

PENGELOLAAN SAWAH SALIN BERKADAR GARAM TINGGI

Lahan sawah terpapar air laut yang asin dan mengandung natrium dapat melalui dua cara yaitu terpapar melalui aliran air permukaan masuk melalui anak-anak sungai atau saluran yang terhubung langsung dengan laut atau melalui rembesan dari bawah permukaan tanah langsung ke daerah perakaran

padi. Kedua menyebabkan terjadi perubahan kandungan garam baik di dalam tanah maupun di dalam air yang menggenangi petakan sawah. Kandungan natrium dalam tanah pesawahan itulah yang kemudian dikenal dengan salinitas.

Salinitas tanah dapat digolongkan ke dalam kelas sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, sampai sangat tinggi. Tanah dengan kandungan natrium $0,01 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$ atau daya hantar listrik (DHL) $<0,1 \text{ dS/m}$ atau Na dapat ditukar $<2\%$ tergolong ke dalam kelas sangat rendah, sedangkan kandungan natrium $> 1,0 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$ atau DHL $> 4,0 \text{ dS/m}$ atau kandungan Na dapat ditukar $>15\%$ tergolong sangat tinggi. Penetapan lahan tersebut salin atau tidak lebih mudah dilaksanakan melalui penetapan daya hantar listrik (DHL) dibandingkan dengan menetapkan kandungan kation Na dan Na dapat ditukar. Tanda bahwa air yang menggenangi di permukaan tanah sawah mengandung natrium tinggi ditunjukkan oleh tanaman padi yang daunnya mengering. Daun padi mati mengering seperti kekurangan air sementara sawah tergenang air dan tidak mencirikan kekurangan air.

Petani di Karawang, Jawa Barat dan di Cilacap, Jawa Tengah melakukan teknik menutup saluran/sungai kecil yang terhubung ke laut agar aliran air laut pasang naik tidak masuk ke dalam petakan sawah. Teknologi ini sangat baik untuk menghindarkan genangan air laut di dalam petakan sawah.

Pembenah tanah yang mampu menurunkan kandungan natrium di dalam tanah dapat diaplikasikan terutama pada lahan sawah yang tanahnya mengandung garam tinggi. Penggunaan pembenah tanah tersebut aplikasinya dipadukan dengan menukar air genangan dengan air tawar. Natrium yang terlepas dari butiran tanah tercuci mengikuti aliran air segar dan ke luar petakan sawah, sehingga kandungan natrium di dalam lahan sawah berkurang jumlahnya menurun kelasnya menjadi rendah atau sangat rendah.

PENGELOLAAN SAWAH SALIN
BERKADAR GARAM TINGGI

PENGELOLAAN SAWAH SALIN BERKADAR GARAM TINGGI



Penyusun:
Achmad Rachman | Ai Dariah | S. Sutono



Sekretariat Badan Litbang Pertanian
Jl. Ragunan No. 29 Pasar Minggu, Jakarta 12540
Telp. (021) 7806202, Fax. (021) 7806644
Website : www.litbang.pertanian.go.id
email : iaardpress@litbang.pertanian.go.id



Penyusun:
Achmad Rachman | Ai Dariah | S. Sutono

PENGELOLAAN SAWAH SALIN BERKADAR GARAM TINGGI

PENGELOLAAN SAWAH SALIN
BERKADAR GARAM TINGGI

IAARD PRESS

PENGELOLAAN SAWAH SALIN BERKADAR GARAM TINGGI
@2018 IAARD PRESS

Edisi 1: 2018

Hak cipta dilindungi Undang-undang
@IAARD PRESS

Katalog dalam terbitan (KDT)

PENGELOLAAN SAWAH SALIN BERKADAR GARAM TINGGI / Achmad Rachman,
Ai Dariah, S. Sutono.-Jakarta : IAARD Press, 2018.

xi, 60 hlm.; 21 cm.

ISBN: 978-602-344-2324

631.413.1

1. Lahan sawah 2. Salinitas 3. Pembenah Tanah
I. Dariah, Ai II. Sutono, S. III. Judul
-

Penyusun:

Achmad Rachman
Ai Dariah
S. Sutono

Editor :

Supriyadi
I Nyoman Widiarta

Penyunting :

Joko Purnomo
Neneng L. Nurida

Perancang cover dan Tata Letak :

Tim Kreatif IAARD Press

Penerbit

IAARD PRESS

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Jl, Ragunan No 29, Pasar Minggu, Jakarta 12540

Email: iaardpress@litbang.pertanian.go.id

Anggota IKAPI No: 445/DKI/2012

PENGANTAR

Luas lahan sawah terpapar air laut belum terinventarisasi dan terdeleniasi dalam sebuah data spasial, tetapi dampaknya telah dirasakan oleh petani terutama karena adanya kematian tanaman padi berumur muda. Air laut yang masuk ke dalam petakan sawah dapat menyebabkan meningkatnya kandungan natrium, baik pada air yang menggenangi maupun pada tanah yang menjadi media perakaran tanaman padi. Kadar garam di dalam tanah dan air genangan disebut salin, sehingga dikenal penggolongan lahan dengan salinitas sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Meningkatnya salinitas dapat menyebabkan hasil padi turun, penurunan dapat mencapai 90 % pada sawah dengan tingkat salinitas tinggi sampai sangat tinggi. Dalam rangka menghindarkan terjadinya kerugian tersebut diperlukan informasi dan teknik penanggulangan tanah salin

Buku ini memberikan informasi bahwa tanah salin itu ada dan makin luas, serta teknik bercocok tanam padi pada tanah yang terpapar air laut dan natrium dari sumber non laut. Budi daya padi pada lahan salin dapat dilakukan dengan syarat didahului dengan menurunkan kejenuhan natrium dan membuangnya dari daerah perakaran, serta menghentikan aliran sumber natrium masuk ke petakan sawah, melakukan tindakan rehabilitasi lahan dan pemupukan dengan jenis, waktu, jumlah yang tepat. Keberhasilan budi daya padi pada lahan sawah bertanah salin dapat mendukung program Swa Sembada Pangan.

Kami sampaikan terima kasih kepada penyusun dan berharap semoga buku ini bermanfaat dalam meningkatkan produktivitas lahan sawah berkadar garam tinggi, sehingga menguntungkan bagi petani.

Bogor, Juli 2018

Editor

PRAKATA

Sebuah pertanyaan menarik dilontarkan seorang peserta seminar tentang pengelolaan lahan sawah, bagaimana caranya menanggulangi tanaman padi muda yang daunnya mengering dimulai dari daun tua kemudian ke yang muda dan warnanya coklat, apakah kekurangan hara nitrogen. Pertanyaan ini menjadikan dialog yang berkepanjangan antara penanya dengan pemakalah. Akhirnya teridentifikasi bahwa tanaman padi pada lahan sawah tersebut mati sebagai akibat meningkatnya aliran air laut yang masuk ke petakan sawah. Tanaman padi mengering manakali air menggenangi lahan tempat tumbuhnya. Inilah ciri utama bahwa lahan sawah tersebut tercemar oleh natrium dan kandungannya meningkat di atas ambang batas toleransi tanaman padi.

Meningkatnya salinitas pada lahan sawah terjadi di dekat pantai atau lahan sawah yang mempunyai saluran air terhubung langsung dengan air laut. Ketika terjadi air laut pasang naik, air laut masuk ke daratan melalui saluran tersebut kemudian menggenangi lahan sawah di kiri dan kanan saluran yang membawa air laut berikut natriumnya. Air bergaram menggenangi lahan sawah mengakibatkan sebagian atau seluruh tanaman padi mati. Kematian tanaman seringkali tidak terjadi bersamaan apalagi ketika air segar berhasil digelontorkan dan menghanyutkan air bergaram ke luar petakan. Salinitas berkurang dan tanaman yang telah mati tidak tumbuh kembali, muncullah gejala tanaman padi mati pada kondisi tergenang air segar.

Untuk menghindarkan terjadinya peningkatan kadar garam yang berasal dari air laut yang masuk lewat aliran permukaan

dapat dibuat pintu air otomatis. Membuka ketika debit air tawar meningkat dan air asin menurun dan menutup ketika debit air asin meningkat dan debit air segar menurun. Tetapi, air asin dari bawah lapisan bidang olah dapat pula merembes menuju permukaan tanah melalui daerah perakaran tanaman sehingga lahan sawah menjadi salin. Jika terjadi seperti yang terakhir maka genangan air segar (tawar) dapat dipertahankan agar air bernatrium tidak masuk ke daerah perakaran.

Buku ini diharapkan memberikan sedikit pencerahan teknik budi daya padi sawah pada lahan yang kadang-kadang salinitasnya meningkat. Peningkatan salinitas ini kadang lebih merupakan fenomena yang mudah ditanggulangi dan kadang permanen sehingga sulit untuk direhabilitasi selain mengeluarkan natrium yang dipegang oleh butir-butir tanah. Semoga bermanfaat.

Bogor, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
Bab 1. PERSEPSI LAHAN SALIN	1
Bab 2. LAHAN SAWAH SALIN	3
Pendahuluan	
Penyebab lahan sawah bergaram tinggi.....	4
Mengetahui tanah sawah salin.....	10
Proses kematian tanaman padi	18
Bab 3. REHABILITASI TANAH SAWAH SALIN	25
Pembetulan tanah Gypsum	31
Pembetulan tanah kapur pertanian.....	32
Pembetulan tanah SP50	33
Pembetulan tanah Abu Vulkanik	33
Phytoremediasi Mendong (<i>Fimbristylis umbellaris</i>)	34
Mencegah masuknya air asin	35
BAB 4. BUDI DAYA PADI PADA LAHAN SAWAH SALIN.....	41
Pengenceran konsentrasi natrium	41
Pembuangan natrium dari daerah perakaran	42
Pemulihan kesuburan tanah.....	44
Pembuatan pesemaian	46
Penanaman	48
Pengairan	49

Pupuk dan pemupukan.....	50
BAB 5. PENGUKURAN SALINITAS.....	25
Pengukuran di Laboratorium.....	26
Pengukuran salinitas di lapang.....	26
Korelasi pengukuran laboratorium dengan EM38	30
PENUTUP	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Faktor resiko salinitas sebagai dampak kejadian tsunami .	10
Tabel 2.	Kriteria kation natrium, daya hantar listrik dan natrium dapat ditukar hasil analisis tanah di laboratoium kimia Balai Penelitian Tanah	11
Tabel 3.	Sifat fisika tanah sawah di Desa Cemara Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu yang tercemar air laut sejak tahun 1970.....	12
Tabel 4.	Sifat fisika tanah sawah di Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung yang tercemar limbah pabrik sejak tahun 1995.....	13
Tabel 5.	Sifat kimia tanah sawah di Desa Cemara Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu yang tercemar air laut sejak tahun 1970.....	14
Tabel 6.	Sifat kimia tanah sawah di Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung yang tercemar air limbah pabrik sejak tahun 1995.....	16
Tabel 7.	Pengaruh daya hantar listrik (DHL) terhadap provitas tanaman	16
Tabel 8.	Kelas dan luas salinitas lahan di Kabupaten Indramayu pada tahun 2008	17
Tabel 9.	Perkiraan penurunan hasil tanaman padi pada berbagai tingkat salinitas (sumber: FAO, 2005)	19
Tabel 10.	Penurunan hasil padi pada lahan tercemar limbah cair industri di Rancaekek, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat	23

Tabel 11. Nama-nama pembenah tanah buatan yang mengandung Ca tinggi.....	32
Tabel 12. Pembenah tanah Volkanorfs yang mengandung Ca > 4% hasil formulasi Balittanah 2011	34
Tabel 13. Air yang dibutuhkan untuk mencapai EC(e)=4 pada zona perakaran (kedalaman 20 cm).....	43
Tabel 14. Faktor konversi hasil pengukuran salinitas dari EC _{1:5} ke EC _e berdasarkan tekstur tanah.....	26
Tabel 15. Tingkat salinitas tanah (ECa) diukur menggunakan EM38 pada berbagai tekstur tanah.....	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Padi mati keracunan natrium di Rancaekek, Kabupaten Bandung	4
Gambar 2. Pergeseran titik temu air tawar (sungai) dan air asin (laut).....	6
Gambar 3. Bandingkan bedanya antara tanaman padi yang keracunan natrium dan tidak dalam satu hamparan sawah sebagai akibat masuknya air laut ke lahan sawah.....	8
Gambar 4. Hasil identifikasi areal sawah intensif dekat pantai di Daerah Indramayu yang terkena salinitas (<2 dS/m=rendah; 2-4 dS/m sedang, 4-8 dS/m (tinggi) dan >8 dS/m=sangat tinggi) (Sumber: Marwanto <i>et al</i> , 2009).....	9
Gambar 5. Jumlah tanaman yang hidup sejak 1 HST sampai 77 HST pada percobaan pemulihan lahan akibat intrusi air laut di Desa Cemara, Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu tahun 2014	21
Gambar 6. Perkembangan persentase hidup dan mati tanaman padi pada sawah dengan salinitas sangat tinggi pada percobaan pemulihan lahan akibat intrusi air laut di Desa Cemara, Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu tahun 2015.	22
Gambar 7. Tanaman mendong(<i>Fimbristylis umbellaris</i>).....	35
Gambar 8. Sketsa pemasangan dan penempatan pintu air untuk memudahkan aliran air segar ke luar dari parit irigasi menuju laut.	37

Gambar 9. Sketsa pintu penahan aliran air laut ketika terjadi pasang naik, pintu tertutup rapat tidak membiarkan air laut menerobos.	38
Gambar 10. Sketsa pintu air dilihat dari arah laut, pintu dibuat untuk menahan air laut.	39
Gambar 11. Sketsa system pengaturan air masuk dan ke luar pada sawah terpapar air asin.	44
Gambar 12. Mencabut bibit di pesemaian darat untuk ditranslokasikan ke sawah terpapar air asin.	47
Gambar 13. Tanam padi dengan cara jajar legowo (kiri) dan ketika berumur 2 minggu setelah tanam (kanan) pada percobaan di Indramayu.	49
Gambar 14. Instrumen pengukur salinitas tanah di lapang EM38.	27
Gambar 15. Pengukuran EM38 secara vertikal.	29
Gambar 16. Pengukuran EM38 secara horizontal.	29
Gambar 17. Korelasi antara salinitas tanah yang diukur menggunakan EM38 (ECa) dengan pengukuran di laboratorium (ECe).	30

Bab 1.

PERSEPSI LAHAN SALIN

Sebagian lahan sawah di pesisir pantai utara P. Jawa pada musim kemarau dibiarkan bera, sehingga menimbulkan berbagai pertanyaan kenapa lahan sawah tersebut dibiarkan menganggur? Memang terdapat pendapat bahwa tanah harus diistirahatkan agar dapat melakukan pemulihan secara alamiah, namun alasan pemberaan sawah bukan untuk pemulihan lahan. Petani di Kabupaten Subang dengan ringan menjawab bahwa air irigasi tidak mencukupi untuk memelihara padi sampai panen. Sedangkan petani di pesisir Indramayu menjawab bahwa lahan sawahnya termasuk lahan tadah hujan. Di pantai utara Jawa Tengah pun sebagian lahan sawah diberakan sebab tidak ada irigasi dengan kuantitas maupun kualitas yang dapat diandalkan. Secara kasat mata irigasi merupakan penyebab utama sawah-sawah tersebut diberakan, sehingga diperlukan bantuan pompa air agar mampu mengangkat air tanah untuk dijadikan air irigasi pada lahan sawah sehingga luas panen bertambah.

Sebagian petani berpendapat akan sia-sia saja jika bertani padi pada musim kemarau karena hasilnya rendah, lebih besar modal yang dikeluarkan dibandingkan hasil panen yang akan diperoleh. Berbagai kemudahan diberikan kepada petani dengan tersedianya benih, pupuk, dan sarana produksi padi lainnya untuk menggairahkan petani bertanam pada musim kemarau. Padahal menurut teori, menanam padi pada musim kemarau mestinya dapat menghasilkan panen yang lebih banyak dibandingkan dengan musim penghujan. Namun petani tidak merasakan

kenaikan hasil, malah merasakan hasil panen sangat rendah. Kasus-kasus ini sudah berlangsung cukup lama, sehingga perlu dikaji lebih mendalam apa penyebab keengganan petani bertanam padi pada musim kemarau.

Jawaban dari permasalahan tersebut hampir semua benar, bahwa hasil panen tidak memuaskan walaupun telah diberikan input yang memadai bahkan berlebih. Dari Kabupaten Indramayu yang lahan sawahnya terletak di pesisir utara diperoleh jawaban bahwa pada musim kemarau sebagian lahan sawah mengalami peningkatan kandungan natrium dan daya hantar listrik tanah sawah pun meningkat. Suatu pertanda bahwa lahan pertanian mengalami penggaraman atau dengan bahasa lain sering disebut salinitasnya meningkat. Lahan sawah salin tidak hanya terjadi di Indramayu, tetapi menyebar hampir di seluruh wilayah Indonesia yang lahan sawahnya berada di dekat pantai. Petani Cilacap melaporkan bahwa pada musim tertentu air laut pasang dan masuk ke lahan pertanian. Setelah terpapar air laut, maka untuk panen padi harus menanam dua sampai tiga kali dan panennya hanya sekali.

Tanah salin adalah tanah yang mempunyai kandungan natrium berada di atas ambang batas kritis atau ambang batas toleransi tanaman, dalam buku ini yang dimaksud ambang batas kritis untuk tanaman padi sawah. Natrium (Na) disebut juga sodium dan dikenal pula dengan garam, kami lebih suka menuliskan natrium agar tidak bertukar arti dengan garam dalam istilah kimia yang tidak selalu diartikan natrium.

Bab 2.

LAHAN SAWAH SALIN

Peningkatan konsentrasi garam dalam tanah merupakan faktor cekaman lingkungan yang banyak diderita lahan sawah khususnya yang berdekatan dengan pantai, seperti lahan sawah di Daerah Pantura (Pantai Utara Jawa), padahal wilayah ini merupakan sentra produksi utama padi di Indonesia. Oleh karena itu, permasalahan salinitas merupakan ancaman bagi ketahanan pangan, sehingga penanggulangan atau rehabilitasi lahan sawah salin harus menjadi prioritas dalam usaha mempertahankan swasembada pangan.

Tanah salin adalah tanah dengan kandungan garam mudah larut (NaCl , Na_2CO_3 , Na_2SO_4) yang tinggi, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Baik dan buruknya pengaruh salinitas dapat disebabkan oleh (1) setiap spesies tanaman mempunyai tingkat kerentanan tertentu terhadap salinitas tanah, (2) karakteristik tanah (khususnya tekstur tanah) dapat mempengaruhi, (3) kandungan air tanah, dan (4) komposisi garamnya (Djukri, 2009; Yan *et al.* 2007). Berdasarkan definisi yang dipakai oleh US Salinity Laboratory dalam Djukri (2009), tanah tergolong salin apabila ekstrak jenuh dari tanah salin mempunyai nilai DHL (daya hantar listrik) atau EC (*electrical conductivity*) lebih besar dari 4 deci Siemens/m (ekivalen dengan 40 m M NaCl) dan persentase natrium yang dapat ditukar (ESP= *exchangeable sodium percentage*) kurang dari 15.

Penyebab lahan sawah bergaram tinggi

Peningkatan kadar garam dalam tanah umumnya dapat terjadi karena (1) tingginya input atau masukan air yang mengandung garam, misalnya akibat terjadinya intrusi air laut (baik yang terjadi secara berkala atau secara sekaligus seperti akibat tsunami) atau masuknya aliran air dengan kadar garam tinggi ke saluran irigasi misalnya akibat pencemaran limbah cair pabrik, (2) lebih tingginya evaporasi dan evapotranspirasi dibandingkan presipitasi (curah hujan), dan (3) bahan induk tanah yang mengandung deposit garam. Oleh karena itu, tanah dengan salinitas tinggi bukan hanya ditemui di daerah yang berdekatan dengan pantai. Dapat juga terjadi pada lahan yang berjauhan dengan pantai misal lahan kering dengan curah hujan yang sangat rendah atau lahan sawah yang air irigasinya tercemar limbah pabrik berkadar garam tinggi seperti kasus di Rancaekek, Kabupaten Bandung (Gambar 1).



Gambar 1. Tanaman padi mati keracunan natrium yang dibawa limbah pabrik di Rancaekek, Kabupaten Bandung

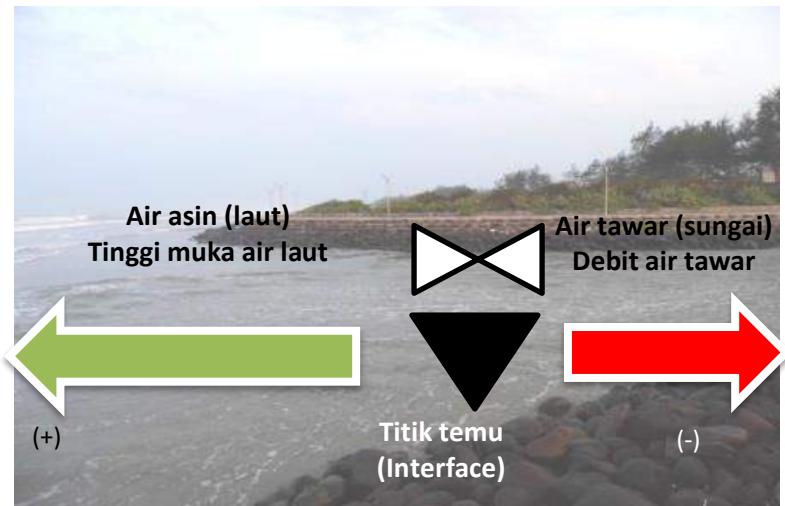
Hasil penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Bogor (1995) kandungan Na di dalam tanah sawah yang tidak tercemar limbah industri tekstil hanya 0,03 cmol(+)/kg tanah, dibandingkan dengan sawah tercemar yang mencapai 6,95 cmol(+)/kg tanah, suatu peningkatan yang sangat tinggi. Padahal toleransi kebanyakan tanaman padi hanya sekitar 60-100 ppm Na di dalam air irigasi. Pada tahun 2003 kandungan Na di dalam tanah sawah tersebut berkisar antara 467 dan 2.983 mg Na/kg tanah atau setara dengan 467 – 2.983 ppm Na, menyebabkan sebagian besar tanaman padi rusak, dan gagal panen (Suganda *et al.* 2003).

Salinitas yang terjadi di kawasan Pantura terjadi karena masuknya air laut ke daratan dapat melalui permukaan tanah atau melalui rembesan (intrusi). Aliran air laut bisa melewati badan-badan air maupun batuan, bahan induk dan tanah yang porus dan memiliki tekanan hidrostatika yang rendah sehingga tidak mampu menahan air laut (Hendrayana dalam Marwanto *et al.*, 2009). Sutono 2015 mencatat bahwa meningkatnya jumlah natrium pada lahan sawah disebabkan oleh (1) ketidakseimbangan debit air sungai atau air segar yang masuk ke alur sungai dengan air asin dari laut, (2) makin dekatnya sumber air asin dipermukaan tanah ke areal sawah, (3) diduga air asin bawah permukaan makin menjorok ke arah daratan, dan (4) limbah pabrik yang mengandung natrium masuk ke badan air yang kemudian digunakan untuk irigasi lahan sawah.

Di Indonesia dikenal sawah pasang surut, yang memanfaatkan keseimbangan alamiah debit sungai dengan debit air laut masuk ke alur sungai. Pada saat air laut pasang, maka aliran air sungai tertahan dan permukaan air meningkat lebih tinggi. Pada saat demikian air segar dipersilahkan masuk melalui pintu-pintu air untuk mengairi sawah di kiri dan kanan sungai. Ketika air laut sedang surut, aliran air di sungai berjalan normal kembali dan pintu-pintu air pun menutup secara otomatis. Keberhasilan mengelola kejadian pasang surut tersebut menyelamatkan tanaman yang peka terhadap kehadiran garam baik dalam air yang

menggenangi petakan, maupun dalam tanah yang meningkat kadar garamnya. Teknologi tersebut perlu dikembangkan pada daerah pesisir lain.

Di daerah pesawahan pasang surut, sistem buka tutup pintu air telah dirancang sedemikian rupa sehingga air laut seminimal mungkin masuk ke daerah pesawahan. Sebaliknya di pantai utara Pulau Jawa tidak semua alur sungai mempunyai pintu-pintu untuk mencegah masuknya air laut ke areal pertanian, sehingga sebagian lahan sawah pada saat sekarang mengalami peningkatan kandungan natrium. Gambar 2 menjelaskan pergeseran titik temu air asin dengan air tawar, kadang-kadang berada di bibir pantai ketika debit air sungai naik, tetapi kadang-kadang menjorok jauh ke daratan ketika debit sungai mencapai titik terendah. Ketidakseimbangan debit ketika terjadi pasang naik dari laut dengan rendahnya debit sungai, maka titik temu air tawar dengan air laut lebih sering menjorok ke daratan dan jika tidak ada hambatan maka air laut masuk ke petak-petak sawah yang berada di kiri kanan sungai.



Gambar 2. Pergeseran titik temu air tawar (sungai) dan air asin (laut)

Sungai yang kering pada musim kemarau lebih diakibatkan oleh pendeknya jarak dan waktu tempuh aliran air sejak turun hujan di hulu sampai ke laut. Hujan di hulu Sungai Ciliwung dalam waktu singkat meningkatkan debit air di hulu dan beberapa jam kemudian sampai di laut.

Kita memperpendek waktu tempuh air hujan dan aliran permukaan menuju laut karena menghambat dan menolak masuknya air ke dalam tubuh tanah. Air hujan dan aliran permukaan tidak mampu menembus permukaan tanah yang padat, seperti lapisan aspal, beton, atap rumah dan sebagainya menyebabkan terjadi percepatan laju perjalanan air menuju laut. Sebelum lapisan kedap air bertambah luas, air aliran permukaan dan curah hujan sebagian besar meresap ke dalam tubuh tanah kecepatan lajunya dapat berbulan-bulan sampai bertahun-tahun untuk sampai ke laut. Tetapi kini hanya dalam hitungan jam sampai ke laut.

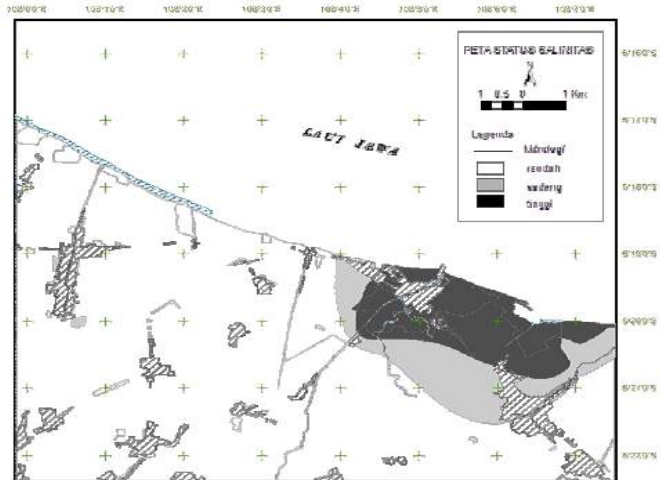
Daerah resapan air tidak mampu lagi melalukan air ke dalam tubuh tanah dan menyimpannya di dalam tanah. Luas permukaan tanah yang padat di daerah resapan air makin meningkat, penghambat laju aliran air permukaan yang dapat meningkatkan kesempatan air untuk meresap ke dalam tanah dalam bentuk tutupan lahan (vegetasi) juga semakin jarang.

Meningkatnya derap pembangunan membawa dampak sumber air asin pun makin dekat dengan lahan sawah. Diperlukan zonasi yang ketat untuk menetapkan areal yang terlarang bagi masuknya air asin, sehingga air asin diharapkan tidak sampai merembes ke bagian lain yang tidak memerlukannya. Rembesan air asin dapat menyebabkan tanaman padi tidak berkembang dengan baik dan hampir mati (Gambar 3).



Gambar 3. Bandingkan bedanya antara tanaman padi yang keracunan natrium dan tidak dalam satu hamparan sawah sebagai akibat masuknya air laut ke lahan sawah

Hasil identifikasi tingkat salinitas tanah pada satu hamparan lahan sawah intensif di daerah Indramayu yang dilakukan oleh Marwanto *et al.* (2009) menunjukkan tingginya proporsi lahan sawah yang telah mengalami proses salinitas (Gambar 4). Selain jarak dengan pantai, faktor topografi dan kerapatan irigasi aktif juga berpengaruh terhadap tingkat salinitas yang diderita lahan sawah. Di wilayah yang memiliki kontur tinggi dan jaringan irigasi aktif yang rapat, tingkat salinitasnya relatif rendah meskipun relatif dekat dengan pantai.



Gambar 4. Hasil identifikasi areal sawah intensif dekat pantai di Daerah Indramayu yang terkena salinitas (<2 dS/m=rendah; 2-4 dS/m sedang, 4-8 dS/m (tinggi) dan >8 dS/m=sangat tinggi)*
 *Sumber: Marwanto *et al*, 2009

Salinitas bisa juga terjadi karena bencana alam tsunami, seperti yang melanda Daerah Pesisir Aceh dan sekitarnya pada tanggal 26 Desember 2004. Kejadian ini telah menyebabkan masuknya air laut ke daratan sehingga menyebabkan kadar garam dalam tanah meningkat pesat, meski penggenangan terjadi dalam waktu yang relatif singkat. Faktor resiko salinitas yang terjadi karena kejadian Tsunami ditunjukkan dan diuraikan pada Tabel 1.

Suatu lahan yang tergenang air terus menerus selama 3 hari atau lebih berpotensi menjadi salin, apalagi jika genangan air laut itu terjadi secara reguler, berulang, terus menerus sampai tidak lagi dijumpai tanaman yang tumbuh. Jika pada suatu tempat kedalaman air payau sangat dangkal dan < 1 m, potensi menjadikan lahan salin meningkat.

Tabel 1. Faktor resiko salinitas sebagai dampak kejadian tsunami*

Faktor resiko	Resiko salinitas tanah yang mempengaruhi produksi		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Lamanya lahan tergenang air laut	<0,5 hari	0,5-3 hari	>3 hari
Permeabilitas tanah	Rendah (liat yang dibajak dengan air tanah dangkal)	Sedang (tanah berlempung yang tidak dibajak)	Tinggi (tanah berpasir)
Terpengaruh air pasang	-	Air pasang dengan salinitas sedang	Secara regular tergenang air dengan salinitas tinggi
Jumlah pertanaman padi beririgasi pasca tsunami	Tidak ada informasi dengan pertanaman padi lebih dari 2 kali	1-2	0
Kedalaman muka air tanah pada musim kemarau dan salinitas air tanah dangkal	Tidak ada data, namun resiko rendah jika kedalaman air tanah <2m dari permukaan tanah dan EC<2dS/m	Tidak ada data, resiko cenderung sedang jika kedalaman air tanah 1-2 m dari permukaan tanah dan EC 2-4 dS/m	Kedalaman muka air tanah< 1m dari permukaan tanah, EC >4 dS/m

*Sumber: ACIAR, BPTP Aceh, dan ISRI, 2005

Mengenal tanah sawah salin

Salinitas semula merupakan istilah bagi kandungan natrium (garam) di dalam larutan cairan yaitu larutan yang banyak mengandung garam biasanya rasanya asin. Air irigasi atau genangan air pada lahan sawah pun demikian, mempunyai rasa asin yang bertingkat-tingkat dari asin sampai sangat asin. Air dikatakan salin jika mengandung 3-5% garam (id.wikipedia.org/wiki/salinitas, 17 Februari 2016), karena air laut secara alami adalah asin dan disebut salin maka air yang mengandung garam >3% disebut salin, sehingga istilah tanah yang banyak mengandung garam terutama natrium pun disebut tanah salin. Karena tingkatan rasa asin tanah berbeda-beda maka pada tahun 1978 Lembaga

Penelitian Tanah yang kemudian menjadi Balai Penelitian Tanah menetapkan kriteria hasil analisis tanah terhadap kation natrium, daya hantar listrik (DHL), dan natrium dapat ditukar (dalam Eviati dan Sulaeman, 2009). Kriteria tersebut terdiri dari sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi untuk kandungan kation natrium, daya hantar listrik (DHL), dan natrium dapat ditukar (Tabel 2) sehingga lebih mudah dimengerti. Kriteria tersebut dinyatakan dengan angka-angka hasil analisis yang mudah dibandingkan antara satu hasil titik pengamatan dengan titik lainnya.

Tabel 2. Kriteria kation natrium, daya hantar listrik dan natrium dapat ditukar hasil analisis tanah di laboratorium kimia Balai Penelitian Tanah*

Kelas	Kation	DHL	Na dapat ditukar
	cmol(+)/kg	dS/m	%
Sangat rendah	< 0,1	< 1	< 2
Rendah	0,1 - 0,3	1 - 2	2 - 4
Sedang	0,4 - 0,7	2 - 3	5 - 10
Tinggi	0,8 - 1,0	3 - 4	10 - 15
Sangat tinggi	> 1,0	> 4	> 15

*Sumber: Eviati dan Sulaeman 2009. DHL = daya hantar listrik

Sebetulnya salinitas di dalam tanah menurut Tan (2000) sering merupakan fenomena yang kadang memunculkan kandungan natrium tinggi dan sempat meracuni tanaman yang peka terhadap natrium hanya sesaat saja, setelah itu kondisi tanah kembali normal. Jika natrium terbawa aliran air dan hanya terdapat di dalam larutan air, maka fenomena itu betul adanya. Ketika sejumlah natrium mengendap dan dijerap oleh tubuh tanah, maka salinitas bersifat lebih permanen dan agak susah dibersihkan. Lahan sawah dengan

sumber air segar yang melimpah dapat memunculkan fenomena salinitas, tetapi lahan sawah yang terus menerus tercemar air asin dapat berubah menjadi tanah dengan salinitas permanen.

Natrium bersifat sangat mudah berpindah karena terlarut di dalam air, air segar atau air dikatakan tawar jika mengandung <0,05% Na, sedangkan tanah dikatakan rendah salinitasnya jika hanya mengandung < 0,3 me/100g atau daya hantar listriknya < 2 dS/m dan natrium dapat ditukarnya <4%. Ketika natrium dijerap oleh partikel tanah dan sulit dikeluarkan dari dalam tubuh tanah, maka persoalan salinitas akan muncul dan menghambat pertumbuhan tanaman, terutama tanaman yang peka terhadap natrium. Sifat fisika tanah salin dan tidak salin tidak dapat dibedakan begitu saja kecuali jika salinitasnya tergolong tinggi sampai sangat tinggi (Tabel 3).

Tabel 3. Sifat fisika tanah sawah di Desa Cemara Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu yang tercemar air laut sejak tahun 1970*

Sifat fisika tanah	Satuan	Kedalaman 0-25 cm		Kedalaman 25-40 cm	
		Nilai	Kelas	Nilai	Kelas
Bobot isi (BD)	g/cm ³	0,82	rendah	1,11	sedang
Berat Jenis (PD)	g/cm ³	2,39		2,54	
Ruang Pori Total	% vol.	65,67		56,32	
Pori Drainase Cepat	% vol.	13,11	sedang	9,63	sedang
Pori Drainase Lambat	% vol.	6,36	rendah	3,93	rendah
Pori air tersedia	% vol.	21,04	sangat tinggi	15,69	tinggi
Permeabilitas	cm/jam	0,68	agak lambat	0,14	lambat
Tekstur: fraksi pasir	%	6	bertekstur liat/clay	8	bertekstur liat/clay
fraksi debu	%	26		21	
fraksi liat	%	68		71	

*Sumber: Sutono (2015). BD = Bulk Density; PD = Particle Density

Lahan sawah sering tergenang dan terpapar natrium bersumber air laut di Desa Cemara, Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu telah terpapar air laut sejak tahun 1970-an mempunyai sifat fisika tanah tidak menunjukkan tanda-tanda kerusakan fisika tanah (Tabel 3). Bidang olah dan lapisan dibawahnya belum menunjukkan adanya kerusakan struktur, mungkin disebabkan genangan air asin lebih lama dan sering tanpa diikuti atau jarang tergenang air segar. Kerusakan struktur biasanya ditandai oleh bidang olah makin dalam, bobot isi tanah makin kecil, serta warnanya lebih hitam. Tidak adanya perubahan struktur karena tanah mempunyai horizon salik sebagai akumulasi garam (Erfandi, 2009).

Sifat fisika tanah sawah terpapar limbah pabrik mengandung natrium di Rancaekek, Kabupaten Bandung menunjukkan adanya perbedaan antara yang tercemar dan tidak tercemar. Lahan sawah tercemar limbah pabrik secara umum lebih buruk dibandingkan dengan lahan yang tidak tercemar (Tabel 4), terutama terjadi perubahan struktur tanah pada lahan yang tercemar. Perubahan struktur terjadi melalui penghancuran yang disebabkan tanah mudah terdispersi sehingga terjadi peningkatan fraksi debu dari 29% pada lahan tidak tercemar menjadi 31% pada lahan tercemar natrium.

Tabel 4. Sifat fisika tanah sawah di Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung yang tercemar limbah pabrik sejak tahun 1995*

Sifat fisika tanah	Satuan	Tidak tercemar		Tercemar limbah	
		Nilai	Kelas	Nilai	Kelas
Bobot isi	g/cm ³	0,73		1,12	
Bobot jenis	g/cm ³	2,08		2,35	
Ruang pori total	% vol.	72,5		57,7	
Pori drainase cepat	% vol.	14,6	sedang	8,7	rendah
Pori drainase lambat	% vol.	5,6	rendah	5,0	sangat rendah
Pori air tersedia	% vol.	30,6	sangat tinggi	15,6	sedang

Sifat fisika tanah	Satuan	Tidak tercemar		Tercemar limbah	
		Nilai	Kelas	Nilai	Kelas
Permeabilitas	cm/jam	2,10	sedang	2,56	sedang
Tekstur: Fraksi pasir	%	5			
Fraksi debu	%	29	bertekstur liat		bertekstur liat
Fraksi kelai/clay	%	66			

*Sumber: Sutono, et al. 2001. BD = Bulk Density; PD = Particle Density

Menentukan lahan sawah tergolong salin atau tidak tentunya tidak hanya berdasarkan sifat fisika tanah saja, tetapi harus dikaji juga kandungan natrium dan daya hantar listrik tanah bersangkutan. Tanah dari Desa Cemara, Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu pada kedalaman 0-35 menunjukkan kandungan natrium dan SAR sangat tinggi, demikian halnya dengan pada kedalaman 35-45 cm. Hal ini menunjukkan bahwa salinitas lahan sawah tersebut tergolong sangat tinggi karena mengandung natrium sampai > 35 cmol(+)/kg tanah atau > 35 me/100 g tanah (Tabel 5). Untuk membandingkan terjadinya peningkatan garam di dalam tanah, dapat dipelajari pada Tabel 6 dalam kasus di Rancaekek.

Tabel 5. Sifat kimia tanah sawah di Desa Cemara Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu yang tercemar air laut sejak tahun 1970*

Kandungan	Satuan	Kedalaman 0-35		Kedalaman 35-45	
		Nilai	Kelas	Nilai	Kelas
N total	%	0,08	sangat rendah	0,04	sangat rendah
P2O5 total	%	0,09	sangat rendah	0,10	sangat rendah
K total	%	0,58	tinggi	0,77	Tinggi
S total	mg/kg	1509,17	tinggi	909,15	Tinggi
P2O5 tersedia	mg/kg	12,57	sedang	11,89	Sedang
K2O tersedia	cmol(+)/kg	0,95	sedang	0,86	Rendah

Kandungan	Satuan	Kedalaman 0-35		Kedalaman 35-45	
		Nilai	Kelas	Nilai	Kelas
K	cmol(+)/kg	2,04	tinggi	2,02	Tinggi
Ca	cmol(+)/kg	7,06	sedang	8,09	Sedang
Mg	cmol(+)/kg	17,01	tinggi	19,11	Tinggi
Na	cmol(+)/kg	35,17	sangat tinggi	41,29	sangat tinggi
KTK	cmol(+)/kg	25,01	tinggi	32,10	Tinggi
SAR	cmol(+)/kg	101,31	sangat tinggi	112,06	sangat tinggi

**Sumber: Sutono 2014*

Bahwa tanah yang terpapar limbah menjadi salin dapat dilihat dari kandungan natriumnya yang mencapai 6,95 cmol(+)/kg sangat tinggi jika dibandingkan dengan kriteria pada Tabel 1. Jumlah tersebut hampir 200% dari nilai natrium yang sangat tinggi (4,0 cmol(+)/kg), sehingga hampir tidak terbantahkan bahwa telah terjadi peningkatan natrium yang menyebabkan gagal panen dan kerusakan struktur tanah pada sebagian lahan sawah di Rancaekek.

Di Rancaekek telah terjadi perubahan struktur dan warna tanah, warna hitam pekat pada lumpur yang encer dan kalau diremas meninggalkan sedikit padatan dalam kepalan tangan menunjukkan ada jejak natrium yang tinggal di dalam tubuh tanah, bukan peningkatan bahan organik tanah. Warna hitam tersebut menunjukkan bahwa proses penggaraman atau genangan air bergaram di dalam tubuh tanah sawah telah berlangsung lama sehingga strukturnya rusak, seperti memisahkan bagian mineral dengan bagian organik. Selain kerusakan struktur, juga terjadi peningkatan daya hantar listrik yang mencapai 1900 kali dibandingkan dengan tanah tidak tercemar.

Tabel 6. Sifat kimia tanah sawah di Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung yang tercemar air limbah pabrik sejak tahun 1995*

Sifat kimia	Satuan	Tidak tercemar limbah		Tercemar limbah	
		Nilai	Kelas	Nilai	Kelas
pH H ₂ O		6,2	agak masam	6,9	Netral
DHL	dS/m	0,05	sangat rendah	0,95	sangat rendah
KB	%	100	sangat tinggi	100	sangat tinggi
C-org	%	0,64	sangat rendah	2,91	Sedang
N-org	%	0,08	sangat rendah	0,26	Sedang
P2O ₅ (tersedia)	mg/100 g	69	sangat tinggi	153	sangat tinggi
K ₂ O (tersedia)	mg/100 g	18	Rendah	36	Sedang
Mg	cmol(+)/kg	3,05	Tinggi	7,07	Tinggi
Ca	cmol(+)/kg	8,44	Tinggi	19,51	sangat tinggi
Na	cmol(+)/kg	0,03	sangat rendah	6,95	sangat tinggi
KTK	cmol(+)/kg	11,04	Rendah	31,06	Tinggi

*Sumber: Sutono 2001, DHL = Daya hantar listrik, KB = Kejenuhan basa

Studi tentang daya hantar listrik telah banyak dilakukan, salah satu hasilnya adalah meningkatnya daya hantar listrik di dalam tanah sawah sangat mempengaruhi penurunan hasil tanaman padi. Peningkatan DHL menjadi >4 dS/m menyebabkan hasil padi sangat sedikit bahkan mungkin tidak memberikan hasil karena hanya sedikit tanaman yang toleran dengan DHL tinggi (Tabel 7)

Tabel 7. Pengaruh daya hantar listrik terhadap produktivitas tanaman*

Salinitas	Nilai DHL (dS/m)	Pengaruh
Tidak salin	0 – 2	Daya pengaruh keragaman boleh diabaikan
Rendah	2 – 4	Hasil panen pertanaman sangat peka dapat terbatas
Sedang	4 – 8	Hasil panen banyak pertanaman terbatas
Tinggi	8 – 16	Hanya tanaman toleran yang menghasilkan panen
Sangat tinggi	> 16	Sedikit tanaman toleran yang menghasilkan panen

*Sumber Abrol et al. (1998)

Ciri khusus lain bagi tanah salin adalah tingginya daya hantar listrik tanah, makin tinggi daya hantar listriknya makin tinggi peluang tanaman padi tidak menghasilkan gabah atau makin rendah peluang memperoleh gabah. Tanaman padi yang mempunyai sifat peka terhadap salinitas, hasil gabahnya akan terbatas menjadi lebih sedikit atau sama tidak menghasilkan gabah. Oleh karena itu, air untuk irigasi pada lahan sawah salin hendaknya menggunakan air segar dengan DHL sangat rendah agar mampu mengencerkan kepekatan natrium. Karena kunci keberhasilan menanggulangi salinitas diantaranya adalah dengan mengencerkan natrium dan memindahkannya ke badan air. Belum terdapat data valid yang menyatakan dengan pasti tentang luas lahan sawah yang berubah menjadi salin di Indonesia, namun FAO (2005) memprediksi sekitar 20% lahan pertanian menjadi salin. Jika hal ini benar maka lahan sawah salin di Indonesia dapat mencapai > 1 juta hektar, diharapkan data FAO tidak berlaku bagi Indonesia. Studi tentang salinitas di Kabupaten Indramayu menghasilkan angka lahan salin seluas 37.136 ha yang tergolong ke dalam kelas salinitas tinggi dan sangat tinggi atau sekitar 33% dari luas lahan sawah baku (Tabel 8).

Tabel 8. Kelas dan luas salinitas lahan di Kabupaten Indramayu pada tahun 2008*

Kelas salinitas	Luas	
	Ha	%
Rendah	65.521	58,4
Sedang	9.536	8,5
Tinggi	11.780	10,5
Sangat tinggi	25.356	22,6
Total	112.193	100,0

*Sumber: Erfandi et al. (2009)

Angka tersebut diperoleh dari pengamatan terhadap bentang lahan dengan jarak 1 – 7 km dari garis pantai ke arah daratan, pada koordinat $107^{\circ} 53' 09''$ sampai $108^{\circ} 19' 02''$ Bujur Timur (BT) dan $60^{\circ} 13' 45''$ sampai $60^{\circ} 29' 19''$ Lintang Selatan. Jadi pengamatan tidak dilakukan di seluruh wilayah Kabupaten Indramayu, hanya sekitar 55% dari luas total (204.011 ha) Kabupaten Indramayu. Beberapa kabupaten yang telah melaporkan terdapat peningkatan salinitas terjadi di Kabupaten Cilacap yang katanya terluas di Jawa Tengah. Tetapi pernah dilaporkan bahwa di Jombang ada mata air yang salin. Untuk memastikan itu semua ada baiknya dilakukan pemetaan potensi sawah menjadi salin sehingga penanggulangannya akan lebih terarah agar tidak terjadi penurunan provitas padi. Nampaknya belum ada data pasti tentang luas lahan sawah potensial menjadi salin, pernyataan ini didukung oleh salah seorang peneliti BB Padi bahwa belum ada luas lahan terkena intrusi air laut secara nasional.

Identifikasi tanah yang mengalami proses penggaraman pada areal yang terkena dampak Tsunami dapat dilakukan dengan memperhatikan tanah secara teliti. Keretakan yang menyebar di permukaan tanah adalah tanda yang jelas, yang merupakan endapan garam atau endapat liat. Dari survei yang dilakukan oleh FAO (2005) lapisan-lapisan liat atau debu di permukaan tanah tersebut mengandung residu garam yang tinggi. Di sebagian besar tempat, setelah digali sampai kurang lebih sedalam 20 cm dijumpai lapisan keabuan yang masih jelas. Lapisan ini mempersulit proses pencucian garam meskipun tanah sudah diguyur hujan, karena lapisan tersebut sulit ditembus air, sehingga proses pencucian tidak berjalan dengan baik.

Proses kematian tanaman padi

Tumbuhan yang hidup di lahan salin menghadapi dua masalah utama, yaitu (1) dalam hal memperoleh air tanah yang potensial

airnya lebih negatif, potensial air tanah yang lebih negatif akan memacu air keluar dari jaringan sehingga tumbuhan kehilangan tekanan turgor; dan (2) dalam mengatasi konsentrasi tinggi ion natrium (Na⁺) dan klorida (Cl⁻) yang kemungkinan beracun. Berlimpahnya Na⁺ dan Cl⁻ juga dapat mengakibatkan ketidakseimbangan ion sehingga aktivitas metabolisme dalam tubuh tumbuhan menjadi terganggu. (Hochachka dan Somero, 1973; Salisbury dan Ross, 1995; dan Djukri, 2009).

Berdasarkan kemampuan untuk tumbuh pada keadaan salin, tanaman digolongkan menjadi glikofita dan halofita. Tanaman yang digolongkan sebagai halofita adalah tanaman yang tahan terhadap konsentrasi NaCl yang tinggi. Tanaman glikofita adalah tanaman yang tidak dapat mentolerir salinitas yang tinggi. Sebagian besar tanaman pertanian digolongkan sebagai tanaman glikofita (Haryadi dan Yahya *dalam* Kusmiati *et al.* 2004), termasuk kebanyakan varietas padi tidak toleran terhadap salinitas. FAO (2005) memperkirakan penurunan hasil tanaman padi pada berbagai tingkat salinitas (Tabel 9). Untuk tanaman lain yang sensitif seperti pepaya, mangga dan pisang akan terpengaruh pada nilai EC(e) sekitar 2 mS/cm, sedangkan tanaman yang toleran misalnya kelapa dan asam hanya akan terpengaruh pada nilai 8-10 mS/cm atau lebih.

Tabel 9. Perkiraan penurunan hasil tanaman padi pada berbagai tingkat salinitas*

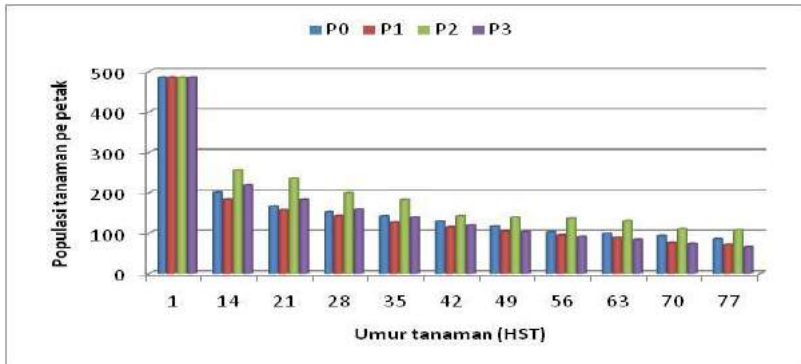
Nilai daya hantar listrik dalam keadaan jenuh atau ECe (mS/cm)	Penurunan hasil tanaman padi (%)
<4	<10
4-6	10-20
6-10	20-50
>10	>50

*Sumber: FAO, 2005

Meskipun tanaman padi bukan merupakan tanaman yang tidak toleran terhadap salinitas, namun padi merupakan tanaman paling disukai oleh petani sawah, sehingga petani tetap melakukan budi daya padi meski menghadapi resiko gagal panen (misal dengan tiga kali tanam hanya sekali panen padi). Tanaman padi tidak dapat beradaptasi ketika suplai air segar tidak mencukupi untuk dapat menurunkan kadar natrium. Sistem budi daya padi sawah dirasakan petani paling menguntungkan, oleh karena itu introduksi tanaman padi toleran terhadap salinitas tanah sangat diperlukan untuk menanggulangi merosotnya produksi padi akibat masalah salinitas. Sistem budi daya padi sawah yang menerapkan irigasi sepanjang musim tanam, dapat menyebabkan penurunan salinitas pada zona perakaran sebagai akibat terjadinya pencucian dan pengenceran natrium. Tanaman padi mengalami cekaman salinitas selama pertumbuhannya, selain itu tanaman padi merupakan tanaman yang dapat tumbuh dan berkembang pada musim hujan. Oleh karena itu, salinitas tanah yang tinggi pada awal pertanaman dapat berkurang setelah beberapa kali hujan dan irigasi menggunakan air segar dapat berjalan sehingga padi dapat panen.

Salinitas merupakan kendala besar dalam mempertahankan pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi musim kemarau terutama pada lahan sawah tadah hujan, sebab pada musim kemarau terjadi penguapan tinggi dan pasokan air segar menjadi terbatas, sehingga sawah dengan salinitas tinggi menjadi kendala dalam memperoleh hasil panen yang memuaskan.

Ciri khas matinya tanaman padi yang diakibatkan oleh keracunan natrium dan daya hantar listrik tinggi adalah tanaman padi mati dalam kondisi tergenang air. Kematian dimulai dengan mengeringnya pucuk daun tua merambat ke arah pangkal daun kemudian ke daun yang lebih muda dan akhirnya ke titik tumbuh. Tanaman padi kering ditengah-tengah genangan air dalam lahan sawah.

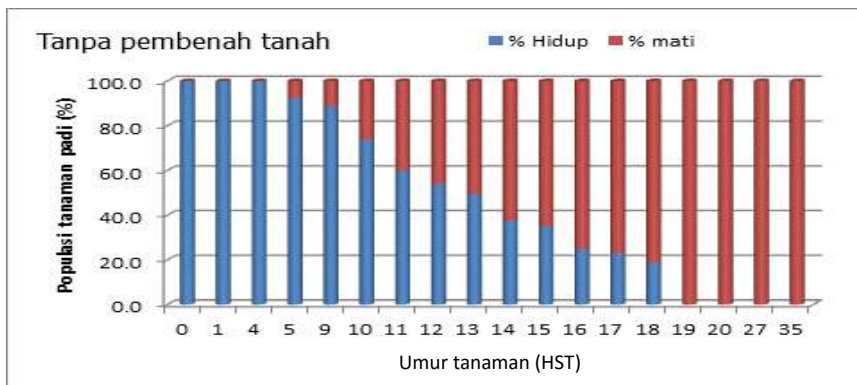


Gambar 5. Jumlah tanaman yang hidup sejak 1 HST sampai 77 HST pada percobaan pemulihan lahan akibat intrusi air laut di Desa Cemara, Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu tahun 2014*

*Sumber: Sutono 2014

Bergantung kepada tingkat kepekatan natrium di dalam air yang menggenangi sawah dan di dalam tubuh tanah, makin pekat konsentrasinya makin cepat tanaman mati. Studi kasus di Cantigi pada tahun 2014 yang basah dengan tahun 2015 yang kering atau curah hujan lebih rendah disajikan pada Gambar 5. Bibit berumur 30 hari yang ditanam pada lahan sawah dengan salinitas sangat tinggi mulai mati pada hari ke 4 setelah tanam jika tidak dilakukan pengenceran natrium melalui pemberian air irigasi yang rendah daya hantar listrik. Air rendah natrium dan rendah daya hantar listrik kami sebut sebagai air segar.

Tingkat kematian tanaman pada tahun 2014 relatif terkendali karena pengendalian air asin terbantu oleh tingginya curah hujan yang menyebabkan saluran irigasi selalu penuh oleh aliran air segar. Sedangkan pada tahun 2015 pengenceran natrium tidak dapat berjalan dengan baik karena kekurangan air segar sehingga tingkat kematian lebih cepat (Gambar 6).



Gambar 6. Perkembangan persentase hidup dan mati tanaman padi pada sawah dengan salinitas sangat tinggi pada percobaan pemulihan lahan akibat intrusi air laut di Desa Cemara, Kecamatan Cantigi, Kabupaten Indramayu tahun 2015*

*Sumber: Sutono 2014

Padi yang sedang berkecambah merupakan fase paling rentan terhadap salinitas tinggi, demikian juga ketika awal pertumbuhan pascatransplanting. Penulis mengemukakan varietas padi yang toleran salinitas pada tanah dengan salinitas tinggi ternyata tidak berkecambah, bibit yang dipindahtanamkan ke lahan sawah pada umur 21 hari lebih mudah mati dibandingkan dengan yang berumur 30 hari di persemaian. Kaddah dan Fakkry (1961) menyatakan bahwa pada masa perkecambahan padi toleran hingga 30 dS/m, sensitif terhadap salinitas pada tahap pertumbuhan awal dan toleransi meningkat dengan meningkatnya fase pertumbuhan.

Tingkat kematian yang cepat dan tinggi pada pertanaman padi tahun 2015 disebabkan rendahnya debit air tawar sementara tingkat salinitas tanah tergolong ke dalam kelas sangat tinggi dan konsentrasi natrium tidak dapat diencerkan. Karena pengenceran terhambat oleh rendahnya debit air segar yang dapat dimanfaatkan untuk mengencerkan natrium.

Studi kasus di Rancaekek, Bandung menunjukkan terjadi penurunan hasil dari tahun ke tahun dan tingkat penurunan hasil yang terus bertambah. Dalam kurun waktu tahun 1995 ketika penurunan hasil mencapai 67% pada lahan tercemar dibandingkan lahan tidak tercemar meningkat menjadi 93% pada tahun 2008 (Tabel 10). Penurunan hasil tersebut menyebabkan gairah petani untuk mempertahankan budi daya padi dan budi daya tanaman pangan menjadi menurun bahkan hilang sehingga lahan sawah dibiarkan bera dan menjadi lahan yang tidak sehat.

Berdasarkan kasus di Cantigi dan Rancaekek, dapat diambil pelajaran bahwa budi daya padi tidak dapat memberikan keuntungan kepada petani apabila dilaksanakan pada tanah dengan salinitas tinggi dan permanen. Ketika sumber natrium bersifat telah bereaksi dengan tanah, natrium yang semula bersifat fenomena berubah menjadi permanen dan menimbulkan berbagai kerugian pada budi daya tanaman padi yang rentan terhadap salinitas.

Tabel 10. Penurunan hasil padi pada lahan tercemar limbah cair industri di Rancaekek, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat*

Tahun	Lahan sawah tidak tercemar	Lahan sawah tercemar	
		GKP (ton/ha)	Penurunan (%)
1995	6,38	2,10	67,1
1998	6,38	1,86	70,9
2004	6,63	1,30	80,4
2008	7,23	0,48	93,3
2009	6,00	0,53	91,2

*Sumber: Sutono, 2012

Bab 3.

PENGUKURAN SALINITAS

Salah satu parameter yang dapat dipakai untuk menilai tingkat salinitas tanah adalah dengan mengukur daya hantar listrik (DHL) atau *electrical conductivity* (EC) dari larutan yang diekstrak dari tanah. Air murni adalah media penghantar listrik yang sangat jelek, namun demikian daya hantar listriknya akan meningkat sejalan dengan meningkatnya kandungan garam di dalam air. Mengukur EC dari suatu larutan tanah, berarti secara tidak langsung yang diukur adalah kandungan garamnya. Satuan yang umum digunakan adalah deciSiemens per meter (dS/m).

Larutan tanah berkadar garam tinggi di daerah perakaran tanaman akan meningkatkan tekanan osmotik sehingga akar tanaman kesulitan dalam menyerap air menyebabkan terjadinya kekeringan fisiologis pada tanaman. Pada kondisi dimana konsentrasi garam dalam tanah cukup tinggi, maka air yang ada didalam sel tanaman akan bergerak keluar, dinding protoplasma mengkerut dan sel rusak (plasmolisis). Selain tanaman harus mengatasi tekanan osmotik tinggi, pada beberapa tanaman dapat terjadi ketidakseimbangan hara disebabkan oleh kadar hara tertentu terlalu tinggi.

Pengukuran di Laboratorium

Pengukuran EC dapat dilakukan pada larutan yang diekstrak dari tanah yang sebelumnya dijenuhi dengan air. Setelah dibiarkan selama 24 jam, untuk melarutkan keseluruhan garam-garam yang ada, larutan kemudian diekstrak dan EC-nya diukur (EC_e). Cara pengukuran ini merupakan metode pengukuran EC standard, namun waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil pengukuran relatif lama. Untuk itu dikembangkan metode lain seperti mengukur EC pada larutan yang dibuat dari campuran 1 porsi tanah dan 2 porsi air (EC_{1:2}) atau 1 porsi tanah dan 5 porsi air (EC_{1:5}). Metode ini relatif lebih cepat dibanding metode sebelumnya, namun demikian hasil pengukuran perlu dikalikan dengan faktor koreksi untuk menyetararkannya dengan metode standar. Faktor koreksi untuk metode EC_{1:5} (1 porsi tanah dan 5 porsi air) pada berbagai tekstur tanah disajikan pada Tabel 11. Metode yang umum dipakai di Laboratorium Balittanah Bogor adalah metode EC_{1:5}.

Tabel 11. Faktor konversi hasil pengukuran salinitas dari EC_{1:5} ke EC_e berdasarkan tekstur tanah*

Tekstur tanah	Perkiraan kandungan liat (%)	Faktor konversi
Pasir	<10	17,0
Pasir berlempung	10 – 25	13,8
Lempung	25 – 30	9,5
Lempung berliat	30 – 35	8,6
Liat ringan	35 – 45	8,6
Liat sedang – liat berat	>45	7,0

Pengukuran salinitas di lapang

Tingkat salinitas tanah dapat diukur secara tidak langsung menggunakan metode induksi elektromagnetik (EM) seperti penggunaan alat EM38 (Gambar 7). Alat ini panjangnya sekitar 1 m

dilengkapi dengan satu elektroda pada masing-masing ujungnya. Elektroda pada ujung yang satu berfungsi untuk memancarkan gelombang electro magnetik kedalam tanah sementara ujung yang lainnya berfungsi untuk menangkap gelombang elektromagnetik tersebut. Pengukuran EC menggunakan EM38 tidak memerlukan pengambilan contoh tanah dan hasilnya pun dapat langsung diketahui. Hasil pengukuran dengan metode ini dinamai *apparent electrical conductivity* (ECa) karena pengukuran EC selain dipengaruhi oleh salinitas tanah itu sendiri juga oleh faktor-faktor lainnya. Kriteria tingkat salinitas tanah (ECa) yang diukur menggunakan EM38 pada berbagai tekstur tanah disajikan pada Tabel 12.



Gambar 7. Instrumen pengukur salinitas tanah di lapang EM38

Alat EM38 mengukur DHL rata-rata tanah secara *in-situ* sampai pada kedalaman 1 meter di lapang. Nilai hasil pengukuran EM38 akan meningkat dengan meningkatnya salinitas tanah, kandungan liat dan kelembaban tanah. Hasil pengukuran dapat memberi gambaran tingkat salinitas tanah pada berbagai klas tekstur tanah dan dapat digunakan sebagai petunjuk tempat pengambilan contoh tanah untuk dianalisa di laboratorium.

Tabel 12. Tingkat salinitas tanah (ECa) diukur menggunakan EM38 pada berbagai tekstur tanah

Tekstur	ECa (dS/m)			
	Rendah*	Sedang*	Tinggi*	Sangat Tinggi*
Pasir berlempung	0,4	0,4-0,7	0,7-1,3	>1,3
Lempung	0,4	0,7-1,1	1,1-1,9	>1,9
Lempung berliat – Liat ringan	<1,0	1,0-1,5	1,5-2,5	>2,5
Liat sedang – berat	<1,25	1,25-1,9	1,9-3,0	>3,0

Keterangan: Rendah menunjukkan ekuivalen dengan nilai E_{Ce} <2 dS/m; Sedang menunjukkan ekuivalen dengan nilai E_{Ce} 2 sampai 4 dS/m; Tinggi menunjukkan ekuivalen dengan nilai E_{Ce} 4 sampai 8 dS/m; Sangat Tinggi menunjukkan ekuivalen dengan nilai E_{Ce} >8 dS/m.

Sumber : Rhoades et al (1989).

Pengukuran menggunakan EM38 dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara vertikal dan horizontal. Pengukuran dengan cara vertikal yaitu menempatkan instrument di permukaan tanah secara vertikal (EM_v; Gambar 8), sedangkan cara horizontal yaitu dengan cara merebahkan alat di permukaan tanah (EM_h; Gambar 9). Pengukuran secara vertikal lebih sensitif dibanding cara horizontal pada kedalaman 0,45 m. Pada kedalaman tanah >0,45 m, cara horizontal lebih sensitif dibanding cara vertikal. Dengan melakukan pengukuran menggunakan 2 cara tersebut, maka dapat memberi gambaran seberapa dalam garam-garam yang mencemari lahan telah terinfiltrasi ke dalam tanah.

Tanah-tanah yang tidak tercemar oleh air atau limbah yang mengandung garam akan menunjukkan nilai hasil pengukuran EM38 yang juga rendah. Pada tanah-tanah yang tercemar dalam waktu relatif lama akan menunjukkan adanya peningkatan salinitas tanah dengan kedalaman karena adanya proses pencucian.



Gambar 8. Pengukuran EM38 secara vertikal



Gambar 9. Pengukuran EM38 secara horizontal

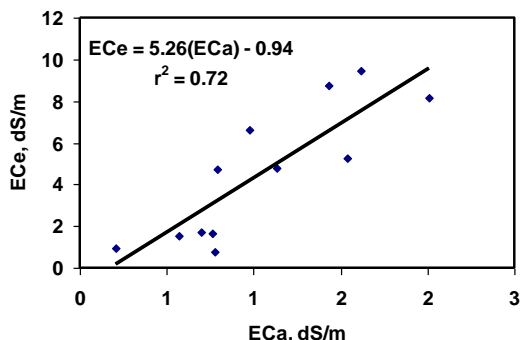
Korelasi pengukuran laboratorium dengan EM38

Untuk mengetahui korelasi antara pengukuran salinitas tanah menggunakan EM38 dengan pengukuran di laboratorium telah diambil sejumlah contoh tanah dilokasi-lokasi yang salinitasnya diukur menggunakan EM38 (Rachman *et al.*, 2008). Contoh tanah dianalisa dilaboratorium menggunakan campuran tanah dan air 1 banding 5, hasil pembacaan (EC_w) kemudian dikonversi ke E_{Ce} dengan mengalikan faktor koreksi sesuai dengan tekstur tanahnya.

Hasil pengukuran salinitas tanah dilaboratorium berkorelasi positif dengan hasil pengukuran dengan EM38 dengan rumus regresi sebagai berikut:

$$E_{Ce} = (5,26 * E_{Ca}) - 0,94 \quad r^2 = 0,72$$

Rumus ini hampir sejalan dengan padanan antara E_{Ca} dan E_{Ce} yang dikemukakan oleh Rhoades *et al* (1989). Tanah yang bertekstur lempung dengan nilai E_{Ca} 1,7 dS/m dikelompokkan kedalam tanah yang salinitasnya tinggi. Dengan memasukkan angka E_{Ca}=1,7 tersebut kedalam rumus regresi maka diperoleh nilai E_{Ce} = 8 dS/m yang termasuk dalam kelompok tanah yang salinitas yang sama yaitu tinggi.



Gambar 10. Korelasi antara salinitas tanah yang diukur menggunakan EM38 (E_{Ca}) dengan pengukuran di laboratorium (E_{Ce})

Bab 4.

REHABILITASI TANAH SAWAH SALIN

Pembenah tanah Gypsum

Penanggulangan salinitas dengan menggunakan gypsum dilakukan jika penanggulangan dengan sistem pencucian tidak efektif lagi, karena tanah sudah demikian jenih dengan natrium. Prinsip penggunaan gypsum dalam penanggulangan salinitas adalah menggantikan ion sodium (Na) yang terikat kompleks jerapan tanah dengan kalsium (Ca) yang terkandung dalam gypsum, dengan adanya proses penggantian tersebut, sodium menjadi relatif mudah dibuang proses pencucian. Oleh karena itu rehabilitasi tanah salin dengan menggunakan gypsum harus disertai dengan proses pencucian. Saat pelaksanaan rehabilitasi tanah terkena dampak tsunami di Aceh, penggunaan gypsum direkomendasikan hanya ketika pH tanah > 8,5 (misalnya tanah sodik) dan jika cara mekanis sederhana tidak efektif menghancurkan lapisan padat liat/debu.

Keuntungan jika gypsum digunakan untuk merehabilitas tanah salin adalah bisa berdampak terhadap perbaikan sifat fisik tanah, diantaranya menurunkan BD tanah, meningkatkan permeabilitas dan infiltrasi, dan menurunkan pengkerakan (soil crusting) dan pemadatan tanah (IPNI, 2015), sehingga selain menyebabkan Na menjadi lebih mudah dicuci, proses pencucian juga akan lebih mudah dilakukan sebagai dampak terjadinya perbaikan sifat fisik

tanah yang, utamanya yang dapat mempermudah terjadinya pergerakan air (misal permeabilitas dan infiltrasi tanah).

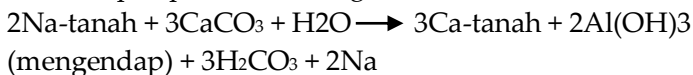
Keuntungan lain yang diperoleh dari penggunaan gypsum adalah menjadi sumber hara kalsium (Ca) dan Sulfur (S). Gypsum pertanian umumnya terdiri dari $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (dihydrat), di bawah temperature dan tekanan tinggi dihydrat gypsum bisa dikonversi menjadi CaSO_4 tanpa air. Karakteristik kimia dari gypsum disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Nama-nama pembenah tanah buatan yang mengandung Ca tinggi

Nama	Formula dan komposisi	Kelarutan
Dihydrate (Gypsum)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 23% Ca, 18% S, 21% air	2,05 g/l
Anhydrite	CaSO_4 29% Ca, 23% S	2,05/l
Hemi-hydrate	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$	Kembali ke bentuk gypsum ketika air ditambahkan

Pembenah tanah kapur pertanian

Pembenah tanah yang terbuat dari kapur pertanian (CaCO_3) biasa digunakan untuk menurunkan kemasaman tanah. Kalsium pertanian adalah batu kapur yang dibakar biasa digunakan untuk keperluan mengapur dinding atau menjadi bagian dari campuran bahan bangunan lain. Kapur pertanian ini banyak mengandung kalsium yang dapat dimanfaatkan untuk mengusir Na dari dalam tanah, sehingga kandungan natriumnya menjadi berkurang dan salinitasnya turun. Mekanisme penurunan salinitas tanah yang diberi kapur pertanian mengikuti reaksi berikut:



Natrium terlepas dari butiran tanah dan mengalir mengikuti aliran air ke luar petakan sawah. Dalam hal penurunan salinitas, kapur pertanian berkadar kalsium tinggi berperan dalam memisahkan natrium dari butiran tanah. Oleh karena itu, makin tinggi kandungan kalsiumnya memungkinkan terjadi desalinitas menjadi lebih cepat.

Pembenah tanah SP50

Pembenah tanah SP-50 merupakan pembenah tanah organik yang diformulasi dari pupuk kandang dan arang (biochar) sekam padi. Pembenah tanah ini telah terbukti efektif digunakan untuk merehabilitasi lahan kering masam maupun pada lahan kering iklim kering. Ciri khas dari biochar adalah terdapat rongga-rongga yang dapat berisi air dan bahan-bahan terlarut di dalam air. Namun demikian, dari percobaan yang telah dilakukan terlihat bahwa biochar tidak mempercepat terjadinya desalinisasi. Justru akan memperlambat desalinisasi.

Pembenah tanah Abu Vulkanik

Prototipe pembenah tanah berbahan dasar abu vulkanik yang dapat digunakan untuk merehabilitasi lahan sawah salin mengandung Ca tinggi agar mampu mengikat natrium sementara diberi nama Volkanorfs. Dari beberapa formula yang telah dibuat terdapat paling tidak 4 macam pembenah tanah yang mengandung kalsium > 4%, yaitu S 532, S 523, S 442, dan S 424, yang terakhir mengandung Ca > 5% (Tabel 14). Penggunaan S424 mempunyai peluang untuk dijadikan pembenah tanah dalam proses desalinisasi atau penurunan salinitas.

Tabel 14. Pembena tanah Volkanorfs yang mengandung Ca > 4% hasil formulasi Balittanah 2011

No.	Pembena tanah	pH (1 : 5)	Bahan organik		Hara makro			
			C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
----- % -----								
1	S532	7,56	50,08	0,80	2,44	0,33	4,07	0,18
2	S523	7,58	51,89	0,98	3,22	0,26	4,79	0,20
3	S442	7,48	47,94	1,20	2,53	0,46	4,21	0,21
4	S424	7,52	51,64	0,91	3,85	0,27	5,27	0,19

Sumber: Sutono et al., 2011

Pembena tanah ini mudah dibuat dan siapa pun dapat membuatnya, yang agak sulit diperoleh adalah bahan dasar berbentuk abu volkanik yang mempunyai pH > 6. Jika abu volkanik mempunyai pH yang rendah dan cenderung masam, akan kurang bagus untuk dijadikan pembena tanah bagi lahan salin yang mempunyai pH masam.

Phytoremediasi Mendong (*Fimbristylis umbellaris*)

Salah satu tanaman yang toleran terhadap salinitas tinggi adalah mendong (*Fimbristylis umberalis*) (Gambar 11). Tanaman ini dapat tumbuh berkembang dengan baik sebagai tanaman menahun, rimpang kecil, tinggi 20-120 cm. Batang berambut panjang rapat, kaku, menyudut tumpul atau hampir bulat torak, kurang lebih memipih di bawah perbungaan, halus, berbelang, garis tengah 1-5 mm. Daun-daun acap tereduksi hingga tak memiliki helaian, serupa tabung, terpankaskan miring ujungnya, berupa seludang bertepi kecokelatan; daun pada batang yang fertil atau tumbuhan muda memipih dan beralur-alur selebar 1,5 mm. Perbungaan di pucuk, tunggal atau majemuk, dengan 1-40 spikelet, yang terbesar serupa payung, 3-10 cm panjangnya. Buah bulir memipih,

berbentuk segitiga, atau cembung di dua sisinya, berbintil halus, $0,8-1 \times 0,6-0,8$ mm.^[6]



Gambar 11. Tanaman mendong (*Fimbristylis umbellaris*)

Mencegah masuknya air asin

Kegiatan rehabilitasi lahan salin tidak perlu dilakukan jika sumber salinitasnya, yaitu natrium, tidak masuk dan berdiam di dalam lahan sawah. Ketika air asin masuk ke lahan sawah kemudian segera dikeluarkan lagi dan segera pula dicuci menggunakan air segar maka peningkatan salinitas akan terhindarkan. Oleh karena itu, pencegahan masuknya air asin ke dalam petak persawahan melalui aliran permukaan di dalam parit-parit dan sungai besar dan kecil yang dipengaruhi pasang naik air laut hendaknya menjadi prioritas utama.

Mencegah masuknya air laut dapat diupayakan dengan membuat pintu-pintu air pada lokasi-lokasi tempat pergerakan air laut masuk ke daratan. Pencegahan dapat dimulai dengan

membangun pintu-pintu air yang mampu menghambat mengalirnya air laut ke daratan dan terutama lahan-lahan pertanian, baik lahan sawah irigasi maupun lahan sawah tadah hujan. Bergantung kepada lebar atau sempitnya jalan air air tersebut, maka pergerakan air laut masuk ke daratan dapat dicegah dengan membangun pintu air otomatis.

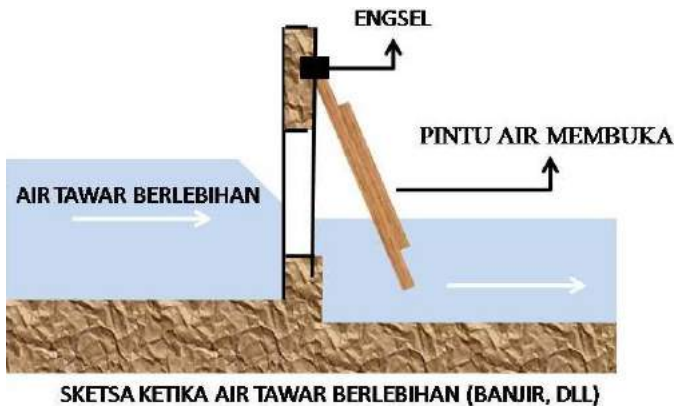
Pintu air otomatis ini memanfaatkan tenaga dorong yang ditimbulkan oleh pergerakan air yang masuk ke arah daratan maupun aliran air yang mengarah ke laut. Pintu air otomatis ini sangat membantu petani, sebab pada saat air laut pasang naik petani tidak harus berjaga untuk menutup atau membuka pintu air. Pintu air otomatis dapat dibuat di ujung parit yang berada di beting pantai atau agak masuk ke arah daratan dimana jalan masuk air laut berada di bawah pematang-pematang dan tanggul-tanggul. Pematang dan tanggul hendaknya cukup tinggi dan tidak pernah lebih rendah dibandingkan ketinggian air pasang. Jika tanggul tersebut berada lebih rendah daripada ketinggian air pasang, maka air laut akan masuk ke lahan pertanian.

Pintu air otomatis dipasang sedemikian rupa agar ketika terjadi pasang naik, air laut akan tertahan dan tidak mampu menembus pintu. Pintu ini harus mempunyai karakter kokoh dari gempuran tenaga air laut pasang naik dan tidak bocor atau meloloskan air laut masuk ke arah persawahan. Karena yang harus ditahan adalah pergerakan air yang mengarah ke persawahan dan lahan pertanian, maka pintu tersebut hendaknya dapat tertutup rapat apabila terkena tenaga dorong aliran air laut.

Kerangka pintu dapat dibuat dari tembok dan besi sedangkan daun pintu dapat dibuat dari kayu, besi, sejenis PVC atau bahan-bahan tahan lama yang tidak mudah korosif akibat sering terendam air laut. Daun pintu digantung sedemikian rupa sehingga mudah berayun sesuai arah tenaga dorong pergerakan air. Pertemuan antara penahan daun pintu dengan daun pintu dipasang sejenis klep yang mampu menahan seluruh aliran air laut. Jadi pintu air

tersebut harus mampu menahan seluruh pergerakan laut ke arah daratan, jangan sampai ada yang bocor.

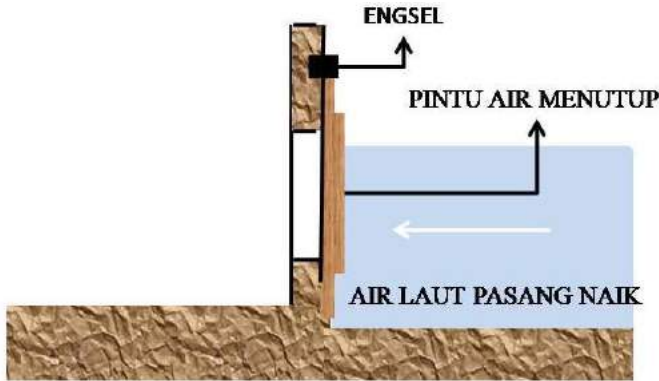
Gambar 12 menunjukkan bahwa pintu air terbuka akibat dorongan tenaga aliran air tawar ketika debit air tawar meningkat. Pembukaan pintu air ini akan sejalan dengan tenaga dorong aliran air, makin besar debit aliran air makin besar pembukaan pintu. Aliran air segar tidak terhalang oleh pintu air untuk segera pergi ke laut, karena dasar parit berada lebih tinggi untuk menampung dan mengalirkan air segar dibandingkan dengan air asin. Sekecil apapun tenaga dorong dari aliran air segar, hendaknya pintu air akan terbuka dengan mudah.



Gambar 12. Sketsa pemasangan dan penempatan pintu air untuk memudahkan aliran air segar ke luar dari parit irigasi menuju laut.

Pada Gambar 13 terlihat bahwa pintu air tertutup rapat ketika air laut sedang pasang naik, sehingga tidak ada aliran air pembawa garam ke arah daratan. Engsel hendaknya berfungsi dengan baik agar memudahkan pergerakan daun pintu. Air laut yang bergerak karena didorong tenaga aliran pasang naik air laut akan membuat keseimbangan terlebih dahulu dengan aliran air segar. Ketika keseimbangan tercapai, maka pintu air akan turun dan merapat ke

rangka pintu air. Kecepatan merapat sebanding dengan meningkatnya tenaga dorong air laut yang sedang pasang naik. Sebelum pintu air menutup air laut yang mengalir ke arah daratan tertahan terlebih dahulu oleh tembok rangka pintu. Inilah fungsi dari beda ketinggian pada dasar parit atau dasar pintu air, sehingga dapat menahan aliran air laut agar tidak segera menerobos pintu air.



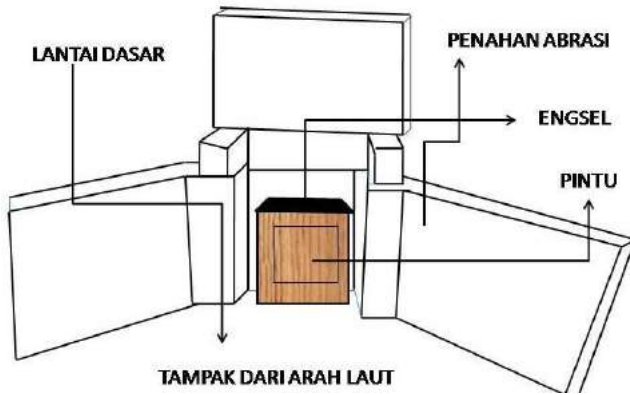
SKETSA KETIKA AIR LAUT PASANG NAIK

Gambar 13. Sketsa pintu penahan aliran air laut ketika terjadi pasang naik, pintu tertutup rapat tidak membiarkan air laut menerobos.

Mekanisme buka tutup yang mengandalkan tenaga dorong aliran air dapat meringankan pengamat air pasang. Setidaknya petani yang padinya sedang tumbuh dan berkembang merasa aman tanpa harus melakukan ronda malam ketika waktunya ada air pasang naik dari laut. Gambar 14 menunjukkan sketsa pintu air yang dibuat permanen pada suatu parit kecil yang menghubungkan jalan air segar dan air laut.

Sebuah cerita menarik para petani di desa Pusaka Jaya Utara, di Kabupaten Karawang. Ketika air laut pasang naik (rob) diperkirakan akan terjadi, maka petani melakukan ronda malam di

muara selokan kecil. Selokan menghubungkan lahan sawah dengan laut, tetapi tidak dibangun pintu air otomatis.



Gambar 14. Sketsa pintu air dilihat dari arah laut, pintu dibuat untuk menahan air laut.

Selokan tersebut ditembok, tetapi tidak dipasang pintu, sehingga pergerakan air tawar dan air asin ke luar dan masuk ke selokan menjadi sangat mungkin terjadi bergantung ketinggian muka airnya. Jika muka air tawar tinggi maka air tawar akan mengalir ke laut tanpa hambatan. Sebaliknya pada saat muka air laut tinggi karena sedang terjadi rob, maka air laut akan dengan mudah masuk ke areal persawahan.

Agar air laut tidak masuk ke areal sawah diperlukan penjagaan yang maksimal, bila perlu melakukan ronda malam sampai air laut surut kembali. Jika rob datang, maka selokan sudah harus tertutup rapat. Selokan ditutup menggunakan karung-karung berisi tanah sedemikian rupa sehingga air laut tidak bisa masuk ke areal sawah. Tanpa melakukan penutupan diyakini bahwa tanaman padi mereka akan mengalami kerusakan ringan sampai mati kering. Mereka mengamati pergerakan rob dan pintu air agar air laut tidak masuk ke lahan sawahnya.

Bab 5.

BUDI DAYA PADI PADA LAHAN SAWAH SALIN

Pengenceran konsentrasi natrium

Penyebab utama kegagalan tanam padi sawah pada tanah terpapar natrium adalah konsentrasi natrium yang pekat ditandai dengan tingginya nilai daya hantar listrik, dan kejenuhan natrium (TDS = total dissolved salt). Eviati dan Sulaeman (2009) menjelaskan bahwa daya hantar listrik mencerminkan kadar garam terlarut sehingga peningkatan kadar garam mempengaruhi peningkatan nilai daya hantar listrik.

Hasil analisis terhadap contoh tanah dapat digolongkan ke dalam kelas sangat rendah sampai sangat tinggi bergantung kepada jumlah kadar natrium yang terlarut dari contoh tersebut (Tabel 1). Tanah mengandung Na sebanyak 0,8 – 1,0 me/100 g (0,8 – 1,0 cmol(+)/kg) dapat digolongkan ke dalam kelas tinggi. Jumlah Na tersebut setara dengan DHL 3-4 dS/cm. Pengukuran DHL menggunakan elektroda platina. Pengukuran di lapangan dapat menggunakan multimeter meter untuk mengetahui sampai sejauh mana daya hantar listrik dan kejenuhan natrium di lahan tersebut.

Jika DHL dan kejenuhan natrium sudah diketahui, maka hasil tersebut dibandingkan dengan kriteria yang terdapat pada Tabel 1. Perolehan data DHL digunakan untuk menentukan tindakan selanjutnya, apakah diperlukan pengenceran natrium atau tidak. Tindakan pengenceran sangat diperlukan kalau DHL berada pada

kelas tinggi sampai sangat tinggi atau DHL > 3 dS/cm, tetapi tidak diperlukan tindakan khusus jika DHL < 2 dS/cm.

Pengenceran natrium dapat dilakukan pada saat pengolahan tanah pertama sampai pengolahan tanah terakhir dengan melumpurkan bidang olah. Pada saat pelumpuran diharapkan sebagian besar natrium terbongkar dan larut di dalam air irigasi. Natrium yang terperangkap dan berada pada kedalaman tertentu dikeluarkan bersamaan dengan pengolahan tanah. Setelah agak jernih air irigasi rendah DHL (air segar/tawar) digelontorkan ke dalam petakan dan kemudian dibuang atau dikeluarkan dari dalam petak percobaan langsung ke saluran pembuangan.

Pengenceran dapat dilakukan beberapa kali agar natrium yang tersisa pada bidang olah dapat terungkap ke permukaan tanah untuk kemudian dialirkan ke saluran pembuangan. Pengenceran natrium menggunakan air segar DHL rendah merupakan kunci keberhasilan pencucian natrium, makin terencerkan makin mudah ditranslokasikan atau dialirkan ke saluran pembuangan dan badan air.

Pembuangan natrium dari daerah perakaran

Pembuangan natrium sebaiknya dilakukan berkali-kali, ukurannya adalah terjadi penurunan DHL hingga berada di bawah ambang batas toleransi tanaman padi. Air segar rendah DHL dari saluran irigasi digelontorkan ke dalam petakan sawah, dibiarkan mengalir ke luar petak sawah agar sebagian besar natrium terbawa ke luar petakan persawahan.

Tingkat pencucian yang dibutuhkan untuk menanggulangi masalah salinitas tanah tergantung pada level salinitas yang diderita tanah. FAO (2005) memperkirakan kebutuhan air untuk mencuci garam dalam tanah pada berbagai tingkat salinitas (Tabel 15)

Tabel 15. Air yang dibutuhkan untuk mencapai EC(e)=4 pada zona perakaran (kedalaman 20 cm)

Nilai awal ECe (DHL jenuh air) (mS/cm)	Air yang dibutuhkan (mm)
10	315
15	430
20	540
25	650
30	765

Sumber: FAO (2015)

Pada sawah salin diperlukan saluran pembuangan air semacam saluran drainase yang langsung dapat mengalirkan air ke luar areal sawah (Gambar 15). Agar air mengandung natrium dari petakan sawah satu tidak masuk ke petakan sawah lainnya. Jika hal itu terjadi maka penumpukan natrium dalam petakan paling bawah atau paling rendah. Memindahkan penumpukan natrium ke petakan sawah berikutnya bukanlah kegiatan yang bijak. Sebaiknya natrium dibuang ke badan air yang berhubungan dengan laut, sehingga tidak menimbulkan dampak kurang baik bagi keberhasilan panen padi.

Pengaturan air masuk dan keluar menjadi penting agar natrium betul-betul dapat dipindahkan ke luar petakan dan terus ke habitatnya di laut serta tidak mengendap pada petakan paling rendah. Keberhasilan pengurusan natrium ditandai dengan turunnya DHL atau makin rendahnya TDS atau kalau dijilat tidak asin. Kunci kedua keberhasilan penurunan natrium adalah berpindahannya natrium dari bidang olah ke badan air atau saluran drainase.

Irigasi masuk petakan



Irigasi ke luar petakan

Gambar 15. Sketsa sistem pengaturan air masuk dan keluar pada sawah terpapar air asin

Pemulihan kesuburan tanah

Lahan sawah yang sudah berhasil diturunkan tingkat keasinannya atau kadar natrium rendah ($< 0,3$ me/100 g) dan DHL juga turun menjadi < 2 dS/cm, hendaknya dinaikan tingkat kesuburan fisiknya. Peningkatan kesuburan fisik ini diperlukan untuk mempercepat pemulihan hasil padi. Biasanya lahan sawah dengan tingkat keasinan tinggi sedikit mengandung karbon atau sering disebut bahan organiknya rendah.

Lahan sawah yang baik mempunyai kandungan bahan organik tanah paling sedikit $> 2,5$ % dari bobot tanah pada kedalaman 0 – 25 cm atau setiap hektarnya mengandung sekitar $(2,5/100) \times 2.500.000$ kg = 62.500 kg bahan organik tanah. Jika kandungan

bahan organik tanah rendah bahkan < 1% maka tingkat kesuburan tanahnya perlu ditingkatkan. Peningkatan bahan organik tanah tidak harus seketika, karena membutuhkan biaya yang tinggi.

Peningkatan bahan organik tanah dapat dilakukan dengan pemberian pembenah tanah berupa kotoran hewan, kompos, hijauan legume, dll. Ditambahkan setiap pengolahan tanah, juga pengembalian jerami ke dalam petak-petak sawah. Pemberian bahan-bahan tersebut tidak dapat menggantikan kebutuhan nitrogen sepenuhnya, tetapi dapat mengurangi jumlah nitrogen yang diberikan ke dalam tanah.

Agar kandungan bahan organik tanah dapat meningkat dengan cepat, maka pada musim bera (tidak ada tanaman padi) dapat ditanami legume penutup tanah. Salah satu legume yang dapat menghasilkan buah untuk bahan pangan adalah kacang tunggak, kacang hijau, komak, kacang kedelai. Hijauan kacang-kacangan tersebut ditanam ke dalam tanah, walaupun jumlahnya sedikit jika dilakukan terus menerus selama 10 musim atau lebih maka dipastikan terjadi peningkatan bahan organik tanah.

Pemberian jerami padi sebanyak 5 ton/ha misalnya memberikan keuntungan tidak harus menggunakan pupuk KCl. Oleh karena itu sangat dianjurkan untuk memanen padi sampai sebatas leher malai ketika memisahkan malai bergabah dengan jerami. Jerami dibiarkan tegak, mati dan terdekomposisi secara alamiah pada lahan sawah atau dibabad kemudian dikomposkan dan komposnya dikembalikan ke lahan sawah.

Selain penambahan bahan organik yang mudah terdekomposisi atau terurai tersebut di atas, dapat juga dilakukan penambahan bahan organik yang tidak mudah terdekomposisi. Sisa panen yang tidak mudah terdekomposisi seperti sekam padi, tongkol jagung, batang ubikayu, ranting-ranting kecil dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kesuburan fisika tanah. Bahan-bahan terakhir tersebut dijadikan arang yang kemudian dikenal juga sebagai *biochar*, setelah dihaluskan dapat disebar merata ke dalam bidang olah. Penyebaran *biochar* memberikan keuntungan karena

dapat lebih lama bertahan di dalam tanah, tidak mudah terurai, dapat menjadi sarang mikroba, dan dapat mempertahankan kelengasan tanah. Sisi kurang baiknya adalah dapat memperlambat pencucian natrium dari dalam tanah.

Ketika semua sisa pertanian dapat dikembalikan ke dalam lahan pertanian, maka pertanian tanpa limbah akan menjadi kenyataan. Karena setiap sisa panen tanaman padi, kacang-kacangan dapat dimanfaatkan untuk memulihkan kesuburan fisik tanah. Pertanian tanpa limbah ini didambakan oleh setiap orang.

Selain penambahan bahan organik, dapat dilakukan penanaman *Azolla pinata* sp yang mampu juga meningkatkan kandungan nitrogen di dalam tanah. Bahan lain yang mungkin dapat diberikan untuk memulihkan kesuburan fisik tanah sawah adalah pembenah tanah yang dibuat dari bahan-bahan alamiah campuran mineral, bahan organik, dan biochar.

Pembenah tanah dibuat dari bahan-bahan yang telah teruji mampu memperbaiki kesuburan fisik tanah, seperti abuvulkanik yang berasal dari Gunung Merapi di DI Yogyakarta – Jawa Tengah, biochar sekam, kulit buah kakao, tongkol jagung, dan batang ubikayu, serta kompos atau kotoran hewan. Bahan tersebut diformulasi dengan komposisi tertentu yang dapat disesuaikan dengan ketersediaan bahan. Misal akan dibuat pembenah tanah sebanyak 100 kg proporsinya adalah 50 kg abuvulkanik 25 kg kompos jerami dan 25 kg arang sekam, atau formulasi lainnya sesuai kebutuhan. Jika tanpa abuvulkanik pun tidak mengapa, gunakan seluruhnya bahan organik ditambah biochar. Sesuaikan dengan ketersediaan bahan dan kandungan bahan organik tanahnya.

Pembuatan pesemaian

Salah satu yang tidak boleh dilakukan adalah membuat pesemaian pada tanah salin, atau melakukan tanam benih langsung

(tabela) pada tanah dengan kandungan natrium tinggi. Benih yang disebar pada kondisi tanah dengan DHL > 6 dS/cm atau natriumnya > 4 me/100 g tanah atau pada tanah dengan kejenuhan natrium > 5000 mg/kg, seluruh benih tidak tumbuh. Batasan tersebut juga berlaku bagi air yang akan menggenangi pesemaian atau pertanaman padi.



Gambar 16. Mencabut bibit di pesemaian darat untuk ditranslokasikan ke sawah terpapar air asin

Jika tidak terdapat lahan sawah untuk pesemaian dengan kandungan natrium rendah, maka buatlah pesemaian di darat dan selalu disiram. Pesemaian di darat memungkinkan memperoleh keuntungan berupa benih yang cukup banyak tanpa terpapar air asin. Kerugiannya diperlukan tenaga kerja untuk menyiram dan memelihara pesemaian padi agar tidak kekeringan atau diserang hewan seperti ayam, itik, burung gereja saat masih berupa biji.

Membuat pesemaian di darat (Gambar 16) agak berbeda dengan pesemaian dalam petakan sawah. Lahan untuk pesemaian di darat harus digemburkan, jika perlu ditambahkan arang dan kotoran hewan, atau abu sisa pembakaran, agar memudahkan mencabut

dan kondisi tanahnya selalu lembab. Kemudahan mencabut bibit hendaknya menjadi pertimbangan pertama dalam membuat pesemaian di darat. Oleh karena itu, lahan harus dipersiapkan sebaik-baiknya agar tetap gembur, mudah diairi, dan terbebas dari serangan hama dan penyakit tanaman padi.

Penanaman

Pemindahan bibit dari pesemaian ke lahan sawah dilakukan ketika tanaman berumur sekitar 30 hari di pesemaian. Pemilihan bibit tua perlu dilakukan karena bibit muda atau yang berumur 21 hari rentan terhadap perubahan kandungan natrium pada lahan sawah. Bibit berumur 30 hari atau lebih, mempunyai toleransi yang lebih baik terhadap perubahan kadar natrium dalam tanah dan air genangan. Bibit yang berumur 21 hari banyak yang mati dan sedikit yang bertahan > 3 minggu (Gambar 13).

Terjadi peningkatan kematian perlahan tapi pasti, dimulai sejak hari ke 4 HST tanaman hidup mulai berkurang sekitar 10% dari populasi dan terus meningkat mencapai 100% pada hari ke 19 setelah tanam (Gambar 6). Kematian ini ditandai dengan mengeringnya daun tanaman tua terus menjalar ke daun muda dan terakhir di titik tumbuh. Tanaman padi mengering dalam kondisi tergenang air, sehingga kematian ini tidak sama dengan kekeringan, inilah tanda utama kematian karena dipengaruhi oleh tingkat kandungan natrium yang tinggi.

Kematian disebabkan oleh banyaknya ion Na^+ dan berkurangnya ion Ca , Mg , dan K yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Ion Na^+ meracuni tanaman (Rhoades *et. al.* 1989) karena proses fisiologis tanaman terganggu, merusak membrane sel (Suwarno. 1985), mengganggu reaksi-reaksi metabolisme (Marschner. 1998.). Terdapat tanaman padi peka dan toleran terhadap salinitas. Tanaman padi peka salinitas tidak dapat hidup atau berkembang pada tempat tumbuh yang kondisi air atau

tanahnya salin, sedangkan tanaman padi toleran dapat tumbuh dan berkembang walaupun menghasilkan sangat sedikit gabah

Penanaman dapat dilakukan dengan jarak legowo 2:1 dengan jarak tanam 20 x 20 cm.



Gambar 17. Tanam padi dengan cara jarak legowo (kiri) dan ketika berumur 2 minggu setelah tanam (kanan) pada percobaan di Indramayu.

Pengairan

Irigasi menjadi hal penting yang harus diperhatikan, terutama dalam menentukan air yang boleh dialirkan ke dalam areal sawah yang sudah ditanami padi. Ketika tanaman masih muda jangan sampai air dengan kadar natrium dan DHL tinggi digelontorkan masuk ke areal pertanaman karena akan menyebabkan tanaman mengalami keracunan natrium.

Air untuk irigasi hendaknya digunakan air segar yang rendah natrium dan DHL, tinggi muka air dapat mencapai 4 cm atau cukup 2 cm saja. Pada saat tertentu misalnya 2 minggu sekali biarkan air mengalir ke luar petakan dan digantikan dengan air segar yang baru agar air yang menggenangi areal pertanaman padi tetap merupakan air segar rendah natrium dan DHL.

Pupuk dan pemupukan

Pemberian pupuk sesuai dengan umur tanaman padi, biasanya dilakukan pada umur 1 minggu setelah tanam, 30 hari setelah tanam dan terakhir adalah saat terbentuknya primordia bunga untuk pupuk urea atau ZA, sedangkan pupuk KCl dan SP36 paling lambat pada saat tanaman berumur 1 minggu setelah tanam.

Bab 6

KIAT SUKSES REHABILITASI LAHAN SALIN

Kiat untuk mencapai keberhasilan pemulihan produktivitas lahan sawah terpapar air laut dengan tingkat salinitas tinggi sampai sangat tinggi adalah

- (1) melakukan pengenceran kadar natrium di dalam tanah atau air irigasi menggunakan air segar yang mempunyai daya hantar listrik rendah dan rendah natrium,
- (2) melakukan tindakan rehabilitasi dengan menambahkan pembenah tanah seperti kompos, kotoran hewan, kapur pertanian sesuai kebutuhan dan kondisi lahan,
- (3) tidak menggunakan pupuk atau pembenah tanah yang mengandung natrium, gunakan urea jika lahan mempunyai $\text{pH} < 7$ sedangkan jika > 7 gunakan pupuk ZA sebagai sumber nitrogen,
- (4) menggunakan benih yang berumur sekitar 30 hari dan jangan menerapkan system tanam benih langsung (tabela),
- (5) menutup sumber natrium masuk kembali ke dalam petakan sawah dengan cara membuat pintu-pintu air yang mampu menghambat atau menghentikan aliran air bernatrium masuk ke daratan.

Pada dasarnya pemulihan lahan salin memerlukan waktu lama dan kadar ketidak berhasilan bisa tinggi atau rendah, tetapi yang pasti adalah mencegah agar air asin tidak masuk ke dalam petakan sawah baik melalui permukaan atau pun melalui intrusi dari bawah permukaan. Tindakan mencegah masuknya air asin ke dalam petakan sawah dapat dilakukan dengan pembuatan

DAFTAR PUSTAKA

- Abrol, I.P., Y.S.P. Yadaf and F.I. Massoud. 1988. Salt-Affected Soils and their Management. FAO SOILS BULLETIN 39. Rome.
- ACIAR, BPTP NAD, and ISRI. 2005. Pengkajian salinitas secara cepat di daerah terkenan dampak tsunami, Pengalaman di Provinsi Aceh. ACIAR, BPP NAD, ISRI.
- Djukri. 2009. Cekaman salinitas terhadap pertumbuhan tanaman. Hlm. B-49-B55 dalam Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Yogyakarta. 16 Mei 2009.
- Erfandi, D., 2009. Laporan akhir Identifikasi dan Delineasi Tingkat Salinitas dan Reaksi Tanah Akibat Intrusi Air Laut pada Areal Persawahan di Pantura, Jawa Barat. SINTA TA 2009. Badan Litbang Pertanian.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Petunjuk Teknis Edisi 2. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- FAO. 2005. Panduan Lapang FAO: 20 hal untuk diketahui tentang dampak air laut pada lahan di propinsi NAD. <http://www.fao.org>. [3 Agustus 2010].
- IPNI (International Plant Nutrition Institute). 2009. Nutrient Source Sfecific: Gypsum. No. 16. >www.ipni.net/specific<
- Kusmiyati, F., E.D. Purbayanti, dan B.A. Kristanto. 2009. Karakter fisiologis, pertumbuhan dan produksi legume padakondisisalin. Hlm. 302-309 dalam Prosdiding Seminar Nasional Kebangkitan Peternakan. Semarang, 20 Mei 2009.

- Marschner, H. 1998. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed. Academic Press.London. 889 p.
- Marwanto, S., A. Rachman, D. Erfandi, dan I G. M. Subiksa. 2009. Tingkat salinitas pada lahan sawah intensif di Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. Hlm 175-190 dalam Prosiding Pertemuan dan Pembahasan Hasil Penelitian Sumberdaya Lahan. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan, badan Litbang Pertanian.
- Rachman, A., D. Erfandi, dan N. Ali. 2008. Dampak tsunami terhadap sifat-sifat tanah pertanian di NAD dan strategi rehabilitasinya. J. Tanah dan Iklim Vol 28: 27 – 38.
- Rhoades, J.D., Manteghi, N.A., Shouse, P.J. and Alves, W.J. 1989. Soil Electrical Conductivity and soil Salinity: New Formulations and Calibrations. Soil Sci.Soc.Am.J., 53: 433-442.
- Suganda, H., D. Setyorini, H. Kusnadi, I. Saripin, dan Undang Kurnia. 2003. Evaluasi pencemaran limbah industri untuk kelestarian sumberdaya lahan sawah. Hal. 203-221 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sudjadi, M., I.M. Widjik S., dan M. Soleh. 1971. Penuntun Analisa Tanah. Publikasi No.10/71, Lembaga Penelitian Tanah, Bogor. 166 hlm.
- Sutono, S. 2015. Penanggulangan dan pengelolaan sawah tanah salin. Makalah Lokakarya Strategi Pengelolaan Lahan Salin Mendukung Peningkatan Produksi Padi di Jawa Tengah, Semarang 17 – 18 November 2015.
- Sutono, S. 2014. Laporan akhir Penelitian Pemulihan Lahan Sawah Terdegradasi Akibat Intrusi Air Laut untuk Mendukung Peningkatan Kualitas Lahan. Balai Penelitian Tanah. Bogor

- Sutono, S. dan Undang Kurnia. 2012. Identifikasi kerusakan lahan sawah di Rancaekek, Jawa Barat. Makalah Seminar BBSDLP.
- Sutono, S., A. Rahman, dan IGM. Subiksa. 2007. Perbaikan Lingkungan Perakaran Kacang Tanah (*Arachis hipogea*) pada Tanah Terkena Tsunami. Pros. Sem. dan Kongres Nas. MKTI VI, Cisarua, Bogor 17 – 18 Des. 2007
- Sutono, S. IGM Subiksa, dan A. Rachman. 2007. Remediasi Tanah Terpengaruh Tsunami terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung, sebuah Percobaan Pot. Pros. Sem. dan Kongres Nas. HITI IX, UPN Veteran Yogyakarta 5-7 Des. 2007.
- Sutono, S. Y. Hadian, H. Kusrudi, dan A. Abdurachman. 2001. Pengaruh Air Limbah Industri Tekstil terhadap Perubahan Sifat Tanah dan Kualitas Beras. Seminar Nasional Pengelolaan Sumber daya Lahan dan Pupuk di Cisarua 30 – 31 Oktober 2001.
- Suwarno. 1985. Pewarisan dan Fisiologi Sifat Toleran terhadap Salinitas pada Tanaman Padi. Disertasi. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 87 hal.
- Tan, K.H. 1992. Dasar-dasar Kimia Tanah. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

INDEKS

- abuvulkanik, 34, 35, 98
bahan organik, 15, 96, 97, 98
biochar, **34, 97, 98**
budi daya, i, iv, 20, 23
daya hantar listrik, vii, 2, 3, 11, 14,
15, 16, 17, 19, 20, 21, 25, 93, 103
desalinisasi, **34**
DHL, vii, 3, 11, 16, 17, 25, 27, 93, 94,
95, 96, 99, 101
drainase, **13, 95**
horizon, **13**
infiltrasi, **32**
intrusi, **ix, 4, 5, 18, 21, 22, 104**
irigasi, **ix, 1, 4, 5, 8, 10, 17, 20, 21, 37,**
38, 94, 101, 103, 111
kejenuhan, i, **93, 99**
kompos, 97, 98, 103
legume, 97, 105
limbah, vii, 4, 5, 13, 15, 16, 23, 28,
98, 106
mikroba, 98
mineral, **15, 98**
natrium, i, iii, iv, v, vii, ix, 2, 3, 4, 5, 6,
8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19,
20, 21, 22, 23, 32, 34, 36, 93, 94,
95, 96, 98, 99, 100, 101, 103
payau, **9**
pembenah, **viii, 33, 34, 35, 97, 98,**
103, 111
pengenceran, **20, 21, 22, 23, 93, 103**
permeabilitas, **32**
pesemaian, v, x, 98, 99, 100
pesisir, **1, 2, 6**
pH, 16, 32, 35, 103
produktivitas, ii, 16, 103, 111
rehabilitasi, i, **3, 32, 36, 103**
rob, **39, 40**
salin, i, iv, v, **2, 3, 9, 10, 12, 14, 15,**
16, 17, 18, 19, 32, 34, 35, 36, 95,
98, 101, 104, 106, 109, 110, 111
salinitas, i, vi, vii, **viii, ix, x, 3, 4, 8, 9,**
10, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21,
22, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32,
33, 34, 35, 36, 94, 100, 103, 105,
106, 109, 110
sawah, iv, i, ii, v, vii, ix, x, **1, 2, 3, 4, 5,**
6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16,
17, 18, 20, 21, 22, 23, 34, 36, 37,
40, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100,
101, 103, 104, 106, 107, 110
terpapar, i, x, **2, 13, 15, 93, 96, 99,**
103
topografi, 8

TENTANG PENULIS



Achmad Rachman, lahir 18 November 1958 di Ujungpandang. Mendapatkan gelar sarjana pertanian (jurusan Ilmu Tanah) pada tahun 1985 dari Universitas Hasanuddin, Makassar. Pada tahun 1994 menyelesaikan pendidikan S2 di bidang Soil and Atmospheric Sciences dan pendidikan S3 (Ph.D) pada tahun 2003 di bidang yang sama dari Univeristy of Missouri - Columbia, USA. Saat ini bekerja sebagai peneliti di Balai Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian. Pernah menjabat sebagai Kepala Balai Penelitian Tanah, Bogor (2004-2009). Kepala Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra) (2009-2010), dan Atase Pertanian di Kedutaan Besar Republik Indonesia di Washington, DC, AS pada tahun 2010 – 2014. Ketertarikan pada masalah salinitas tanah dimulai ketika melakukan penelitian reklamasi lahan salin di Aceh pasca kejadian tsunami di NAD tahun 2004 bersama tim ACIAR. Organisasi profesi yang diikuti adalah Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo), Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI) dan Masyarakat Koservasi Tanah Indonesia (MKTi).



Dr. Ir. Ai Dariah, lahir 10 Februari 1962 mendapatkan gelar Sarjana Pertanian, Jurusan Ilmu Tanah pada tahun 1984 dari Institut Pertanian Bogor (IPB). Pendidikan S2 dan S3 ditempuh di Perguruan Tinggi dan bidang studi yang sama pada tahun 1999-2004. Karya ilmiah yang ditulis sebagai Desertasi program doktornya berjudul: Tingkat Erosi dan Kualitas Tanah pada Lahan Usahatani Berbasis Kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. Yang bersangkutan merupakan Peneliti Bidang Konsevasi dan Rehabilitas Lahan di Balai Penelitian Tanah sejak tahun 1985, jenjang fungsional yang telah dicapai saat ini adalah Peneliti Ahli Utama Bidang Pengelolaan Lahan dan Iklim. Pernah menjabat sebagai Kepala Balai Penelitian Tanah tahun 2016 – 2017. Yang bersangkutan juga aktif sebagai anggota sekaligus pengurus HITI (Himpunan Ilmu Tanah Indonesia), Himpunan Gambut Indonesia (HGI) dan MKTI (Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia). Beberapa karya ilmiahnya baik sebagai penulis utama maupun co-author telah dipublikasikan di beberapa jurnal ilmiah. Kegiatan penelitian yang berhubungan dengan salinitas dimulai dengan keterlibatan dalam kegiatan penelitian reklamasi lahan pasca tsunami di Aceh, reklamasi lahan sawah salin di daerah Pantura. Studi tentang salinitas juga dilakukan sehubungan dengan kegiatan penulis di Pokja Perubahan Iklim Kementerian pertanian, serta sebagai Tim Teknis dalam penyusunan RAN (Rencana Aksi Nasional) dan RAD (Rencana Aksi Daerah) untuk menurunkan emisi GRK (Gas Rumah Kaca).



S. Sutono, M.Si. setelah lulus dari SPMA Negeri Yogyakarta (1975) bekerja sebagai teknisi (1976-1997) Lembaga Penelitian Tanah. Pada 1995 menyelesaikan S1 dari Fakultas Pertanian Universitas Juanda di Ciawi, Bogor dan menyelesaikan S2 pada 2012 di Agro Teknologi Tanah Institut

Pertanian Bogor. Setelah reorganisasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, bekerja di Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian menjadi Kepala Seksi Pelayanan Teknis Penelitian yang pertama bagi Balittanah (2002 -2005), Penanggung Jawab Laboratorium Fisika Tanah (2006-2014) merangkap sebagai Kepala Instalasi Laboratorium Sindangbarang (2008-2013). Sebagai peneliti bidang Fisika dan Konservasi Tanah (1997-sekarang), melakukan penelitian penanggulangan lahan terdegradasi termasuk penanggulangan lahan salin (2014-sekarang), penelitian pembuatan dan aplikasi pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan kering (2006-sekarang), penelitian pengelolaan air dengan sistem irigasi suplemen pada lahan kering (2001-2005), penelitian multifungsi pertanian (2000-2006), penelitian Pengembangan Pengelolaan DAS Cimanuk, (1995-1999), penelitian pembukaan hutan di Daerah Transmigrasi Kuamang Kuning, Jambi (1984-1986), dan penelitian faktor-faktor penyebab erosi berdasarkan Universal Soil Loss Equation (USLE), di Blitar dan Pacitan Jawa Timur (1976-1983). Selain buku ini, buku yang ditulis sendiri berjudul *Mengelola Lahan Kering Terdegradasi Menjadi Lahan Pertanian Yang Lebih Prooduktif* (IAARD Press, 2014). Menjadi penulis pertama buku *Berkah Abu Vulkanis Bahan Pembenah Tanah* (IAARD Press 2017), *Irigasi Suplemen Pada Pertanaman Bawang di Donggala* (2006). Menjadi co-author untuk buku *Pengelolaan Tanah pada Lahan Kering Beriklim Kering* (IAARD Press 2014), dan *Biochar Pembenah Tanah yang Potensial* (IAARD Press 2016).