

Dampak Tsunami Terhadap Sifat-Sifat Tanah Pertanian di NAD dan Strategi Rehabilitasinya

Affects of Tsunami on Soil Properties in NAD and Its Rehabilitation Strategy

ACHMAD RACHMAN¹, DEDDY ERFANDI¹, DAN M. NASIL ALI²

ABSTRAK

Gelombang tsunami yang terjadi akibat gempa bumi di pantai barat Sumatera pada tanggal 26 Desember 2004 telah menyebabkan terjadinya peningkatan salinitas lahan-lahan pertanian dan rusaknya sistem irigasi dan drainase di sepanjang pantai Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (NAD). Tujuan penelitian ini adalah untuk memonitor perubahan salinitas tanah di daerah yang terkena tsunami. Pengambilan contoh tanah pada beberapa kedalaman dan pengukuran salinitas menggunakan *electromagnetic induction technique* (EM38) telah dilakukan di beberapa tempat. Tingkat salinitas tanah dipengaruhi oleh karakteristik lumpur yang terbawa oleh tsunami ke lahan pertanian dan tingkat permeabilitas tanah. Garam-garam telah bergerak ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam, khususnya pada tanah yang teksturnya lebih kasar, dimana umumnya petani menanam kacang tanah pada musim kemarau. Pada lahan persawahan yang teksturnya lebih berat, garam-garam terakumulasi di dekat permukaan tanah, mungkin disebabkan oleh genangan air yang lebih lama pada saat tsunami dan terdapatnya lapisan tapak bajak yang menghambat pergerakan air ke dalam tanah. Beberapa rekomendasi telah diberikan kepada petugas dan petani sehingga mereka dapat mengurangi kehilangan hasil sebagai akibat dari tsunami. Rekomendasi tersebut di antaranya adalah menghindari menanam pada bagian lahan yang salinitasnya masih tinggi, meningkatkan laju pencucian horizontal dan vertikal, memperbaiki kesuburan tanah, dan menanam tanaman yang toleran terhadap salinitas yang relatif tinggi.

Kata kunci : Tsunami, Salinitas, Pencucian, Rehabilitasi

ABSTRACT

The giant tsunami waves following the earthquake of the west coast of Sumatra on December 26, 2004, have caused soil salinisation of agricultural lands and damaged to irrigation and drainage channels along the coastal areas of Aceh Province, Indonesia. The objective of this study was to monitor the changes in soil salinity of the tsunami-affected sites. Regular collection of soil samples for soil laboratory analyses and field salinity measurement using an electromagnetic induction technique (EM38) have been conducted. The level of soil salinity in tsunami affected areas appears to be related to the characteristics of the deposited mud and soil permeability. Salt appears to have penetrated deeper into the sandier soils, commonly used to grow peanut during dry seasons. In the heavier rice soil, salt accumulate closer to the soil surface, probably because they were flooded at the time of the tsunami and often have a dense impermeable plough layer. Recommendations have been made to farmers that would allow them to reduce crop losses on tsunami affected soils. This includes avoid planting land that is still saline, enhance salt leaching horizontally and vertically, improve soil fertility, and grow salt tolerant crops.

Keywords : Tsunami, Salinity, Leaching, Rehabilitation

PENDAHULUAN

Gempa bumi dan tsunami yang memporak porandakan kawasan pantai barat dan timur Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (NAD) pada tanggal 26 Desember 2004 telah menimbulkan berbagai masalah yang memerlukan waktu bertahun-tahun untuk mengatasinya. Cakupan persoalan jangka panjang untuk sektor pertanian meliputi antara lain hilangnya sebagian lahan usahatani karena terendam air laut secara permanen, rusaknya lahan usahatani oleh erosi, meningkatnya kadar garam (salinitas) tanah, rusaknya sistem irigasi dan drainase, lumpuhnya sistem produksi dan pemasaran hasil pertanian, dan rendahnya ketersediaan tenaga kerja pertanian yang terampil. Daftar panjang masalah yang diakibatkan oleh tsunami di NAD tersebut menggambarkan berbagai isu yang menentukan keberhasilan proses rehabilitasi dan rekonstruksi Aceh setelah tsunami.

Provinsi NAD dengan total luas 5,5 juta ha memiliki sawah irigasi (teknis, semi teknis, desa, tadah hujan, pasang surut, dan lebak) seluas 336.017 ha yang tersebar di sepanjang pantai barat dan utara seluas 156.458 ha dan di pantai timur seluas 179.559 ha. Sawah beririgasi teknis dan semi teknis terdapat seluas 139.139 ha, umumnya dijumpai berturut-turut di Pidie, Aceh Utara, Aceh Besar, Nagan Raya, Bireun, Aceh Barat, dan Aceh Timur. Sawah tadah hujan terdapat seluas 127.090 ha, 70.190 ha diantaranya berada di pantai timur, sisanya seluas 56.900 ha berada di pantai barat dan utara (Badan Pusat Statistik, 2003). Dengan demikian nampak jelas bahwa areal persawahan baik irigasi maupun tadah hujan dijumpai lebih luas di

1. Peneliti pada Balai Penelitian Tanah, Bogor.
2. Peneliti pada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Nanggroe Aceh Darussalam.

pantai timur dibandingkan dengan di pantai barat dan utara Provinsi NAD. Jika diasumsikan bahwa rata-rata produktivitas lahan sawah di NAD adalah $4,2 \text{ t ha}^{-1}$ per musim tanam, maka dengan total luas sawah sebesar 336.017 ha akan diperoleh beras sebanyak $1,4 \text{ juta t ha}^{-1}$ per musim tanam.

Hasil analisis citra satelit yang dilakukan Balai Penelitian Tanah, Bogor memperlihatkan bahwa luas lahan persawahan yang terkena dampak tsunami dengan tingkat kerusakan yang bervariasi sekitar 29.000 ha. Dengan demikian potensi kehilangan hasil berupa beras adalah sebesar 120.000 ton per musim tanam. Selain lahan persawahan yang rusak, diperkirakan terdapat sekitar 184.000 ha lahan kering dari total $1,9 \text{ juta ha}$ yang ada, juga terkena dampak tsunami (Rachman *et al.*, 2005).

Tsunami tidak hanya menyebabkan kerusakan fisik terhadap bangunan, jalan, jembatan, sistem sanitasi dan lainnya, tetapi juga menyebabkan tercemarnya lahan pertanian yang disebabkan oleh intrusi air laut dan terendapnya lumpur berkadar garam tinggi di atas permukaan tanah.

Salinitas tanah merupakan faktor pembatas penting pertumbuhan tanaman. Kadar garam yang tinggi dalam larutan tanah akan menyebabkan osmotik potensial larutan dalam tanah berkurang. Larutan akan bergerak dari daerah yang konsentrasi garamnya rendah ke konsentrasi tinggi. Akibatnya akar tanaman kesulitan menyerap air, karena air terikat kuat pada partikel-partikel tanah dan dapat menyebabkan terjadinya kekeringan fisiologis pada tanaman (Gunes *et al.*, 1996; Cornillon and Palloix, 1997). Pada kondisi dimana konsentrasi garam dalam larutan tanah sangat tinggi, maka air dari dalam sel tanaman bergerak keluar, dinding protoplasma mengkerut dan sel rusak karena terjadi plasmolisis. Selain tanaman harus mengatasi tekanan osmotik tinggi, pada beberapa tanaman dapat terjadi ketidak-seimbangan hara disebabkan kadar hara tertentu terlalu tinggi, dan adanya bahaya potensial keracunan natrium dan ion lainnya (FAO, 2005). Konsentrasi natrium yang tinggi dalam tanah yang ditunjukkan oleh nilai ESP (*exchangeable sodium percentage*) >15 mengakibatkan rusaknya struktur

tanah yang selanjutnya akan menghambat perkembangan akar tanaman (Ben-Hur *et al.*, 1998).

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh kejadian tsunami terhadap sifat-sifat kimia tanah di NAD dan merumuskan strategi untuk merehabilitasi lahan pertanian.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan contoh tanah dan lumpur tsunami dilakukan pada 1, 7, 9, dan 12 bulan setelah tsunami. Khusus untuk contoh lumpur, pengambilan contoh hanya dilakukan satu kali yaitu pada satu bulan setelah tsunami. Pengambilan contoh tanah pada bulan ke-7 dilakukan di tiga kabupaten masing-masing di Kabupaten Aceh Besar, Aceh Jaya, dan Aceh Barat untuk mendapatkan gambaran secara umum mengenai sifat-sifat tanah. Pengamatan pada bulan ke-9 dan 12 dilakukan di empat lokasi masing-masing di Cot Lheu Rheng dan Panteraja di Kabupaten Pidie, Lhok Nga di Kabupaten Aceh Besar, dan Peuneung di Banda Aceh.

Selain pengambilan contoh tanah, dilakukan juga pengukuran salinitas tanah menggunakan alat *electromagnetic conductivity meter* (EM-38). Alat ini mengukur secara cepat salinitas tanah tanpa membongkar atau mengganggu tanah dengan memanfaatkan induksi elektromagnetik (*electromagnetic induction*) dari aliran listrik yang dipancarkan ke dalam tanah. Alat yang digunakan tersebut terdiri atas sebuah alat pemancar pada salah satu ujungnya dan penerima pada ujung yang lainnya. Dari alat pemancar tersebut akan dipancarkan medan magnet ke dalam tanah yang kemudian mendorong terjadinya aliran listrik lemah di dalam tanah. Aliran listrik lemah ini kemudian diukur oleh alat penerima. Nilai yang diukur secara digital menunjukkan daya hantar listrik (DHL) atau ECa tanah. Alat ini dapat mengukur DHL tanah sampai pada kedalaman 1,5 meter tanpa harus mengebor tanah atau membongkar tanah (McNeil, 1986; Slavich, 1990).

Contoh lumpur tsunami yang mengendap setelah kejadian tsunami diambil di dua transek berbeda yaitu di Darussalam dan Lhok Nga. Pada masing-masing transek ditetapkan lima titik pengambilan contoh berdasarkan jarak dari pantai, masing-masing 1; 2,5; 3,5; 4; dan 4,5 km untuk transek Darussalam dan 1; 2; 3,5; 4; dan 5 km untuk transek Lhok Nga. Selain contoh lumpur diambil juga contoh tanah pada dua lapisan (0-10 cm dan 10-20 cm) tepat di bawah endapan lumpur. Pengambilan contoh lumpur tsunami dan tanah dilakukan pada tanggal 26-29 Januari 2005 atau sebulan setelah terjadinya tsunami di Aceh. Contoh tanah dan lumpur tsunami dianalisis di laboratorium kimia tanah Balai Penelitian Tanah, Bogor untuk penetapan tekstur, pH, daya hantar listrik (DHL), C organik, kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), dan kapasitas tukar kation (KTK) mengikuti prosedur analisis kimia tanah di lab. Balai Penelitian Tanah (Sulaeman *et al.*, 2005). Contoh tanah untuk penetapan DHL menggunakan campuran tanah dan air 1 banding 5. Hasil pembacaan (EC_w) kemudian dikonversi ke EC_e dengan mengalikan faktor koreksi sesuai dengan tekstur tanahnya. Faktor koreksi untuk tanah dengan kandungan liat <10% adalah 17; 13,8 untuk kandungan liat 10-25%; 9,5 untuk kandungan liat 25-30%; 8,6 untuk kandungan liat 30-45%; dan 7 untuk kandungan liat >45% (Hughes, 1999).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat lumpur tsunami dan tanah satu bulan setelah tsunami

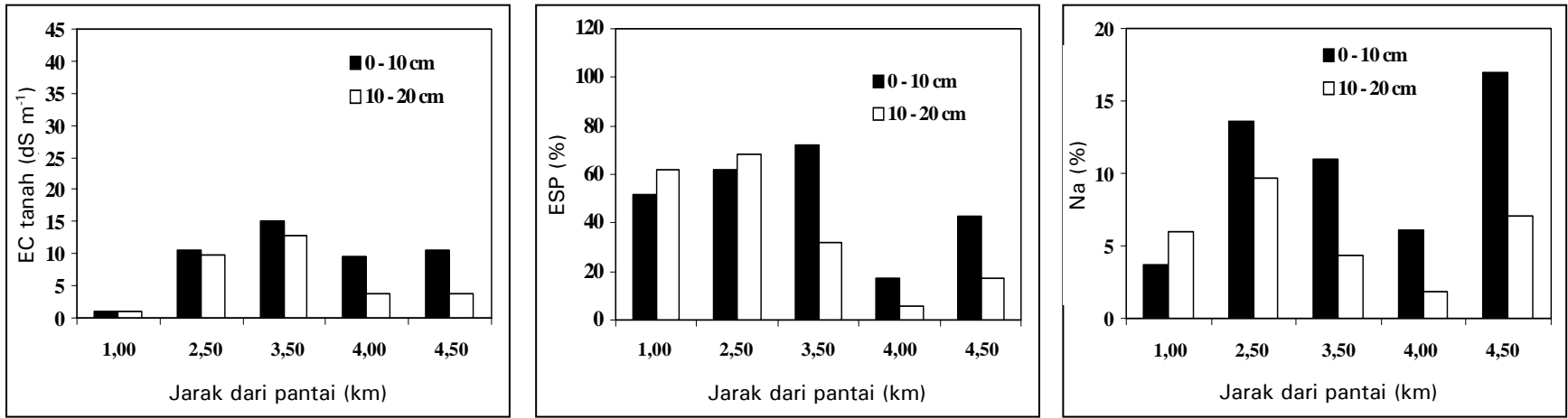
Air laut mengandung garam yang tinggi (>500 me l⁻¹), terutama dalam bentuk NaCl, kombinasi basa-basa kation (K, Ca, Mg), sulfat, bikarbonat dan klorin (anion). Apabila air laut ini menggenangi lahan pertanian akan menyebabkan meningkatnya salinitas tanah. Bencana tsunami di Aceh tidak hanya menggenangi lahan pertanian dengan air laut, tetapi juga mengendapkan lumpur

berkadar garam tinggi. Garam pada lumpur ini dapat terinfiltrasi ke dalam tanah dan berpotensi untuk meningkatkan salinitas tanah di daerah perakaran, merusak struktur tanah, dan mencemari air tanah (Cardon *et al.*, 2003; Franzen, 2003).

Nilai ESP (*exchangeable sodium percentage*), EC (*electrical conductivity*), dan Na (natrium) untuk transek Darussalam disajikan pada Gambar 1, sedangkan untuk transek Lhok Nga disajikan pada Gambar 2. Pada umumnya tingkat salinitas melebihi batas kritis untuk pertumbuhan tanaman. Tingkat salinitas (EC_e), nilai ESP, dan Na dari contoh tanah yang diambil di transek Lhok Nga umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan tanah di transek Darussalam, khususnya untuk tanah di lapisan permukaan (0-10 cm). Lokasi pengambilan contoh tanah di Lhok Nga umumnya tanah sawah sehingga cenderung menahan air laut dan lumpur dalam petakan sehingga memperbesar potensi peningkatan salinitas tanah. Sementara di Darussalam, pengamatan dilakukan umumnya di lahan bukan sawah sehingga lumpur tsunami cenderung cepat terbilas air hujan.

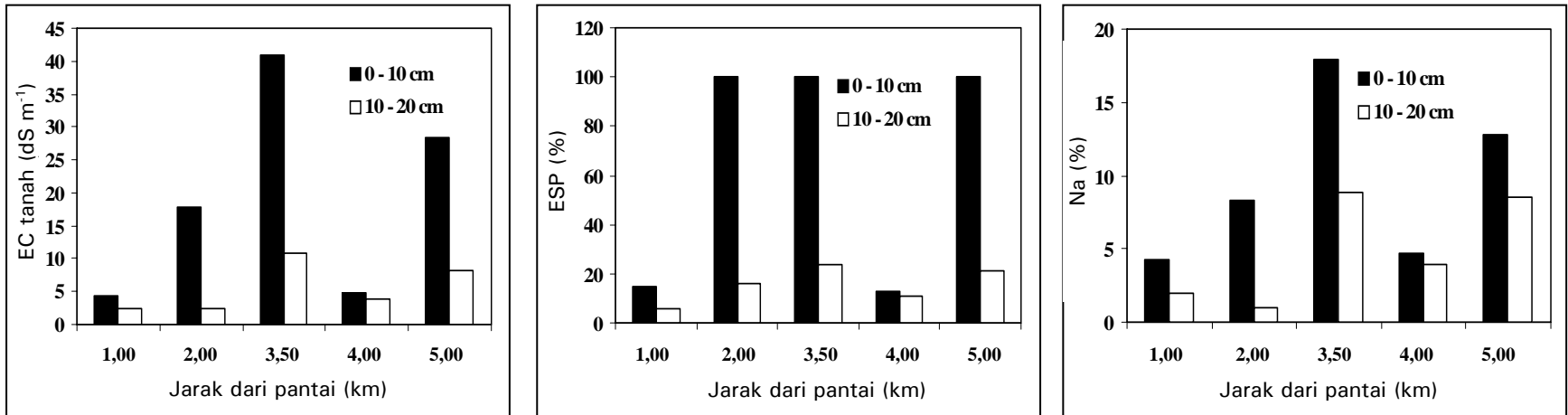
Terdapat kecenderungan terjadinya peningkatan EC_e dari <1 dS m⁻¹ pada tanah yang tidak terkena tsunami menjadi setinggi 40,97 dS m⁻¹ pada tanah yang terkena tsunami. Terdapat juga peningkatan EC_e pada lapisan di bawah permukaan tanah (10-20 cm) namun lebih rendah dibandingkan dengan di permukaan tanah. Nilai EC_e, ESP, dan Na di dua lokasi transek menunjukkan kecenderungan meningkat dari daerah pantai ke arah daratan. Nilai tertinggi dijumpai pada jarak sekitar 3,5 km dari pantai kemudian mengalami penurunan.

Berdasarkan hasil analisis tanah, tanah yang terkena tsunami dapat digolongkan sebagai tanah *saline-sodic* yang ditandai oleh nilai ESP tanah > 15% dengan pH <8,5. Faktor utama penyebab meningkatnya nilai ESP adalah terakumulasinya ion Na yang terbawa lumpur tsunami dalam konsentrasi yang sangat tinggi (>1 cmol_c kg⁻¹) di permukaan tanah.



Gambar 1. Nilai EC, ESP, dan Na pada dua kedalaman tanah pada transek Darussalam, Januari 2005

Figure 1. EC, ESP, and Na values of soil collected from the Darussalam transect at two depths, January 2005



Gambar 2. Nilai EC, ESP, dan Na pada dua kedalaman tanah pada transek Lhok Nga, Januari 2005

Figure 2. EC, ESP, and Na values of soil collected from the Lhok Nga transect at two depths, January 2005

Konsentrasi ion Na dalam tanah yang tinggi akan merusak struktur tanah, mengganggu keseimbangan unsur hara, dan menurunkan ketersediaan air untuk pertumbuhan tanaman.

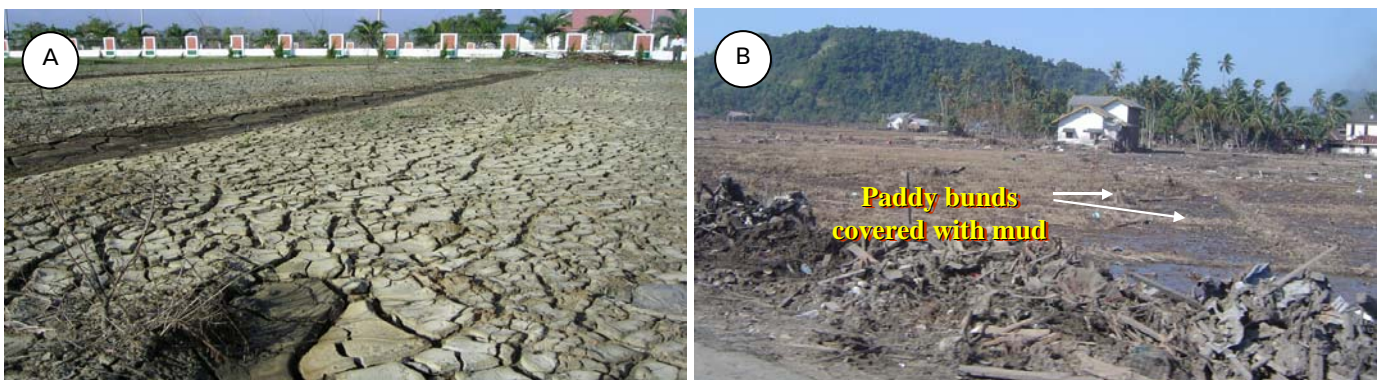
Menurut Emerson dan Bakker (1973), tanah mulai terdispersi pada kandungan Na tanah sekitar 5%. Makin tinggi kandungan Na tanah, makin mudah tanah terdispersi. Partikel tanah yang telah terdispersi akan bergerak menyumbat pori-pori tanah menyebabkan tanah memadat dan suplai oksigen untuk pertumbuhan akar dan mikroba tanah menurun drastis. Infiltrasi juga sangat terhambat menyebabkan sangat sedikit air yang masuk ke dalam tanah dan sebagian besar tergenang di permukaan dan menyebabkan terjadinya pelumpuran. Sangat sedikit tanaman yang dapat tumbuh jika kondisi tersebut telah terjadi. Pertumbuhan tanaman terhambat, selain oleh jeleknya sifat fisik tanah juga karena terbentuknya ion-ion beracun seperti Na^+ , OH^- , dan HCO_3^- .

Gelombang tsunami juga membawa lumpur dari dasar laut yang kemudian mengendap di lahan pertanian, sumur-sumur, kolam, cekungan, dan tempat-tempat lain (Gambar 3). Ketebalan lumpur bervariasi dari < 5 cm sampai sekitar 20 cm. Makin jauh dari pantai endapan lumpur makin halus dengan kandungan liat tertinggi sekitar 43% dan terendah sekitar 8% (Tabel 1). Selain mengandung garam-garam yang berpotensi meningkatkan salinitas tanah, lumpur tsunami juga mengandung C organik

dan kation-kation seperti Ca, Mg, dan K yang tinggi sampai sangat tinggi. Dengan demikian apabila konsentrasi Na dapat dikurangi melalui pencucian disertai dengan pemberian amelioran tanah seperti gypsum atau pupuk organik, lumpur tsunami berpotensi untuk memperbaiki kandungan C organik dan kation-kation tanah.

Sifat-sifat tanah tujuh bulan setelah tsunami

Periode kering selama beberapa bulan di Aceh Besar dan Banda Aceh, kemungkinan akan menyebabkan bergeraknya garam ke lapisan permukaan tanah melalui proses evaporasi. Evaporasi yang tinggi akan membawa garam-garam dari dalam tanah ke permukaan tanah sehingga berpotensi mengganggu pertumbuhan tanaman. Rata-rata ($n=20$) nilai pH, E_{Ce}, ESP, dan Na lebih tinggi di permukaan tanah (*top soil*) dibandingkan dengan di bawah permukaan tanah (*sub soil*) (Tabel 2). Reaksi tanah (pH) umumnya netral sampai agak alkalis ($7,5 \pm 1,1$) sedangkan kadar kation dapat ditukar sedang sampai tinggi, kecuali K yang rendah sampai sedang ($0,4 \pm 0,4$). Pengaruh tingginya salinitas tanah di daerah permukaan tanah (0-20 cm) dapat diamati di sejumlah daerah pada pertengahan tahun 2005, dimana tanaman padi, jagung, kacang-kacangan, dan sayuran menunjukkan gejala pertumbuhan vegetatif yang terhambat atau pertumbuhan vegetatif bagus tetapi proses pengisian polong kurang sempurna.



Gambar 3. Endapan lumpur tsunami pada minggu keempat Januari 2005 di A) halaman BPTP dan B) Seibun Lhok Nga

Figure 3. Deposited tsunami sediments on the fourth week of January 2005 at A) BPTP station and B) Seibun Lhok Nga

Tabel 1. Karakteristik kimia dan fisik endapan lumpur tsunami yang diambil dari lahan-lahan pertanian pada bulan Januari 2005

Table 1. Selected chemical and physical characteristics of deposited sediments of marine origin collected from affected agricultural field in January 2005

Desa	Kandungan		Tebal lumpur cm	ECe dS m ⁻¹	C %	Nilai tukar kation			
	Pasir %	Liat				Ca	Mg	K	Na
Lamcot	52,8	7,8	10 - 20	60,86	2,93	24,69	6,85	0,46	13,62
Keuneuneu	26,2	42,8	15 - 25	84,19	4,11	20,11	24,54	2,23	59,69
Lampineung	12,3	42,3	15 - 25	80,11	2,27	18,57	26,22	2,85	56,93
Tanjung	47,2	24,8	<5	38,95	0,97	8,57	10,80	0,82	18,87
Miuree	6,2	41,9	<10	19,80	2,82	18,86	19,72	2,36	13,84

Tabel 2. Sifat-sifat tanah di Aceh Besar, Aceh Jaya, dan Aceh Barat tujuh bulan setelah tsunami

Table 2. Selected soil chemical and physical properties of soil collected from Aceh Besar, Aceh Jaya, and Aceh Barat at seven months after tsunami

Anasir tanah	Aceh Besar		Aceh Jaya		Aceh Barat	
	Top soil	Sub soil	Top soil	Sub soil	Top soil	Sub soil
Tekstur						
Pasir (%)	67,6 (31,5)	41,9 (24,3)	59,3 (28,1)	43,9 (24,6)	49,3 (31,9)	56,9 (34,8)
Debu (%)	13,3 (12,6)	23,2 (9,1)	18,7 (11,2)	24,9 (11,8)	28,7 (19,0)	23,9 (17,5)
Liat (%)	19,2 (19,5)	34,9 (16,8)	22,0 (17,8)	31,3 (18,3)	22,0 (15,0)	19,3 (17,7)
pH						
H ₂ O	7,5 (1,1)	7,3 (0,6)	5,8 (1,4)	5,3 (0,8)	5,1 (1,0)	5,0 (1,0)
KCl	7,2 (1,4)	6,7 (0,8)	5,6 (1,5)	4,8 (0,9)	4,6 (1,1)	4,5 (0,8)
Susunan kation						
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	16,3 (10,1)	14,8 (7,2)	11,5 (10,0)	8,3 (4,4)	6,0 (5,3)	4,8 (4,2)
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	7,3 (5,7)	7,5 (4,6)	4,1 (2,7)	4,0 (3,8)	5,0 (5,4)	5,6 (9,0)
K (cmol _c kg ⁻¹)	0,4 (0,4)	0,4 (0,4)	0,2 (0,1)	0,2 (0,2)	0,2 (0,2)	0,3 (0,4)
Na (cmol _c kg ⁻¹)	7,5 (12,7)	7,1 (8,2)	3,0 (4,2)	2,0 (1,9)	2,7 (4,5)	7,7 (17,1)
KTK (cmol _c kg ⁻¹)	9,9 (8,9)	14,6 (9,8)	14,8 (15,8)	15,2 (12,1)	21,0 (24,3)	16,9 (23,5)
ECe (dS m ⁻¹)	31,8 (48,6)	16,5 (21,2)	7,3 (4,6)	5,5 (5,0)	8,3 (10,2)	16,1 (29,8)
ESP (%)	145 (275)	68,5 (91,1)	27,3 (31,3)	15,2 (8,5)	14,2 (12,3)	25,6 (203)
SAR	2,5 (4,3)	2,1 (2,3)	1,1 (1,4)	0,8 (0,6)	1,0 (1,3)	2,2 (3,6)

Salinitas tanah di Aceh Jaya dan Aceh Barat yang diamati pada bulan Juli dan Agustus 2005 umumnya masih cukup tinggi, rata-rata di atas 5,5 dS m⁻¹. Reaksi tanah umumnya masih masam, meskipun telah terjadi peningkatan pH tanah dari rata-rata 4,5 sebelum tsunami (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1990) menjadi 5,8 di Aceh Jaya dan 5,1 di Aceh Barat. Ca dapat ditukar tinggi di Aceh Jaya, rendah di Aceh Barat, Mg dan Na tinggi, sedangkan K rendah untuk kedua kabupaten. Pengkayaan Ca dan Na oleh tsunami pada tanah-tanah bergambut di Aceh Barat dan Aceh Jaya belum dapat meningkatkan reaksi tanah mendekati netral. Kalium berperan sangat penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, memperkuat batang tanaman, dan meningkatkan kualitas buah. Dengan demikian,

tanah-tanah yang kahat terhadap K menyebabkan tanaman rentan terhadap kekeringan, mudah rebah apalagi jika pemupukan N cukup tinggi, dan kualitas bijinyapun kurang baik.

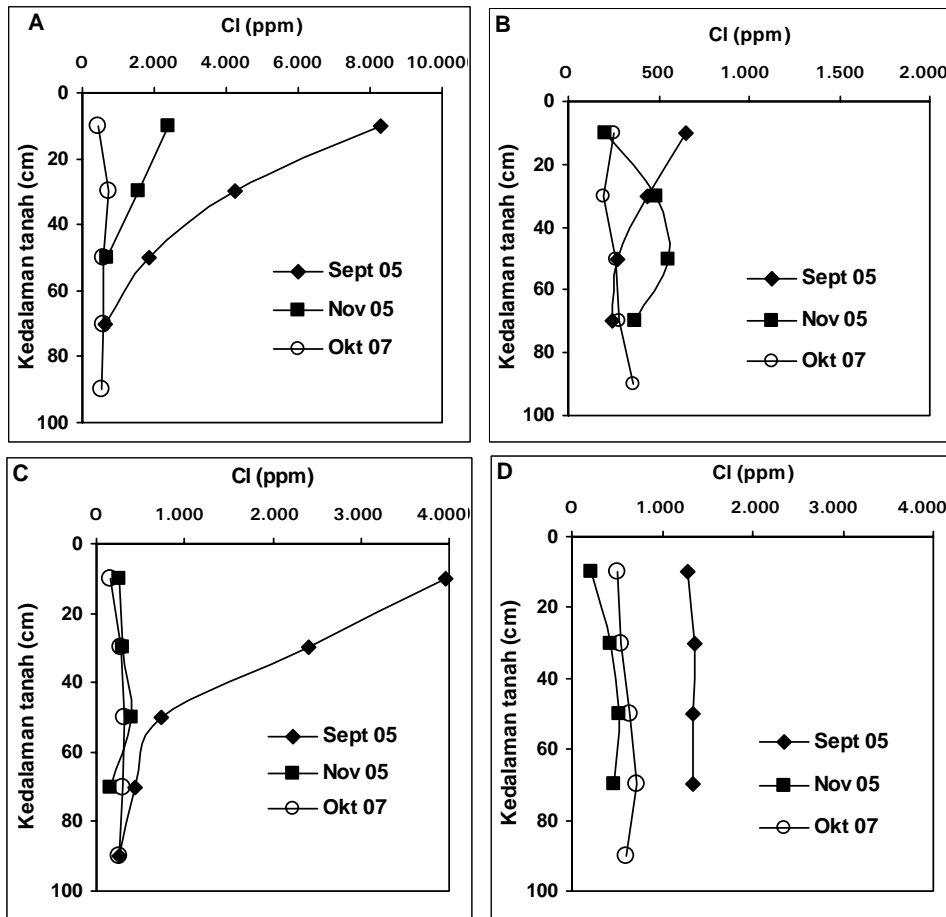
Pencucian garam-garam dalam kurun waktu 9 dan 12 bulan setelah tsunami

Chlorida (Cl⁻) adalah satu unsur utama pembentuk salinitas tanah diikuti oleh natrium (Na). Cl bersifat sangat larut dalam tanah dan hampir dapat diabaikan jumlahnya yang difiksasi oleh partikel liat. Oleh karena itu Cl sangat mudah tercuci ke dalam tanah pada kondisi dimana cukup air dan struktur tanah mendukung terjadinya proses pencucian. Pada kondisi dimana terdapat lapisan

tanah yang hantaran hidrauliknya sangat rendah, maka CI akan terakumulasi di lapisan tersebut. Untuk melihat sejauh mana proses pencucian garam-garam, dilakukan pengambilan contoh tanah pada berbagai kedalaman tanah di beberapa tempat.

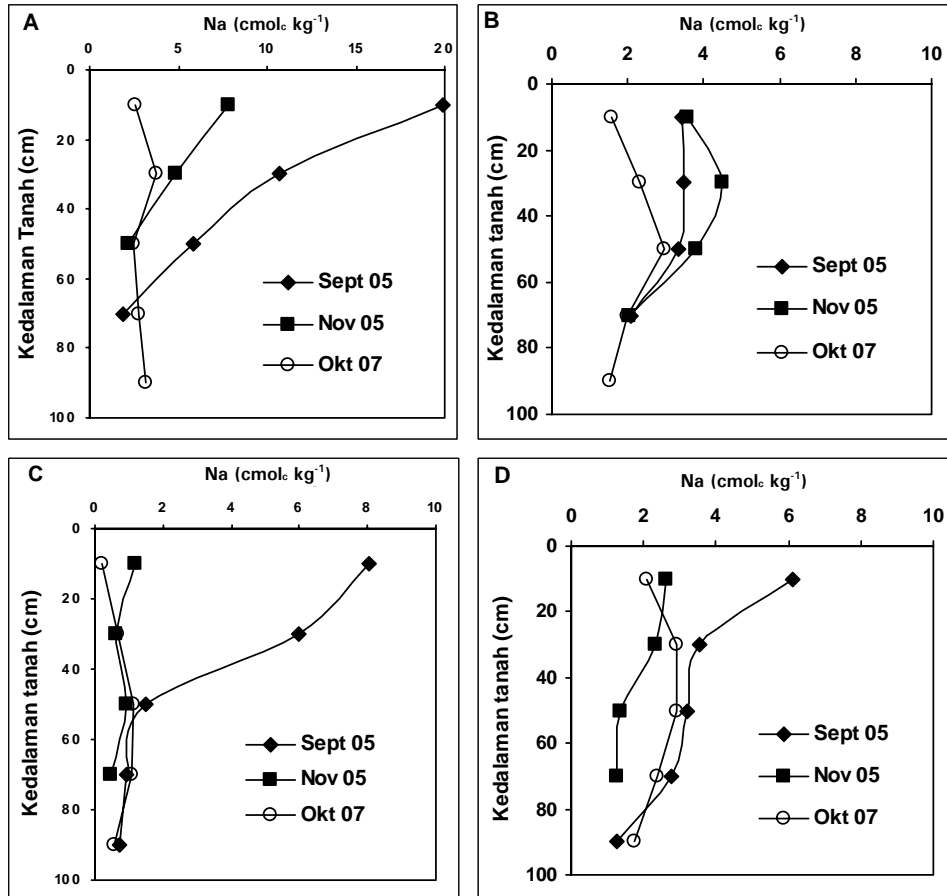
Gambar 4 A, B, C, dan D memperlihatkan distribusi CI pada berbagai kedalaman di Cot Lheu Rheng, Panteraja Pidie, Lhok Nga, dan Peuneung Aceh Besar. Secara umum nampak bahwa konsentrasi CI di permukaan tanah telah mengalami penurunan yang sangat nyata (sekitar 300-1.400%)

dari bulan September, November 2005, dan Oktober 2007. Umumnya konsentrasi CI meningkat pada kedalaman 40 cm kecuali di Cot Lheu Rheng (A) yang mengalami penurunan mengikuti kedalaman tanah. Kecenderungan yang sama juga terjadi terhadap parameter lainnya seperti Na (Gambar 5) dan ECe (Gambar 6). Penurunan ini diduga disebabkan oleh tingginya curah hujan yang terjadi selama periode September s/d November 2005 yang menyebabkan terjadinya pencucian, baik secara horizontal maupun vertikal.



Gambar 4. Perubahan konsentrasi CI pada berbagai kedalaman tanah di A) Cot Lheu Rheng, Pidie, B) Panteraja, Pidie, C) Lhok Nga, Aceh Besar, dan D) Peuneung, Banda Aceh

Figure 4. Changes in CI values over time by soil depth at A) Cot Lheu Rheng, Pidie, B) Panteraja, Pidie, C) Lhok Nga, Aceh Besar, and D) Peuneung, Banda Aceh



Gambar 5. Konsentrasi Na pada berbagai kedalaman tanah di A) Cot Lheu Rheng, Pidie, B) Panteraja, Pidie, C) Lhok Nga, Aceh Besar, dan D) Peuneung, Banda Aceh

Figure 5. Changes in Na values over time by soil depth at A) Cot Lheu Rheng, Pidie, B) Panteraja, Pidie, C) Lhok Nga, Aceh Besar, and D) Peuneung, Banda Aceh

Pengukuran salinitas menggunakan EM38

Hasil pengukuran salinitas tanah di laboratorium berkorelasi positif dengan hasil pengukuran dengan EM38 (Gambar 7). Dengan persamaan regresi sebagai berikut:

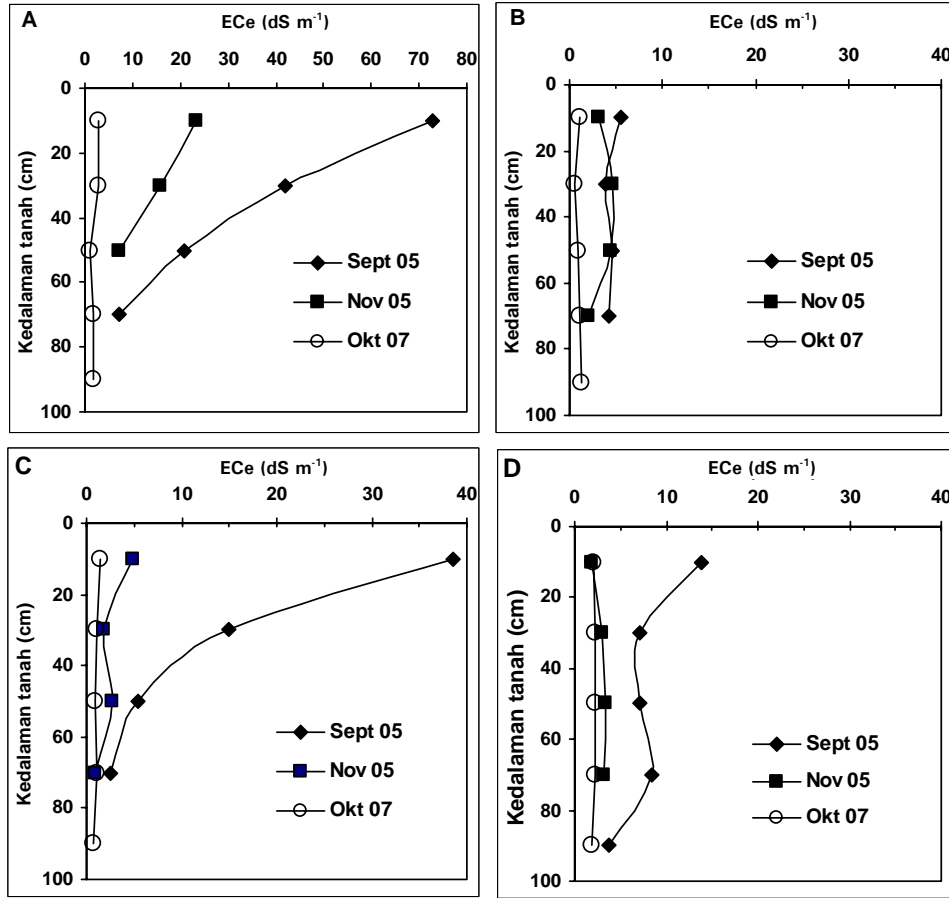
$$ECe = (5,26 * ECa) - 0.94 \quad r^2 = 0,72$$

Persamaan ini sejalan dengan padanan antara ECa dan ECe yang dikemukakan oleh Rhoades *et al.* (1989). Tanah yang bertekstur lempung dengan nilai ECa 1,7 dS m⁻¹ dikelompokkan ke dalam tanah yang salinitasnya tinggi. Dengan memasukkan angka ECa = 1,7 tersebut ke dalam persamaan regresi maka

diperoleh nilai ECe = 8 dS m⁻¹ yang termasuk dalam kelompok tanah dengan salinitas yang sama yaitu tinggi.

STRATEGI REHABILITASI

Pencegahan dan rehabilitasi lahan pertanian pasca tsunami diperlukan untuk mengembalikan produktivitas lahan pertanian di NAD. Tiga tindakan perlu dilakukan untuk mencegah kerusakan dan memulihkan kembali produktivitas lahan pertanian, khususnya sawah, di daerah bekas tsunami, adalah: 1) tindakan pencegahan, 2) tindakan rehabilitasi, dan 3) tindakan untuk menumbuhkan motivasi petani.



Gambar 6. Nilai ECe pada berbagai kedalaman tanah di A) Cot Lheu Rheng, Pidie, B) Panteraja, Pidie, C) Lhok Nga, Aceh Besar, dan D) Peuneung, Banda Aceh

Figure 6. Changes in ECe values over time by soil depth at A) Cot Lheu Rheng, Pidie, B) Panteraja, Pidie, C) Lhok Nga, Aceh Besar, and D) Peuneung, Banda Aceh

Tindakan pencegahan

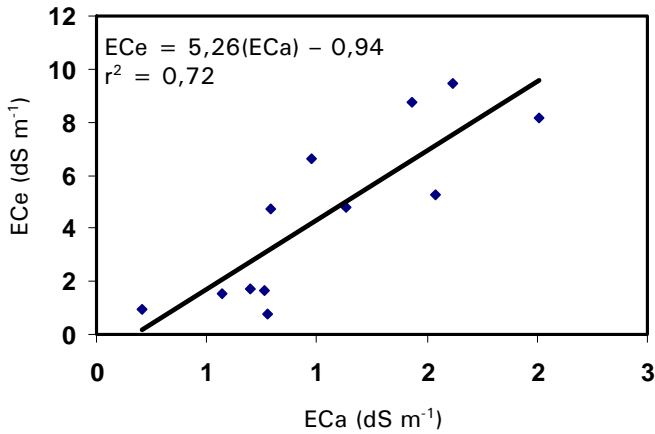
Tindakan ini dilakukan untuk mencegah masuknya air laut ke lahan pertanian sewaktu terjadi pasang. Upaya reklamasi akan menjadi sangat sia-sia apabila lahan pertanian rentan terhadap genangan air laut pasang. Tindakan pencegahan dapat dilakukan dengan membangun tanggul-tanggul, baik yang berupa bangunan sipil teknis maupun secara vegetatif.

Lahan pertanian yang sudah tergenangi air laut secara permanen perlu dialihkan untuk penggunaan lain, karena lahan yang sebelum tsunami permukaannya lebih tinggi dari permukaan air laut, setelah tsunami menjadi lebih rendah sehingga akan terge-

nanng secara permanen. Tindakan untuk mengembalikan fungsinya sebagai lahan pertanian akan sia-sia atau membutuhkan biaya dan teknologi yang mahal. Untuk itu intervensi pemerintah berupa pemberian modal awal ke petani tambak akan sangat penting, mengingat dibutuhkan investasi yang cukup besar untuk membangun tambak.

Tindakan rehabilitasi

Tindakan rehabilitasi lahan pertanian yang terkena tsunami perlu dilakukan untuk menurunkan tingkat salinitas dan memperbaiki petakan. Penurunan kadar salinitas tanah dapat dilakukan



Gambar 7. Korelasi antara salinitas tanah yang diukur menggunakan EM38 (ECa) dengan pengukuran di laboratorium (ECe)

Figure 7. Relationship between ECa as measured in the field using an EM38 meter and ECe as measured on soil samples in the laboratory

dengan cara membilas lahan beberapa kali sehingga garamnya terbuang melalui aliran air permukaan. Cara ini dapat sangat efektif menurunkan salinitas tanah jika tersedia air tawar, saluran irigasi dan drainase yang memadai. Saluran drainase yang berfungsi baik dapat membuang garam-garam dari lahan pertanian, sehingga memungkinkan ditanami kembali dengan kacang tanah dan tanaman palawija lain. Selain itu, pembangunan kembali pematang-pematang sawah yang rusak diterjang tsunami perlu segera dilaksanakan. Pematang tersebut sebaiknya lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum tsunami untuk menampung lebih banyak air hujan berkadar garam rendah, sehingga dapat lebih efektif menurunkan kadar garam tanah.

Pencucian garam ke lapisan tanah lebih dalam sehingga menjauhi zona perakaran dapat dilakukan terutama pada daerah yang permeabilitas tanahnya cukup baik, air tanahnya dalam (>2 m), dan curah hujannya sedang sampai tinggi. Teknik pencucian ini dapat efektif dilakukan selama musim penghujan, namun berisiko meningkatkan kadar salinitas tanah di daerah perakaran selama musim kemarau akibat tingginya penguapan dari pori-pori tanah. Untuk

menghindari risiko tersebut, pada lahan pertanian yang telah direklamasi perlu dilakukan tindakan rehabilitasi.

Tindakan rehabilitasi ditujukan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Tindakan rehabilitasi ini dapat dilakukan antara lain dengan: 1) pemberian bahan pembenah tanah seperti pupuk kandang, pupuk organik, gypsum, abu sekam, dan pemulsaan. Pemberian bahan pembenah tanah yang tersedia di lokasi seperti pupuk kandang, sekam padi, dan pupuk organik lainnya sebanyak 5-10 t ha⁻¹ sangat penting dilakukan untuk memperbaiki struktur tanah, keseimbangan hara, kemampuan menyimpan air (*water holding capacity*) dan mengurangi penguapan jika bahan-bahan tersebut disebar di permukaan tanah; 2) perbaikan permeabilitas (drainase internal) tanah melalui pengolahan tanah dalam dan perbaikan struktur tanah. Pengolahan tanah menggunakan bajak singkal sedalam 30 cm sangat dianjurkan untuk mengurangi rasio lumpur tsunami terhadap volume tanah; serta 3) penyesuaian pola tanam yaitu dengan menanam varietas-varietas tanaman yang toleran terhadap salinitas tanah yang tinggi. Beberapa jenis tanaman semusim yang banyak ditanam petani dan tumbuh baik adalah bawang merah, cabe, padi, kacang tanah, dan jagung.

Tindakan untuk menumbuhkan motivasi petani

Tindakan ketiga dan yang tidak kalah pentingnya dibandingkan dengan kedua tindakan sebelumnya adalah menumbuhkan kembali motivasi petani untuk kembali ke lahan usahatani. Rendahnya motivasi petani untuk bertani akan berakibat terbengkalainya program pembangunan pertanian yang telah dicanangkan oleh pemerintah, karena ujung tombak dari sistem produksi pertanian adalah petani itu sendiri. Beberapa kegagalan panen yang dialami petani akibat kurang siapnya lahan pertanian untuk menopang pertumbuhan tanaman dikhawatirkan akan semakin melemahkan motivasi petani. Yang perlu segera dilakukan adalah menyadarkan petani bahwa kondisi lahan mereka sudah berbeda dibandingkan dengan sebelum tsunami,

karena itu cara bercocok tanam, penggunaan varietas, dan pupuk perlu disesuaikan. Kegiatan penyuluhan, baik dalam bentuk tatap muka, penyebaran brosur, dan pembuatan demplot perlu dilakukan. Diharapkan dengan kegiatan-kegiatan penyuluhan tersebut, petani bergairah kembali bekerja di lahan usahataniannya.

KESIMPULAN

1. Genangan air laut dan endapan lumpur tsunami telah meningkatkan nilai ECe permukaan tanah, yang diukur sebulan setelah tsunami, menjadi 40,97 dS m⁻¹. Peningkatan ECe juga terjadi pada tanah lapisan bawah (10-20 cm) meskipun masih lebih rendah dibandingkan dengan tanah permukaan (0-10 cm).
2. Peningkatan salinitas tanah akibat tsunami dipengaruhi oleh penggunaan lahan. Transek Lhok Nga yang umumnya digunakan sebagai lahan persawahan menunjukkan salinitas tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan transek Darussalam yang umumnya digunakan untuk pertanian lahan kering. Salinitas tanah juga dipengaruhi oleh jarak lokasi pengamatan dari pantai. Makin jauh dari pantai, salinitas tanah cenderung makin tinggi.
3. Lumpur tsunami yang mengandung C organik dan kation-kation seperti Ca, Mg, dan K yang relatif tinggi, disamping garam-garam terlarut, selain berpotensi untuk meningkatkan KTK tanah juga berpotensi mengganggu keseimbangan hara dalam tanah. Gejala pengisian biji yang tidak sempurna pada kacang tanah dan padi dijumpai merata di daerah tsunami meskipun pertumbuhan vegetatif tanaman sangat baik.
4. Pengukuran salinitas tanah di laboratorium berkorelasi positif ($r^2 = 0,72$) dengan pengukuran salinitas tanah menggunakan EM38.
5. Salinitas tanah umumnya telah menurun sejalan dengan waktu akibat pencucian oleh hujan terutama pada tanah yang teksturnya berpasir. Namun demikian di beberapa tempat yang

drainase horizontal maupun vertikal, relatif kurang lancar, salinitas tanah umumnya masih menjadi kendala produksi pertanian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) dan kepada staf BPTP NAD yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2003.** Statistik Indonesia. <http://www.bps.go.id>.
- Ben-Hur, M., M. Agassi, R. Keren, and J. Zhang. 1998.** Compaction, aging and raindrop impact effect on hydraulic properties of saline and sodic Vertisols. *Soil Scie. Soc. Am. J.* 62:1377-1383.
- Cardon, G.E., J.G. Davis, T.A. Bauder, and R.M. Waskom. 2003.** Managing Saline Soil. Colorado State University Cooperative Extension. 7/03. No. 0.503 www.ext.colostate.edu.
- Cornillon, P. and A. Palloix. 1997.** Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrient of pepper cultivars. *J. Plant Nutrients* 20:1085-1094.
- Emerson, W.W. and A.C. Bakker. 1973.** The comparative effects of exchangeable calcium, magnesium and sodium on some physical properties of red-brown earth subsoils: 2. The spontaneous dispersion of aggregates in water. *Aust. J. Soil Res.* 11:151-157.
- FAO. 2005.** Final Report for SPFS-Emergency Study on Rural Reconstruction Along the Eastern Coast of NAD Province. Government of the Republic of Indonesia, Ministry of Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Nippon Koei Co. Ltd.
- Franzen, D. 2003.** Managing Saline Soils in North Dakota. North Dakota State University, Fargo, ND 58105, SF-1087 (revised), www.ags.ndsu.nodak.edu

- Gunes, A., A. Inal, and M. Alpaslan. 1996.** Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. *J. Plant Nutr.* 19:389-396.
- Hughes, J.D. 1999.** SOILpak for southern irrigators. NSW Agriculture, Australia.
- McNeil, J.D. 1986.** Genonics EM38 ground conductivity meter. Operating instruction and survey interpretation techniques. Technical Note TN-21, Geonics Ltd., Canada.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1990.** Buku Keterangan dan Peta Satuan Lahan dan Tanah lembar 0421, 0420, 0521, 0519, 0620, 0618, 0518. Puslittanak. Bogor.
- Rachman, A., Wahyunto, and F. Agus. 2005.** Integrated management for sustainable use of tsunami-affected land in Indonesia. Paper presented at the Mid-Term Workshop on Sustainable Use of Problem Soils in Rainfed Agriculture, Khon Khaen, 14-18 April 2005.
- Rhoades, J.D., N.A. Manteghi, P.J. Shouse, and W.J. Alves. 1989.** Soil Electrical Conductivity and Soil Salinity: New Formulations and Calibrations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 433-442.
- Slavich, P.G. 1990.** Determining ECa depth profile from electromagnetic induction measurements. *Aust. J. Soil Res.* 28:443-452.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005.** Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Deptan.