UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBARAN PENGESAHAN ii
LEMBARAN PERNYATAAN iii
HALAMAN UNGKAPAN HATI iv
HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR LAMPIRAN xx
INTISARI xxi
ABSTRACT xxii
I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Permasalahan Penelitian 5
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Manfaat Penelitian 7
1.5 Keaslian Penelitian 7
II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 9
2.1 Tinjauan Pustaka 9
2.1.1 Pembentukan tanah 9
2.1.2 Perkembangan perubahan sifat kimia tanah reklamasi tambang. 11
2.1.3 Proses pembentukan deposit batubara 15
2.1.4 Pembentukan pirit dan kemasaman tanah 16
2.1.5 Metode penambangan terbuka dan regulasi penanganan pasca tambang 18
2.1.6 Potensi batubara, biochar, senyawa humat sebagai amelioran tanah reklamasi tambang batubara 19
2.1.7 Revegetasi lahan reklamasi tambang batubara 24
2.2 Landasan Teori 25
2.3 Hipotesis 27
III. METODE PENELITIAN 28
3.1 Penelitian I “Genesis tanah yang berkembang di atas lapisan batubara” 29

UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.1.1 Bahan dan alat penelitian I..... 29
3.1.2 Waktu dan tempat penelitian I…….. 29
3.1.3 Prosedur penelitian I…….. 29
3.1.3.1 Persiapan survei untuk penelitian I…… 29
3.1.3.2 Pelaksanaan survei pendahuluan untuk penelitian I….. 30
3.1.3.3 Pelaksanaan survei utama untuk penelitian I…….. 30
3.1.3.4 Parameter dan metode analisis laboratorium untuk penelitian I..... 32
3.2 Penelitian II" Dinamika sifat tanah reklamasi pasca tambang batubara terbuka"……... 33
3.2.1 Bahan dan alat penelitian II..... 33
3.2.2 Waktu dan tempat penelitian II…… 34
3.2.3 Prosedur penelitian II…… 34
3.2.3.1 Persiapan survei untuk penelitian II…… 34
3.2.3.2 Pelaksanaan survei pendahuluan untuk penelitian II..... 34
3.2.3.3 Pelaksanaan survei utama untuk penelitian II……..... 34
3.2.3.4 Parameter dan metode analisis laboratorium untuk penelitian II..... 35
3.3 Penelitian III "Model kolom reklamasi untuk penurunan kemasaman tanah pada lahan pasca tambang"…… 35
3.3.1 Bahan dan alat penelitian III…….. …….. 35
3.3.2 Waktu dan tempat penelitian III…… 36
3.3.3 Prosedur penelitian III……. 36
3.3.3.1 Pelaksanaan Penelitian III……..... 39
3.3.4 Parameter dan metode analisis laboratorium untuk penelitian III 40
3.4 Analisis dan Interpretasi data ……. 40
3.4.1 Penelitian I …….. 40
3.4.2 Penelitian II…….. 40
3.4.3 Penelitian III …… 41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN…….. 42
4.1 Genesis Tanah yang Berkembang di Atas Lapisan Batubara…… 42
4.1.1 Deskripsi umum lokasi penelitian…….. 42
4.1.1.1 Curah hujan, suhu udara dan suhu tanah wilayah penelitian……..... 44
4.1.1.2 Vegetasi lokasi penelitian……. 46
4.1.1.3 Geomorfologi dan geologi lokasi penelitian……... 46
4.1.2 Ciri morfologi warna tanah ……..... 49

UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.1.2.1 Kenampakan morfologi dan warna tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara…… 49

4.1.2.2 Kenampakan morfologi dan warna tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara……..... 52

4.1.2.3 Kenampakan morfologi dan warna tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)……... 55

4.1.3 Ciri morfologi tekstur, struktur, konsistensi, dan batas horison…. 57

4.1.3.1 Ciri morfologi tekstur, struktur, konsistensi, dan batas horison tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara …….. 57

4.1.3.2 Ciri morfologi tekstur, struktur, konsistensi, dan batas horison tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara…… 58

4.1.3.3 Ciri morfologi tekstur, struktur, konsistensi, dan batas horison tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)…….. 59

4.1.4 Distribusi ukuran partikel tanah ……. 60

4.1.4.1 Distribusi ukuran partikel tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara……. 60

4.1.4.2 Sifat distribusi ukuran partikel tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara……... 64

4.1.4.3 Sifat distribusi ukuran partikel tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)…… 67

4.1.5 Sifat Kimia Tanah ……. 69

4.1.5.1 Nilai pH H_2O, pH KCl, kation masam dan basa tertukar tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara ……..... 69

4.1.5.2 Nilai pH H_2O, pH KCl, kation masam dan basa tertukar tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara …… 74

4.1.5.3 Nilai pH H_2O, pH KCl, kation masam dan basa tertukar tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)…… 80

4.1.5.4 Nilai KPK, C-org, Nitrogen, C/N, HA, FA, P_2O_5 dan K_2O tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara …….. 83

UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.1.5.5 Nilai KPK, C-org, Nitrogen, C/N, HA, FA, P_2O_5 dan K_2O tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara……. 90

4.1.5.6 Nilai KPK, C-org, Nitrogen, C/N, HA, FA, P_2O_5 dan K_2O tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol) ……... 98

4.1.5.7 Nilai pH H_2O_2, kandungan S, Fe, Al, Si, dan *pyrite* tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara …… 105

4.1.5.8 Nilai pH H_2O_2, S, Fe, Al, Si, dan *pyrite* tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara ……. 109

4.1.5.9 Nilai pH H_2O_2, kandungan S, Fe, Al, Si, dan *pyrite* tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)…… 114

4.1.6 Sifat mineralogi tanah …….. 118

4.1.6.1 Sifat mineralogi tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara ……. 118

4.1.6.2 Sifat mineralogi tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara ……. 144

4.1.6.3 Sifat mineralogi tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)……..... 163

4.1.7 Klasifikasi tanah yang berkembang di atas lapisan batubara…… 172

4.2. Perubahan Sifat Tanah Reklamasi Pasca Penambangan Batubara Terbuka ……... 180

4.2.1 Deskripsi umum lokasi penelitian pada tanah reklamasi……..... 180

4.2.2 Ciri dan dinamika morfologi tanah reklamasi tambang batubara……. 183

4.2.3 Sifat fisika lapisan permukaan tanah reklamasi tambang batubara……. 187

4.2.3.1 Agregat terbentuk dan stabilitas agregat tanah…….. 187

4.2.3.2 *Bulk density* tanah (BD)……... 189

4.2.3.3 Permeabilitas dan kapasitas infiltrasi tanah……. 189

4.2.4 Dinamika sifat kimia tanah reklamasi tambang batubara……. 191

4.2.4.1 Dinamika pH H_2O, pH KCl, kemasaman total, kation masam dan basa dapat tertukar……... 191

4.2.4.2 Dinamika nilai pH H_2O_2, kandungan Fe, S, *pyrite*, dan SO_4 larut, dan potensial redoks …… 204

4.2.4.3 Dinamika KPK, C-organik, N-total, C/N, asam humat 214

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dan fulvat, P_2O_5 dan K_2O total……...

4.3. Model Kolom Reklamasi untuk Penurunan Kemasaman Tanah Pada Lahan Pasca Penambangan Batubara Terbuka……. 240

4.3.1 Karakteristik dasar bahan pembentuk tanah penyusun model kolom reklamasi…… 240

4.3.2 Sifat kimia dan struktur permukaan bahan amelioran (batubara dan biochar)…… 243

4.3.3 Kemasaman dan sifat kimia tanah tertentu pada masing-masing model kolom reklamasi…….. 245

4.3.4 Serapan Al dan Fe oleh akar dan daun serta pertumbuhan tanaman jagung pada model kolom reklamasi yang dicobakan…….. 255

V. KESIMPULAN DAN SARAN…….. 258

5.1. Kesimpulan…… 258

5.2. Saran……... 258

DAFTAR PUSTAKA …… 259

LAMPIRAN……... 275

UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Hal.
1.	Perubahan tanah dan proses pembentukan tanah: hubungannya dengan skala spasial dan temporal, dan usulan indikator untuk mengenalinya (MacEwan and Fitzpatrick, 1996)……..	11
2.	Ringkasan peraturan sistem operasional penambangan tentang penanganan overburden dari pertambangan batubara permukaan (Chang, 1985)…….	19
3.	Hasil analisis kimia biochar cangkang kelapa sawit (Endriani et al., 2013)…….....	20
4.	Nilai pH tanah setelah 2 tahun pemberian biosolid (Griebel et al., 1979 cit. Castello, 2003)……	21
5	Substansi humat, kandungan gugus fungsional karboksilat dan kelompok fenolat dan nilai-nilai CEC dari sampel bongkahan batubara dan sampel campuran tanah dengan batubara dari Yunani (Giannouli et al., 2009) ……	22
6.	Pengaruh kemasaman terhadap rata-rata luas daun (LDA) dan berat daun (BDS) (Boer *et al*., 2011)……..	24
7.	Klasifikasi cakupan bahan induk untuk tujuan pedologik (Gray dan Murphy, 2002)…….	27
8.	Parameter fisika, kimia, mineralogi tanah dan mineralogi batuan/bahan induk dan metode analisis laboratorium yang digunakan untuk penelitian I…….	33
9.	Parameter fisika, dan kimia tanah dan metode analisis laboratorium yang digunakan untuk penelitian II……..	35
10.	Parameter kimia tanah dan pertumbuhan tanaman dan serta metode analisis dan pengukuran yang digunakan pada penelitian III……	40
11.	Data curah hujan bulanan selama 10 tahun di wilayah penelitian periode pengamatan tahun 2001-2010……...	44
12.	Data suhu udara dan tanah rerata bulanan selama 10 tahun di wilayah penelitian periode pengamatan tahun 2001-2010 …….	45
13.	Ciri morfologi tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara…….	51
14.	Ciri morfologi tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara….	54
15.	Ciri morfologi tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)……..	56
16.	Distribusi ukuran partikel tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara……	62
17.	Distribusi ukuran partikel tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas	65

UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

lapisan batubara…….

18. Distribusi ukuran partikel tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)……. 67

19. Nilai pH H_2O, pH KCl, Kation masam dan basa tertukar tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara……..... 70

20. Nilai pH H_2O, pH KCl, dan Kation masam dan basa yang dapat dipertukarkan tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara … 75

21. Nilai pH H_2O, pH KCl, Kation masam dan basa dapat tukar tanah yang berkembang dan dibawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)……. 80

22. Nilai KPK, C-organik, Nitrogen, C/N, asam humat, asam fulvat, P_2O_5 dan K_2O tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara……. 84

23. Nilai KPK, C-org, Nitrogen, C/N, asam humat, asam fulvat, P_2O_5 dan K_2O tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara……... 92

24. Nilai KPK, C-org, Nitrogen, C/N, asam humat, asam fulvat, P_2O_5 dan K_2O tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)…….. 98

25. Nilai pH H_2O_2, kandungan S, Fe, Al, Si, dan *pyrite* tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara …….. 106

26. Nilai pH H_2O_2, S, Fe, Al, Si, dan *pyrite* tanah yang berkembang dan horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara ……..... 111

27. Nilai pH H_2O_2, potensial redoks, kandungan S, Fe, Al, Si, dan *pyrite* tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)…… 114

28. Kandungan dan jenis mineral fraksi pasir total tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara …….. 118

29. Kandungan dan jenis mineral lempung tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara ….. 126

30. Kandungan dan jenis mineral fraksi pasir total tanah yang horison terbawahnya tidak berbatas langsung dengan lapisan batubara…… 144

31. Kandungan dan jenis mineral lempung tanah yang horison terbawahnya tidak berbatas langsung dengan lapisan batubara ….. 151

32. Kandungan dan jenis mineral fraksi pasir total hasil pengujian sayatan tipis tanah yang berkembang dan di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)……... 163

33. Kandungan dan jenis mineral lempung tanah yang di bawahnya tidak terdapat lapisan batubara (tanah kontrol)……. 165

UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

34. Analisis indeks kemiripan sifat tanah pada penelitian tahap I (Buol et al., 1980)…….. 178

35. Warna tanah dan struktur tanah reklamasi tambang batubara menurut umur ……. 184

36. Beberapa sifat fisika lapisan permukaan profil tanah reklamasi tambang batubara ……. 187

37. Kemasaman total, pH H_2O, pH KCl, Kation masam dan basa dapat tertukar pada beberapa profil tanah reklamasi tambang batubara umur 1-5 tahun ……... 192

38. Nilai pH H_2O_2, Kandungan Fe, S, *Pyrite*, dan SO_4 larut, potensial redoks pada beberapa profil tanah reklamasi tambang batubara umur 1-5 tahun …….. 205

39. KPK, C-organik, N-total, C/N, asam humat dan fulvat, P_2O_5 dan K_2O total pada beberapa profil tanah reklamasi tambang batubara umur 1-5 tahun ……... 215

40. Kandungan Fe, Al, Si-dithionit sitrat, Fe, Al, Si-ammonium oksalat, dan Fe, Al, Si-sodium pirofosfat pada beberapa profil tanah reklamasi tambang batubara umur 1-5 tahun …….. 228

41. Kandungan Fe, Al, Si-dithionat sitrat, Fe, Al, Si-ammonium oksalat, dan Fe, Al, dan Si-sodium pirofosfat tanah reklamasi tambang batubara menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm pada umur 1-5 tahun…..... 230

42. Beberapa sifat kimia bahan pembentuk tanah yang digunakan untuk membuat model kolom reklamasi …… 241

43. Beberapa sifat kimia amelioran batubara, biochar cangkang kelapa sawit, dan ekstrak humat-Ca yang diberikan pada model kolom reklamasi tertentu …….. 243

44. Nilai pH H_2O, pH KCl, pH H_2O_2, dan Kation masam dan basa dapat tukar pada tanah yang disebabkan oleh perbedaan perlakuan model kolom reklamasi ……. 246

45. Kemasaman total, Nilai pH H_2O_2, Fe total, pH H_2O air lindian, SO_4^{-2} larut dan potensial redoks pada tanah yang disebabkan oleh perbedaan perlakuan model kolom reklamasi …….. 250

46. KPK, C-organik, N-total, C/N, asam humat dan fulvat, P_2O_5 dan K_2O total pada tanah yang disebabkan oleh perbedaan perlakuan model kolom reklamasi ……. 253

47. Nilai serapan Fe dan Al-akar, serapan Fe dan Al-daun, tinggi tanaman, panjang akar dan bobot kering akar, dan bobot kering trubus tanaman jagung pada tanah yang disebabkan oleh perbedaan model kolom reklamasi…….. 255

UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Hal
1.	*Road map* penelitian (alur pemikiran penelitian) ……	6
2.	Perubahan kecenderungan kandungan N pada tanah mineral ekosistem pinus: perubahan empat dekade konsentrasi N total (8 plot permanen utama) dari 4 lapisan tanah mineral pada Percobaan Calhoun Forest, SC (Richter *et al.*, 2000 *cit*. Lin, 2011)…….	13
3.	Rata-rata agregasi tanah pada 2 (dua) horison permukaan tanah tambang menurut umur reklamasi dan tanah asli (Thomas, 2001).....	14
4.	Voltamperogram pirit yang diperoleh dari elektroda dengan ukuran butir pirit tetap (44-63mm): (1) pirit baru digiling, (2) pirit telah dicuci 8 jam, (3) pirit yang telah dicuci 21 jam, dan (4) pirit setelah adsorpsi oleh 20 mg/L larutan asam humat yang dicuci 8 jam. Potensial evolusi: 0,97 mV/min, 1 siklus, KCl 0,5 mol/L (ĂCai *et al*., 2009)……..	21
5.	Perubahan pH, redoks dan kandungan sulfat tanah sulfat masam di bawah kondisi anaerobik selama 6 bulan dengan (▪) atau tanpa (◦) mulsa (*Phragmites* tunas) dimasukkan dengan jumlah 1 g per 80 g tanah. Tanda bintang menunjukkan perbedaan signifikan (p 0,05) antara perlakuan pada setiap kedalaman (Michael *et al*., 2015).....	23
6.	Perubahan pH, redoks dan kandungan sulfat tanah sulfat masam di bawah kondisi aerobik selama 6 bulan dengan (▪) atau tanpa (◦) mulsa (*Phragmites* tunas) dimasukkan dengan jumlah 1 g per 80 g tanah. Tanda bintang menunjukkan perbedaan signifikan (p 0,05) antara perlakuan pada setiap kedalaman (Michael *et al*., 2015)……..	23
7.	Pengaruh aktivitas H^+ pada medium terhadap tingkat pertumbuhan jagung (O) dan kacang besar (broad bean)(●). Medium akar adalah 0,25 mM Na_2SO_4 + 25 µM K_2SO_4 + 1 mM $CaSO_4$ (Yan *et al*., 1992)…	25
8.	Bagan alir tahapan penelitian……..	28
9	Sebaran jalur transek pemboran dan pengamatan penelitian yang dilakukan (P1-P17= Profil tanah asli 1-17, C1-C4= Coring 1-4)……..	31
10.	Susunan bahan pembentuk tanah dan amelioran yang diberikan pada model kolom reklamasi yang dicobakan (MG0, MG1, MG2, MG3, MG4, MG5, dan MG6)……	38
11.	Sebaran lokasi pengamatan dan pengambilan contoh tanah penelitian disertasi tahap I……	43
12.	Jenis vegetasi dominan yang terdapat pada tapak profil tanah pewakil penelitian disertasi tahap I ……	46
13.	Sebaran satuan geomorfologi lokasi penelitian disertasi tahap I …….	47
14.	Sebaran formasi geologi lokasi penelitian disertasi tahap I ……..	48
15.	Kenampakan morfologi profil tanah yang berkembang dan berbatasan langsung dengan bagian atas lapisan batubara berupa profil tanah asli sebelum penambangan (PTA4, PTA5, PTA6, PTA7, PTA11, dan PTA14)……	50

TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

16. Kenampakan morfologi profil tanah yang horison terbawahnya tidak berbatasan langsung dengan lapisan batubara berupa profil tanah asli sebelum penambangan (PTA1, PTA2, PTA3, PTA8, PTA9, PTA12, PTA13, PTA15, dan PTA16)……. 53

17. Kenampakan morfologi profil tanah yang berkembang dan dibawahnya tidak terdapat lapisan batubara atau tanah kontrol berupa profil tanah kontrol asli sebelum penambangan (PTC10 dan PTC17)…… 55

18. Diagramatik dari keseluruhan proses pembentukan pyrite sedimen… 116

19. Foto sayatan tipis pembesaran (40X) cross nikol mineral fraksi pasir tanah PTA4 horison Bt1 (atas) dan 2C1 (bawah) dengan deskripsi (1.*Fragment*; 2. *Calcite*; 3. *Glauconite*; 4. *Feldspars*; 5. *Hornblende*; 6. *Quartz*; 7. *Opaque*; 8. *Skeletal*)…….. 119

20. Pengujian SEM-EDS contoh asal horison 2C1 tanah PTA4…….. 120

21. Foto sayatan tipis pembesaran (40X) cross nikol mineral fraksi pasir tanah PTA6 horison Bw2 (atas) dan 2C1 (bawah) dengan deskripsi (1. *Quartz*; 2. *Feldspars*; 3. *Hornblende*; 4. *Calcite*; 5. *Intraclas*; 6. *Opaque*)…….. 122

22. Foto sayatan tipis pembesaran (40X) cross nikol mineral fraksi pasir tanah PTA11 horison Bt2 (atas) dan 2C1 (bawah) dengan deskripsi (1. *Feldspars*; 2. *Quartz*; 3. *Hornblende*; 4. *Calcite*; 5. *Intraclas*; dan 6. *Opaque*)…….. 124

23. Foto sayatan tipis pembesaran (40X) cross nikol mineral fraksi pasir tanah PTA14 horison Bw2 (atas) dan C (bawah) dengan deskripsi (1. *Intraclas* = atas; 1. *Fragment* = bawah; 2. *Calcite*; 3. *Glauconite*; 4. *Feldspars*; 5. *Hornblende*; 6. *Quartz*; 7. *Opaque*; 8. *Skeletal)*……. 125

24. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA4 pada horison Bt1 dengan perlakuan kering udara (A), penjenuhan Mg-glyserol (B), penjenuhan Mg (C), penjenuhan K (D), dan K-pemanasan (E)……. 132

25. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA4 pada horison 2C1 dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 134

26. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA6 pada horison Bw2 dengan perlakuan penjenuhan Mg……. 136

27. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA6 pada horison 2C1 dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 137

28. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA11 pada horison Bt2 dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 139

29. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA11 pada horison 2C1 dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 140

30. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA14 pada horison Bw2 dengan perlakuan penjenuhan Mg …..... 142

31. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA14 pada horison C dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 143

32. Foto sayatan tipis pembesaran (40X) cross nikol mineral fraksi pasir PTA2 horison Bt1 (atas) dan C (bawah) dengan deskripsi (1. 145

UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Fragment = atas; 1. *Intraclas* = bawah; 2. *Calcite*; 3. *Glauconite*; 4. *Feldspars*; 5. *Hornblende*; 6. *Quartz*; 7. *Opaque*; 8. *Skletal* = bawah).

33. Foto sayatan tipis pembesaran (40X) cross nikol mineral fraksi pasir PTA8 horison Bt1 (atas) dan BC (bawah) dengan deskripsi (1. *Feldspars*; 2. *Calcite*; 3. *Quartz*; 4. *Intraclas*; 5. *Hornblende*; 6. *Opaque*; 7. *Skletal* = atas; dan 1. *Fragment;* 2. *Calcite*; 3. *Glauconite*; 4. *Feldspars*; 5. *Hornblende*; 6. *Quartz*; 7. *Opaque* = bawah)…….. 147

34 Foto sayatan tipis pembesaran (40X) cross nikol mineral fraksi pasir PTA12 horison Bt1 (atas) dan C (bawah) dengan deskripsi (1. *Feldspars*; 2. *Quartz*; 3. *Hornblende*; 4. *Calcite*; 5. *Intraclas*; 6. *Opaque*)…….. 148

35. Foto sayatan tipis pembesaran (40X) cross nikol mineral fraksi pasir PTA16 horison Bt1 (atas) dan BC (bawah) dengan deskripsi (1. *Intraclas* = atas; 1. *Fragment* = bawah; 2. *Calcite*; 3. *Glauconite*; 4. *Feldspars*; 5. *Hornblende*; 6. *Quartz*; 7. *Opaque*)…… 150

36. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA2 pada horison Bt1 dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 152

37. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA2 pada horison C dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 153

38. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA8 pada horison Bt1 dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 155

39. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA8 pada horison BC dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 156

40. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA12 pada horison Bt1 dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 158

41. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA12 pada horison C dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 159

42. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA16 pada horison Bt1 dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 161

43. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTA16 pada horison BC dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 162

44. Foto sayatan tipis pembesaran (40X) cross nikol mineral fraksi pasir tanah PTC10 horison Bt1 (atas) dan BC (bawah) dengan deskripsi (1. *Feldspars*; 2. *Quartz* 3. *Hornblende*; 4. *Calcite*; 5. *Intraclas*; 6. *Opaque* = kiri; dan 1. *Feldspars*; 2. *Calcite*; 3. *Quartz*; 4. *Intraclas*; 5. *Hornblende*; 6. *Opaque*; dan 7. *Skletal* = bawah)…… 164

45. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTC10 pada horison Bt1 dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 166

46. Difraktogram X-RD mineral lempung tanah PTC10 pada horison BC dengan perlakuan penjenuhan Mg …… 167

47. Sebaran tanah berdasarkan pengklasifikasian menurut kriteria penciri diagnostik pada masing-masing profil tanah lokasi penelitian tahap I yang diamati …… 179

48. Kenampakan jenis vegetasi yang ditanam kembali pada tanah reklamasi PTR1, PTR2, PTR3, PTR4, dan PTR5 (Profil tanah 181

UNIVERSITAS GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)……

49. Sebaran lokasi pengamatan dan pengambilan contoh tanah penelitian disertasi tahap II (titik profil tanah pewakil, minipit, pemboran)…… 182

50. Kenampakan morfologi tanah reklamasi tambang batubara PTR1, PTR2, PTR3, PTR4, dan PTR5 (Profil tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)……... 183

51. Histogram penurunan infiltrasi air ke dalam tanah reklamasi tambang batubara PTR1, PTR2, PTR3, PTR4, dan PTR5 (Profil tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)…… 190

52. Perubahan dinamis nilai pH H_2O (A) dan pH KCl (B) tanah reklamasi tambang batubara menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm pada MTR1, MTR2, MTR3, MTR4, dan MTR5 (Minipit tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)…… 196

53. Perubahan dinamis nilai pH H_2O berdasarkan umur pelaksanaan reklamasi 1-5 tahun menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm ……... 197

54. Perubahan dinamis kandungan Al-dd (C) dan H-dd (D) tanah reklamasi tambang batubara menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm pada MTR1, MTR2, MTR3, MTR4, dan MTR5 (Minipit tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)…….. 198

55. Perubahan dinamis kandungan Al-dd berdasarkan umur pelaksanaan reklamasi 1-5 tahun menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm.……... 199

56. Perubahan dinamis Ca-dd (E), Mg-dd (F), K-dd (G), dan Na-dd (H) tanah reklamasi tambang batubara menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm pada MTR1, MTR2, MTR3, MTR4, dan MTR5 (Minipit tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)…….... 201

57. Perubahan dinamis kandungan Ca-dd (atas) dan Mg-dd (bawah) berdasarkan umur pelaksanaan reklamasi 1-5 tahun menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm ……..... 203

58. Perubahan dinamis nilai pH H_2O_2 (I), potensial redoks (J), kandungan Fe-total (K), S-total (L), *pyrite*-total (M), dan SO_4-larut (N) tanah reklamasi tambang batubara menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm pada MTR1, MTR2, MTR3, MTR4, dan MTR5 (Minipit tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)…….... 208

59. Perubahan dinamis kandungan *pyrite*-total berdasarkan umur pelaksanaan reklamasi 1-5 tahun menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm ……. 212

60. Perubahan dinamis kandungan SO_4-terlarut berdasarkan umur pelaksanaan reklamasi 1-5 tahun menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm ……. 212

61. Berbagai kategori lingkungan redoks dengan akseptor elektron yang penting …… 213

62. Distribusi kandungan C-organik total pada profil tanah reklamasi tambang batubara PTR1, PTR2, PTR3, PTR4, dan PTR5 (Profil 214

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)……

63. Perubahan dinamis Karbon organik (O), N-total (P), rasio C/N (Q), dan KPK (R) tanah reklamasi tambang batubara menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm pada MTR1, MTR2, MTR3, MTR4, dan MTR5 (Minipit tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)... 219

64. Perubahan dinamis asam humat (S), asam fulvat (T), P_2O_5-total (U), dan K_2O-total (V) tanah reklamasi tambang batubara menurut sekuen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm pada MTR1, MTR2, MTR3, MTR4, dan MTR5 (Minipit tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)…… 222

65. Perubahan dinamis kandungan C-organik menurut seluruh sekuen kedalaman 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, dan 30-40 cm (atas) dan C-organik permukaan (bawah) pada MTR1, MTR2, MTR3, MTR4, dan MTR5 (Minipit tanah reklamasi berumur 1, 2, 3, 4, dan 5 tahun)…….. 225

66. Transformasi fosfor dalam ekosistem tanah alami (Smeck, 1985)…… 227

67. SEM photograph of coal (A) and Biochar oil palm shell (B) dengan pembesaran x 10.000 dengan jarak antar partikel (1µm) dan huruf P dengan panah merah menunjukkan pori pada biochar …….. 245

68. Kandungan C-organik (OC) dan asam humat (HA) (Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama di puncak histogram tidak berbeda nyata pada taraf 5% berdasarkan uji LSD data hasil analisis akhir percobaan)….. 253

69. Laju pertumbuhan tinggi tanaman jagung per minggu pengamatan pada masing-masing model kolom reklamasi …….. 257

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
TANAH YANG BERKEMBANG DI ATAS LAPISAN BATUBARA DAN IMPLIKASINYA SEBAGAI MODEL REKLAMASI LAHAN PASCA PENAMBANGAN
AJIDIRMAN, Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, M.Agr.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Hal.
1.	Proses penyiapan batubara sebelum digunakan sebagai amelioran pada penelitian III ……..	275
2.	*Lay out* penempatan perlakuan untuk tahap penelitian III di rumah kaca …….	276
3.	Foto hasil pengeboran geologi untuk mengetahui stratigrafi dan keterdapatan batubara di bawah permukaan tanah ……	277
4.	Data hasil pengujian SEM-EDS-Mapping bahan pembentuk tanah untuk penelitian tahap III dan sampel tanah penelitian tahap 1…..	279
5.	Data hasil pengujian SEM-batubara dan biochar cangkang kelapa sawit dari penelitian tahap III……	294