

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 berdampak 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 kadar 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.

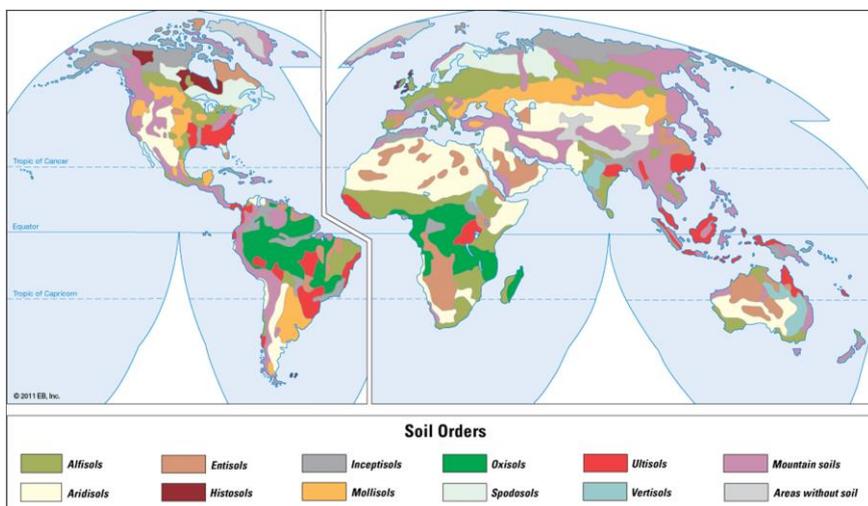
Salinisasi tanah di Indonesia juga terjadi karena adanya kejadian tsunami. Tsunami yang terjadi pada tahun 2004 dan menerjang pantai barat dan timur Provinsi Aceh menyebabkan daerah berelevasi rendah tergenang air laut. Lahan-lahan di daerah ini sekarang kembali digunakan untuk kegiatan pertanian, akan 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).

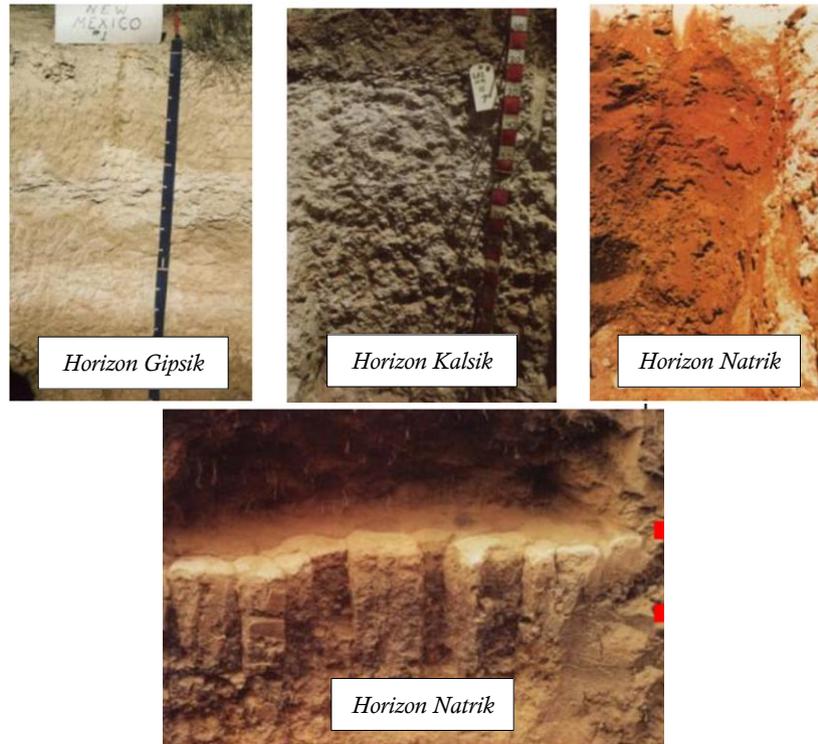
Rejim kelembaban tanah di Indonesia yang paling kering adalah rejim kelembaban tanah ustik (*ustic*). Berdasarkan definisi yang dikemukakan oleh Soil Survey Staff (2014), rejim kelembaban tanah ustik (Bahasa Latin, *ustus*, terbakar, menyatakan kekeringan) adalah rejim kelembaban tanah yang berada di 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

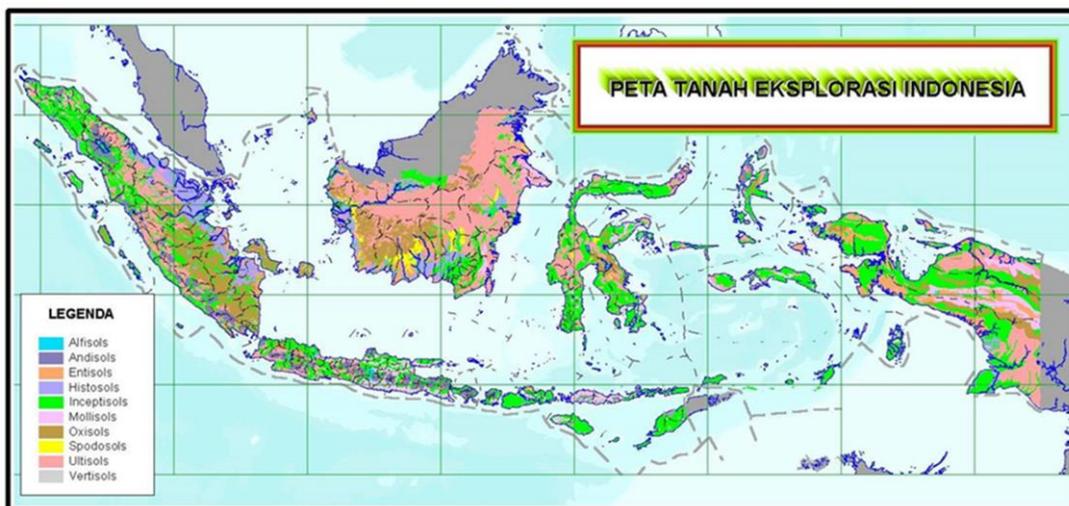
Benua	Tanah salin (juta ha)	Tanah sodik (juta ha)	Total
Afrika	122,9	86,7	209,6
Australia	17,6	340,0	357,6
Meksiko/Central Amerika	2,0	-	2,0
North Amerika	6,2	9,6	15,8
North and Central Asia	91,5	120,2	211,7
South Amerika	69,5	59,8	129,3
South Asia	82,3	1,8	84,1
Southeast Asia	20,0	-	20,0
Total	412,0	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 luasnya mencapai 12,020 juta ha atau 6,20% dari total daratan Indonesia (Tabel 2). Daerah pesisir pantai dan dataran pasang surut menyebar hampir di seluruh Indonesia, sedangkan delta (*estuarine*) menyebar di seluruh provinsi di Kalimantan dan beberapa di Sumatera.

Di Indonesia belum ada inventarisasi secara spasial yang menggambarkan tanah salin secara nasional. Oleh karena itu, diperlukan inventarisasi tanah-tanah salin di Indonesia, setidaknya pada skala 1 : 50.000, agar dapat digunakan untuk tujuan yang lebih operasional. Menurut Rachman *et al.* (2007) diperkirakan total luas lahan salin di Indonesia mencapai 440.300 ha dengan kriteria lahan agak salin 304.000 ha dan lahan salin 140.300 ha.

Tabel 2. Sebaran *landform* yang rentan terhadap salinitas

Table 2. The distribution of *landform* wick are vulnerable to salinity

<i>Landform</i>	Sub <i>Landform</i>	Luas	
		Ha	%
Aluvial	Basin aluvial (lakustrin)	1.007.857	8,38
Fluvio marin	Delta atau dataran estuarine	2.225.391	18,52
Marin	Dataran pasang surut	7.312.813	60,83
	Pesisir pantai	1.474.924	12,27
Total		12.020.985	100,00

Sumber: Sukarman *et al.* (2018)

PERMASALAHAN TANAH SALIN

Pengaruh Ion Na⁺ Dan Cl⁻ Terhadap Tanaman

Menurut Strawn *et al.* (2015) tanah salin adalah tanah yang banyak mengandung garam dan dicirikan oleh nilai *Electrical Conductivity* (EC) > 2 dS/m atau lebih dalam larutan tanah. Sementara itu Van Wambeke dan Forbes (1986) mengemukakan bahwa tanah salin atau tanah bergaram dicirikan oleh nilai persentase natrium dapat ditukar (ESP, *exchangable sodium precentage*) > 15% atau nilai bandingan adsorpsi natrium (SAR, *sodium adsorption ratio*) > 13.

Tanah salin adalah tanah dengan kandungan garam mudah larut (seperti: NaCl, Na₂CO₃, Na₂SO₄) yang tinggi, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. NaCl merupakan garam utama yang terkandung dalam tanah salin. Pada lahan salin kadar NaCl berkisar antara 2-6 %. Kandungan Na yang sangat tinggi di dalam tanah akan berakibat buruk bagi sifat fisika tanah karena akan menyebabkan pelarutan liat (*clay dispersion*) yang lebih jauh lagi dapat mengakibatkan penyumbatan dan pembentukan kerak pada kesarangan tanah sehingga kepadatan tanah meningkat. Apabila semua kapasitas adsorpsi tanah telah dijenuhi oleh ion Na⁺, akan terjadi fenomena "Tanah Larut" (*dispersive soils*). Penjenuhan kapasitas adsorpsi menyebabkan lempeng-lempeng dalam partikel liat saling tolak-menolak sehingga melarut (*disperse*) dalam air dalam bentuk koloidal berukuran submikron atau ångström.

Beberapa anion seperti Cl⁻ dapat menyebabkan kerusakan membran sel yang cukup parah dalam jumlah berlebih dan menyebabkan kebocoran pada membran sel. NaCl dapat menyebabkan kerusakan pada komponen fotosintesis. Perusakan membran oleh NaCl merupakan dasar dari asumsi keracunan tanaman oleh garam. Bentuk monovalen dari ion Na dapat menggantikan jembatan divalen ion Ca sehingga

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 CO₂ 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 bagi tanaman.

Salinitas yang tinggi menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat karena turunnya tekanan osmotik, sehingga menyulitkan pengambilan unsur hara oleh akar. Sosisitas tinggi menyebabkan keracunan Na dan ion-ion sejenis, seperti Boron dan Molibdenum. Disamping itu, terdapat efek tidak langsung dari keduanya berupa peningkatan nilai pH tanah yang menyebabkan imobilitas beberapa unsur hara penting seperti Ca, Mg, P, Fe, Mn, dan Zn sehingga unsur-unsur tersebut tidak dapat di ambil oleh akar tanaman.

Tanaman yang toleran memiliki 2 mekanisme dalam mengatasi kelebihan garam yaitu *salt includers* dan *salt excluders*. *Salt excluders* adalah mencegah agar garam tidak sampai ke tajuk dalam konsentrasi yang tinggi. Garam yang diserap dalam jumlah yang tinggi di reabsorb kembali dari jaringan *xylem* kemudian disimpan atau dikeluarkan kembali ke dalam tanah. Sedangkan *salt includers* melakukan mekanismenya dengan menyimpan sejumlah besar garam ke dalam bagian-bagian tertentu tubuhnya seperti dalam *vakuola sel mesofil*. Kebanyakan jenis *salt includers* ini adalah tanaman sukulen. Beberapa tanaman juga memiliki kelenjar khusus pada daun yang mampu mengeluarkan garam dalam konsentrasi yang tinggi (Staples dan Toeniessen 1984).

Pengaruh Salinisasi Terhadap Tanaman Pertanian

Di alam, fenomena ini tampak sebagai pembentukan larutan koloidal tanah yang sukar mengendap dan mengeruhkan perairan. Proses pelarutan tanah akan berlangsung bila tanah sodik

(jenuh Na⁺) digenangi atau dicuci oleh air yang salinitasnya lebih rendah, seperti misalnya ketika tanah sodik tertimpa air hujan atau digelontor dengan air sungai yang tawar. Pada hakekatnya jumlah air (H₂O) yang diperoleh dari presipitasi air hujan di daerah Arid tidak cukup untuk mengembalikan jumlah H₂O yang hilang akibat adanya evaporasi dan evapotranspirasi. Pada waktu air diuapkan ke atmosfer, garam-garam yang mula-mula terlarut akhirnya tertinggal dalam tanah, sehingga salinitas tanah meningkat. Proses ini disebut dengan salinisasi dan tanah yang terbentuk akibat proses ini dikenal dengan tanah salin, dan garam-garam yang tertinggal pada tanah ini terutama adalah: garam NaCl, Na₂SO₄ dan CaCO₃.

Besarnya kadar NaCl dalam tanah dapat terjadi karena tingginya masukan air yang mengandung garam atau karena mengalami tingkat evaporasi yang melebihi presipitasi. Hal ini berarti tanah salin tidak hanya ditemukan pada kawasan pantai semata, tetapi juga pada kawasan kering dengan curah hujan yang rendah (Fitter dan Hay 1991). Natrium (Na⁺) juga penting untuk fiksasi karbon pada tanaman C₄, seperti tanaman jagung, tebu dan sorgum. Sedangkan tanaman C₃ diantaranya adalah tanaman padi, gandum, kedelai. Pemasukan Na⁺ pada kondisi salin akan mengubah lintasan fotosintesis dari C₃ menuju C₄. Hal tersebut juga terjadi pada tanaman jagung di mana Na⁺ berpengaruh pada keseimbangan antara enzim *fosfo enol piruvat karboksilase* dan *riboluse bifosfat karboksilase*. Berlimpahnya Na⁺ dan Cl⁻ dapat mengakibatkan ketidakseimbangan ion sehingga aktivitas metabolisme dalam tumbuhan menjadi terganggu.

Degradasi lahan akibat kadar garam yang tinggi, merupakan gambaran banyaknya konsentrasi ion garam yang terdapat dalam media baik tanah maupun air, antara lain calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), potassium (K⁺), chloride (Cl⁻), bicarbonate (HCO₃⁻), carbonate (CO₃²⁻), sulfate (SO₄²⁻). Kadar garam yang tinggi di tanah akan menurunkan potensial osmotik sehingga tanaman kesulitan menyerap air, yang menyebabkan tanaman mengalami kekeringan fisiologis. Beberapa anion seperti Cl⁻ dapat menyebabkan kerusakan membran sel yang cukup parah dalam jumlah berlebih dan menyebabkan kebocoran pada membran sel. NaCl dapat menyebabkan kerusakan pada komponen fotosintesis. Perusakan membran sel oleh NaCl merupakan dasar dari asumsi keracunan tanaman oleh garam. Kation Na dapat menggantikan jembatan divalen ion Ca sehingga melemahkan jembatan Ca yang menjadi penguat struktur membran sel (Staples dan Toennissen 1984).

Kesulitan tanaman dalam mengambil air dari tanah, juga menyebabkan pengambilan beberapa unsur hara yang berada dalam bentuk ion terlarut dalam air menjadi terhambat. Kondisi geologi juga mempengaruhi terhadap salinitas. Tanah yang mengandung batu gamping mampu menyerap air hujan

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 dengan menggunakan grafik yang disajikan oleh Hansen *et al.* (1992). Beberapa peneliti seperti Coxwin (1996) telah memodelkan tingkat salinitas pada daerah irigasi di daerah kering di Amerika dengan menggunakan teknologi *Geographic Information System (GIS)* dengan aplikasi *Global Positioning System*. Kemudian diikuti oleh Darwis (2005), dia menerapkan teknologi berdasarkan gambar satelit untuk mengidentifikasi lokasi sumur dan mengukur salinitas berdasarkan pengukuran *electric conductor meter*.

Permasalahan Salinitas di Indonesia

Tanah salin di Indonesia ditemukan di dua daerah yang berbeda, yaitu (1) daerah pantai yakni disebabkan oleh genangan atau intrusi air laut, (2) daerah dengan rejim kelembaban ustik yang disebabkan oleh evaporasi air tanah atau air permukaan. Menurut Alvarez *et al.* (2015), di daerah pantai, aliran masuk muara merupakan proses utama yang berkontribusi terhadap peningkatan salinitas air tanah. Selanjutnya Teh dan Koh (2016) menyatakan bahwa tingginya salinitas meningkatkan pencucian nitrogen dari tanah sehingga menurunkan hasil tanaman.

Curah hujan yang rendah mengakibatkan garam-garam yang terbentuk dari pelapukan batuan tidak dapat tercuci, sehingga proses evaporasi yang terjadi selama musim kemarau mengakibatkan garam-garam terakumulasi di permukaan tanah. Secara geomorfologi, tanah salin ini terbentuk pada topografi cekungan seperti: delta sungai, dataran banjir dan teras-teras daun yang drainasenya terhambat. Salinitas menjadi salah satu ancaman bagi keberlanjutan pertanian hampir semua negara di dunia termasuk Indonesia.

Karakterisasi dan klasifikasi untuk tanah salin di daerah pantai ini sulit dilakukan, karena sifatnya yang berubah-ubah akibat mobilitas yang tinggi dari garam-

garam yang mudah larut. Hujan memindahkan garam-garam tersebut dengan mudah, baik secara vertikal maupun lateral atau mengencerkan konsentrasinya menjadi tidak beracun. Garam-garam dapat terkumpul di tempat rendah (cekungan) bersama-sama air rembesan atau aliran permukaan, atau di tempat yang lebih tinggi akibat evaporasi.

Kekeringan akibat perubahan iklim juga menjadi salah satu penyebab terjadinya proses salinisasi. Hasil riset menunjukkan bahwa ada hubungan antara pemanasan global dengan peningkatan salinitas lahan karena pemanasan global memacu lelehnya es di kutub bumi sehingga permukaan air laut naik, akibatnya dataran yang lebih rendah akan tenggelam dan tekanan air laut ke daratan juga meningkat (Dailidienè dan Davulien, 2008). Sebagai salah satu contoh, salinitas di kawasan Pantura berasal dari air laut yang masuk ke daratan (intrusi air laut) yang 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 2002). Sembiring dan Gani (2007) menyatakan bahwa akibat peningkatan salinitas di lahan-lahan sawah sekitar Pantura, banyak petani yang mengalihfungsikan lahannya ke usaha ladang garam atau perikanan tambak bahkan memberakan lahannya karena usahanya yang sudah tidak menguntungkan lagi.

Banyak lokasi di Pantura seperti di Kecamatan Indramayu, Sindang, Cantigi, dan Losarang, Jawa Barat saat ini yang memiliki salinitas pada puncak musim kemarau (bulan Juli) sudah mencapai lebih dari 6 dS/m. Pengamatan pada bulan Oktober dan November menunjukkan bahwa walaupun salinitas sudah mengalami penurunan menjadi sekitar 4 dan 5 dS/m, akan tetapi angka tersebut masih di atas ambang batas. Hal ini ditunjukkan oleh pengamatan yang mencatat bahwa peningkatan salinitas lebih dari 4 dS/m akan menghasilkan padi hanya sekitar 85% dari keadaan normal. Kondisi inilah yang membuat petani di daerah tersebut mengalihfungsikan lahan sawahnya menjadi ladang garam atau tambak (Rivaie *et al.* 2017).

Peningkatan konsentrasi garam dalam tanah merupakan faktor cekaman lingkungan yang banyak diderita lahan sawah khususnya yang berdekatan dengan pantai dan menjadi ancaman bagi ketahanan pangan, sehingga penanggulangan atau rehabilitasi lahan sawah salin harus menjadi prioritas dalam usaha mempertahankan swasembada pangan. Penggunaan varietas tahan salin diimbangi dengan teknis irigasi yang tepat serta pemupukan berdasar status hara merupakan salah satu solusi yang dilakukan untuk memanfaatkan lahan-lahan yang terdampak air asin untuk pertanian agar tetap berproduksi tinggi. Surmaini *et al.* (2011) menyatakan bahwa salinitas pada tanaman padi sangat erat kaitannya dengan keracunan logam berat, terutama Fe dan Al. Sejak tahun 2000 telah dilepas beberapa varietas padi yang tahan

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 H₂O 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 kurangberhasilan 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).
- Dailidiené 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.
- Pessaraki, Szabolcs. 1999. In Pessaraki, 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, Suyamto, A. Widjono, Hermanto, H.kasim (Eds.) Kedelai 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.