanaman penutup tanah dapat digunakan sebagai bahan pembuatan kompos. Tanaman penutup tanah, dapat pula dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia.

KESIMPULAN

1. Salinitas dan toksisitas unsur meracun menjadi masalah penting pada lahan sawah terdampak lumpur marine yang telah banyak menimbulkan dampak pada degradasi kesuburan lahan pertanian dan lingkungan.
2. Pengaruh salinitas lumpur marine tersebut antara lain terlihat dari perubahan pada aspek kesuburan lahan sawah dan pertumbuhan tanaman.
3. Upaya pengelolaan lahan terdampak lumpur marine yang dilakukan lebih ditujukan pada agroekologi biofisik lahan yang meliputi pengelolaan sistem perbaikan kesuburan lahan (rehabilitasi), sistem budidaya tanaman dan sistem pengelolaan pertanaman (pola pertanaman).
4. Penggunaan komoditas dan varietas/ kultivar toleran dan adaptif salin sangat diperlukan untuk mengembalikan dan meningkatkan produktivitas lahan dan produksi tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

Abrol, I. P. 1986. Salt-Affected Soils: Problems and Prospects in Developing Countries. In: Global Aspects of Food Production. P: 283-305 M.S. Swaminathan and S.K. Sinha (Eds.). Tycooly International Riverton, New Jersey-United States.

Agus, F., dan IGM. Subiksa. 2007. Status Hara Tanah Terpengaruh Lumpur Tsunami dan Implikasi Pengelolaannya. Balai Penelitian Tanah Bogor.

Alam, S.M., R. Ansari dan M.A. Khan. 2001. Reclaiming Saline/Sodic Soil. The Dawn Group of Newspaper.

Anon, 2009. Pedoman Teknis Reklamasi Lahan TA, 2009: Direktorat Pengeloaan Lahan, Dirjen Pengelolaan Lahan dan Air. Deptan, Jakarta, Januari 2009.

Ayers, R.S. dan D.W. Westcot. 1994. Water Quality of Agriculture. Food And Agriculture Organization of The United Nations Rome.

Brinkman, R dan V.P Singh. 1982. Rapid reclamation of brackish water fishponds in acid sulfate soils. ILRI. Publ. Wageningen. Netherlands. p: 318-330.

Conway, G.R., I. Manwan dan D.S. McCauley. 1984. The Sustainability of Agricultural Intensification in Indonesia. The Ford Foundation and The Agency for gricultural Research and Developm ent. Ministry of Agriculture, Jakarta.

Franzen, D.C. Fanning, dan T. Gregoire. 1994. Managing Saline Soil in The North Dacota. North Dacota State University. NDSU Extension Service.

Hardjowigeno, S. 1996. Pengembangan lahan gambut untuk pertanian: suatu peluang dan tantangan. Bahan Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Bogor.

Jumberi,A. dan M.P.Yufdy. 2007. Potensi Penanaman Serealia dan Sayuran pada Tanah Terkena Dampak Tsunami. Balai Penelitian Tanah Rawa dan BPTP Sumatra Utara.

Mengel, K. dan E.A. Kirkby. 1979. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. P.O. Box CH-3048 Worblaufen-Bern, Switzerland.

Najiati, S., Muslihat, dan I Nyoman N. Suryadiputra. 2005. Panduan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International-Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor. 241 pp.

Sembiring dan A.Gani. 2007. Adaptasi Varietas Padi pada Tanah Terkena Tsunami. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

Zeng, L., S.M. Lesch dan C.M. Grieve. 2003. Rice growth and yield respond to changes in water depth and salinity stress. Agricultural Water Management 59: 67-75.