

**PENGARUH PENCUCIAN, PEMBERIAN KAPUR DAN KOMPOS TERHADAP
UNSUR HARA S, Fe, DAN CI PADA LUMPUR
DI PORONG, SIDOARJO**

oleh :

Fetty Puspawardani

0210430029-43



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

PROGRAM STUDI ILMU TANAH

MALANG

2007

**PENGARUH PENCUCIAN, PEMBERIAN KAPUR DAN KOMPOS TERHADAP
UNSUR HARA S, Fe, DAN CI PADA LUMPUR DI PORONG, SIDOARJO**

Oleh

FETTY PUSPAWARDANI

0210430029-43

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2007**

RINGKASAN

Fetty Puspawardani (0210430029-43). **Pengaruh Pencucian, Pemberian Kapur dan Kompos terhadap Unsur Hara S, Fe, dan Cl pada Lumpur di Porong, Sidoarjo.** Di bawah bimbingan Bambang Siswanto dan Retno Suntari

Keracunan tanaman dapat disebabkan oleh beberapa hal salah satunya yaitu terlalu tingginya kandungan unsur hara mikro dan makro dalam tanah. Lumpur yang menggenangi sebagian wilayah persawahan di Porong, Sidoarjo akibat bocornya pipa menyebabkan tanaman di daerah tersebut mengalami keracunan yang parah. Tanah lumpur tersebut mengandung unsur hara baik makro maupun mikro yang sangat tinggi bahkan ekstrem tinggi. Kandungan $K_{dd} > 1$ me/100g, $Ca_{dd} > 10$ me/100g, garam Natrium ($Na_{dd} > 1$ me/100 g, $Al_{dd} > 0,2$ me/100g, Besi (Fe_{dd} larut 0,1 N HCl) > 700 ppm dan Klor (Cl_{dd} larut 0,1 N HCl) > 10.000 ppm (Syekhfani, 2006 *dalam* Pribadi, 2006). Kandungan hara makro yang tinggi sangat dibutuhkan oleh tanaman sehingga hal ini merupakan nilai positif dari lumpur. Selain itu daerah yang tergenangi lumpur sangat luas sehingga jika tidak ada usaha reklamasi maka lahan tersebut tidak termanfaatkan. Maas (2006) menyatakan bahwa kandungan Na yang sangat tinggi baik berupa nutrisi maupun yang bersifat toksik bagi tanaman, menyebabkan pecah dan busuknya jaringan akar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh pencucian, pemberian kapur (Ca), dan kompos serta pengaruh dosis pemberian kapur dan kompos terhadap kadar unsur S, Fe, dan Cl pada Lumpur Lapindo. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan diulang 3 kali. Perlakuan dalam penelitian ini adalah (A) Kontrol (pencucian); (B) Pencucian + kapur 0,5 ton/ha; (C) Pencucian + kapur 2,5 ton/ha; (D) Pencucian + kapur 5 ton/ha; (E) Pencucian + kompos 5 ton/ha; (F) Pencucian + kompos 10 ton/ha; (G) Pencucian + kompos 15 ton/ha.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah (1) perlakuan pencucian, pencucian + kapur, dan pencucian + kompos dapat menurunkan kadar S, Fe, dan Cl lumpur pada 15 dan 30 HSI; (2) Semakin tinggi dosis kapur maka kadar S, Fe, dan Cl pada lumpur semakin menurun; (3) Pemberian kompos merupakan cara yang paling efektif untuk menurunkan kadar unsur sulfat, besi, dan klor dengan dosis 10 ton/ha.

SUMMARY

Fetty Puspawardani (0210430029-43). **The effects of Leaching, Lime and Compost Application on Mud S, Fe and Cl Nutrients in Porong, Sidoarjo.** Supervisor: Bambang Siswanto and Retno Suntari

The poisoned plant was caused by several things I. e. the element of macro and micros nutrient is too high. The mud from leak pipes has been flooded on rice field region in Porong, Sidoarjo. Those things make a plant in that area has high poisoned. That mud contains a lot of macro and micro nutrient, even high extreme. Calium content $> 1\text{me}/100\text{g}$, $\text{Ca}_{\text{dd}} > 10\text{me}/100\text{g}$, salt content of Natrium ($\text{Na}_{\text{dd}} > 1\text{me}/100\text{g}$, $\text{Al}_{\text{dd}} > 0,2\text{me}/100\text{g}$, Ferrum $> 700\text{ppm}$ and Chlor $> 10.000\text{ ppm}$. Plant needs a high of macro nutrient and that is a positive point for mud. The land contents of 10 ppm Chlor is high enough, so if it used for plant farming, the land must have been get treatment.

The objective of the experiment were 1) to study the effect of leaching, lime and compost application on Mud S, Fe and Cl, 2) to study the effect of different doze of lime and compost application on Mud S, Fe, and Cl.. The experiment using fully randomized design with seven treatments and three replications. Seven treatments were applied to the mud I. e. (A): leaching; (B): leaching + lime 0.5 ton/ha; (C): leaching + lime etc.

The result of the experiment showed that (1) leaching, lime and compost application decreased Mud S, Fe and Cl in 15 and 30 the day after incubation. (2) If the lime dose increase, on the other hand the S, Fe, Cl in mud become decrease. (3) Compost application is the most objective way to decrease S, Fe and Cl with 10ton/ha dose.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan rahmat dan berkat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ Pengaruh Pencucian, Pemberian Kapur dan Kompos terhadap Unsur Hara S, Fe, dan Cl pada Lumpur di Porong, Sidoarjo”. Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat akademis untuk mendapatkan gelar sarjana di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Terselesainya skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan peran serta dari semua pihak yang telah bersedia membantu, maka dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Yesus Kristus, Tuhanku dan Juru Selamatku
2. Bapak Yustinus Mislan dan Mama Ika Haryanti, serta kakak dan adikku, terkasih yang selalu mendoakanku
3. Ir. Bambang Siswanto, MS selaku dosen pembimbing I atas segala bimbingan, saran, dan nasehat pada penulis
4. Ir. Retno Suntari, MS selaku dosen pembimbing II atas segala bantuan dan dorongan dalam penyelesaian skripsi
5. Dr. Ir. Sugeng Prijono, MS dan Syahrul Kurniawan SP, MP selaku dosen penguji atas segala masukan dan saran-sarannya
6. Dominikus Regi Suryo Wibowo Jati atas semua cinta dan kasih sayangnya
7. Seluruh staff serta laboran Jurusan Tanah yang banyak membantu
8. Seluruh teman-teman Tanah khususnya Angkatan 2002

Tiada gading yang tak retak, penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak keterbatasan sehingga kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan penulisan selanjutnya. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2007

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 22 Februari 1983. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Mislan dan Ibu M.E.Warikh Harianti.

Penulis memulai pendidikan dasar di SDK. St. Dionysius I Malang dan lulus pada tahun 1996. Penulis melanjutkan pendidikan di SLTPK. Cor Jesu Malang dan lulus tahun 1999. Kemudian pada tahun 2001 penulis menyelesaikan pendidikan di SMU Negeri 4 Malang. Pada tahun 2002 penulis diterima di Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya melalui Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB).

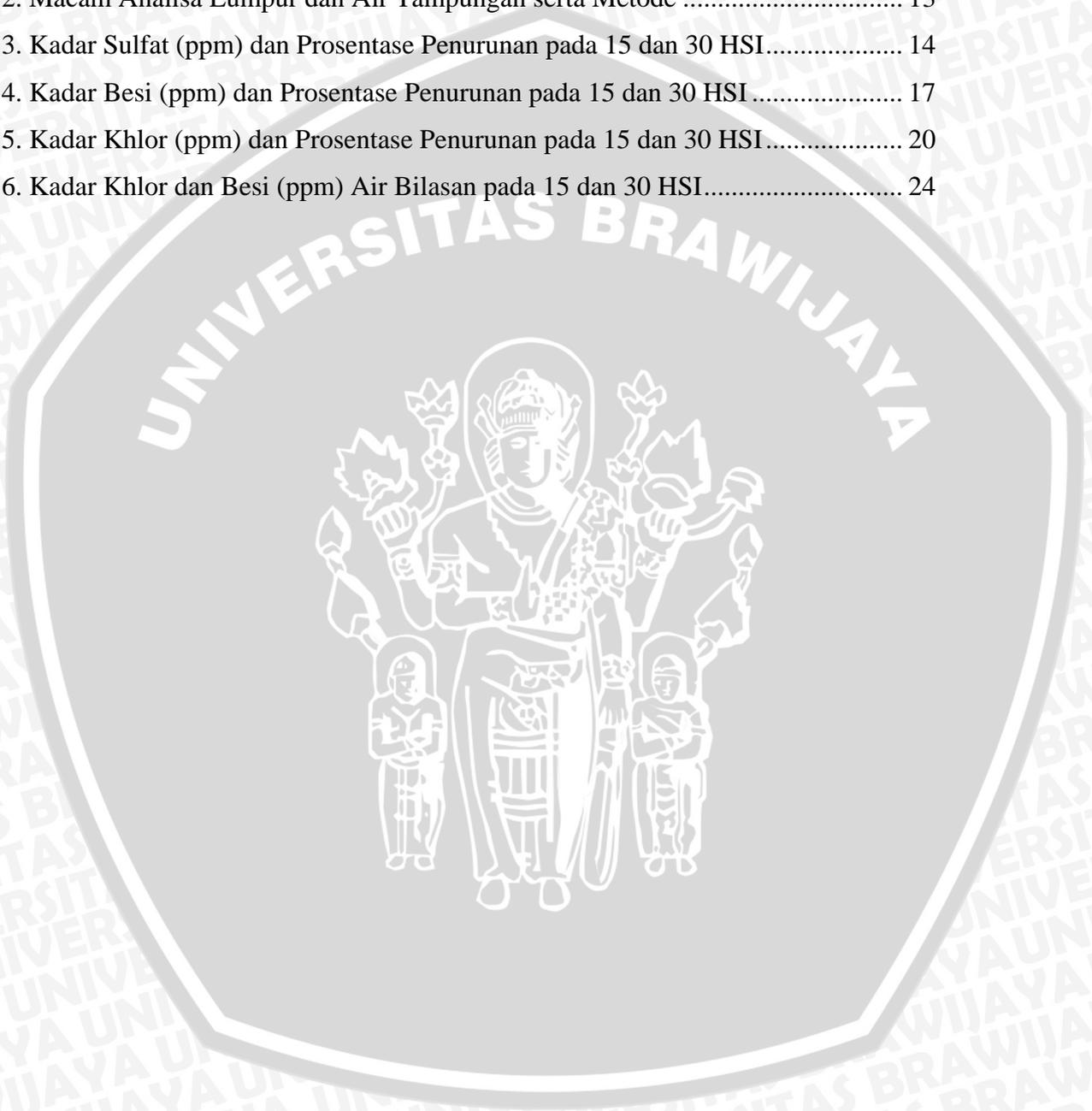


DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	2
1.2 Tujuan	4
1.3 Hipotesa	4
1.4 Manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sulfat	5
2.2 Besi (Fe)	6
2.3 Klor (Cl)	7
2.4 Kapur	7
2.5 Kompos	8
2.6 Upaya Reklamasi Lahan	9
III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Tempat dan Waktu	11
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	11
3.3 Metode Penelitian	11
3.4 Persiapan Media	12
3.5 Prosedur Pelaksanaan	12
3.6 Analisis Data Statistik	13
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Hasil	14
4.2 Hubungan Ketersediaan Unsur S, Fe, dan Cl pada Lumpur Lapindo	25
V. KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	30

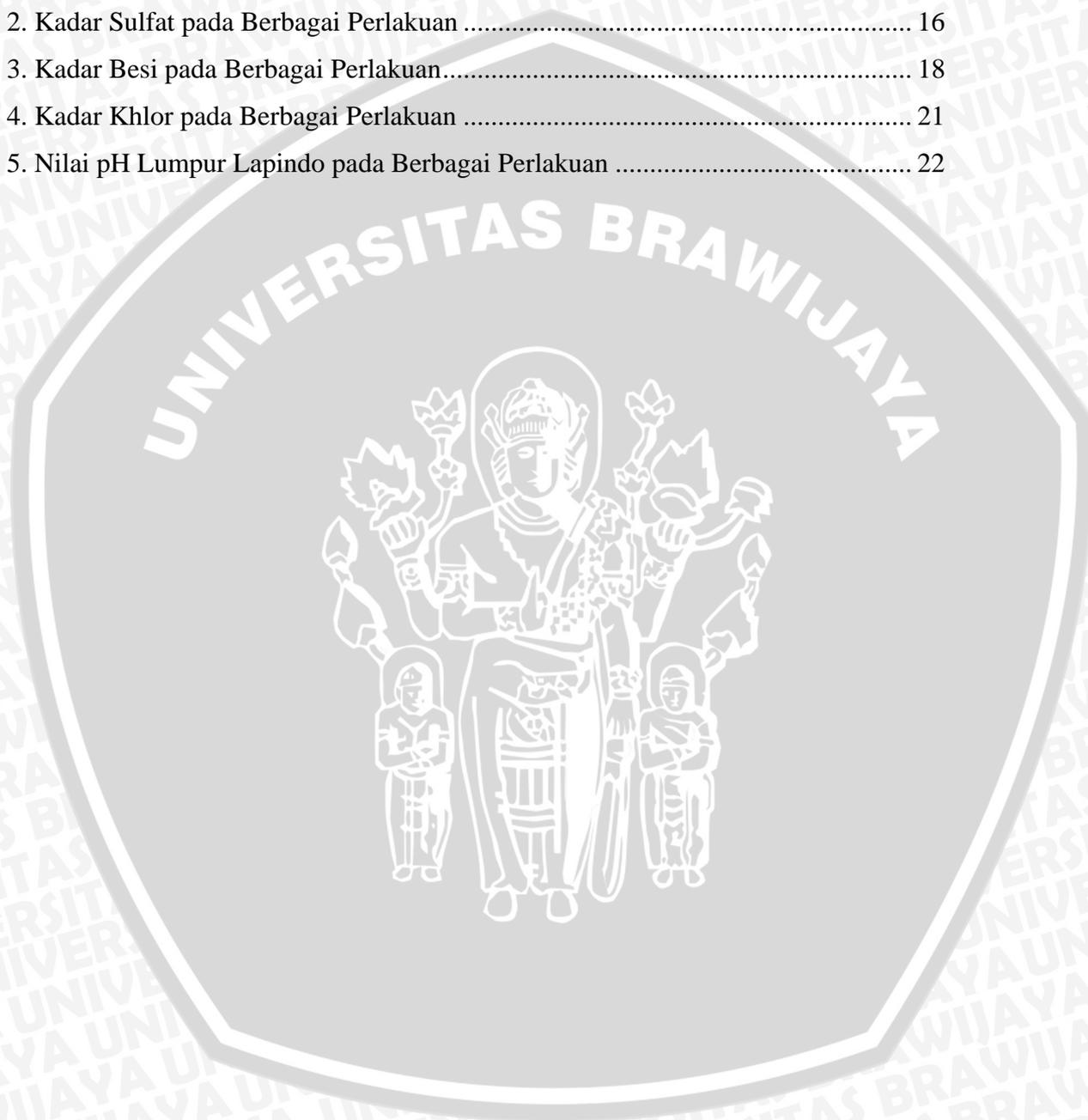
DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1.	Perlakuan dan Dosis Perlakuan.....	12
2.	Macam Analisa Lumpur dan Air Tampunguan serta Metode	13
3.	Kadar Sulfat (ppm) dan Prosentase Penurunan pada 15 dan 30 HSI.....	14
4.	Kadar Besi (ppm) dan Prosentase Penurunan pada 15 dan 30 HSI	17
5.	Kadar Khlor (ppm) dan Prosentase Penurunan pada 15 dan 30 HSI.....	20
6.	Kadar Khlor dan Besi (ppm) Air Bilasan pada 15 dan 30 HSI.....	24



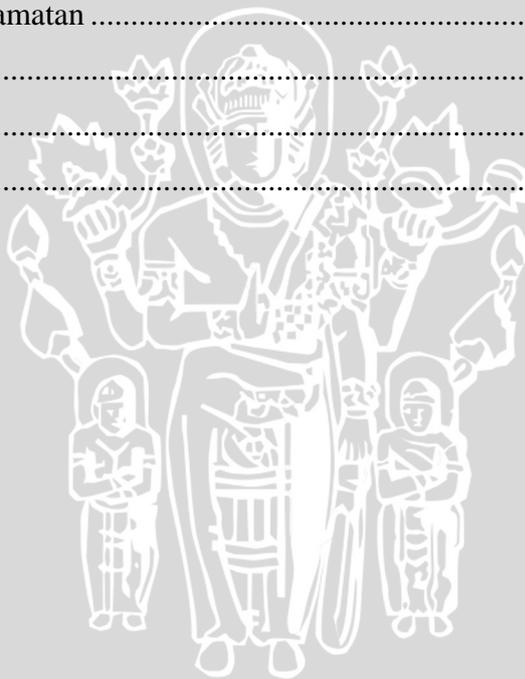
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.	Diagram Alir Latar Belakang Penelitian.....	3
2.	Kadar Sulfat pada Berbagai Perlakuan	16
3.	Kadar Besi pada Berbagai Perlakuan.....	18
4.	Kadar Khlor pada Berbagai Perlakuan	21
5.	Nilai pH Lumpur Lapindo pada Berbagai Perlakuan	22



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Denah Penelitian	30
2.	Skema Polibag	31
3.	Hasil Analisis Dasar Lumpur Lapindo dan Kompos Sampah UPT Kompos UNIBRAW	32
4.	Perhitungan Dosis Kapur	33
5.	Data Hasil Analisis Dasar Lumpur Lapindo	34
6.	Analisis Ragam Sulfat, Besi, Khlor dan pH Lumpur serta Besi dan Khlor Air bilasan pada 15 dan 30 HSI	35
7.	Korelasi Parameter Pengamatan	36
8.	Analisa Khlor	37
9.	Analisa Sulfat	38
10.	Foto Penelitian	39



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman membutuhkan tanah sebagai tempat tumbuhnya. Hal ini karena tanah merupakan sumber daya alam yang banyak mengandung unsur hara yang diperlukan oleh tanaman untuk tumbuh dan berproduksi. Apabila tanaman kekurangan unsur hara maka tanaman tidak bisa tumbuh, tetapi jika unsur hara tersebut berlebih maka tanaman bisa mati karena keracunan.

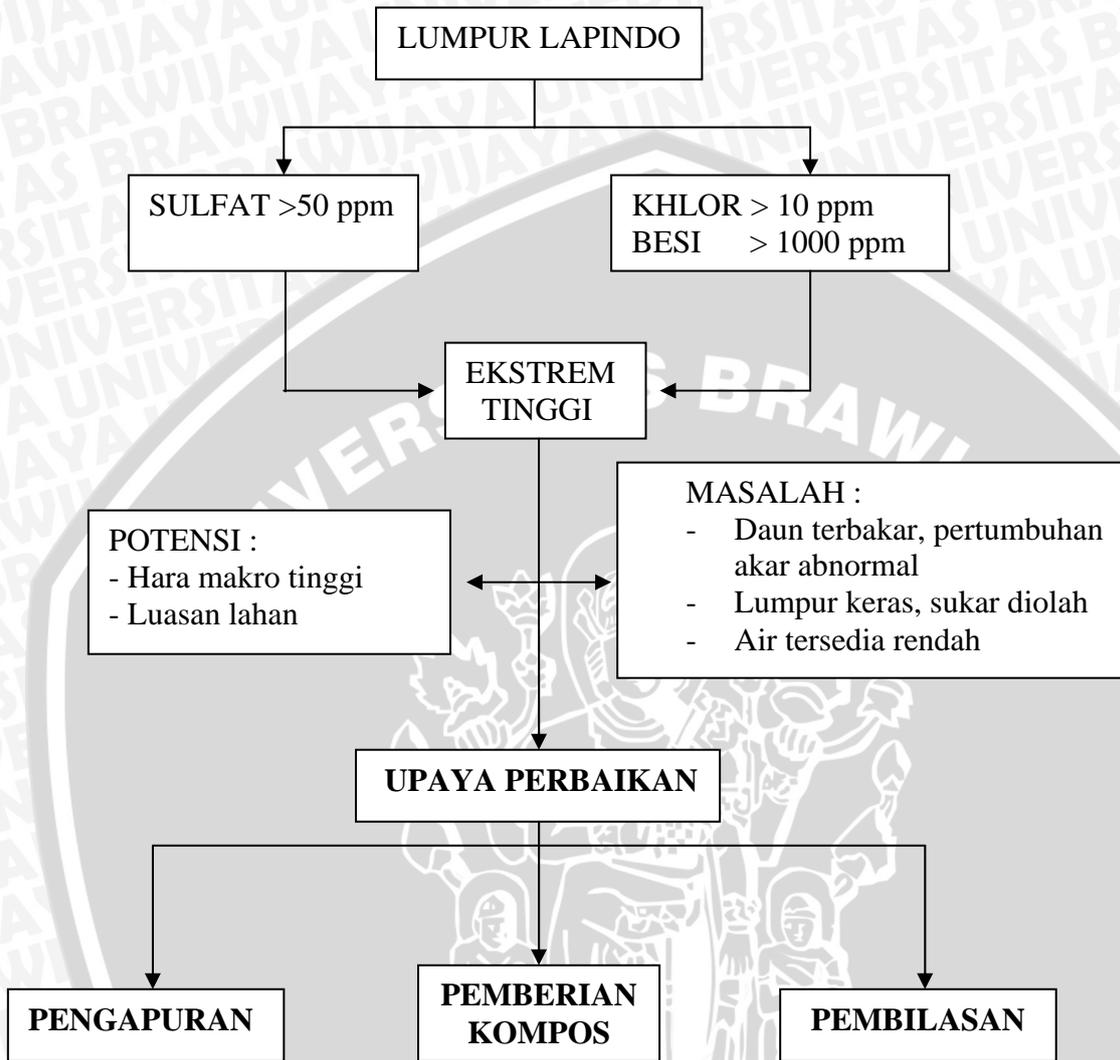
Unsur hara yang diperlukan oleh tanaman terbagi menjadi dua yaitu unsur hara esensial dan unsur hara non esensial. Unsur hara esensial merupakan unsur yang peranannya tidak bisa digantikan oleh unsur lain. Unsur hara esensial berdasarkan jumlah yang dibutuhkan oleh tanaman terbagi menjadi unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang banyak unsur ini meliputi C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, dan S. Sedangkan unsur hara mikro dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang kecil. Unsur hara mikro antara lain Fe, Al, Mn, B, Cu, Mo, Zn, dan Cl. Kandungan unsur hara makro dan mikro yang tinggi dalam tanah akan meracuni tanaman.

Lumpur yang menggenangi sebagian wilayah persawahan di Porong, Sidoarjo akibat bocornya pipa menyebabkan tanaman di daerah tersebut mengalami keracunan yang parah. Tanah lumpur tersebut mengandung unsur hara baik makro maupun mikro yang sangat tinggi bahkan ekstrem tinggi. Kandungan $K_{dd} > 1$ me/100g, $Ca_{dd} > 10$ me/100g, garam Natrium ($Na_{dd} > 1$ me/100 g, $Al_{dd} > 0,2$ me/100g, Besi (Fe_{dd} larut 0,1 N HCl) > 700 ppm dan Klor (Cl_{dd} larut 0,1 N HCl) > 10.000 ppm (Syekhfani, 2006 dalam Pribadi, 2006). Kandungan hara makro yang tinggi sangat dibutuhkan oleh tanaman sehingga hal ini merupakan nilai positif dari lumpur. Selain itu daerah yang tergenangi lumpur sangat luas sehingga jika tidak ada usaha reklamasi maka lahan tersebut tidak termanfaatkan. Maas (2006) menyatakan bahwa kandungan Na yang sangat tinggi baik berupa nutrisi maupun yang bersifat toksik bagi tanaman, menyebabkan pecah dan busuknya jaringan akar.

Masalah yang dihadapi dalam usaha reklamasi lumpur yaitu tingginya kandungan sulfat, besi, dan khlor. Kandungan sulfat yang tinggi menyebabkan daun terbakar dan akar tanaman hitam serta pendek. Keracunan besi menyebabkan tanah menjadi keras, sukar diolah sehingga akar tanaman tidak bisa tumbuh. Khlor dengan kadar terlalu tinggi menyebabkan pola percabangan akar tidak normal dan ketersediaan air bagi tanaman menurun sehingga lambat laun tanaman bisa mati. Kandungan khlor sebesar 10 ppm dalam tanah saja sudah cukup tinggi sehingga jika hendak diperlakukan untuk tujuan bercocok tanam tanah tersebut harus mendapat perlakuan terlebih dahulu.

Usaha reklamasi lahan sangat diperlukan untuk mengatasi kondisi lingkungan yang ekstrem akibat luapan lumpur. Salah satu caranya yaitu dengan pembilasan yang diduga dapat menurunkan kadar garam terlarut dan logam berat lainnya. Sebelumnya lumpur yang sudah dikeringkan harus diolah dahulu, karena lumpur tersebut akan membentuk lempeng-lempeng keras dan terjadi pembentukan kerak di permukaan. Selain itu pemberian bahan organik berupa kompos sangat diperlukan. Noor *et al.* (2005) menyatakan bahwa untuk memperbaiki sifat kimia tanah tidak cukup dengan pencucian saja, tetapi diperlukan pemberian bahan amelioran seperti kapur, pupuk dan sejenisnya. Gambar 1 menunjukkan secara umum diagram alir latar belakang dari penelitian yang dilakukan





Gambar 1. Diagram alir latar belakang penelitian

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh pencucian, pemberian kapur (Ca), dan kompos terhadap kadar unsur S, Fe, dan Cl pada Lumpur Lapindo.
2. Mempelajari pengaruh dosis pemberian kapur dan kompos terhadap ketersediaan S, Fe, dan Cl pada Lumpur Lapindo.

1.3 Hipotesa

Dugaan yang disusun dalam penelitian ini adalah :

1. Penambahan kapur dan kompos pada berbagai dosis dengan disertai pencucian akan menurunkan kadar unsur S, Fe dan Cl pada lumpur daripada perlakuan pencucian saja.
2. Pemberian kompos dengan dosis tertinggi (15 ton/ha) dapat menurunkan kadar unsur S, Fe dan Cl pada lumpur lebih tinggi dibanding dengan dosis lainnya.

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi kepada masyarakat dan instansi terkait mengenai cara-cara pengelolaan tanah dalam usaha reklamasi lahan lumpur di Porong, Sidoarjo.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sulfat (SO_4^{2-})

Ketersediaan S pada tanah alkalin sebagian besar tergantung pada jumlah garam-garam sulfat, terutama gipsum yang dijumpai dalam horison permukaan atau seluruh daerah perakaran. Sekitar dua pertiga dari S total yang dijumpai dalam tanah alkalin ada dalam bentuk anorganik. Sulfat tersedia banyak terdapat pada daerah perakaran atau diseluruh profil tanah. Sulfat tersedia yang terdapat pada permukaan tanah dapat tercuci karena adanya air drainase yang menggerakkan sulfat terlarut dari horison tanah permukaan ke horison yang lebih dalam.

Mobilitas belerang dalam tanaman sangat rendah karena belerang tidak bersifat mobil. Kandungan S dalam tanah berkisar antara 10-30 ppm dan bila lebih dari 30 ppm, S berpotensi meracun karena dianggap tinggi. Defisiensi S (<10 ppm) menyebabkan batang menjadi tipis dan lemah, pembentukan anakan berkurang pada sereal, dan juga dapat mengakibatkan berkurangnya kadar protein dan methionine dalam biji (Prasetyo, 2003). Keracunan belerang menyebabkan kandungan S pada tanaman sangat tinggi sehingga akan membahayakan manusia yang mengkonsumsi tanaman tersebut.

Senyawa belerang dalam tanah berada dalam bentuk organik dan anorganik. Belerang organik dan elementer dioksidasi oleh jasad mikro menjadi belerang anorganik. Bakteri belerang menggunakan belerang anorganik atau elementer sebagai substrat untuk respirasi aerobik. Pada proses ini H_2S dioksidasi menjadi belerang kemudian belerang tersebut dioksidasi menjadi sulfat. Dengan demikian dapat diketahui bahwa proses tersebut dapat menurunkan pH tanah khususnya pada tanah alkalis bagi kepentingan tanaman kacang-kacangan (Richards, 1978 dalam Syekhfani, 1994).

Didalam tanah belerang biasanya diretensi oleh liat tertentu misalnya kaolinit dengan bantuan oksida besi, hidroksida-hidroksida besi dan alumunium. Mekanisme retensi diduga akibat gejala adanya gugusan OH pada hidrat alumunium dan besi yang mampu menjerap belerang. Penambahan ion hidroksil akan bertendensi membebaskan sulfat. Karena alasan inilah retensi sulfat umumnya menurun bila tanah dikapur (Hakim, 1986).

Reaksi oksidasi dan reduksi dalam tanah juga berpengaruh terhadap ketersediaan belerang tanah. Menurut Notodarmojo (2005) keberadaan belerang dalam kondisi *oxic* maka yang dominan adalah SO_4^{2-} . Bila SO_4^{2-} dominan maka konsentrasi dari banyak logam dalam tanah akan menjadi relatif lebih tinggi. Hal ini berbeda bila terjadi kondisi *anoxic*, dimana semua senyawa belerang berubah menjadi sulfida. Hampir semua senyawa logam sulfida akan membentuk presipitat sehingga konsentrasi mereka dalam tanah akan berkurang.

Belerang tanah akan hilang menurut beberapa cara, yaitu melalui penguapan berupa gas keudara, pencucian, dan diserap oleh tanaman. Belerang tanah juga dapat hilang akibat erosi bila kemiringan tanah memungkinkan. Kehilangan belerang akibat pencucian dapat terjadi pada setiap jenis tanah. Hakim (1986) menyatakan bahwa kehilangan belerang akibat pencucian akan semakin besar bila tanah bertekstur pasir dan berada pada daerah dengan curah hujan tinggi. Kehilangan belerang melalui pencucian atau perkolasi yang diteliti di Amerika Serikat dapat mencapai 53 kg/ha/tahun.

2.2 Besi (Fe)

Besi merupakan unsur mikro yang diserap tanaman dalam bentuk ion feri (Fe^{3+}) ataupun fero (Fe^{2+}). Besi dapat diserap dalam bentuk khelat (ikatan logam dengan bahan organik), sehingga pupuk besi dapat dibuat dalam bentuk khelat. Fe^{2+} dalam tanaman sekitar 80 % yang terdapat dalam kloroplas atau sito plasma. Defisiensi Fe^{2+} dapat menyebabkan bercak kecoklatan pada daun muda dan juga menimbulkan klorosis.

Kandungan besi yang terlalu tinggi dalam tanah menyebabkan tanah berwarna kemerah-merahan seperti karat. Selain itu tanah akan menjadi keras dan sukar diolah sehingga tanaman tidak bisa tumbuh. Keracunan besi bisa disebabkan oleh beberapa faktor antara lain meningkatnya kandungan besi fero, kekurangan P, K, Ca, Mg, atau Zn, atau kombinasi beberapa faktor di atas. Suriadikarta dan Hartatik (2004) menyatakan bahwa untuk mengendalikan keracunan besi diperlukan adanya perbaikan lingkungan tumbuh seperti ; (1) pengendalian drainase dan pencucian; (2) ameliorasi

dan pemupukan untuk meningkatkan keseimbangan hara; dan (3) pemilihan varietas tanaman yang sesuai (adaptif).

2.3 Klor (Cl)

Klor merupakan unsur yang diserap dalam bentuk ion Cl^- oleh akar tanaman dan dapat diserap pula berupa gas atau larutan oleh bagian atas tanaman misalnya daun. Kadar Cl^- dalam tanaman sekitar 2.000 sampai 20.000 ppm berat tanaman kering. Kadar Cl^- yang terbaik pada tanaman adalah antara 340- 1200 ppm dan dianggap masih dalam kisaran hara mikro. Klor dalam tanah tidak diikat oleh mineral, sehingga sangat mobil dan mudah tercuci oleh air drainase. Sumber Cl^- sering berasal dari air hujan, oleh karena itu, hara Cl^- kebanyakan bukan menimbulkan defisiensi tetapi justru menimbulkan masalah keracunan tanaman. Klor berfungsi meningkatkan osmose sel, mencegah kehilangan air yang tidak seimbang, dan untuk memperbaiki penyerapan ion (Anonymous, 2006).

Pada tanaman kelapa dan kelapa sawit klor dianggap sebagai hara makro yang penting. Kadar klor yang tinggi menyebabkan pola percabangan akar tanaman yang abnormal sehingga tanaman tidak bisa tumbuh dengan baik. Menurut Tisdale *et al.*(1999) pada prinsipnya terlalu tinggi kandungan klor dapat meningkatkan tekanan osmosis air tanah sehingga menurunkan ketersediaan air bagi tanaman. Jika hal ini berlangsung terus-menerus maka tanaman bisa mati, walaupun tumbuh tetapi pertumbuhannya terganggu.

Klor tidak merupakan penyusun senyawa apapun sehingga sifatnya bebas. Klor merupakan unsur yang mudah terlindi. Umumnya klor hilang karena terbawa air drainase dan masuk menjadi aliran air tanah. Pencucian diharapkan mampu menurunkan kadar klor yang tinggi pada lumpur karena basa-basa pada tanah seringkali tercuci terbawa oleh air drainase.

2.4 Kapur

Ca^{2+} merupakan kation yang dapat dipertukarkan. Ca^{2+} tersedia bergerak di dalam tanah melalui pencucian atau ikut air drainase sehingga menyebabkan kejenuhan basa dan pH menurun. Sumber utama Ca^{2+} di alam adalah batu gamping.

Ketersediaan Ca^{2+} dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (1) konsentrasi ion H^+ , (2) sifat kation Ca dalam tanah, berkaitan dengan tipe koloid dan presentase kejenuhan Ca^{2+} . Pada tanah bereaksi basa (alkalin) Ca^{2+} biasanya bereaksi dengan P membentuk fosfat kalium yang kurang larut dan tidak stabil. Hal ini menyebabkan ketersediaan Ca^{2+} pada tanah alkalin sangat rendah.

Defisiensi Ca^{2+} pada tanah alkalin juga disebabkan adanya Na^+ yang berlebihan. Pada kasus ini pemberian Ca^{2+} tidak hanya ditujukan untuk memenuhi kebutuhan Ca^{2+} tetapi juga untuk memperbaiki struktur tanah yang hancur akibat dispersi oleh Na^+ . Penggunaan kapur sangat direkomendasikan dengan tujuan untuk menukar Ca^{2+} dengan Na^+ pada lumpur sehingga pH lumpur juga menurun.

Pengapuran disini juga ditujukan untuk menekan keberadaan Fe^{2+} yang bersifat meracun. Absorpsi unsur Ca^{2+} akan meningkat dan pada waktu yang bersamaan akan menurunkan secara nyata konsentrasi Fe^{2+} yang mencapai konsentrasi meracun (Sarief,1989).

2.5 Kompos

Kompos adalah bahan-bahan organik yang telah mengalami proses pelapukan karena adanya interaksi antara mikro organisme (bakteri pendekomposisi) yang bekerja di dalamnya. Kompos adalah pupuk alami yang terbuat dari bahan-bahan hijauan dan bahan organik lain yang sengaja ditambahkan untuk mempergiat proses pembusukan (Apriadi, 1992). Kompos merupakan salah satu bahan organik yang terbentuk melalui tahapan proses dekomposisi oleh mikroorganisme.

Chao *et al.*(1962) dalam Kissel *et al.*(1997) menunjukkan bahwa bahan organik dapat menyerap sulfat dalam jumlah yang cukup nyata. Hal ini dikarenakan adanya sifat amfoter bahan organik dan kapasitas pertukaran anion yang dihasilkan. Sifat lain yang dimiliki oleh bahan organik adalah kandungan hara yang rendah sehingga untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman diperlukan penambahan bahan organik dalam jumlah yang besar (Sutanto, 1992). Selain itu bahan organik juga merupakan penyangga kation sehingga bisa mempertahankan unsur-unsur hara sebagai bahan makanan untuk tanaman.

Dekomposisi bahan organik menghasilkan unsur hara yang tersedia bagi serapan tanaman. Menurut Gaskell *et al.*(2007) bahan organik tanah mampu membentuk ikatan

dengan unsur hara melalui proses pertukaran kation. Amonium, Ca^{2+} , Mg^+ , dan K^+ merupakan kation yang dapat tersedia melalui proses pertukaran kation.

Penambahan bahan organik dapat memperbaiki kualitas tanah antara lain dengan membentuk ikatan dengan senyawa anorganik atau liat. Pengikatan ini dapat terjadi melalui (1) pengikatan secara kimia butir-butir liat melalui ikatan antara bagian positif butir liat oleh gugusan negatif (karboksil) senyawa organik, (2) pengikatan secara kimia butir-butir liat melalui ikatan antara bagian negatif liat dengan gugusan negatif senyawa organik dengan perantara pertautan kation dan ikatan hidrogen, (3) pengikatan secara kimia butir-butir liat melalui ikatan antara bagian negatif butir liat dengan gugusan positif (gugusan amine, amide, amino) senyawa organik (Sarief, 1989).

Pemberian bahan organik dapat menurunkan pH tanah yang tinggi. Hasil dekomposisi bahan organik seperti asam organik sederhana serta asam humat dan asam fulvat mampu menyumbangkan ion hidrogen sebagai sumber kemasaman tanah. Menurut Syukur *et al.*(2006) pemberian bahan organik menyebabkan peningkatan kegiatan mikroorganisme perombak yang mana selain mampu merombak kompos juga mampu menghasilkan senyawa-senyawa organik yang merupakan sumber kemasaman tanah yang berpotensi menurunkan pH tanah. Foth (1978) menyatakan bahwa aktifitas respirasi mikroorganisme dan proses perombakan bahan organik menghasilkan asam-asam organik dan H_2CO_3 yang menyebabkan pH tanah menurun.

2.6 Upaya Reklamasi Lahan

Rehabilitasi atau reklamasi lahan lumpur tersebut pada prinsipnya merupakan upaya untuk menurunkan kegaraman tanah, mengubah suasana reduktif menjadi oksidatif dan mengurangi kelebihan natrium yang dipegang oleh koloid tanah. Kecepatan pemulihan lahan tersebut tergantung dari topografi lahan, jenis tanah asli, keberadaan sumber air, bahan organik dan peruntukan lahan.

Upaya pertama yang bisa dilakukan adalah pencucian. Pencucian bertujuan untuk menghilangkan garam yang bersifat larut. Umumnya dilakukan dengan menggunakan air segar atau air hujan yang berfungsi sebagai pengencer dan pembawa garam terlarut. Garam yang cepat hilang adalah garam yang berasal dari kation Na^+ , Ca^{2+} , Mg^+ , dan K^+ , sedangkan anionnya adalah klor, sulfat, dan boron. Untuk tujuan ini

maka sebaiknya lumpur dikeringkan atau dalam keadaan lembab agar partikel lumpur tidak ikut terbawa oleh air bilasan.

Lumpur yang telah dikeringkan akan mengalami penggumpalan. Hal ini dikarenakan adanya ion Na^+ yang dalam jumlah tinggi dapat mempertahankan partikel-partikel tanah tetap tersuspensi. Dengan pengeringan, tanah membentuk lempeng-lempeng keras dan terjadi pembentukan kerak di permukaan. Pembentukan kerak ini dapat menurunkan porositas tanah sehingga aerasi terhambat (Tan, 1998).

Setelah garam dapat dibilas, maka diperlukan tindakan perbaikan status nutrisi di dalam lumpur. Kandungan nutrisi yang dipegang oleh koloid lumpur setelah pembilasan didominasi oleh ion natrium, suatu unsur yang tidak dikehendaki oleh tanaman (Maas, 2006). Perbaikan tanah dikerjakan dengan proses penukaran, natrium harus digantikan dengan nutrisi lain. Bahan penukar yang secara umum tersedia adalah kalsium yang dapat diberikan sebagai kapur. Penggunaan kapur bertujuan untuk menukar Na^+ yang dominan dengan Ca^{2+} .



Upaya lain yang bisa dilakukan adalah pemberian bahan organik seperti kompos. Bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta mengandung unsur hara lengkap baik mikro maupun makro yang dapat memperbaiki produktifitas lahan. Bahan organik yang berasal dari sisa-sisa tanaman, kotoran hewan, sampah dan sebagainya mengalami proses perubahan (transformasi) agar dapat tersedia bagi tanaman. Bahan organik yang telah mengalami pengomposan mempunyai peran penting bagi perbaikan mutu dan sifat tanah.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca dan Laboratorium Kimia Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Waktu penelitian dimulai pada bulan November 2006 sampai dengan Januari 2007.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekop, cangkul, timbangan, polibag untuk tempat tanah dan juga gembor untuk menyiram tanah.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lumpur Lapindo Porong, Sidoarjo yang telah dikering anginkan, kapur pertanian (kalsit) dan kompos dari UPT Kompos Universitas Brawijaya.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan 3 ulangan. Dasar perhitungan dosis kapur yang diberikan disesuaikan dengan perbandingan Fe tanah : Fe lumpur yaitu sebesar 1:10. Dosis optimum yang dianjurkan untuk tanah sebanyak 0,5 ton/ha sehingga kapur yang diberikan untuk lumpur sebanyak 5 ton/ha. Penentuan dosis kompos didasarkan pada rata-rata kebutuhan petani akan pupuk organik yaitu sekitar 5-15 ton/ha. Perlakuan dan dosis perlakuan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan dan Dosis Perlakuan

Nomor	Perlakuan	Dosis (ton/ha)
1.	A = Kontrol (pencucian)	-
2.	B = Pencucian + kapur	0,5
3.	C = Pencucian + kapur	2,5
4.	D = Pencucian + kapur	5
5.	E = Pencucian + kompos	5
6.	F = Pencucian + kompos	10
7.	G = Pencucian + kompos	15

3.4 Persiapan Media

Persiapan media dalam penelitian ini yaitu media tanpa tanaman (percobaan inkubasi). Contoh lumpur diambil secara komposit setelah itu dikering udarkan. Kemudian tanah ini dihaluskan dan diayak lolos ayakan 2 mm dan selanjutnya ditimbang setara 3 kg tanah kering oven dan dimasukkan ke dalam polibag yang bawahnya sudah dilubangi dan dialasi dengan kain kasa.

Perlakuan yang diberikan pada media yaitu pemberian kapur dan pemberian kompos dengan dosis yang berbeda-beda. Inkubasi ini digunakan untuk pengambilan sampel analisis sifat kimia tanah khususnya untuk unsur S, Fe, dan Cl. Percobaan inkubasi dilaksanakan selama 30 hari dengan waktu pengamatan yaitu 15 dan 30 hari setelah inkubasi. Denah penelitian disajikan pada Lampiran 1.

3.5 Prosedur Pelaksanaan

Media dalam polibag yang telah diberi perlakuan diletakkan di atas sebuah wadah atau ember sehingga air yang keluar dapat tertampung (Lampiran 2). Selama 1 bulan, lumpur kering (media) di siram dengan air bebas ion setiap hari sebanyak 1 liter. Air yang merembes keluar melalui kasa di polibag ditampung untuk analisa Fe, Cl, dan S begitu juga dengan lumpurnya.

Kandungan hara lumpur lebih didominasi oleh sulfat, besi, dan khlor. Kadar ketiga unsur ini sangat tinggi sehingga berpotensi meracuni bagi tanaman. Oleh sebab itu usaha pertama yang harus dilakukan adalah menurunkan kadar unsur-unsur tersebut. Pengamatan unsur sulfat, besi, dan khlor dilakukan pada 15 dan 30 HSI. Waktu pengamatan didasarkan pada penelitian Suriadikarta dan Hartatik (2004), dimana pengamatan dilakukan setiap 2 minggu.

Untuk analisis Cl digunakan perak nitrat (Lampiran 8) dan untuk uji sulfat digunakan 10 % $BaCl_2$ (Lampiran 9). Analisis dasar lumpur mengacu pada Pribadi, 2006. Prosedur analisis pada lumpur dengan macam analisis lumpur dan air tampungan serta metode yang digunakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Macam Analisa Lumpur dan Air Tampungan serta Metode

No	Macam Analisa	Padatan	Cairan	Metode	Waktu Pengamatan (HSI)
1.	Fe	+	+	Ekstrak DTPA	15 dan 30
2.	Cl	+	+	Argentometri	15 dan 30
3.	S	+	-	Turbidimetri	15 dan 30
4.	pH	+	-	H ₂ O	15 dan 30

Ket : - : tidak analisis

+ : analisis

3.6 Analisis Data Statistik

Data yang diperoleh diuji secara statistik menggunakan anova uji F (5 %) untuk melihat pengaruh antar perlakuan. Bila terdapat pengaruh antar perlakuan dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf 5 %. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antar parameter dengan menggunakan program Excel dan SPSS

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Sulfat

Hasil analisis kadar sulfat (SO_4^{2-}) menunjukkan bahwa pencucian yang disertai dengan pemberian kapur dan kompos mampu menurunkan kadar sulfat lebih besar dibandingkan dengan pencucian saja pada 15 dan 30 HSI (kecuali pada perlakuan B). Pemberian kompos mampu menurunkan kadar sulfat lebih besar bila dibandingkan dengan pemberian kapur. Hasil analisis sidik ragam pada taraf 5% (Lampiran 6) diketahui bahwa kandungan sulfat lumpur mengalami perbedaan nyata dengan faktor perlakuan. Hasil analisa secara keseluruhan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Sulfat (ppm) pada 15 dan 30 HSI

Perlakuan	Kadar awal (ppm)	Sulfat			
		Kadar (ppm)		Penurunan (%)	
		15 HSI	30 HSI	15 HSI	30 HSI
A	243	237 e	142 c	2,6	41,5
B		199 d	142 c	18	41,5
C		132 c	98 b	45,5	59,6
D		125 bc	84 b	48,4	63,4
E		105 ab	99 ab	56,8	59,2
F		98 a	75 ab	59,5	69,3
G		89 a	65 a	62,9	73,3

Ket : Angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%

A= pencucian, B= pencucian + kapur 0,5 ton/ha, C= pencucian + kapur 2,5 ton/ha, D= pencucian + kapur 5 ton/ha, E= pencucian + kompos 5 ton/ha, F= pencucian + kompos 10 ton/ha, G= pencucian + kompos 15 ton/ha.

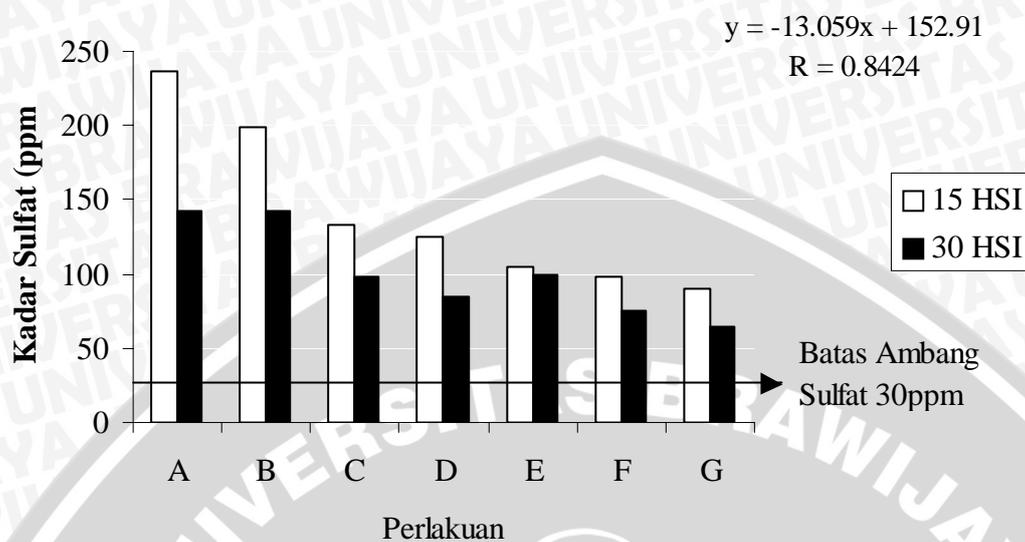
Perlakuan pencucian disertai pemberian kapur dan kompos mampu menurunkan kadar sulfat lebih besar dibandingkan dengan perlakuan pencucian saja. Penurunan kadar sulfat pada perlakuan pencucian terjadi selain karena sulfat yang tercuci juga adanya penguapan gas keudara. Pencucian disertai pemberian kapur mampu menurunkan kadar sulfat karena kapur yang diberikan akan terlarut dalam asam sulfat hasil oksidasi FeS_2 sehingga kalsium terlarut akan tersedia. Menurut Foth (1978), natrium yang dapat dipertukarkan yang merusak akan digantikan oleh kalsium sehingga

terbentuk natrium sulfat dan tercuci keluar dari tanah. Pencucian disertai pemberian kompos juga semakin menurunkan kadar sulfat karena diduga terjadi pengikatan sulfat oleh gugusan positif hasil dekomposisi bahan organik.

Perlakuan kompos lebih baik dibanding dengan perlakuan kapur dalam menurunkan kadar sulfat. Hal ini diduga kapur merupakan unsur yang cepat bereaksi tetapi sangat mudah hilang akibat pencucian sehingga efektifitasnya menurun. Selain itu dosis kapur juga lebih rendah dibandingkan dengan dosis kompos sehingga berpengaruh terhadap pengikatan sulfat. Dosis kompos yang lebih tinggi dibandingkan dengan dosis kapur menyebabkan kemampuan kompos dalam mengikat sulfat juga semakin tinggi.

Perlakuan pencucian disertai pemberian kapur semakin menurunkan kadar sulfat. Semakin tinggi dosis kapur yang diberikan maka kadar sulfat akan semakin rendah. Dalam keadaan kurang O_2 , pirit stabil tetapi perbaikan drainase dapat memperbaiki tata udara sehingga terjadi oksidasi FeS dan FeS_2 menjadi H_2SO_4 . Asam sulfat ini akan melarutkan kalsit ($CaCO_3$) yang telah diberikan untuk menyediakan kalsium terlarut. Menurut Foth (1978), natrium yang dapat dipertukarkan yang rusak akan digantikan oleh kalsium sehingga terbentuk natrium sulfat dan tercuci keluar dari tanah. Maka semakin banyak kapur yang diberikan, natrium sulfat akan semakin banyak dan akan hilang karena tercuci.

Berdasarkan hasil analisis dasar, kadar sulfat lumpur Lapindo sebesar 243 ppm dan termasuk dalam kategori berlebihan. Penurunan kadar sulfat akibat penambahan kompos tidak memberikan pengaruh yang nyata pada perlakuan dosis pada 15 dan 30 HSI. Hal ini diduga kompos yang diberikan lebih efektif untuk menekan besi dan khlor dibandingkan sulfat. Kompos yang terdekomposisi menghasilkan asam-asam humat yang lebih mudah untuk mengikat unsur yang bersifat basa.



Gambar 2. Kadar Sulfat Pada Berbagai Perlakuan

Dari gambar di atas penurunan terbesar terjadi pada perlakuan kompos. Penurunan sulfat ini diduga akibat adanya proses dekomposisi bahan organik yang telah diberikan. Proses dekomposisi ini selain menghasilkan asam-asam humat juga menghasilkan gugusan positif (gugusan amine, amide, dan amino) yang diduga mengikat sulfat sehingga kadar sulfat dalam lumpur berkurang. Di dalam tanah dengan berbagai kondisi maka akan terjadi proses reduksi dan oksidasi dari belerang, yang akan mempengaruhi ketersediaan belerang tanah untuk tanaman. Dalam keadaan reduksi belerang akan diubah menjadi bentuk sulfida yang besar kemungkinannya akan hilang ke udara. Di samping itu dalam keadaan oksidasi belerang dapat hilang akibat pencucian atau difiksasi oleh liat. Maka pemberian kompos dapat mempercepat kehilangan belerang dari lumpur dan didukung dengan pembilasan.

4.1.2 Besi (Fe^{2+})

Besi merupakan salah satu unsur mikro yang sangat penting bagi tanaman. Besi akan bersifat meracun bagi tanaman jika kadarnya lebih dari 1000 ppm. Hasil analisis kadar besi menunjukkan bahwa pencucian yang disertai dengan pemberian kapur dan kompos mampu menurunkan kadar besi lebih besar dibandingkan dengan pencucian

pada 15 dan 30 HSI. Pemberian kompos mampu menurunkan kadar besi lebih besar bila dibandingkan dengan pemberian kapur.

Hasil analisis sidik ragam (Lampiran 6) diketahui bahwa kandungan besi lumpur mengalami perbedaan nyata dengan faktor perlakuan. Kandungan besi pada perlakuan kompos dengan dosis tertinggi berbeda nyata dengan perlakuan dosis lainnya pada 30 HSI. Pada 15 HSI kadar besi tidak berbeda nyata antar perlakuan dosis. Kandungan besi pada perlakuan pemberian kapur dengan dosis tertinggi berbeda nyata dengan perlakuan dosis 0.5 ton/ ha dan perlakuan kontrol. Hasil analisis kadar besi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar Besi (ppm) pada 15 dan 30 HSI

Perlakuan	Kadar awal (ppm)	Besi			
		Kadar (ppm)		Penurunan (%)	
		15 HSI	30 HSI	15 HSI	30 HSI
A	1149	695 d	405 g	39,5	64,7
B		550 c	334 f	52	70,9
C		530 c	306 e	53,9	73,4
D		363 b	237 d	68,4	79,4
E		212 a	181 c	81,6	84,2
F		194 a	167 b	83,1	85,5
G		187 a	146 a	83,7	87,3

Ket : Angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%

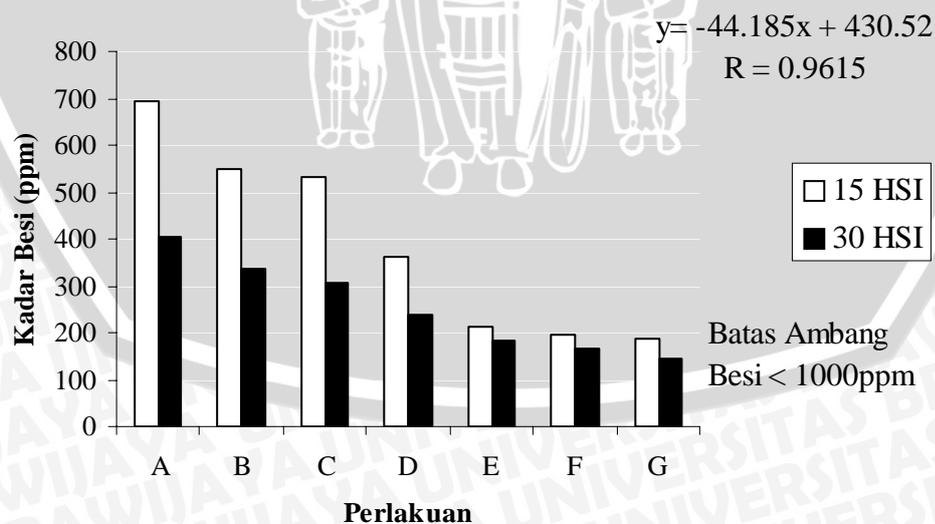
A= pencucian, B= pencucian + kapur 0,5 ton/ha, C= pencucian + kapur 2,5 ton/ha, D= pencucian + kapur 5 ton/ha, E= pencucian + kompos 5 ton/ha, F= pencucian + kompos 10 ton/ha, G= pencucian + kompos 15 ton/ha.

Hasil analisis kadar besi (Fe) menunjukkan bahwa perlakuan pencucian disertai pemberian kapur dan kompos mampu menurunkan kadar besi lebih besar dibandingkan dengan perlakuan pencucian saja. Perlakuan pencucian (kontrol) dapat mengurangi pengaruh keracunan besi karena pencucian dapat menurunkan kelarutan besi fero dan memperbaiki aerasi tanah sehingga ketersediaan beberapa unsur hara meningkat dan perkembangan perakaran menjadi lebih baik (Suriadikarta dan Hartatik, 2004). Namun pencucian juga dapat menyebabkan tercucinya beberapa unsur hara lain yang mungkin dibutuhkan oleh tanaman. Pemberian kapur dan kompos lebih baik dalam menurunkan

kadar besi karena kedua bahan tersebut mempunyai kemampuan dalam menekan besi yang bersifat meracun.

Perlakuan pencucian disertai pemberian kompos menurunkan kadar besi lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan pencucian disertai pemberian kapur. Dekomposisi bahan organik mempunyai kemampuan membentuk bahan khelat dengan besi. Dosis kompos yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan dosis kapur menyebabkan kemampuan kompos dalam mengkhelat besi juga lebih tinggi. Selain itu kapur yang diberikan diduga ikut hilang akibat tercuci terbawa air bilasan sehingga kemampuan nya menjerap besi berkurang.

Perlakuan pencucian disertai pemberian kapur memberikan pengaruh yang nyata terhadap perlakuan dosis. Semakin tinggi dosis kapur yang diberikan maka kadar besi pada lumpur semakin menurun. Penambahan kapur dapat mengubah suasana fisiologis yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Menurut Sarief (1989) pengapuran akan meningkatkan kehidupan jasad renik dan unsur hara makro menjadi lebih tersedia bagi tanaman. Pengapuran juga menyebabkan absorpsi unsur-unsur Ca^{2+} akan meningkat dan pada waktu bersamaan konsentrasi Fe^{2+} yang mencapai konsentrasi meracun akan menurun secara nyata.



Gambar 3. Kadar Besi (Fe) Pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan dengan kompos menunjukkan hasil yang lebih baik jika dibanding dengan perlakuan kapur (Gambar 3). Pada perlakuan baik E,F, dan G semuanya menunjukkan penurunan kadar besi yang signifikan pada 30 HSI. Pada 15 HSI kadar besi tidak berbeda nyata diduga karena bahan organik yang diberikan membutuhkan waktu dalam proses penguraian sehingga kemampuan mengkhelat besi juga masih sedikit. Bahan organik yang telah diberikan ke tanah membentuk ikatan dengan klor, sulfat dan besi. Bahan organik mengalami dekomposisi menjadi asam humat atau asam-asam lain yang dapat melarutkan Fe^{2+} dan Al^{3+} . Diduga asam-asam hasil dekomposisi membentuk kompleks yang stabil dengan Fe^{2+} . Pengkhelatan sangat diperlukan selain untuk meningkatkan Fe^{2+} terlarut juga untuk meningkatkan Fe^{2+} yang terbawa difusi dan aliran massa. Semakin banyak kompos yang diberikan maka semakin banyak terjadi pengikatan antara senyawa organik dengan besi pada lumpur.

4.1.3 Khlor (Cl^-)

Khlor diserap akar dalam bentuk Cl^- dan dapat juga diserap lewat daun. Unsur ini bersifat meracun jika berlebihan di dalam tanah karena merupakan anion yang banyak mengundang basa-basa. Hasil analisis kadar khlor menunjukkan bahwa pencucian yang disertai dengan pemberian kapur dan kompos mampu menurunkan kadar khlor lebih besar dibandingkan dengan pencucian pada 15 dan 30 HSI. Pemberian kompos mampu menurunkan kadar khlor lebih besar bila dibandingkan dengan pemberian kapur. Hasil penelitian khlor pada lumpur menunjukkan perbedaan nyata antar masing-masing perlakuan. Hasil analisis sidik ragam (Lampiran 6) diketahui bahwa kandungan khlor lumpur mengalami perbedaan nyata dengan faktor perlakuan. Hasil analisis kadar khlor dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kadar Khlor (Cl⁻) pada 15 dan 30 HSI

Perlakuan	Kadar awal (ppm)	Khlor			
		Kadar (ppm)		Penurunan(%)	
		15 HSI	30 HSI	15 HSI	30 HSI
A	17180	9546 g	4584 g	44,4	73,3
B		8679 f	4075 f	49,5	76,3
C		8376 e	3666 e	51,2	78,7
D		7378 d	2798 d	57,1	83,7
E		3185 b	1038 b	81,5	94
F		2651 a	859 a	84,6	95
G		4479 c	2032 c	73,9	88,2

Ket : Angka yang didampangi dengan huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%

A= pencucian, B= pencucian + kapur 0,5 ton/ha, C= pencucian + kapur 2,5 ton/ha, D= pencucian + kapur 5 ton/ha, E= pencucian + kompos 5 ton/ha, F= pencucian + kompos 10 ton/ha, G= pencucian + kompos 15 ton/ha.

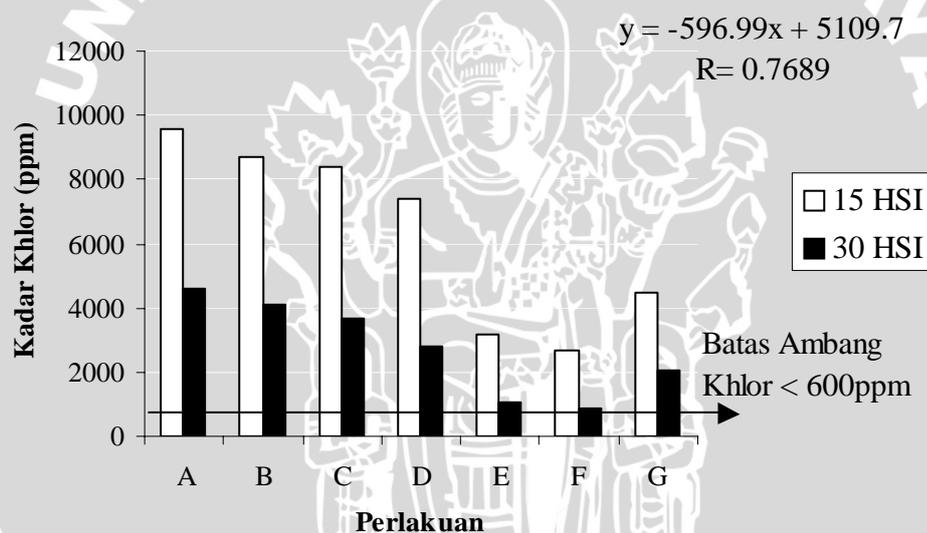
Perlakuan pencucian disertai pemberian kapur dan kompos mampu menurunkan kadar khlor lebih besar jika dibandingkan dengan perlakuan pencucian saja. Pada perlakuan pencucian khlor hilang akibat terbawa air drainase sehingga kadarnya dalam lumpur menurun. Pemberian kapur dan kompos mampu menurunkan kadar khlor lebih besar karena adanya pengikatan khlor oleh Ca²⁺ untuk perlakuan kapur, dan pengikatan khlor oleh gugusan positif hasil dekomposisi kompos.

Pemberian kompos mampu menurunkan kadar khlor lebih baik jika dibandingkan dengan pemberian kapur. Selain perbedaan dosis yang diberikan, kapur merupakan unsur yang mudah sekali hilang sehingga yang tertinggal dalam lumpur hanya sedikit. Jumlah yang sedikit menyebabkan efektifitas kapur dalam mengikat khlor juga sangat terbatas.

Perlakuan pencucian disertai dengan pemberian kapur menunjukkan perbedaan yang nyata pada perlakuan dosis. Pemberian kapur ini akan meningkatkan ketersediaan Ca²⁺ dalam lumpur. Peningkatan Ca²⁺ menyebabkan banyak Cl⁻ yang diikat oleh Ca²⁺ dan sebagian lagi ikut keluar bersama air pembilasan sehingga kadar Cl⁻ dalam lumpur mengalami penurunan. Menurut Kuswandi (2005), semakin lama dari saat pemberian

kapur, pH tanah akan berangsur-angsur menurun karena kompleks koloid tanah kehilangan basa-basanya.

Penurunan kadar khlor dengan perlakuan penambahan kompos memberikan pengaruh yang nyata. Kadar khlor menurun hampir 15.000 ppm untuk perlakuan dosis kompos 10 ton/ha. Penurunan khlor ini diduga karena adanya pengikatan Cl^- oleh asam-asam organik hasil dekomposisi bahan organik yang diberikan. Pemberian kompos menurunkan kadar khlor lebih besar dibandingkan dengan pemberian kapur. Hal ini diduga karena kapur lebih mudah hilang akibat tercuci oleh air sehingga kemampuan mengikat Cl^- kurang efektif.



Gambar 4. Kadar Khlor (Cl^-) Pada Berbagai Perlakuan

Pola yang terlihat pada gambar di atas menunjukkan bahwa kadar khlor lumpur mengalami penurunan terbesar pada perlakuan dosis kompos 10 ton/ha. Kompos yang diberikan pada lumpur mengalami dekomposisi dimana hasilnya adalah selain asam-asam juga gugusan amine, amide, dan amino. Gugusan positif ini membentuk ikatan dengan Cl^- sehingga kadarnya menurun.

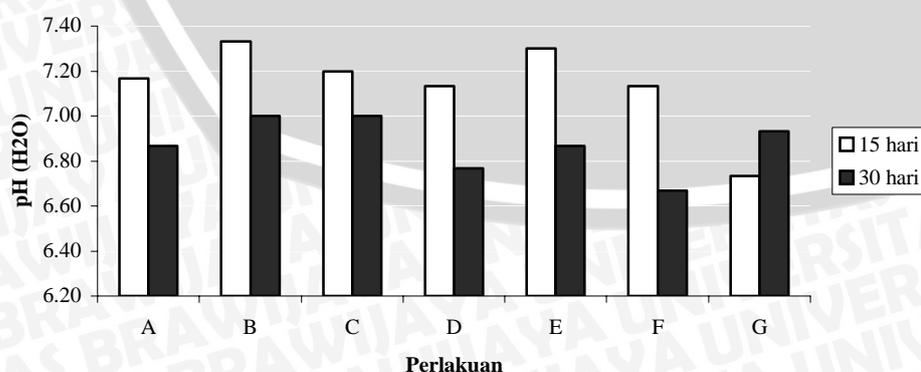
Pada dosis kompos maksimum (15 ton/ha) khlor menurun tetapi masih lebih besar daripada perlakuan kompos 10 ton/ha. Hal ini diduga karena pemberian kompos dengan dosis 15 ton/ha menghasilkan asam humat yang relatif banyak. Asam-asam ini

tidak hanya mengikat Cl^- saja tetapi lebih banyak membentuk khelasi dengan Fe^{2+} . Menurut Abubakar *et al.*(2002) senyawa humat ini mempunyai kemampuan mengikat Al^{3+} dan Fe^{2+} (sebagai sumber kemasaman tanah) dari kompleks jerapan tanah sehingga aktifitas ion Al dan Fe menurun. Hal ini menyebabkan masih banyaknya Cl^- yang bebas dalam lumpur sehingga kadarnya masih tetap tinggi meskipun sudah tercuci. Diduga semakin tinggi dosis kompos (15 ton/ha) maka senyawa humat yang dihasilkan semakin banyak dan lebih cenderung membentuk khelasi dengan Fe^{2+} dan Al^{3+} dibanding dengan Cl^- .

Kuswandi (2005) menegaskan bahwa pemberian pupuk organik sebanyak 10 ton/ha dapat menaikkan daya serap dan daya menahan air sehingga lambat laun basa-basa berkurang. Air yang masuk ke dalam lumpur lebih cepat terserap dan cenderung tinggal didalam lumpur lebih lama sehingga ketika air ini tercuci keluar basa-basa utamanya Cl^- lebih banyak ikut tercuci pula. Hal ini menyebabkan kandungan Cl^- pada lumpur semakin menurun jika terus menerus dicuci.

4.1.4 pH (H_2O) Lumpur

Kemasaman tanah merupakan nilai yang menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam larutan tanah. Kemasaman tanah sangat penting karena erat kaitannya dengan ketersediaan unsur hara dalam tanah dimana tanaman membutuhkannya dalam jumlah tertentu untuk tumbuh, berkembang dan bertahan terhadap penyakit. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa semua perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pH lumpur pada 30 HSI.



Gambar 5. Nilai pH Lumpur pada berbagai perlakuan

Pemberian kapur sebanyak 0,5 ton/ha cenderung menyebabkan pH (H_2O) meningkat menjadi 7,3 dan cenderung lebih tinggi dibanding perlakuan lain. Penambahan dosis kapur semakin menurunkan pH lumpur begitu juga dengan perlakuan kompos. Nilai pH lumpur ini lebih dipengaruhi oleh basa-basa yang terkandung dalam lumpur.

Nilai awal pH lumpur ini yaitu 7,8 dan termasuk dalam kategori agak basa. Lumpur ini bisa digolongkan bersifat alkalin karena $pH > 7$. Dalam kisaran pH ini (>7) kandungan karbondioksida atmosfer tanah akan sangat berpengaruh. Peningkatan kandungan CO_2 dalam larutan tanah umumnya akan menghasilkan penurunan pH tanah. Kissel *et al.*(1997) menyatakan bahwa hasil peningkatan CO_2 dalam tanah adalah peningkatan dalam asam karbonat yang pada gilirannya meningkatkan H^+ dalam tanah. Hasil akhir peningkatan CO_2 adalah peningkatan dalam Ca^{2+} dan HCO_3^- dalam larutan tanah dan juga penurunan pH.

Pemberian kapur diduga menyebabkan terusirnya basa-basa lumpur sehingga pH lumpur menurun. Hal ini sesuai dengan Kuswandi (2005) bahwa semakin lama dari saat pemberian kapur pH tanah akan berangsur-angsur menurun karena kompleks koloid tanah kehilangan basa-basanya. Faktor lain yang menyebabkan penurunan pH yaitu adanya penambahan bahan organik berupa kompos. Dekomposisi bahan organik menghasilkan asam organik yang mampu menyumbangkan ion hidrogen sebagai sumber kemasaman tanah sehingga pH tanah menurun. Hal ini sejalan dengan Foth (1978) bahwa aktivitas respirasi mikroorganisme dan proses perombakan bahan organik menghasilkan asam-asam organik dan H_2CO_3 yang menyebabkan pH tanah menurun. Kandungan belerang yang tinggi pada lumpur juga berpengaruh terhadap pH lumpur itu sendiri. Hakim (1986) menegaskan bahwa setiap oksidasi dari sulfida menjadi sulfat selalu akan menghasilkan dua atom hidrogen dan dapat menurunkan pH tanah menjadi lebih rendah.

4.1.5 Air Bilasan

Air hasil penyiraman selama 15 dan 30 HSI yang telah ditampung tentunya akan banyak mengandung ion-ion yang mudah tercuci diantaranya adalah Cl^- dan juga Fe^{2+} .

Hasil penelitian kadar khlor dan besi pada air bilasan menunjukkan perbedaan nyata antar masing-masing perlakuan. Hasil analisis kadar khlor dan besi pada air bilasan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kadar Khlor (Cl) dan Besi (Fe^{2+}) Air Bilasan pada 15 dan 30 HSI

Perlakuan	Besi		Khlor	
	15 HSI (ppm)	30 HSI (ppm)	15 HSI (ppm)	30 HSI (ppm)
A	172 a	385 a	1393 d	2556 e
B	363 b	472 b	851 c	1527 c
C	380 b	604 c	719 b	1515 c
D	446 c	673 d	391 a	1124 b
E	498 d	729 e	337 a	1183 b
F	516 d	743 f	373 a	852 a
G	523 d	764 g	657 b	1802 d

Ket : Angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%
 A= pencucian, B= pencucian + kapur 0,5 ton/ha, C= pencucian + kapur 2,5 ton/ha, D= pencucian + kapur 5 ton/ha, E= pencucian + kompos 5 ton/ha, F= pencucian + kompos 10 ton/ha, G= pencucian + kompos 15 ton/ha.

Kandungan besi pada air bilasan semakin meningkat dari hari ke hari. Kandungan besi pada air bilasan tertinggi terdapat pada perlakuan kompos dosis tertinggi yaitu 15 ton/ha. Hasil ini menunjukkan kesesuaian dengan kadar besi yang tertinggal pada lumpur dimana kadar besi terendah juga pada perlakuan G (kompos 15 ton/ha). Jumlah kadar besi lumpur dengan kadar besi air bilasan memiliki selisih jika dibandingkan dengan kadar awal besi pada lumpur. Hal ini diduga selisih tersebut akibat sebagian kecil besi masih membentuk ikatan dengan sulfat dalam bentuk pirit.

Kandungan khlor pada air bilasan semakin menurun untuk berbagai perlakuan. Padahal khlor merupakan salah satu ion yang sangat mobil dan mudah terlindi akibat pencucian. Pada perlakuan kompos kadar khlor air bilasan sangat sedikit meskipun kandungan khlor lumpur mengalami penurunan. Khlor pada lumpur diduga terikat oleh asam-asam hasil dekomposisi kompos dan dengan partikel liat lumpur. Bohn (2001) menegaskan meskipun khlor merupakan unsur yang mudah tercuci tetapi kandungan

khlor pada tanah akan tinggi karena tanah tidak mudah untuk melepaskan khlor. Menurut Hakim (1986) reaksi-reaksi yang terjadi antara bahan organik dengan unsur mikro dapat membentuk senyawa sintetis yang disebut khelat.

4.2. Hubungan Ketersediaan Unsur S, Fe, dan Cl pada Lumpur Lapindo

Korelasi pH lumpur menunjukkan hubungan yang positif dan tidak nyata terhadap besi ($r = 0,380$), khlor ($r = 0,252$), dan sulfat ($r = 0,365$). Peningkatan sulfat, khlor dan besi pada lumpur tidak mempengaruhi secara nyata pH lumpur. Hal ini dikarenakan pH lumpur lebih banyak dipengaruhi oleh kandungan basa-basa, utamanya garam-garam terlarut.

Lumpur Lapindo mempunyai kandungan hara mirip dengan tanah salin dimana kadar basa-basa dapat dipertukarkan sangat tinggi dan bereaksi alkalis. Menurut Bohn (2001) pada tanah yang kaya akan Al^{3+} dan Fe^{2+} , retensi anion oleh sulfat dan fosfat semakin meningkat. Syekhfani (1994) juga menjelaskan bahwa ion sulfat di dalam tanah akan dijerap secara spesifik oleh hidroksida-oksida Al atau Fe. Lumpur Lapindo ini menurut Pribadi (2006) lebih didominasi oleh garam terlarut yang cukup tinggi. Garam terlarut ini terdiri terutama atas klorida, sulfat dan kadang-kadang nitrat. Garam ini bisa dihilangkan dengan mengalirkan air secukupnya agar garam-garam tersebut tercuci ke lapisan tanah yang lebih dalam.

Korelasi antara kandungan besi pada air bilasan dengan besi lumpur menunjukkan pengaruh yang nyata dan bernilai negatif ($r = -0,946^{**}$). Dengan menurunnya kadar besi pada lumpur Lapindo maka akan terjadi peningkatan kadar besi pada air bilasan lumpur. Hal ini diduga sebagian kecil besi dalam lumpur ikut tercuci dan sebagian lagi membentuk khelat dengan bahan organik. Terdapat korelasi negatif dan berpengaruh nyata antara besi air bilasan dengan sulfat ($r = -0,840^{**}$) dan khlor ($r = -0,932^{**}$) pada lumpur. Kadar khlor pada lumpur menurun karena ikut tercuci dan adanya pengikatan oleh Ca^{2+} atau oleh gugusan positif hasil dekomposisi bahan organik. Sulfat lumpur juga menurun bisa karena ikut tercuci, menguap atau terikat oleh senyawa organik.

Kandungan khlor pada air bilasan berkorelasi positif dan nyata terhadap besi ($r = 0,830^{**}$), sulfat ($r = 0,849^{**}$) dan khlor ($r = 0,738^{**}$) pada lumpur. Semakin tinggi

khlor pada lumpur maka kadar khlor air bilasan juga tinggi. Hal ini diduga khlor pada lumpur masih terikat oleh gugusan positif senyawa organis dan juga pengikatan khlor (Cl^-) oleh kapur (Ca^{2+}) sehingga kadar khlor masih tinggi. Begitu pula dengan sulfat dimana sulfat juga diikat oleh senyawa organik sehingga kadar sulfat masih tinggi. Anion-anion seperti Cl^- dan SO_4^{2-} kadarnya masih tinggi diduga karena adanya mikroorganisme dalam lumpur. Menurut Sarief (1989) anion tersebut merupakan bahan makanan mikroorganisme yang kemudian akan dilepaskan secara bertahap pada waktu jasad renik tersebut mati. Dengan demikian anion tersebut tidak mudah tercuci atau hilang akibat pencucian. Kadar besi tinggi maka kadar khlor air bilasan juga tinggi. Khlor merupakan ion yang mudah tercuci dibanding dengan besi, sehingga khlor yang ikut tercuci juga tinggi.

Kandungan khlor pada air bilasan berkorelasi negatif dan nyata terhadap kadar besi pada air bilasan. Banyaknya khlor pada air bilasan menyebabkan kadar besi air bilasan menurun. Cl^- merupakan anion yang relatif tidak begitu kuat dipegang atau dijerap oleh koloid liat dibanding Fe^{2+} . Anion-anion seperti Cl^- dan SO_4^{2-} dengan cepat larut dalam air tanah sehingga kemungkinan hilang tercuci juga lebih cepat dibanding dengan Fe (Sarief, 1989).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh pencucian, pengapuran dan pengomposan unsur hara sulfat, besi, dan khlor pada Lumpur Lapindo dapat disimpulkan bahwa :

- a. Semua perlakuan yaitu pencucian, pencucian + kapur, pencucian +kompos masing-masing memberi pengaruh yang nyata terhadap kadar sulfat, besi, dan khlor pada Lumpur Lapindo tetapi tidak berpengaruh secara nyata pada pH lumpur.
- b. Perlakuan pencucian saja dapat menurunkan kadar sulfat sebesar 41,5%, besi 64,7% dan khlor 73,3%.
- c. Semakin tinggi dosis kapur maka kadar sulfat, besi, dan khlor pada Lumpur Lapindo semakin menurun yaitu sulfat sebesar 63,4%, besi 79,4%, dan khlor 83,7%.
- d. Pemberian kompos merupakan cara yang paling efektif untuk menurunkan kadar unsur sulfat, besi, dan khlor dengan dosis 10 ton/ha.
- e. Semakin tinggi dosis kompos maka kadar sulfat dan besi pada Lumpur Lapindo semakin menurun yaitu sebesar 73,3 % dan 87,3%.

5.2 Saran

Perlu penambahan parameter pengamatan yaitu parameter tanaman dan penelitian lanjutan dengan menggunakan lumpur yang masih cair. Dosis kapur perlu ditambahkan lagi agar lebih efektif dalam menekan kadar unsur sulfat, besi dan khlor pada lumpur.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, M., Budiono, M dan Utomo. 2002. *Pengaruh Residu Tanaman Legum dan Kapur Terhadap Sifat Kimia Tanah, Mineralisasi Nitrogen dan Produksi Tanaman Jagung pada Tanah Ultisol*. Jurnal Penelitian Pertanian Agrin Vol (6) No.12 p: 58-67
- Anonymous. 2006. *Unsur Hara Mikro yang dibutuhkan Tanaman*. www.nasih.staff.ugm.ac.id/pnt3404/4, diakses tanggal 20-10-2006
- Apriadi, W. 1992. *Memproses Sampah*. Penebar Swadaya, Jakarta
- Bohn, L. Hinrich. 2001. *Soil Chemistry*, 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc, New York
- Brady, N. C. 1990. *The Nature and Properties of Soil*, 10th ed. MacMillan, New York
- Eviati., Sulaeman, Suparto. 2005. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Dept. Pertanian, Bogor
- Foth, H. D. 1978. *Fundamentals of Soil Science*. John Wiley & Sons, New York
- Gaskell, M., R. Smith, J. Mitchell, S. T. Koike, C. Fouche, T. Hartz, W. Horwath, L. Jackson. 2007. *Soil Fertility Management for Organic Crops*. www.sfc.ucdavis.edu. diakses tanggal 29-06-2007
- Hakim. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung, Lampung
- Kissel, E. David., D. H. Sander, R. Ellis, Jr. 1997. *Interaksi Pupuk-Tanaman pada Tanah-Tanah Alkalin*. In *Teknologi dan Penggunaan Pupuk*, (Eds Engelstad O.P.) (Transl. Didiek Hadjar Goenadi), p.228-279. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Kuswandi. 2005. *Pengapuran Tanah Pertanian*. Kanisius, Yogyakarta
- Maas, Azwar . 2006. *Rehabilitasi Tanah Yang Tertimbun Lumpur*. www.nasih.staff.ugm.ac.id/soils/rt.htm, diakses tanggal 11-09-2006
- Noor, M., A. Azwar, T. Notohadikusumo. 2005. *Pengaruh Pelindian dan Ameliorasi terhadap Pertumbuhan Padi di Tanah Sulfat Masam Kalimantan*. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan Vol 5 (2) p: 38-54
- Notodarmojo, Suprihanto. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. ITB, Bandung

- Prasetyo, B. H. 2003. *Characteristic of Rice Soil from The Tidal Flat Area of Musi, Banyuasin, South Sumatra.* <http://clic.Cses.Vt.Edu/icomanth/20-sulfidic material>. Diakses tanggal 1-11-2006
- Pribadi, Dody Wisnu. 2006. *Memandang Lumpur Bukan Suatu Bencana.* www.kompas.co.id/kompas-cetak/0607/17/Fokus/2810219.htm. diakses tanggal 25-08-2006
- Sarief, Saifuddin. 1989. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian.* Pustaka Buana, Bandung
- Suriadikarta dan Hartatik. 2004. *Teknologi Lahan Sawah Bukaian Baru.* Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor
- Sutanto, R. 1992. *Penerapan Pertanian Organik Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan.* Kanisius, Yogyakarta
- Syekhfani. 1994. *Kesuburan Tanah.* Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya, Malang
- Syukur, A., dan N. Indah M. 2006. *Kajian Pengaruh Pemberian Macam Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jahe di Inceptisol, Karanganyar.* Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan Vol 6 (2) p: 124-131
- Tan, Kim H. 1998. *Dasar-Dasar Kimia Tanah.* Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tisdale, T.L., J.L. Havlin, J.D. Beaton, and W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizer : An Introduction to Nutrient Mnagement.* 6th Edition. Prentice Hall. New Jersey