

Status Natrium pada Tanah Tercemar Limbah Industri Tekstil di Rancaekek, Kabupaten Bandung

Sodium Status on Polluted Soils by Textile Industrial Waste in Rancaekek, Kabupaten Bandung

¹Muhamad Djuwansah*

¹ Pusat Penelitian Geoteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung 40135

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 26 Juni 2013

Disetujui: 17 Juli 2013

Katakunci:

Polusi
Tanah
Natrium
Salinitas
Dispersi tanah

Keywords:

Pollution
Soil
Sodium
Salinity
Soil dispersion

Abstrak: Pencemaran lahan oleh Natrium dari limbah industri di Rancaekek Kabupaten Bandung menyebabkan sawah di lokasi tersebut selalu gagal panen sehingga tanah diberakan. Beberapa parameter sifat kimia-fisik dan mineralogi dari contoh tanah pada lahan tersebut dianalisis untuk mengetahui tingkat pencemarannya. Akumulasi Natrium menyebabkan tanah menjadi sodik sampai sangat sodik dan salin. Pengaruh sodisitas saat ini terhadap kerusakan fisik tanah belum tampak jelas karena relatif sedikitnya proporsi mineral liat, dan karena kapasitas adsorpsi tinggi yang dimiliki smektit sebagai mineral liat dominan. Fenomena pelarutan tanah dapat terjadi bila Natrium telah menenuhi kapasitas adsorpsi tanah. Daerah pencemaran Natrium akan meluas apabila akumulasi Natrium tetap berjalan seperti yang berlangsung sampai saat ini.

Abstract. Land pollution by sodium from industrial waste have caused repeating harvest failures of ricefield in the area that finally the land remained unplanted. Several soil physical-chemical parameters and mineralogy from soil samples were analyzed to determine the level of pollution. Sodium accumulation caused the soils to become sodic to very sodic and saline. Effect of sodicity on soil physical damage did not appear yet because of small proportion of clay minerals and high adsorption capacity of smectite as the predominant clay minerals. Soil dispersion phenomenon may happen when sodium had saturated all soil adsorption capacity. Sodium polluted area will be expanded if the accumulation of sodium keeps running.

Pendahuluan

Sekitar 1.250 hektar sawah di hilir kawasan industri Rancaekek, Kabupaten Bandung tidak dapat ditanami lagi karena tercemar limbah. Lahan tersebut kini terlantar sebagai lahan bera, hanya ditumbuhi gulma lahan basah seperti mendong (*Fimibistylis globulosa*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Kawasan Industri di Rancaekek dimulai pada tahun 1978, khususnya industri tekstil. Semenjak itu, sawah beririgasi teknis yang terletak di hilir kawasan semakin sering gagal panen sehingga pada akhirnya diberakan.

Proses industri tekstil biasa memakai Natrium Hydrophosphat (*sodium hydrogen phosphate dihydrate*: $2\text{NaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) untuk pemutih (*bleaching*) serta pengolah limbah dan bahan mengandung logam berat untuk pewarna. Umumnya industri memiliki instalasi pengolah limbah karena disyaratkan peraturan (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 01 tahun 2010).

Meski demikian, hasil analisis tanah di hilir kawasan industri memperlihatkan kandungan yang tinggi beberapa pencemar B3 dan logam berat, dimana kandungan Cu, Zn, dan Co di atas batas kritis (Suganda *et al.* 2002), sedangkan Natrium (Na) mencapai lebih dari 10 kali batas kritisnya.

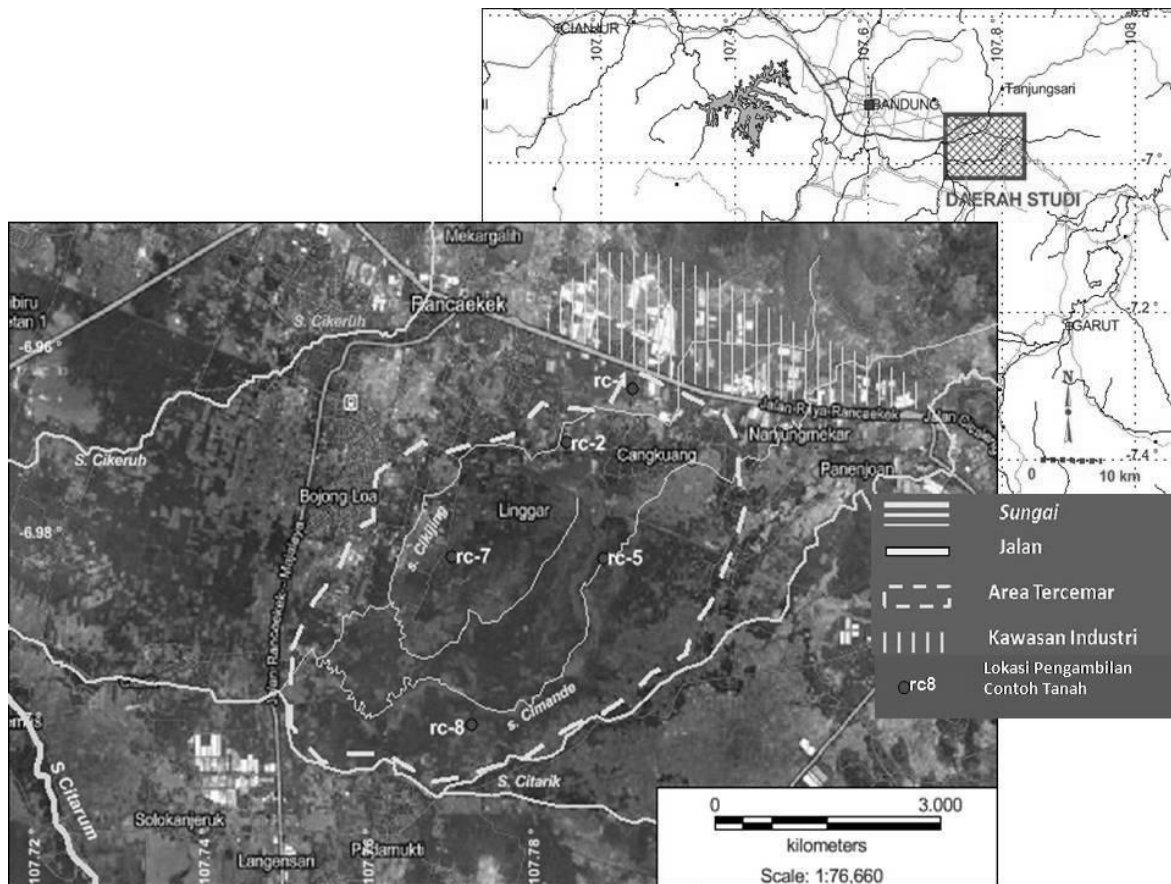
Kandungan Na di dalam tanah biasa dekspresikan dengan sodisitas sebagai bagian dari kation garam total yang biasa diekspresikan dengan salinitas. Salinitas dan sodisitas yang terlalu tinggi membawa pengaruh buruk bagi tanaman, baik secara sendiri-sendiri maupun secara bersamaan. Salinitas yang tinggi menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat karena turunnya tekanan osmotik, sehingga menyulitkan pengambilan unsur hara oleh akar (Foth and Turk 1972). Sodisitas 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.

*Corresponding author : Muhamad Djuwansah, email: muha052@lipi.go.id

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 kelulusan tanah akan berkurang dan kepadatan tanah akan meningkat (Regasamy *et al.* 1984). 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. 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.

Kawasan industri di Rancaekek dibangun di sepanjang sisi sebelah utara jalan Raya Bandung-Garut (Gambar 1).

Pesawahan terletak di sebelah selatan jalan, pada posisi geografis antara $107^{\circ} 43'5'' - 107^{\circ} 49'5''\text{LS}$ dan $6^{\circ} 57'0'' - 7^{\circ} 10'0'' \text{ BT}$, ketinggian 680 sampai 725 m di atas permukaan laut, dibawah pengaruh curah hujan tahunan rata-rata sebesar 2.200 mm. Kebutuhan air Industri dipenuhi dari berbagai sumber setempat, baik aliran permukaan maupun airtanah. Air limbah dialirkan ke anak-anak sungai Cikijing dan Cimande yang juga dipakai untuk mengairi pesawahan, sebelum keduanya bergabung dengan Sungai Citarik dan bermuara ke Citarum. Pencemaran paling berat dijumpai antara Sungai Cikijing dan Citarik, tetapi kadang-kadang pengaruhnya dirasakan pula di Kawasan Solokan Jeruk di hilir, berjarak sekitar 7 km dari kawasan industri. Pengamatan pada tahun 2001 (Suganda *et al.* 2002) menunjukkan bahwa sawah masih bisa ditanami tetapi produktivitasnya sangat menurun karena menghasilkan butir gabah hampa walaupun dipupuk sesuai anjuran. Pengamatan pada 2008 (Rahmat *et al.* 2008) melaporkan bahwa pencemaran hanya terjadi di permukaan tanah dan menyebabkan sebagian besar sawah yang terletak antara Sungai Cikijing dan Citarik sudah tidak pernah ditanami sama sekali.



Gambar 1. Situasi area pencemaran natrium di Rancaekek

Figure 1. Situation of sodium polluted area in Rancaekek

Menurut Peta Tanah Semi Detail Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (1993), Tanah yang tercemar tergolong pada great group *tropaquept* dari group *typic*, *vertic* dan *aeric*, berkembang di atas endapan pesisir pantai danau purba (Dam 1994) yang tersusun dari bahan pasir/lempung tufaan. Tulisan ini difokuskan untuk mengkaji status pencemar Na di dalam tanah tercemar di Rancaekek, serta penanganannya di masa mendatang.

Bahan dan Metode

Contoh tanah diambil secara acak dari beberapa titik lokasi di lahan sawah yang sudah diberakan (Gambar 1) di antara sungai Cikijing dan Citarik, pada lima lokasi masing-masing dengan kedalaman 0-5 cm dan lebih dari 5 cm. Analisis laboratorium dilakukan untuk parameter-parameter: Tekstur tanah, pH (H₂O dan KCl), C organik, N total, P₂O₅, K₂O, NTK (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) dan Kapasitas Adsorpsi (NH₄). Analisis dilakukan di Lab tanah Puslit Geoteknologi-LIPI.

Mineralogi tanah dianalisis dengan Difraksi Sinar-X untuk bubuk (*powder*) tanah (Φ butiran < 50 μ) dan fraksi liat (Φ butiran < 2 μ). Mineral liat diidentifikasi pada diagram difraksi preparat-preparat pasta contoh terorientasi tanpa perlakuan, penjuhan Mg, penjuhan Mg disertai pemanasan 550°C., Penjuhan K, dan penjuhan K serta pemanasan 550°C. Analisis dilakukan di laboratorium Pusat Penelitian Tanah Dan Agroklimat. Proporsi jenis-jenis mineral liat diduga pada diagram difraksi preparat penjuhan Mg, berdasarkan tinggi puncak diagram, dan derajat kristalisasi mineral diobservasi berdasarkan area basal (Brindley and Brown, 1980).

Kandungan Na dalam tanah dievaluasi menggunakan parameter-parameter Persentasi Na Dapat Dipertukarkan (*exchangeable sodium percentage = ESP*) dan Rasio Jerapan Na (*sodium adsorption ratio = SAR*), sedangkan Salinitas Tanah dinyatakan sebagai Daya Hantar Listrik (DHL) dalam satuan dS m⁻¹ yang didekati melalui Konsentrasi Total Kation (*total cation concentration = TCC*). Batasan dan cara penentuan masing-masing parameter adalah sebagai berikut.

- ESP adalah Persentasi Na terhadap seluruh kation teradsorpsi yang dapat dipertukarkan :

$$ESP = 100 * Na^+ / \text{Kapasitas adsorpsi}$$

- SAR adalah perbandingan Jerapan Na⁺ terhadap Ca⁺⁺ dan Mg⁺⁺, yang merupakan perbandingan aktivitas kation Na⁺ terhadap kation lainnya, dihitung dengan rumus:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

- DHL (daya hantar listrik), biasa diukur langsung dengan satuan dS m⁻¹, atau dihitung melalui jumlah

TCC (*total cation concentration*) dalam satuan mst 100gr⁻¹, melalui rumus:

$$TCC \text{ (mst L}^{-1}\text{)} \approx 10 * DHL \text{ (dS m}^{-1}\text{)}, \text{ atau}$$

$$[Na^+] + [K^+] + [Ca^{++}] + [Mg^{++}] \text{ (mst l}^{-1}\text{)} \approx 10 * DHL \text{ (dS m}^{-1}\text{)}$$

Konsekwensi kandungan Na di dalam tanah terhadap sifat fisik dan kesuburan di evaluasi berdasarkan Nilai Kapasitas Adsorpsi dan Mineralogi Liat.

Hasil dan Pembahasan

Fisik dan Kandungan Hara Makro Tanah

Tanah bertekstur halus sampai sedang dengan kandungan fraksi butiran debu berkisar antara 45% dan 83%. Berdasarkan kriteria kesuburan tanah di Indonesia (Pusat Penelitian Tanah 1983), hampir semua unsur hara penting yang dianalisis pada tanah tercemar ini berada pada kandungan yang sangat rendah atau rendah (Tabel 1). Kalium dapat dipertukarkan merupakan satu-satunya parameter yang kandungannya sedang, sedangkan Na kandungannya sangat tinggi. Kemasaman tanah berada pada kisaran masam sampai agak alkalis. Selisih pH H₂O dan pH KCl yang berkisar antara 0,26-1,61 serta kapasitas adsorpsi antara 9 -17,4 mst 100 gr⁻¹, menunjukkan bahwa tanah akan memberikan respons pertumbuhan tanaman yang baik bila diberikan pemupukan yang sesuai (Dajou 1961 dalam Baize 1988). Kecuali kandungan Na yang sangat tinggi, komposisi kandungan hara tanah ini masih dalam batas yang sesuai untuk tanah yang dibudidayakan secara intensif. Seandainya tidak ada masalah salinitas atau sodisitas, kekurangan hara yang ada masih dapat dikoreksi dengan dosis pemupukan yang tepat.

Sifat Mineralogi Tanah

Mineral-mineral yang terdeteksi oleh analisis Difraksi Sinar-X (Gambar 2) dalam bubuk tanah adalah Kuarsa, Feldspar Na atau Albit (Labradorit) dan mineral-mineral liat. Pada fraksi butiran < 2 μ , mineral liat yang tampak adalah Kaolinit, Smektit, Halloysit, dan Illit. Kaolinit dan smektit merupakan mineral terbanyak. Kaolinit dicirikan dengan puncak 7 Å yang tinggi dan tajam pada diagram tanpa perlakuan (TP), sedangkan smektit pada 15,66 Å untuk diagram TP serta pada 17,6-17,9 Å untuk diagram Mg+Gliserol. Halloysit terdeteksi kadang-kadang menyertai kaolinit pada puncak 7,65Å, sedangkan illit terdeteksi kadang-kadang dengan jumlah yang sedikit, ditandai dengan puncak 10,41 Å yang rendah pada diagram. Secara umum, kaolinit dan smektit dominan dalam tanah dengan jumlah yang relatif berimbang, sedangkan illit hadir dengan jumlah yang sedikit.

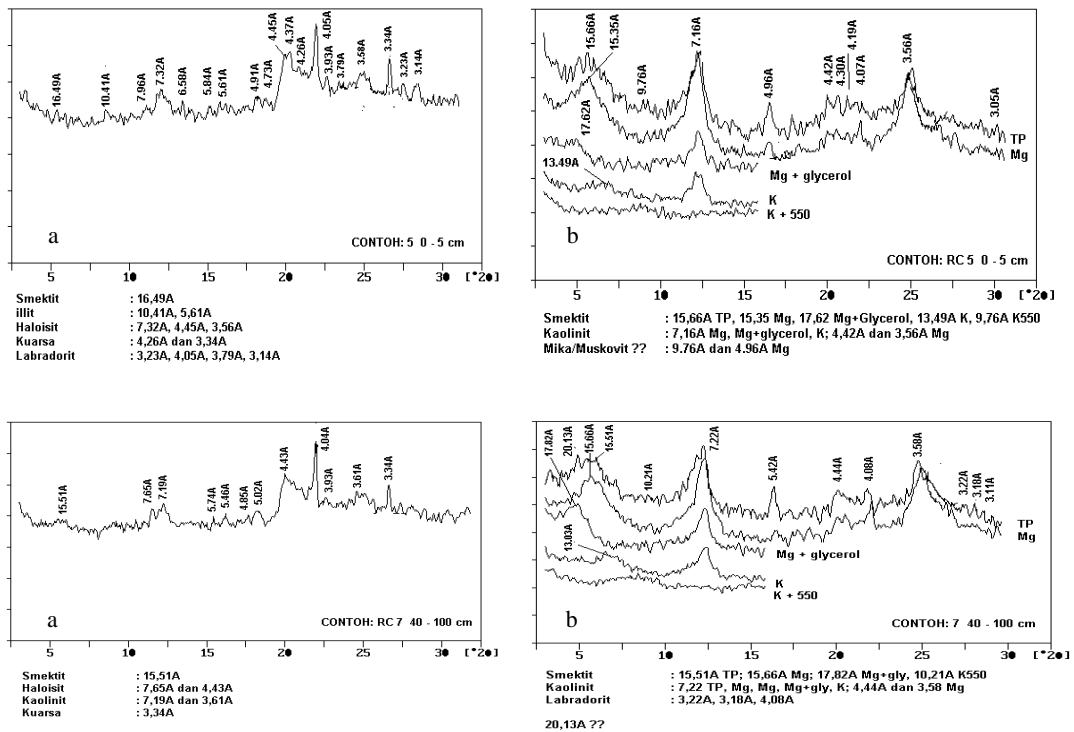
Tabel 1. Beberapa parameter kimia dan fisika tanah tercemar

Table 1. Some physics and chemical parameters of polluted soils

No.	Kode contoh **)	pH H ₂ O	pH KCl	Kadar air	N-total	C- Org.	P ₂ O ₅	K ₂ O	NTK*)				Kapasitas adsorpsi	Besarnya butir		
									Na	K	Ca	Mg		Pasir	Debu	Liat
					mst 100g ⁻¹				%							
1.	RC1 (0/5)	7,13	6,05	8,52	0,17	1,96	7,75	20,73	2,25	0,1	0,34	0,22	8,58	2,72	82,76	14,52
2.	RC1 (22/70)	7,98	7,59	6,94	0,02	3,23	6,40	12,21	1,52	0,1	0,28	0,15	10,78	40,58	45,61	13,81
3.	RC2 (0/5)	7,44	6,22	11,11	0,24	1,63	4,93	8,28	3,46	0,3	0,29	0,22	9,02	3,52	65,86	30,62
4.	RC2 (27/130)	7,07	5,46	11,31	0,05	3,51	2,81	2,97	2,03	0,4	0,36	0,21	15,18	4,97	69,41	25,72
5.	RC5 (0/5)	6,52	5,78	12,64	0,10	0,05	8,66	6,35	3,38	0,4	0,26	0,17	13,64	1,15	78,65	19,48
6.	RC5 (19/36)	6,61	5,91	11,3	0,07	1,73	12,90	8,56	2,78	0,3	0,24	0,13	15,18	1,22	75,44	23,34
7.	RC7 (0/5)	5,62	5,13	9,03	0,09	3,59	11,37	6,07	2,95	0,1	0,22	0,15	13,86	26,00	69,28	4,72
8.	RC7 (40/100)	6,16	5,90	12,03	0,19	1,09	5,69	7,74	4,79	0,3	0,24	0,14	16,72	7,92	67,3	24,78
9.	RC8 (0/5)	7,28	6,33	10,7	0,15	0,76	2,85	5,42	1,02	0,5	0,29	0,12	17,38	19,08	76,44	4,48
10.	RC8 (40/100)	7,09	6,39	12,48	0,02	0,2	2,05	2,65	1,42	0,5	0,30	0,13	9,90	17,34	58,16	24,50
Rata rata		6,89	6,07	10,60	0,10	1,77	6,95	8,09	2,56	0,30	0,28	0,16	13,02			
Stdev		0,642	0,62	1,76	0,07	1,24	3,42	4,97	1,08	0,15	0,04	0,03	3,05			

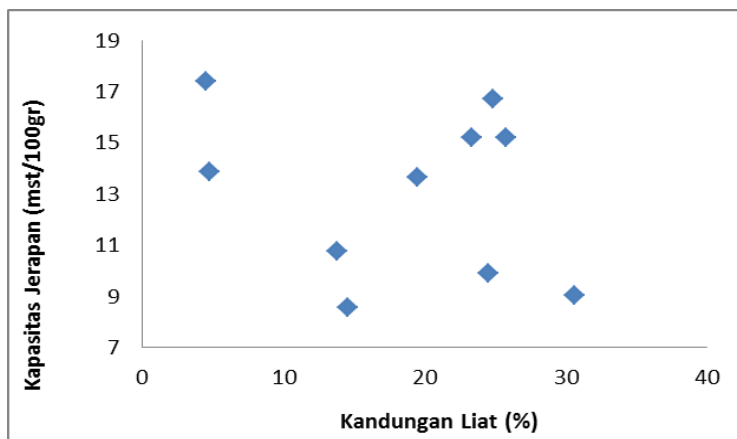
*) NTK = Nilai tukar kation

***) (0/5) = kedalaman 0 - 5 cm di bawah permukaan tanah



Gambar 2. Diagram hasil analisis contoh tanah dengan difraksi sinar-X. a. Bubuk tanah, b. Fraksi liat < 2μ, TP = tanpa perlakuan, Mg = dijenuhkan dengan Mg, Mg + Glycerol= dijenuhkan dengan Mg dan Gliserol, K = dijenuhkan dengan K, K+550 = dijenuhkan dengan K dan dipanaskan 550°C

Figure 2. Diagrams of X-ray diffraction analyses results. a. Soil powder, b. clay fraction < 2μ, TP = without treatment, Mg = Mg saturated, Mg + Glycerol= Mg and Gliserol saturated, K = K saturated, K+550 = K saturated and heated to 550°C



Gambar 3. Korelasi antara kapasitas jerapan dengan kandungan liat pada contoh tanah tercemar di Rancaekek

Figure 3. Correlation between adsorption capacity and clay content in the samples of polluted soils in Rancaekek

Smektit dikenal sebagai mineral dengan Kapasitas Adsorpsi yang tinggi ($80-150 \text{ mst } 100\text{g}^{-1}$) dibandingkan dengan illit ($10-40 \text{ mst } 100\text{g}^{-1}$) dan kaolinit ($8-15 \text{ mst } 100\text{g}^{-1}$) yang memiliki Kapasitas Adsorpsi rendah (Chamayou and Legros 1989). Dengan kandungan fraksi liat berkisar antara 4,5-31% dan dengan Kapasitas Jerapan antara 9 dan $17 \text{ mst } 100\text{gr}^{-1}$ tanah (Tabel 1), tampak bahwa kapasitas jerapan terletak antara nilai-nilai yang dimiliki smektit dan Kaolinit. Tidak adanya korelasi antara nilai Kapasitas Jerapan dan prosentasi kandungan fraksi liat (Gambar 3) mengindikasikan bahwa pencampuran mineral liat di dalam tanah tidak homogen. Adanya Kapasitas Jerapan tinggi pada conto dengan kandungan liat yang kecil mengindikasikan pentingnya pengaruh partikel koloidal bukan liat, biasanya dalam bentuk bahan organik dan oksidasi besi dan aluminium (Chamayou and Legros 1989), terhadap kapasitas jerapan tanah di Rancaekek.

Susunan mineralogi tanah banyak berpengaruh terhadap sifat fisik tanah (Foth and Turk 1972). Kandungan smektit di dalam tanah menyebabkan tanah bersifat plastis dan dapat menyebabkan terbentuknya rekahan-rekahan di permukaan tanah pada musim kering. Hadirnya kaolinit atau illit dan oksidasi logam (besi dan aluminium) secara bersamaan akan memberikan stabilitas terhadap agregat tanah karena akan saling menetralkan muatan antara satu dan lainnya. Oksida dapat juga mengakibatkan agregat menjadi keras dalam keadaan kering apabila hadir bersama smektit.

Mineralogi liat berpengaruh terhadap sifat kimia tanah melalui Kapasitas Jerapannya (Foth and Turk 1972, Chamayou dan Legros 1989). Tanah dengan Kapasitas Jerapan tinggi akan dapat menahan kation dalam jumlah yang lebih besar dalam bentuk kation yang dapat

dipertukarkan. Mineral liat dapat pula mengikat humus dengan adanya oksidasi-logam koloidal di dalam tanah (Monier 1965, dalam Chamayou and Legros 1989), sehingga meningkatkan kapasitas jerap tanah. Karena Na tertahan di dalam tanah sebagai kation yang dapat dipertukarkan, maka semakin tinggi kapasitas jerap tanah, semakin banyak pula limbah Na yang dapat tertahan di dalam tanah.

Status Na dalam Tanah Tercemar di Rancaekek

Hasil analisis kimia tanah (Tabel 1) memperlihatkan semua contoh memiliki kandungan Na yang jauh di atas kriteria sangat tinggi ($> 0,1 \text{ mst } 100\text{gr}^{-1}$) menurut standar kesuburan tanah di Indonesia (Pusat Penelitian Tanah 1983). Kandungan Na di bagian permukaan tanah (kedalaman 0-5 cm) umumnya lebih besar dibandingkan dengan di kedalaman, kecuali pada sample tanah yang diambil di tepian sungai (RC 7 dan RC 8).

Na di dalam tanah, paling umum dijumpai sebagai kation (Na^+) dapat dipertukarkan (*exchangeable cation*), larut dalam airtanah tetapi terikat oleh muatan (elektronegativitas) partikel-partikel tanah, terutama mineral liat. Diantara kation-kation yang umum dijumpai di dalam tanah Na merupakan ion yang paling sulit dipertukarkan (Foth and Turk 1972) dibanding ion-ion lainnya (Al, Ca, Mg, dan K). Kation dapat dipertukarkan berperan penting dalam metabolisme tumbuhan. Bentuk Na dalam tanah lainnya adalah yang berasosiasi dengan bahan organik, dan fraksi kation yang berada dalam struktur kristal mineral.

Definisi kuantitatif tentang salinitas dan sodisitas ditetapkan berbeda di berbagai Negara. Sistem di Australia (Northcote and Skene 1972) membedakan sodisitas

berdasarkan ESP: tanah non sodik apabila $ESP < 5$, sodik apabila $6 < ESP < 14$ dan sangat sodik pada $ESP > 15$. Sedangkan sistem Amerika Serikat (USDA 1999), disamping digunakan parameter $ESP > 15$ (Ogle 2010), tanah dinyatakan sodik apabila juga memiliki nilai SAR > 13 . Tanah salin ditentukan dengan nilai DHL $> 4 \text{ dS m}^{-1}$ pada 25°C pada ekstrak larutan tanah jenuh.

Sodisitas dan salinitas tanah tercemar di Rancaekek yang dihitung berdasarkan nilai-nilai konsentrasi Na^+ , NTK, dan Kapasitas adsorpsi (Tabel 2) memperlihatkan bahwa sebagian besar tanah tercemar di Rancaekek termasuk sangat sodik ($ESP > 14$) menurut klasifikasi Australia, kecuali RC8(0/5) yang tergolong sodik. Berdasarkan SAR yang mendasari sistem USDA, kandungan Na tanah tersebut masih rendah untuk kelas tanah sodik ($SAR > 13$). Kegaraman tanah tergolong salin dan dengan proporsi Na^+ yang sangat tinggi (53-88%) terhadap total kation yang dapat dipertukarkan, bahkan beberapa contoh memperlihatkan nilai di atas rata-rata kegaraman air laut ($DHL \approx 40 \text{ dS m}^{-1}$).

Budidaya tanaman padi jelas akan gagal pada tingkat salinitas dan sodisitas di atas, apalagi karena padi yang umum ditanam di dataran tinggi di Indonesia bukan varietas yang diperuntukkan bagi tanah sodik atau salin. Berbagai varietas padi umumnya dapat tumbuh pada salinitas $< 8 \text{ dS m}^{-1}$. Pada salinitas $< 3 \text{ dS m}^{-1}$ produksi panen tidak terpengaruh oleh kegaraman, tetapi di atas 3 dS m^{-1} setiap kenaikan 1 dS m^{-1} menyebabkan penurunan produksi panen sekitar 12 % (Maas and Hoffmann 1977). Pada kenyataannya setiap varietas padi memiliki tingkat toleransi yang berbeda terhadap salinitas maupun sodisitas (Yasin *et al.* 2002). Sebuah test di Tamil Nadu India mendapati suatu padi hibrida yang produktivitasnya dapat bertahan sebesar 67% dibandingkan dengan produktivitas di atas tanah normal, ketika ditanam pada tanah dengan

tingkat sodisitas $ESP \approx 20$ dan $SAR > 10$ (Gheeta *et al.* 2005). Di Indonesia, $DHL > 5,5$ menjadi batas kendala berat untuk budidaya padi sawah (S3), dan pada $DHL > 6.5$ dianggap tidak layak (N) untuk sawah (Djaenudin *et al.* 2003).

Kecuali proses pelarutan tanah, proses-proses kerusakan fisik tanah lainnya yang diakibatkan oleh sodisitas seperti peningkatan kekerasan tanah, penyumbatan kesarangan tanah dan hilangnya permeabilitas tidak mudah tampak di permukaan. Pelarutan tanah secara massif akan terjadi apabila semua Kapasitas Adsorpsi Tanah sudah dijenuhi oleh Na. Pada keadaan aktual saat penjenjuran partikel-partikel liat mungkin telah terjadi secara setempat. Kandungan mineral liat pada tanah tersebut relatif sedikit dan penjenjuran oleh Na pada kapasitas adsorpsi (KB) baru mencapai rata-rata 26,6 persen (Tabel 2), tetapi jumlah Na yang menjenuhi mencapai rata-rata 74% dari total kation. Pengaruh sodisitas terhadap kerusakan fisik tanah belum tampak jelas disebabkan karena proporsi mineral liat relatif kecil, dan karena spesies mineral liat yang mendominasi adalah smektit yang memiliki kapasitas adsorpsi 5 sampai 10 kali kapasitas mineral liat lainnya. Pada tingkat sodisitas saat ini, tanah tercemar di Rancaekek masih bisa menerima Na sebesar 3-4 kali lipat jumlah yang terdapat untuk menjenuhkan seluruh Kapasitas Adsorpsi tanah.

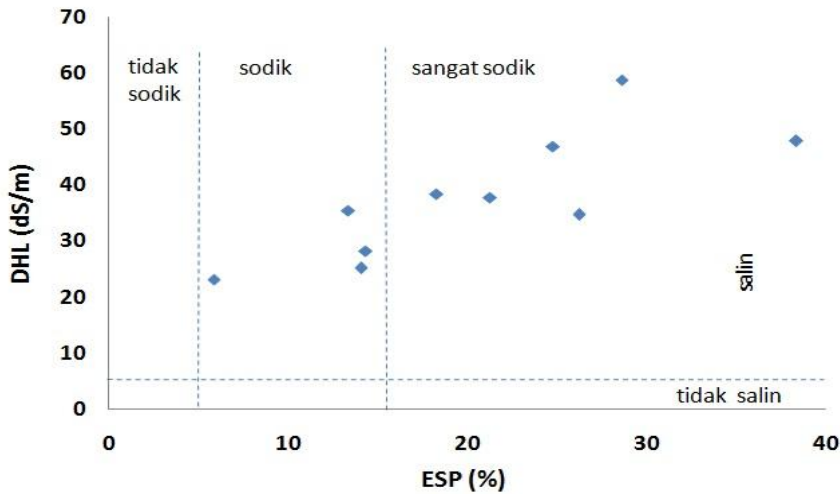
Upaya Penanggulangan

Akibat pencemaran Na di Rancaekek yang muncul permukaan, sejauh ini, adalah hilangnya produktivitas lahan sawah, sedangkan pelarutan tanah belum tampak nyata. Hilangnya produktivitas lahan sawah secara sosial ekonomi sementara ini tidak dianggap masalah terlalu besar karena penduduk setempat mendapatkan keuntungan

Tabel 2. Sodisitas dan salinitas contoh tanah tercemar di Rancaekek

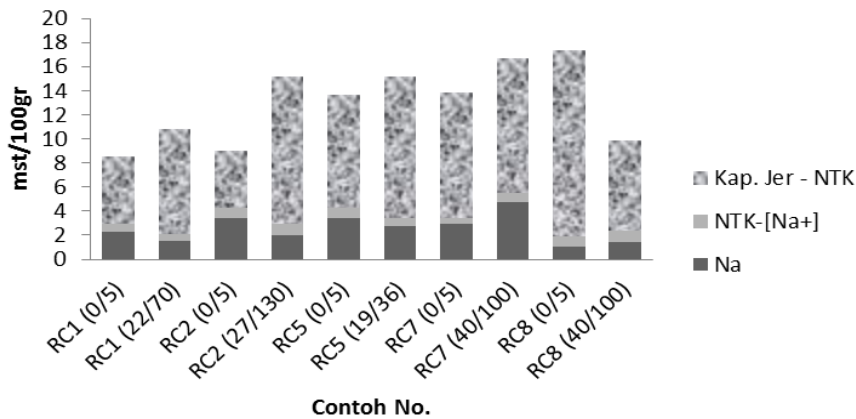
Table 2. Sodicity and salinity of polluted soils samples in Rancaekek

No.	Kode contoh	ESP %	SAR	DHL (dS/m)	KB*) %	Na ⁺ /NTK %
1.	RC1 (0/5)	26.22	4.24	3.47	33.83	77.52
2.	RC1 (22/70)	14.10	3.27	2.51	19.32	73.00
3.	RC2 (0/5)	38.36	6.87	4.78	47.42	80.90
4.	RC2 (27/130)	13.37	3.78	3.54	19.49	68.63
5.	RC5 (0/5)	24.78	7.25	4.69	31.19	79.44
6.	RC5 (19/36)	18.31	6.45	3.83	22.81	80.30
7.	RC7 (0/5)	21.28	6.81	3.78	24.57	86.64
8.	RC7 (40/100)	28.65	10.98	5.88	32.90	87.09
9.	RC8 (0/5)	5.87	2.25	2.31	10.93	53.67
10.	RC8 (40/100)	14.34	3.06	2.82	24.15	59.40
	Rata rata	20.53	5.50	3.76	26.66	74.66
	stdev	8.86	2.52	1.05	9.59	10.55



Gambar 4. Kandungan Na contoh tanah tercemar di Rancaekek pada diagram sodisitas-salinitas menurut nilai ESP dan DHL

Figure 4. Sodium content of polluted soil samples from Rancaekek at sodicity-salinity diagram according to ESP and EC values



Gambar 5. Proporsi Na⁺, NTK dan kapasitas jerapan dalam contoh tanah tercemar Rancaekek

Figure 5. Proportion of Na⁺, total EC, dan adsorption capacity in polluted soil samples of Rancaekek

lain dari adanya industri, yang tampaknya memadai, sebagai pengganti kerugian di lahan sawah. Meski tidak dapat ditanami lagi, nilai ekonomi lahan tidak hilang karena suatu saat dapat dikonversi menjadi pemukiman atau penggunaan lain. Tetapi apabila lahan ini tetap mendapatkan masukan Na, maka pada suatu saat pelarutan tanah akan tetap terjadi dan akan mengancam tegaknya bangunan-bangunan di atasnya. Oleh karena itu upaya untuk menanggulangi pencemaran dan rehabilitasi lahan tercemar harus tetap diupayakan.

Pada dasarnya jumlah Na yang terlarut dalam airtanah dan Na yang terikat sebagai kation yang dipertukarkan di

dalam tanah selalu dalam kesetimbangan. Pengenceran airtanah oleh air hujan akan melarutkan sebagian Na yang dapat dipertukarkan dan akan tercuci bersama aliran. Tetapi, apabila konsentrasi masukan Na lebih tinggi daripada konsentrasi yang dapat tercuci maka tanah akan menyerapnya sehingga akan terjadi akumulasi yang menambah kandungan Na dalam tanah.

Proses awal pelarutan tanah adalah pelarutan mineral liat. Hilangnya mineral liat dari dalam tanah akan menghilangkan sifat kohesif tanah, sehingga tanah mudah tererosi. Partikel tanah yang paling mudah terangkut aliran air adalah partikel pasir halus dan debu (Weischmeier and

Schmidt 1978). Hasil analisis tekstur (Tabel 1) memperlihatkan fraksi debu merupakan kandungan terbesar butiran (rata-rata = 71%) tanah tercemar di Rancaekek. Besarnya proporsi fraksi debu memberikan gambaran tingginya intensitas erosi yang dapat terjadi apabila kapasitas adsorpsi tanah di rancaekek telah terjenuhi.

Peningkatan dayaguna lahan pertanian secara teknis biasa dilakukan melalui dua pendekatan, atau kombinasi keduanya: yang pertama cara biologis dengan mengembangkan jenis-jenis tanaman yang dapat beradaptasi dengan keterbatasan lahan atau, yang kedua, dengan memperbaiki lahan dengan cara mengurangi atau menghilangkan kendalanya. Untuk implementasinya, disamping penguasaan teknis, diperlukan pula peraturan dan perundang-undangan yang menjamin keberhasilan pelaksanaan di lapangan. Kemungkinan penerapan setiap pokok upaya penanggulangan adalah sebagai berikut.

Pengembangan Padi Toleran terhadap Na:

Jenis padi yang toleran terhadap salinitas telah dikembangkan di Indonesia, terutama untuk memenuhi kebutuhan daerah pasang surut. Permasalahan kesuburan tanah untuk padi di daerah pasang surut adalah salinitas akibat pengaruh air laut, tetapi dengan kadar yang umumnya hanya sampai tingkat payau dengan salinitas rendah ($DHL < 10$). Percobaan penanaman galur/varietas padi toleran salinitas pada media tumbuh dengan salinitas 4000 ppm atau pada konsentrasi garam NaCl 4 mgr/L atau pada $DHL = 4$ dS/m di laboratorium (Utama dkk. 2009) memberikan hasil yang menjanjikan. Tetapi hasil laboratorium ini tidak berkorelasi dengan hasil ujicoba di lapangan untuk varietas-varietas padi yang sama. Di lapangan dengan cekaman salinitas yang lebih rendah (2.98 dS/m), varietas padi yang diuji memberikan hasil yang lebih rendah. Tanah tercemar di Rancaekek memiliki salinitas (berkisar antara 2.31 s.d. 5.88 dS/m) masih berada pada kisaran salinitas lahan-lahan pasang surut di Indonesia. Tetapi, salinitas tanah tercemar sebagian besar berasal dari Na, sehingga disamping salinitas, terdapat juga masalah sodisitas. Referensi tentang pengembangan padi yang toleran terhadap sodisitas (khusus Na) di Indonesia masih sulit ditemukan, karena sodisitas bukan masalah yang umum dijumpai di Indonesia. Bagaimanapun, penanaman lahan tercemar Na di rancaekek dengan varietas padi yang toleran salinitas perlu dicoba.

Teknologi Penanggulangan lahan Tercemar Na

Pendayagunaan lahan salin/sodik di daerah arid biasa dilakukan dengan mengendalikan konsentrasi Na dalam tanah serendah mungkin agar tidak mencapai konsentrasi

jenuh dan dapat ditumbuhi tanaman (Abrol *et al.* 1988). Pengendalian dilakukan dengan pencucian berkala oleh air hujan atau air irigasi. Lahan ditanami dengan varietas yang toleran terhadap salinitas/sodisitas, umumnya diperoleh melalui pemuliaan (Yasin *et al.* 2002) Masalah utama yang dihadapi di daerah arid tidak mencukupinya air yang tersedia untuk keperluan pencucian maupun pengairan (Ogle *et al.* 2010).

Untuk kasus tanah tercemar di Rancaekek, perbaikan tanah dengan cara pencucian dapat lebih mudah dilakukan karena disamping mendapat curah hujan yang cukup tinggi, memiliki kemiringan lereng yang cukup untuk pengaliran yang cepat, dilalui pula oleh aliran anak-anak sungai yang membawa air bersalinitas rendah dari hulu. Pada daerah dengan curah hujan diatas 2000 mm/tahun seperti di Rancaekek, tampaknya penurunan kadar Na akan terjadi dengan sendirinya asalkan sumber penambahannya dihentikan. Beberapa percobaan yang telah dilakukan di lab. (Rusydi *et al.* 2009; Rahmat 2010) memperlihatkan bahwa perbaikan tanah dengan pencucian telah menurunkan kadar Na di dalam tanah dengan cepat. Hasil penelitian lainnya memperlihatkan (Kurnia dkk. 2009) bahwa pengolahan tanah yang disertai dengan pencucian atau drainase dengan air yang belum tercemar mampu menurunkan kandungan Na. Pengolahan tanah dimaksudkan untuk mengaduk garam yang terakumulasi pada lapisan olah tanah dan agar larut dalam air pada saat pencucian. Kandungan Na dalam air drainase menurun dari 1100 ppm menjadi 450 ppm setelah pengolahan pertama dan menjadi 300 ppm setelah pengolahan kedua. Selama pertumbuhan tanaman, konsentrasi Na di dalam air drainase berkurang dari 300 ppm pada minggu pertama setelah penanaman menjadi 60 ppm pada minggu ke 15. Setelah pencucian, pertumbuhan tanaman meningkat dan memberikan hasil yang mencapai 8 - 10 ton/Ha gabah, seperti sebelum terjadinya pencemaran.

Prasyarat keberhasilan remediasi lahan tercemar adalah menghentikan penumpukan Na pada tanah. Seandainya penghentian pasokan limbah Na tidak dihentikan, maka jumlah yang akan dibuang pada periode waktu tertentu harus terencana dengan baik sehingga tidak terjadi penumpukan yang mengganggu tanaman. Limbah Na hanya boleh dilepas ke badan air umum dalam konsentrasi larutan yang tidak melampaui batas aman sehingga tidak menyebabkan salinasi/sodisasi di daerah hilir, misalnya pada konsentrasi limbah dengan nilai SAR dan salinitas setengan kali nilai toksik ($SAR = 6$ dan $DHL < 2$).

Implementasi Peraturan dan Perundangan

Peraturan dan Perundangan yang saat ini berlaku tampaknya tidak mendukung upaya untuk rehabilitasi dan pencegahan lahan tercemar Na. Pada Peraturan Menteri

Negara Lingkungan Hidup No. 01 tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, Na tidak termasuk jenis pencemar dalam air limbah. Pada Peraturan Menteri Kesehatan (MENKES/PER/IV/2010) tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Kandungan Na tidak juga menjadi parameter yang harus diperiksa. Jumlah Na di dalam air Limbah menurut peraturan Pengendalian Pencemaran Air hanya dibatasi secara tidak langsung oleh nilai pH yang tidak boleh melebihi 9, sedangkan pada peraturan Persyaratan Air Minum dengan $\text{pH} < 8.5$.

Dengan materi peraturan seperti diatas, akan sulit mengharapkan perusahaan penghasil limbah Na untuk berupaya agar tidak mengganggu lingkungan sekitarnya karena aktivitasnya legal, apalagi bila mereka telah pula melakukan upaya pencegahan pencemaran dengan mengolah limbah-limbah lainnya yang dipersyaratkan peraturan. Bagi para petani dan pemilik lahan di sekitar lokasi industri penghasil limbah, tidak ada jaminan keamanan dari gangguan limbah Na, dan untuk lahan yang telah tercemar, tidak ada jaminan untuk keberhasilan rehabilitasi lahan. Untuk menjamin keamanan dan keadilan berusaha dalam jangka panjang, diperlukan peninjauan ulang dan perumusan kembali peraturan dan perundangan lingkungan yang berkaitan dengan pengendalian konsentrasi Na pada air limbah buangan yang masuk ke perairan umum.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Akumulasi pencemar Na pada lahan sawah di Rancaekek menyebabkan tanah menjadi sangat sodik dan agak salin sampai salin. Jumlah Na pencemar belum menjenuhkan kapasitas Adsorpsi tanah, sehingga fenomena pelarutan tanah belum terjadi secara massif.
2. Bila jumlah pencemar Na serta cara pengendalian seperti saat ini terus berlangsung, maka di masa mendatang daerah akumulasi Na akan meluas dan peluang terjadinya pelarutan tanah akan semakin besar.
3. Upaya penanggulangan/pemulihan hanya akan berhasil apabila limbah produksi limbah Na dihentikan atau dikendalikan jumlahnya sehingga menjamin tidak terjadinya jumlah akumulasi Na di dalam tanah yang membahayakan.

Saran

Perlu dirumuskan kembali peraturan tentang maksimum konsentrasi Na pada air limbah diperbolehkan dibuang ke perairan umum.

Ucapan Terimakasih

Analisis mineralogi liat pada penelitian ini merupakan kenangan khusus dan terakhir kami bagi Bapak Almarhum Bambang Hendro MSc. dari Laboratorium Mineral Tanah, Puslit Tanah dan Agroklimat, Bogor. Terima kasih kami sampaikan dan do'a kami panjatkan untuk beliau. Terimakasih kami sampaikan untuk para Analis dan Teknisi di Laboratorium Tanah Puslit Geoteknologi-LIPI. Penelitian ini dibiayai oleh Program penelitian Kompetitif-LIPI tahun 2009-2010. Terimakasih kepada Bapak Arief Rahmat M.S. sebagai ketua tim yang telah mengijinkan penggunaan data hasil analisis tanah untuk dipublikasikan secara terpisah dalam naskah ini.

Daftar Pustaka

- Abrol I.V., J.S.P. Yadav, and F.I. Massoud. 1988. Salt affected soils and their management. FAO Soils Bulletin No. 31, Soil Resource and conservation Service Manual. Land and Water Development Div. FAO.
- Baize, D. 1988. Guide des Anayses Courantes en Peddologie. Institute Nationale de la Recherches Agronomique-Paris.
- Brindley, G.W. and G. Brown. 1980. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineralogical society. P 493.
- Chamayou, H. et J.P. Legros. 1989. Les Bases Physiques, Chimiques et Mineralogiques de la Sciences du Sols. Techniques Vivants. Agence de Cooperation Culturelle et Technique Conseil International de la Langue Francaise. Presse Unversite de France.
- Dam, M.A.C. 1994. The Late Quartenary Evolution of the Bandung Basin, West Java, Indonesia. Academicsh Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.
- Djaenudin, D., H. Marwan, H. Subagio, dan A. Hidayat. 2003. Petunjuk Teknis untuk Komoditas Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Durand, J.H. 1983. Les Sols Irigables. Techniques Vivants. Agence de Cooperation Culturelle et Technique Conseil International de la Langue Francaise. Presse Unversite de France.
- Foth, H.D. and L.M. Turk. 1972. Fundamentals of Soil sciences. Willey Int. Edition.

- Gheeta S., P. Shanthi, S. Jeberaj, and S.E. Naina Mohamed. 2006. Gene action of sodicity tolerance rice. *Indian Journ. Crop Science* 1(1-2):201-202.
- Kurnia, U., H. Suganda, R. Saraswati, dan Nurjaya. 2009. Lahan sawah dan pengelolaannya: pengendalian pencemaran tanah sawah. Hlm 240-271. [www.balittanah.deptan.go.id/dokumentasi/buku/.../tanah sawah9.../](http://www.balittanah.deptan.go.id/dokumentasi/buku/.../tanah_sawah9.../). Diakses Juni 2012.
- Maas, E.V. and G.V. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance, current assessment. *Journ. of irrigation and drainage Div., ASCE* 103(IR2):115-134.
- Monnier, G. 1965. Action des Matières Organique sur la Stabilité du Sol. Thèse, Paris.
- Northcote, K.H. and J.K.M. Skene 1972. Australian soils with saline and sodic properties. CSIRO Australia, Division of Soils. Soil Publication No. 27.
- Ogle, D.G. and L. St. John. 2010. Plant for saline to sodic soil conditions. Technical Note Plant Material No. 9A USDA_NRSCS, Boise, Idaho-Salt Lake City, Utah.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 01/2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Menteri Kesehatan tahun 20120 (MENKES/PER/IV/2010) tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. Survei Kapabilitas Tanah. Jenis dan Macam Tanah di Indonesia untuk keperluan Survei dan Pemetaan Tanah Daerah Transmigrasi. Klasifikasi Kesesuaian Lahan. TOR No. 59/1983 PPT-P3MT, Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1993. Peta Tanah Semi Detail Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu, Bandung-Jawa Barat.
- Rahmat, A., E. Soebowo, dan K. Lumban Gaol. 2008. Identifikasi penyebaran polutan industri tekstil di bagian timur cekungan Bandung untuk menanggulangi pencemaran air tanah dangkal. Laporan Akhir Puslit Geoteknologi- LIPI, 2008.
- Rahmat, A. 2010. Identifikasi penyebaran polutan industri tekstil di bagian timur cekungan Bandung untuk menanggulangi pencemaran air tanah dangkal. Laporan kumulatif kegiatan program kompetitif LIPI TA 2008-2010. Puslit Geoteknologi LIPI. (*Unpublished*).
- Regasamy, P., R.S.B. Greene, G.W. Ford, and A.J. Mehanny. 1984. Identification of dispersive behavior and the management of red brown earth. *Aust. Journ. Soil Research*, 22.
- Rusydi, A.F., A. Muliono, A. Rahmat, dan M. Djuwansah. 2009. Kemampuan adsorpsi tanah lempung lanauan rancaekek terhadap Natrium. *Dalam* Prosiding Pemaparan Hasil penelitian Puslit Geoteknologi-LIPI.
- Suganda, H., D. Setyorini, H. Kusnady, I. Saripin, dan U. Kurnia. 2002. Evaluasi pencemaran limbah industri tekstil untuk kelestarian lahan sawah. *Dalam* Prosiding Semnas Multifungsi dan Konservasi Lahan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- USDA Soil Survey Staff, 1990. Key to Soil Taxonomy. USDA Soil Management Support Service Technical Monograph No. 19.
- Utama, M.Z.H., W. Haryoko, R. Munir, dan Sunadi. 2009. Penapisan varietas padi toleran salinitas pada lahan rawa di Kabupaten Pesisir Selatan. *J. Agron. Indonesia* 37(2):101-106.
- Weischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. Handbook 537 USDA. Purdue Agric. Exp. Station.
- Yasin, M., M. Thahir Rashid and M.Y. Arain. 2002. Intervarietal Variability in Rice for Sodicity Tolerance. *Pakistan J. Agric Res.* Vol. 17 No. 2, 2002.