

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/348074778>

Salinisasi Lahan dan Permasalahannya di Indonesia

Article in *Jurnal Sumberdaya Lahan* · December 2020

DOI: 10.21082/jsdl.v14n2.2020.91-99

CITATIONS

25

READS

17,509

2 authors:



Vicca Karolinoerita

National Research and Innovation Agency of Indonesia

15 PUBLICATIONS 39 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Wahida Annisa

Indonesian Agency for Agricultural Research and Development

38 PUBLICATIONS 104 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Salinisasi Lahan dan Permasalahannya di Indonesia

Land Salinization and Its Problems in Indonesia

Vicca Karolinoerita, Wahida Annisa Yusuf*

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

*E-mail: annisa_balittra@yahoo.com

Diterima 2 Juli 2020, Direview 11 Oktober 2020, Disetujui dimuat 3 Desember 2020, Direview oleh Mukhlis dan I G.M. Subiksa

Abstrak. Salinisasi tanah merupakan proses peningkatan kadar garam mudah larut di dalam tanah sehingga terbentuk lahan salin. Salinitas adalah salah satu cekaman abiotik yang mengakibatkan berkurangnya hasil dan produktivitas tanaman pertanian. Setiap tahun luas lahan sawah yang ditinggalkan petani akibat mengalami salinisasi terus meningkat. Di Indonesia salinitas umumnya terjadi di lahan pertanian dekat pantai, disebabkan karena kenaikan permukaan laut akibat perubahan iklim. Diperkirakan lahan dekat pantai yang rentan mengalami salinitas seluas 12,020 juta ha atau 6,20% dari total daratan Indonesia. Problem salinitas pada pertanian beririgasi sering terkait dengan muka air tanah. Peningkatan kapilaritas dari muka air tanah dangkal akan membawa kembali garam-garam masuk ke daerah perakaran dan menjadi suatu sumber garam berkelanjutan. Sedangkan salinitas di lahan rawa pasang surut dipengaruhi oleh pergerakan pasang surut air laut dengan tingkat salinitas yang bervariasi. Tanaman mempunyai kisaran toleransi tertentu terhadap perubahan bahkan cekaman lingkungan untuk selanjutnya dapat beradaptasi, termasuk pada cekaman salinitas. Kondisi biofisik dan kimia lahan sawah terdampak yang tidak menguntungkan tanaman tersebut memerlukan upaya pengelolaan lahan dan sistem budidaya tanaman secara tepat agar dicapai tingkat produksi yang optimal.

Kata kunci: salinisasi, lahan sawah, pengelolaan lahan, padi, produksi optimal

Abstract. Soil salinization is the process of increasing the soluble salt content in the soil to form a saline soil. Salinity is an abiotic stress that results in reducing yield and productivity of agricultural crops. The area of paddy fields left by farmers as a result of experiencing salinization continues to increase every year. In Indonesia, salinity generally occurs in agricultural land near the coast, caused by sea level rise due to climate change. It is estimated that land near the coast that is prone to experiencing salinity is 12.020 million ha or 6.20% of the total land area of Indonesia. The problem of salinity in irrigated agriculture is often related to the water table. The increase in capillarity from shallow groundwater levels will bring back salts into the root zone and become a continuous salt source. Salinity in tidal swamps is influenced by the tidal movement of sea water with varying salinity levels. Plants have a certain tolerance range to the changes and even environmental stress so that they can then adapt, including to salinity stress. The biophysical and chemical conditions of the affected paddy fields that are not beneficial to the plant, requires proper land management and crop cultivation systems in order to achieve optimal production levels.

Keywords: salinization, paddy field, land management, rice, optimal production

PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang terjadi pada lahan pertanian saat ini adalah salinisasi. Salinisasi merupakan proses terjadi peningkatan kadar garam mudah larut (NaCl , Na_2CO_3 , Na_2SO_4) yang tinggi dalam tanah, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Rachman *et al.* 2017). Salah satu penyebab terjadinya proses salinisasi adalah karena penggunaan air irigasi dengan kandungan garam cukup tinggi secara terus menerus akan menyebabkan garam terakumulasi di daerah perakaran tanaman dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Gupta 1979). Di banyak negara diantara di

India banyak daerah hutan yang diubah menjadi lahan pertanian, berubah menjadi salin setelah beberapa tahun kemudian. Hal tersebut diakibatkan naiknya garam di bawah permukaan tanah bersamaan dengan evaporasi yang tinggi sebagai konsekuensi perubahan vegetasi penutup lahannya (Pessarakli dan Szabolcs 1999).

Perubahan iklim juga telah mengakibatkan kenaikan muka air laut, sehingga juga mengakibatkan peningkatan salinitas air tanah dan atau salinitas tanah (Clermont-Dauphin *et al.* 2010; Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2011). Adanya peningkatan evaporasi tersebut menjadi penyebab utama aliran air dari bawah permukaan tanah yang mengandung air

laut menuju ke permukaan, sehingga banyak lahan pertanian di daerah pesisir yang mengalami peningkatan kadar garam atau salinisasi (Sukarman *et al.* 2018). Hal ini juga yang menyebabkan daerah pesisir yang memiliki air tanah dangkal rentan akan kenaikan salinitas karena kondisi air tawarnya tidak sebanyak dengan perairan dalam, sehingga saat terjadi penguapan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi kadar garam. Di Indonesia kejadian ini banyak dijumpai di daerah-daerah pesisir yang beriklim kering (*ustic*) salah satunya adalah dijumpai di daerah Mbay, Pulau Flores, Provinsi Nusa Tenggara Timur (Sukarman *et al.* 1998).

Selanjutnya Subagyo (2006) menyatakan bahwa proses salinisasi terjadi juga di daerah lahan pasang surut yang berbatasan dengan garis pantai. Suasana salin akibat pengaruh air asin/air laut terjadi pada tanah mineral berpirit maupun tanah gambut. Masalah salinitas terjadi ketika jumlah garam terlarut dalam tanah cukup tinggi. Penimbunan garam di daerah perakaran mempengaruhi kemampuan tanaman untuk menyerap air.

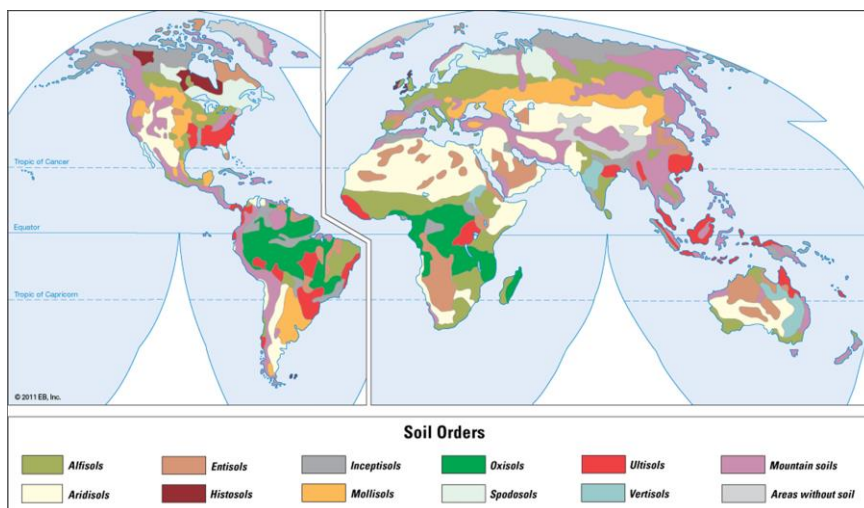
Salinisasi tanah di Indonesia juga terjadi karena adanya kejadian tsunami. Tsunami yang terjadi pada tahun 2004 dan menerjang pantai barat dan timur Provinsi Aceh menyebabkan daerah berelevasi rendah tergenang air laut. Lahan-lahan di daerah ini sekarang kembali digunakan untuk kegiatan pertanian, akan tetapi beberapa lahan tersebut ternyata masih mempunyai tingkat salinitas (kadar garam) yang terlalu tinggi dan sangat mengganggu pertumbuhan tanaman (Arabia *et al.* 2012).

Lingkungan salin dapat menyebabkan dua bentuk cekaman pada tumbuhan, yaitu cekaman

osmotik dan cekaman keracunan. Berbagai kondisi lingkungan ekstrim, yakni lingkungan salin, tanah jenuh air, radiasi sinar matahari dan suhu yang tinggi akan menyebabkan terganggunya metabolisme tumbuhan dan pada akhirnya akan menyebabkan rendahnya produktivitas atau laju pertumbuhan tumbuhan (Arabia *et al.* 2012). Tujuan dari penulisan makalah ini adalah membahas tentang kondisi geografi lahan salin di beberapa negara terutama di Indonesia, proses terjadinya salinisasi tanah serta cara penanggulangannya.

SEBARAN TANAH SALIN

Negara-negara yang tanahnya terkena salinisasi sebagian besar berlokasi di daerah arid dan semi-arid. Klasifikasi tanahnya berdasarkan Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 2014) digolongkan kedalam ordo Aridisol. Penyebaran ordo tanah di permukaan bumi sangat erat kaitannya dengan penyebaran tipe iklim dan penyebaran vegetasi alami. Ordo Oxisol, Ultisol dan Vertisol menyebar di wilayah tropika yang beriklim basah. Wilayah dengan ordo tanah tersebut meliputi Amerika Selatan, Afrika Tengah, Malaysia, Filipina, Indonesia, India Selatan, Bangladesh, Myanmar dan Australia Utara. Sedangkan ordo tanah Aridisol menempati wilayah iklim kering gurun sampai di wilayah padang rumput di Afrika Utara dan Selatan, Jazirah Arab, Asia Tengah, Australia, Amerika Serikat dan Argentina. Penyebaran ordo tanah Alfisol terutama terdapat di belahan bumi utara yaitu pada wilayah iklim sedang bertipe basah seperti di Cina Utara, Eropa dan Amerika Serikat bagian timur laut. Inceptisol juga banyak didapati pada daerah ini. Golongan tanah Spodosol dan Histosol banyak terdapat di belahan bumi



Gambar 1. Sebaran geografis tanah di dunia berdasarkan ordo tanah

Figure 1. The geographical distribution of soils in the world based on soil orders

utara. Golongan ini menempati tanah hutan dengan iklim dingin yang basah dan pada umumnya ditutupi oleh hutan *coniferous (evergreen)*. Contohnya adalah Kanada, Alaska, Siberia terus menuju Skandinavia di Eropa Utara. Sebaran geografi tanah di dunia berdasarkan ordo tanah ditunjukkan pada Gambar 1.

Kondisi curah hujan yang rendah pada daerah arid dan semi-arid menyebabkan tidak terjadinya pencucian basa-basa secara intensif namun penimbunan garam semakin banyak. Seperti yang dilaporkan oleh UNEP (1992), distribusi tanah di lahan kering yang mendapat pengaruh garam di lahan kering di berbagai benua disajikan pada Tabel 1. Tanah-tanah ini dibagi menjadi dua kategori: salin (412 juta hektar) dan sodik (618 juta hektar), berjumlah 1030 juta hektar. Benua Australia memiliki distribusi terluas dengan 357,6 juta hektar, diikuti oleh Afrika dengan 209,6 juta hektar.

Seperti dikemukakan di atas tanah salin yang dijumpai di Indonesia proses pembentukannya tidak seperti tanah salin yang terbentuk di daerah arid dan semi-arid. Tanah salin terbentuk pada daerah arid dan semi-arid akibat evaporasi lebih tinggi dibandingkan presipitasi, sehingga pencucian basa-basa tidak intensif, namun terjadi penimbunan garam-garam atau basa-basa secara intensif dan pada horizon C sering terjadi akumulasi CaCO_3 . CaCO_3 ini dapat berasal dari air tanah atau dari debu yang jatuh ke tanah dan mengendap dengan kadar $\text{CaCO}_3 \geq 15\%$. Natrik merupakan horizon illuviasi liat yang mempunyai struktur tanah berbentuk prismatic atau tiang akibat tingginya kadar natrium (Na) di dalam tanah dengan kandungan $\text{Na-d} \geq 15\%$. Kemudian Horizon Salik merupakan horizon akumulasi garam mudah larut seperti NaCl , biasa ditemui di daerah beriklim kering dimana evapotranspirasi melebihi presipitasi. Gambar

morfologi beberapa horizon penciri bawah-permukaan (gipsik, kalsik, salik dan natrik) ditunjukkan pada Gambar 2.

Horizon-horizon penciri yang berkaitan dengan salinitas tinggi adalah horizon gipsik (akumulasi gipsum), horizon kalsik (akumulasi Ca atau Ca/Mg karbonat), horizon salik (akumulasi garam-garam lebih mudah larut daripada gipsum) dan horizon natrik (ESP atau SAR tinggi). Horizon gipsik adalah horizon illuvial yang senyawa gipsum sekundernya telah terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dengan kandungan gipsum $\geq 5\%$. Sedangkan horizon kalsik adalah horizon illuviasi dari kalsium karbonat sekunder yang cukup tebal. Tanah-tanah pantai yang salin umumnya tidak termasuk Halaquept, karena kadar garamnya tidak menurun (Hardjowigeno dan Rayes 2005).

Berdasarkan Peta Tanah Eksplorasi Indonesia (Puslitbangtanak 2000), Ordo tanah yang dijumpai terdiri dari 10 Ordo, dan tidak dijumpai ordo tanah Aridisol, hal tersebut dapat dimengerti karena di Indonesia tidak dijumpai adanya rejim kelembaban tanah *aridic* yang merupakan salah satu penciri utama dari Ordo tanah Aridisol (Gambar 3).

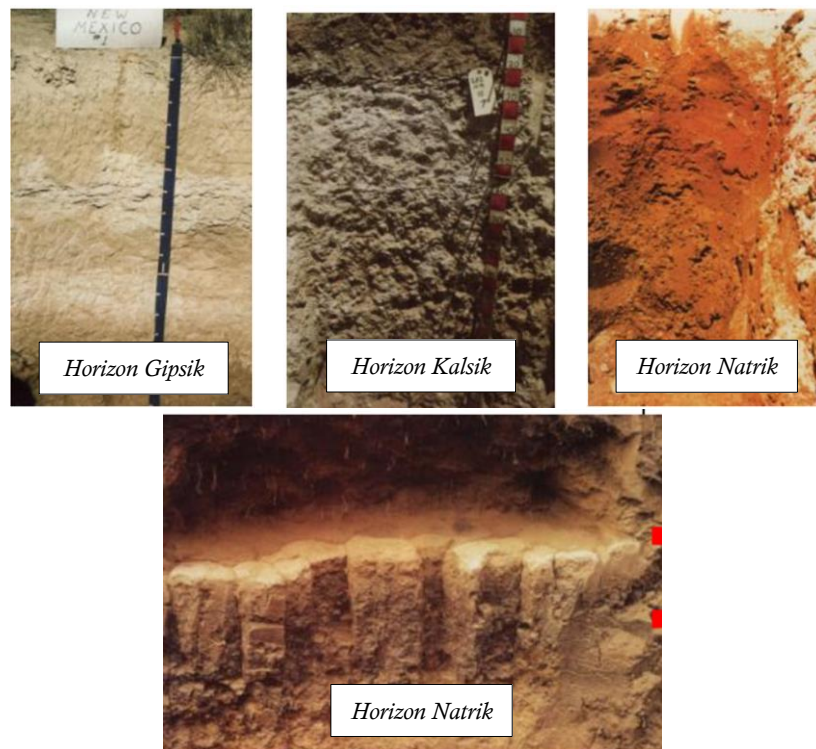
Rejim kelembaban tanah di Indonesia yang paling kering adalah rejim kelembaban tanah ustik (*ustic*). Berdasarkan definisi yang dikemukakan oleh Soil Survey Staff (2014), rejim kelembaban tanah ustik (Bahasa Latin, *ustus*, terbakar, menyatakan kekeringan) adalah rejim kelembaban tanah yang berada di antara rejim aridik dan rejim udik. Konsepnya adalah suatu rejim yang kandungan kelembabannya terbatas, tetapi tersedia manakala kondisi lingkungan sesuai untuk pertumbuhan tanaman.

Tabel 1. Distribusi salinitas di dunia

Table 1. Salinity distribution in the world

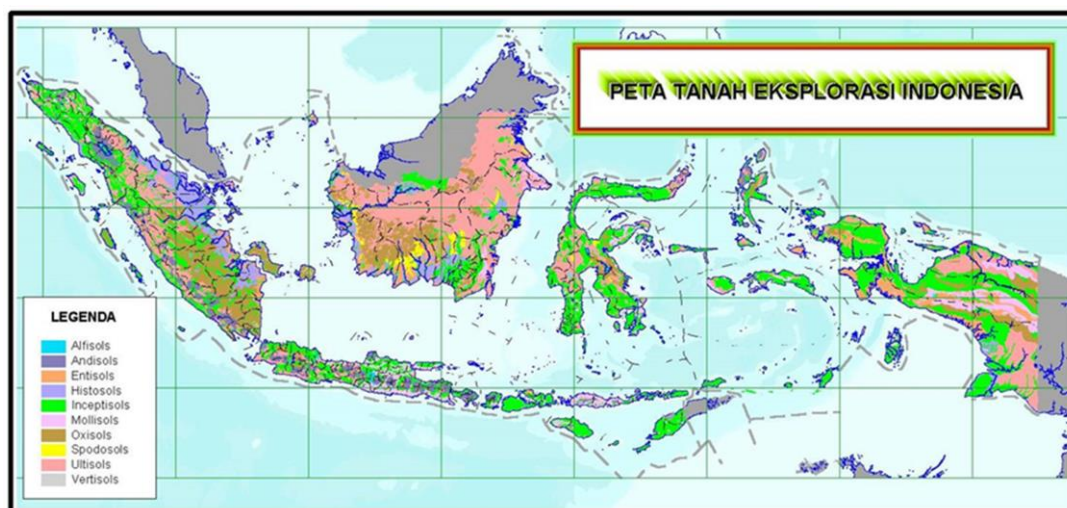
Benua	Tanah salin (juta ha)	Tanah sodik (juta ha)	Total
Afrika	122,9	86,7	209,6
Australia	17,6	340,0	357,6
Meksiko/Central Amerika	2,0	-	2,0
North Amerika	6,2	9,6	15,8
North and Central Asia	91,5	120,2	211,7
South Amerika	69,5	59,8	129,3
South Asia	82,3	1,8	84,1
Southeast Asia	20,0	-	20,0
Total	412,0	618,1	1.030,1

Sumber: UNEP (1992); FAO-ITPS-GSP 2015)



Gambar 2. Morfologi horizon gipsik, kalsik, salik dan natrik (Soil Survey Staff 1999)

Figure 2. Horizon morphology of gypsy, calsic, salic and natric (Soil Survey Staff 1999)



Gambar 3. Peta tanah eksplorasi Indonesia (Puslitbangtanak 2000)

Figure 3. Indonesia exploration soil map (Puslitbangtanak 2000)

Jika suhu tanah tahunan rata-rata 22°C atau lebih tinggi, atau jika suhu tanah musim panas rata-rata dan musim dingin rata-rata berbeda kurang dari 6°C pada kedalaman 50 cm di bawah permukaan tanah, penampang kontrol kelembaban tanah di wilayah-wilayah dengan rejim kelembaban tanah ustik adalah kering pada sebagian atau semua bagiannya selama 90 hari kumulatif atau lebih, dalam tahun-tahun normal. Walaupun begitu, penampang kontrol kelembaban

lembab pada sebagiannya, selama lebih dari 180 hari kumulatif per tahun, atau selama 90 hari berturut-turut atau lebih.

Jika suhu tanah tahunan rata-rata lebih rendah dari 22°C , dan jika suhu tanah musim panas rata-rata dan musim dingin rata-rata berbeda 6°C atau lebih pada kedalaman 50 cm di bawah permukaan tanah, penampang kontrol kelembaban tanah di wilayah-wilayah dengan rejim kelembaban ustik adalah kering

pada sebagian atau semua bagiannya selama 90 hari kumulatif atau lebih, dalam tahun-tahun normal. Tetapi penampang kontrol kelembaban tersebut tidak kering pada semua bagiannya, selama lebih dari setengah jumlah hari-hari kumulatif, ketika suhu tanah pada kedalaman 50 cm adalah lebih tinggi dari 5°C. Jika dalam tahun-tahun normal, penampang kontrol kelembaban adalah lembab pada semua bagiannya selama 45 hari berturut-turut atau lebih, dalam 4 bulan sesudah puncak musim dingin, maka penampang kontrol kelembaban adalah kering pada semua bagiannya selama kurang dari 45 hari berturut-turut dalam 4 bulan sesudah puncak musim panas.

Menurut Sukarman *et al.* (2018), wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil di Indonesia yang jumlahnya 17.000 pulau, akan menjadi sasaran utama dan terdampak langsung akibat peningkatan permukaan air laut atau rob dan intrusi air laut yang dapat menyebabkan peningkatan kadar garam (salinitas). Selanjutnya dikatakan bahwa berdasarkan jenis *landform* dalam peta tanah eksplorasi Indonesia, maka yang rentan akan mengalami salinitas adalah *landform* basin alluvial (lakustrin), delta/dataran estuarin, dataran pasang surut dan pesisir pantai, yang luas

melemahkan jembatan Ca yang menjadi penguat struktur membran sel (Staples dan Toennissen 1984). Penurunan laju fotosintesis juga dapat dikaitkan dengan perilaku stomata. Pada tanaman yang mengalami stress garam, dimana juga mengalami defisiensi air, konsentrasi CO_2 pada kloroplas menurun karena berkurangnya konduktansi stomata. Penurunan aktivitas fotosintesis tanaman tersebut akan mempengaruhi pembentukan berat kering sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman.

Kebanyakan tanaman yang menderita stress garam menunjukkan penurunan pertumbuhan dan juga hasil tanaman. Pertumbuhan dan hasil tanaman budidaya umumnya mengalami penurunan pada EC tanah 4 dS/m atau lebih, bahkan tanaman yang sensitif dapat terpengaruh pada EC 3 dS/m. Tanda-tanda tanaman yang terkena stress garam antara lain menjadi kerdil, kesehatan tanaman terganggu, warna tanaman berubah dan hasil tanaman menurun (McWilliams 2003). Selanjutnya Sukarman *et al.* (1998) mengemukakan bahwa pada tanah salin sebagian besar tanaman budidaya tidak bisa hidup dengan baik. Hal tersebut disebabkan karena tekanan osmotik tanah sangat tinggi dan tingginya kandungan anion klorida (Cl^-) yang bersifat toksik

lebih banyak dari tanah biasa. Batu gamping diendapkan secara mekanis oleh arus laut sehingga mengandung bahan kalsium karbonat, yang lazimnya dalam bentuk mineral kalsit (CaCO_3) dengan/tanpa magnesium karbonat dengan kegunaan menyerap logam-logam berat. Kandungan NaCl yang tinggi pada tanah salin menyebabkan rusaknya struktur tanah, sehingga aerasi dan permeabilitas tanah tersebut menjadi sangat rendah. Banyaknya ion Na di dalam tanah menyebabkan berkurangnya ion-ion Ca , Mg , dan K yang dapat ditukar. Dengan jenis tanah yang bervariasi akan berdampak pada kondisi hidrogeologi (air bawah tanah).

Salinitas air tanah dipengaruhi juga oleh sebaran permeabilitas tanah. Ada dua cara menentukan salinitas air yaitu dengan menentukan *Total Dissolved Salt (TDS)* dan *Electric Conductivity (EC)*. Hasil pengukuran menggunakan *EC* dinyatakan dalam $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mikroseimen/cm) dan dapat dikonversikan ke mg/l

terhadap salinitas, yaitu varietas Way Apo Buru, Margasari, dan Lambur, dan diperoleh beberapa galur harapan GH TS-1 dan GH TS-2.

UPAYA PENANGGULANGAN SALINITAS DI LAHAN PERTANIAN

Masalah salinitas pada lahan pertanian perlu ditangani secara serius dan menyeluruh karena tanah dengan kandungan garam yang tinggi mengakibatkan struktur tanah menjadi rusak, sehingga aerasi dan permeabilitas tanah tersebut menjadi sangat rendah. Pelonggokan garam tersebut akan mengakibatkan terjadinya plasmolisis, yakni proses bergerak keluarnya H_2O dari tanaman ke larutan tanah. Salinitas juga menyebabkan tanaman sulit menyerap air hingga terjadi kekeringan fisiologis akibat peningkatan potensial osmotik larutan tanah. Kelebihan garam ini mengakibatkan ketahanan penetrasi tanah tinggi dan kation Ca, Mg, Na, serta ESP tinggi (Muyassir 1998) serta ketersediaan air dan hara menurun, sedangkan air irigasi menjadi racun bagi tanaman yang tidak toleran salin (Mills 2001), kemudian tanah menjadi kering dan padat (Nassar 1999).

Pemulihan kesuburan tanah dapat dilakukan dengan pemetaan tanah yang terbagi dalam tiga kategori degradasi, yakni rendah, sedang, dan tinggi, kemudian dilakukan remediasi dengan berbagai teknik remediasi antara lain pemupukan berdasar status hara pada masing-masing tanah yang terdegradasi menurut klasifikasi kerusakannya. Penggunaan pupuk organik juga diusulkan untuk mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik. Usaha konservasi dan rehabilitasi lahan perlu terus digalakkan. Beberapa program telah coba dijalankan di beberapa negara untuk mengatasi permasalahan salinitas, mulai dari praktek agronomis hingga ke bioteknologi. Belajar dari kekurangberhasilan program-program sebelumnya, maka selain aspek teknis, aspek sosial, ekonomi dan budaya petani maka perlu dipertimbangkan bahwa program yang dibuat harus berbasis sumberdaya lokal artinya tetap mempertimbangkan aspek sosial budaya petani setempat. Secara agronomi, strategi untuk menanggulangi permasalahan pada lahan marjinal adalah memanfaatkan tanaman yang toleran terhadap cekaman salinitas (Utama *et al.* 2009). Penggunaan kapur juga merupakan salah satu cara yang biasa dilakukan pada reklamasi lahan salin-sodik dan sodik.

Upaya penganggulangan salinitas yang dapat dilakukan adalah (1) pengelolaan air (*leaching*, irigasi dengan air berkualitas baik), (2) pengolahan lahan yang tepat secara mekanis, (3) perbaikan secara kimia dengan menambahkan gypsum dan sulfur, (4) perbaikan secara biologis melalui penggunaan mulsa organik dan bahan organik, serta (5) peningkatan kesadaran petani. Pengaruh dolomit pada tanah salin kurang sesuai untuk menurunkan pH, namun berpengaruh untuk penggantian Na-dd. Keuntungan

lain pemberian dolomit adalah membantu mempercepat proses pembusukan bahan organik dalam tanah (Nugroho 1990). Dolomit juga mengandung Mg, yang mempunyai kemampuan untuk memperbaiki struktur tanah (Sutarya 1995).

KESIMPULAN

Salinisasi tanah-tanah di Indonesia berbeda dengan proses salinisasi pada tanah yang beriklim Arid atau Semi Arid. Salinisasi pada tanah-tanah di Indonesia umumnya berkaitan dengan intrusi air laut yang disebabkan oleh meningkatnya permukaan air laut karena perubahan iklim, dan tsunami.

Adanya salinisasi terhadap lahan-lahan pertanian sudah dirasakan sangat mengganggu dan menurunkan produktivitas tanaman terutama tanaman padi. Perlu dilakukan penanganan yang terintegrasi untuk meminimalkan lahan yang menjadi tidak produktif akibat salinisasi. Namun demikian belum ada data tentang luas lahan dan sebarannya secara spasial tentang lahan yang terkena salinitas secara nasional. Secara potensial lahan-lahan yang rentan mengalami salinisasi cukup luas yaitu mencapai 12,02 juta ha.

Penanganan dan pengelolaan terpadu untuk menanggulangi tanah salin meliputi (1) pengelolaan air (*leaching*, irigasi dengan air berkualitas baik), (2) pengolahan lahan yang tepat secara mekanis, (3) perbaikan secara kimia dengan menambahkan gypsum dan sulfur, (4) perbaikan melalui penggunaan mulsa organik dan bahan organik, serta (5) peningkatan kesadaran petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez MP, Carol E, Hernandez MA, Bouza PJ. 2015. Groundwater dynamic, temperature and salinity response to the tide in Patagonian marshes: Observations on a coastal wetland in San Jose Gulf, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 62: 1-11. doi: 10.1016/j.jsames.2015.04.006.
- Arabia T, Zainabun, Royani I. 2012. Karakteristik tanah salin Krueng Raya Kecamatan Mesjid Raya Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 1(1): 32- 42.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2011. *Road Map. Strategi Sektor Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim (Revisi)* Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Clermont-Dauphin C, Suwannang N, Grüberger O, Hammecher C, Maeght JL. 2010. Yield of rice under water and soil salinity risks in farmers' fields in northeast Thailand. *Field Crops Research*, 118(3): 289-296.
- Coxwin DL, Rhoades JD, Vaughan PJ. 1996. GIS Application to the Basin-Scale Assessment of Soil Salinity and Salt Loading to Groundwater, Application of GIS to the modeling of Non-Point Source Pollutants in Vadose Zone, Soil Society of America, Special Publication 48.

- Darwis KhM, Kotb MM, Ali RR. 2005. Mapping Soil Salinity Using Collocated Cokringing in Bahariyah Oasis, Egypt, http://www.scribd.com/document_downloads/6571659?extension=pdf&secret_password (diakses, 25 Februari 2019).
- Dailidienė I, Davulien L. 2008. Salinity trend and variation in the Baltic Sea near the Lithuanian coast and in the Curonian Lagoon in 1984-2005. *Journal of Marine System*, 74: S20-S29.
- FAO-ITPS-GSP. 2015. Status of the world's soil resources. FAO-ITPS-GSP Main Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, pp 125-127.
- Fitter AH, Hay RKM. 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Gupta IC. 1979. Use of Saline Water in Agriculture in Arid and Semi-arid Zones of India. Oxford & IBH Publishing, New Delhi, India.
- Hansen, Vaughn E, Israelsen, Orson W, Stringham, Glen E, Tachyan. 1992. Dasar-dasar dan Praktek Irigasi. Terjemahan Endang P. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardjowigeno S, Rayes ML. 2005. Tanah Sawah Karakteristik, Kondisi dan Permasalahan Tanah Sawah di Indonesia. Bayumedia Publishing, Malang.
- Hendrayana H. 2002. Intrusi Air Asin ke dalam Akuifer di Daratan. Website: <http://heruhendrayana.staff.ugm.ac.id/web/download/intrusi.pdf>, download 14 April 2019
- Muyassir. 1998. Pengujian Tingkat Dosis Natrium dari Sipramin pada Beberapa Sifat Fisik dan Kimia tanah. Thesis Program pasca Sarjana. Universitas Brawijaya, Malang.
- McWilliams D. 2003. Soil salinity and sodicity limits efficient plant growth and water use. New Mexico State University through USDA Cooperative state research. Electronic distribution. Diakses dari www.cahe.nmsu.edu/pubs/_a/A-140.pdf tanggal 30 Oktober 2007.
- Mills B. 2001. Interpreting Water Analysis for Crop and Pasture. Forming System Institute. Toowoomba. Queensland.
- Nassar IN, Ukrainczyk L, Horton R. 1999. Transport and fate of volatile organic chemicals in unsaturated, nonisothermal salty porous media: II. Experimental and numerical studies for benzene. *J Hazard. Mater*, 69: 169-185
- Nugroho. 1990. Mengapur Tanah Asam, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Pessarackli, Szabolcs. 1999. In Pessarackli, M (Eds). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York.
- Puslitbangtanak. 2000. Peta Tanah Eksplorasi Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Rachman A, Subiksa IGM, Wahyunto. 2007. Perluasan areal tanaman kedelai ke lahan suboptimal. Dalam Sumarno, Suyanto, A. Widjono, Hermanto, H.kasim (Eds.) Kedeai teknik produksi dan pengembangan. Badan Litbang Pertanian. Puslitbangtan. Hlm.185-204.
- Rahman A, Dariah A, Sutono. 2018. Buku Pengelolaan Sawah Salin Berkadar Garam tinggi. IAARD PRESS. ISBN: 978-602-344-2324 . 60 Hlm.
- Rivaie AA, Kiswanto, Pasandaran. 2017. Inovasi pola tanam *relay-intercropping* jagung ubikayu di Lampung mengantisipasi dampak kekeringan. Hlm: 305-337 Dalam Pasandaran *et al.* (Eds.): Memperkuat Kemampuan Wilayah Menghadapi Perubahan Iklim. IAARD Press. ISBN 978-602-344-199-0.
- Sembiring H, Gani A. 2007. Adaptability of rice on tsunami affected soil. Training Workshop Soil Management for rebuilding agriculture in tsunami-affected areas in Nanggroe Aceh Darussalam province, Banda Aceh. Hlm.13-16.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys, 2nd edition. Agricultural Handbook 436, Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington DC, USA, pp. 869
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. Twelfth Edition, 2014. Natural Resources Conservation Service-United States Department of Agricultural, Washington DC. 362 pp.
- Staples RC, Toennissen GH. 1984. Salinity Tolerance in Plants Strategies for Crop Improvement. John Wiley and Sons. Canada.
- Strawn DG, Bohn HL, O'Connor GA. 2015. Soil chemistry. West Sussex, U.K.: John Wiley & Sons.
- Sukarman, Bachri S, Wiganda S. 1998. Karakteristik tanah salin dan kualitas air irigasi di Dataran Mbay, Flores Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim*, No.16: 11-20.
- Sukarman, Mulyani A, Purwanto S. 2018. Modifikasi metode evaluasi kesesuaian lahan berorientasi perubahan iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(1): 1-11. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jSDL.v12n1.2018.1-11>
- Surmaini E, Runtunuwu E, Las I. 2011. Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(1): 1-7.
- Sutarya R. 1995. Pedoman Pertanian Sayuran Dataran Rendah. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Teh SY, Koh HL. 2016. Climate Change and Soil Salinization: Impact on Agriculture, Water and Food Security. *International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation*, 2 : 1-9.
- UNEP. 1992. Proceedings of the Ad-hoc expert group meeting to discuss global soil database and appraisals of GLASOD/SOTER, 24-28 February 1992, Nairobi, Kenya, 39 pp.
- Utama CS. 2009. Komponen Proksimat Bekatul Fermentasi dengan Starter Limbah Pasar Sayur. Laporan Penelitian (Tidak dipublikasikan)
- Subagyo H. 2006. Klasifikasi dan penyebaran lahan rawa. Hlm. 1-23. Dalam: Didi Ardi, Kurnia U, Mamat HS, Hartatik W, Setyorini D. (Eds). Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.