

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Karakteristik Ultisol Lampung, limbah segar organik dan limbah pengalengan nenas PT GGP Lampung.

###### 4.1.1. Sifat Fisik dan Kimia Ultisol Lampung.

Menurut *Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2010)*, Ultisol merupakan tanah yang mempunyai tingkat perkembangan yang cukup lanjut, dicirikan oleh solum tanah yang dalam, peningkatan fraksi lempung seiring dengan ketebalan tanah dan kejenuhan basa rendah. Reaksi tanah pada Ultisol umumnya masam hingga sangat masam (pH 3,10–5), kecuali Ultisol dari batu gamping yang mempunyai reaksi netral hingga agak masam (pH 6,5–6,8).

Hasil analisis sifat kimia tanah pada penelitian adalah Ultisol (*Typic Kandihumults*) mempunyai: kadar C-organik rendah (< 1%), kapasitas pertukaran kation (KPK) rendah (< 8 cmol(+) kg<sup>-1</sup>) dan pH tanah masam (< 4,5). Kadar C-organik kurang dari 1% menunjukkan bahwa tingkat kesuburan tanah relatif rendah (Tabel 4.1.1). Bahan organik tanah merupakan suatu sumber daya alam yang terdiri atas semua komponen organik dalam tanah, yang sangat penting dalam menentukan tingkat kesuburan tanah (Maas, 2011<sup>a</sup>). Kapasitas tukar kation (KPK) Ultisol Lampung adalah rendah (< 8 cmol(+) kg<sup>-1</sup>) menunjukkan kemampuan mineral lempung dalam kompleks pertukaran kation relatif kecil, sehingga jumlah kation dalam kompleks pertukaran tanah relatif kecil. Kandungan kesuburan pada Ultisol umumnya rendah karena pencucian basa berlangsung intensif, sedangkan kandungan bahan organik rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Tabel 4.1.1. Karakteristik Ultisol Lampung pada berbagai tingkat ketebalan tanah.

Jenis Analisis	Tanah Asli (cm)				
	0-15	15-45	0-30	30-45	0-45
C Org (%)	1,00	0,93	1,01	0,96	0,94
Bahan Organik (%)	1,72	1,59	1,73	1,64	1,62
N Total (%)	0,14	0,07	0,13	0,11	0,11
C/N	7,21	13,39	7,68	8,73	8,69
P Total (mg/kg)	426,29	421,02	481,99	295,55	408,07
P Tersedia (mg/kg)	47,40	29,44	53,28	30,19	44,94
K Total (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,31	0,21	0,30	0,20	0,19
K Tertukar (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,15	0,05	0,10	0,04	0,11
Ca Tertukar (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,38	0,51	0,40	0,41	0,91
Mg Tertukar (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,27	0,26	0,23	0,18	0,43
Na Tertukar (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,18	0,19	0,20	0,19	0,33
Fe Tertukar (mg/kg)	54,45	61,27	67,66	66,40	64,35
Zn Tertukar (mg/kg)	4,01	2,46	3,47	2,25	2,35
Mn Tertukar (mg/kg)	5,15	4,50	6,06	4,46	6,20
Cu Tertukar (mg/kg)	4,98	1,65	2,55	0,96	0,96
KPK Total (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	7,51	5,14	5,95	5,52	6,51
Al dd (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	2,46	1,85	1,85	1,85	1,44
H dd (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,34	0,58	0,95	0,58	0,43
C Biomassa (%)	0,33	0,19	0,31	0,33	0,30
N Biomassa (%)	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00
C/N Biomassa	10,62	22,48	30,31	43,31	67,63
Asam Humat (%)	0,10	0,15	0,10	0,09	0,08
Asam Fulvat (%)	1,69	1,22	1,30	1,20	1,24
pH H <sub>2</sub> O	4,17	4,26	4,15	4,23	4,43
pH KCl	3,79	3,83	3,79	3,84	3,91
Tekstur:	Gl lp psr	Gl lp psr		Gl lpg	
Lempung ( <i>Clay</i> ) (%)	31,31	33,19	td	39,76	td
Debu ( <i>Silt</i> ) (%)	9,39	15,79	td	19,60	td
Pasir ( <i>Sand</i> ) (%)	59,30	51,12	td	40,64	td

Keterangan:

Gl lp psr = geluh lempung pasiran; Gl lpg = Geluh lempungan; td = Tidak diukur

Ultisol Lampung mempunyai pH masam ( $< 4.5$ ) menunjukkan bahwa konsentrasi Al tertukar tinggi yaitu  $> 2,0 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$  (Tabel 4.1.1). Menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2006), masalah Al umumnya terjadi pada Ultisol dari bahan sedimen. Bahan sedimen merupakan hasil dari proses pelapukan (*weathering*) dan pelindian (*leaching*), oleh karena itu Ultisol dari bahan sedimen sudah mengalami dua kali pelapukan, yang pertama pada waktu pembentukan batuan sedimen dan yang kedua pada waktu pembentukan tanah. Dengan demikian ada kemungkinan bahwa kandungan Al pada batuan sedimen sudah sangat tinggi.

Ciri lain Ultisol adalah adanya sebaran partikel tanah (tekstur tanah), terjadi peningkatan mineral lempung di horison B. Hal ini menunjukkan adanya migrasi (*illuviasi*) partikel lempung (*clay*) pada Ultisol Lampung. Hasil penelitian menunjukkan adanya migrasi mineral lempung dan rendahnya kation–kation basa memberikan warna tanah adalah merah kekuningan (10 YR) (Lampiran 5). Sejalan dengan Prasetyo dan Suriadikarta (2006), mengatakan bahwa pada umumnya warna tanah pada horison argilik sangat bervariasi dengan *hue* dari 10 YR hingga 10 R, nilai 3–6 dan kroma 4–8. Warna tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain bahan organik yang menyebabkan warna gelap atau hitam, kandungan mineral primer fraksi ringan seperti kuarsa dan plagioklas yang memberikan warna putih keabuan, serta oksida besi seperti gutit dan hematit yang memberikan warna kecoklatan hingga merah. Makin coklat warna tanah umumnya makin tinggi kandungan gutit, dan makin merah warna tanah makin

tinggi kandungan hematit (Eswaran dan Sys, 1970; Allen dan Hajek, 1989; Schwertmann dan Taylor, 1989).

#### 4.1.2. Karakterisasi limbah segar organik dan limbah pengalengan nenas.

Menurut Seno (2008), PT GGP. Lampung merupakan perkebunan tanaman nenas yang area produksinya berada pada lahan bekas hutan dan rawa dengan ketinggian 46 m dpl, merupakan areal yang relatif datar dengan kemiringan 0–3% mencapai 80%, kemiringan 3–5% mencapai 15%, kemiringan > 5% berkisar 5% dari luas total lahan (22.000 ha). Tanaman nenas berbuah pada umur 16 sampai dengan 24 bulan pada *ratoon crops*, setelah tanaman dipetik buahnya maka tanaman menjadi tidak produktif disebut dengan tanaman siap bongkar. Pembongkaran tanaman dilakukan dengan cara menghancurkan tanaman nenas (*chopping*) setelah buah nenas dipanen 2–3 kali, yang akan menghasilkan limbah segar organik dari seresah tanaman. Limbah tanaman akan dikembalikan lagi kedalam tanah sebagai sumber bahan organik pada Ultisol Lampung di lahan perkebunan. Sumber C-organik dari sisa tanaman relatif tinggi yang berpotensi sebagai pemasok karbon ke dalam tanah, selain itu limbah dari pengalengan buah nenas berupa *bromelin* dan *mill juice* merupakan sumber C-organik lebih tinggi dibandingkan pada limbah seresah tanaman (Tabel 4.1.2).

Tabel 4.1.2. Karakteristik limbah segar organik dan limbah pengalengan nenas PT GGP Lampung.

Jenis Analisis	Seresah Chopper	Limbah Tapioka	Limbah Bonggol (Bromelin)	Limbah Kotoran sapi		Limbah Mill Juice
				Padatan	Cairan	
C Org (%)	27,35	13,91	29,64	31,34	0,88	35,05
N Total (%)	1,13	0,34	1,02	3,31	1,21	3,14
C/N	24,28	40,79	29,04	9,48	21,13	11,17
P Total (%)	0,28	0,12	0,19	0,99	0,42	0,97
K Total (%)	0,70	0,21	1,16	4,28	0,62	4,98
Ca Total (ppm)	33,50	26,28	37,70	197,36	6,11	145,84
Mg Total (ppm)	12,09	4,84	7,05	50,03	1,85	30,51
Na Total (ppm)	1,00	1,10	1,55	18,30	1,59	40,88
Fe Total (ppm)	7707,46	14557,48	1419,61	11213,69	147,80	841,87
Zn Total (ppm)	113,57	28,76	26,49	119,47	8,75	100,21
Mn Total (ppm)	162,54	138,56	54,71	329,48	15,80	186,10
Cu Total (ppm)	32,40	9,76	6,44	45,07	3,00	14,32
pH	5,60	7,00	4,75	7,18	8,34	3,44
Asam Humat (%)	2,32	1,31	3,57	3,13	0,09	0,35
Asam Fulvat (%)	12,49	4,61	13,92	8,23	0,21	3,86

Berdasarkan data tahun 2012 PT GGP Lampung terdapat berbagai jenis limbah antara lain seresah tanaman (*chopper*), limbah tapioka (*cassava*), limbah limbah bonggol (*bromelin*) dan limbah *mill juice*. Sedangkan pada tahun 2013 jumlah sapi di perkebunan nenas sekitar 17.000 ekor, setiap ekor sapi menghasilkan kotoran sebanyak 10 kg/hari. Kotoran sapi merupakan sumber bahan organik yang baik untuk kesuburan tanah. Kotoran sapi dapat meningkatkan kapasitas pertukaran kation tanah, meningkatkan retensi air dan kesuburan tanah. Sedangkan tanaman singkong (*cassava*) dibudidayakan untuk memanfaatkan lahan-lahan kosong pada perkebunan nenas yang akan diolah menjadi tepung tapioka. Hasil limbah tepung tapioka dan limbah bonggol

(*bromelin*) dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti bahan organik dari limbah kotoran sapi. Kandungan C pada bahan limbah tapioka adalah relatif tinggi, namun lebih kecil dibandingkan pada limbah kotoran sapi (Tabel 4.1.2). Bahan organik tanah memberikan kontribusi yang besar dalam kesuburan tanah, bahan organik akan terdekomposisi oleh jasad mikro-organisme pengurai yang akan meningkatkan kesuburan tanah. Fungsi lain bahan organik dalam tanah adalah untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aerasi tanah dan mempertahankan kelembaban tanah (Stevenson, 1982).

Hasil penelitian Akpan *et al.* (2011), menunjukkan limbah tapioka dapat meningkatkan pH, nitrogen, karbon organik, dan aktivitas mikroorganisme tanah. Penggunaan limbah tapioka (*cassava*) menunjukkan adanya peningkatan pH H<sub>2</sub>O, karbon organik, fosfor, natrium, kalium dan penurunan kalsium, magnesium dan nitrogen dalam tanah setelah diperlakukan dengan limbah. Peningkatan pH dan natrium mungkin karena kadar kalsium dan magnesium yang lebih tinggi dari limbah yang digunakan (Akpan *et al.*, 2011).

#### 4.2 Pengaruh bahan amelioran terhadap sifat kimia tanah pada petak pot penelitian.

##### 4.2.1 Pengaruh bahan amelioran terhadap C-organik, N total dan C/N tanah.

Bahan limbah segar dan pengalengan nenas PT GGP Lampung terdapat dalam jumlah yang melimpah dan sangat potensial sebagai bahan amelioran. Amelioran merupakan bahan inputan yang berfungsi sebagai bahan pembenah tanah, salah satu fungsinya sebagai sumber C-organik dan kesuburan tanaman. Pemanfaatan berbagai limbah segar organik dan limbah pengalengan nenas pada penelitian yaitu dengan teknik mencampurkan secara merata pada berbagai ketebalan tanah (0–15 cm, 0–30 cm dan 0–45 cm). Berdasarkan analisis sidik ragam C dan N tanah pada berbagai perlakuan limbah segar organik dan limbah pengalengan nenas pada berbagai tingkat ketebalan tanah, menunjukkan beda nyata pada jenjang 5% (Tabel 4.2.1). Pemberian amelioran bahan segar limbah organik dan limbah pengalengan nenas dapat meningkatkan kadar C-organik dari < 1% menjadi 2%. Hal ini menunjukkan bahwa pencampuran bahan limbah segar organik dan limbah pengalengan nenas kedalam tanah selama 3 bulan telah mengalami proses dekomposisi relatif baik, sehingga dapat meningkatkan bahan organik dan kesuburan tanah untuk mendukung pertumbuhan nenas.

Tabel 4.2.1. Ameliorasi tanah dengan limbahorganik dan limbah pengalengan Nenas terhadap C–Organik, N dan C/N pada petak pot inkubasi 3 bulan di PT. GGP Lampung

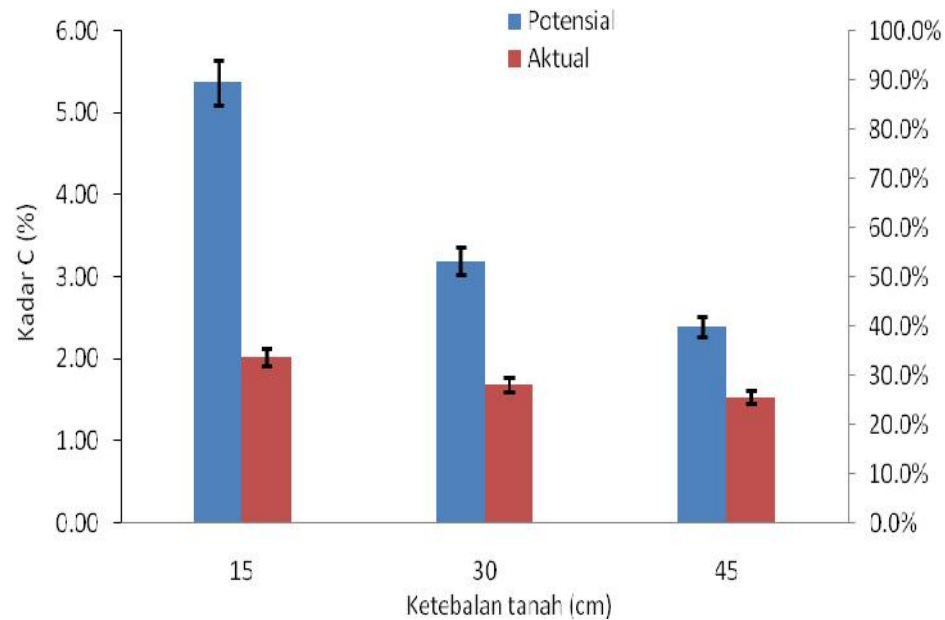


Total C-organik tanah perlakuan kontrol (K0) pada inkubasi 0 bulan tidak menunjukkan berbeda nyata pada berbagai tingkat ketebalan (T1, T2 dan T3), namun dengan mencampurkan berbagai limbah segar organik (K1 dan K2) menunjukkan berbeda nyata pada jenjang murad 5% (Tabel 4.2.1 dan Lampiran 17). Hal ini karena penambahan bahan limbah segar organik dan pengalengan nenas sebesar 244 ton/ha (K1) dan 284 ton/ha (K2) kedalam tanah akan menyediakan C-organik dan memperbaiki tingkat kesuburan tanah. Bahan organik tanah merupakan suatu sumber daya alam yang terdiri atas semua komponen organik dalam tanah, yang sangat penting dalam menentukan tingkat kesuburan tanah (Maas, 2011<sup>a</sup>). Pemberian amelioran dengan mencampurkan bahan pupuk kandang sapi (padat), memberikan peningkatan kandungan C-organik yang lebih tinggi dibandingkan pada kontrol (K0) dan perlakuan dengan limbah tapioka (K2).

Perbedaan bahan dasar berpengaruh terhadap proses dekomposisi bahan organik dalam tanah, sehingga dapat menambah jumlah kandungan C-organik dalam tanah. Pemberian bahan amelioran berupa limbah pengalengan nenas dapat menambah penyimpanan kadar C-organik Ultisol PT GGP Lampung sebesar 0,5–1%. Ketersediaan kadar C-organik meningkat pada proses dekomposisi 3 bulan. Kadar C-organik semakin berkurang sejalan dengan jeluk tanah yaitu pada ketebalan 0–15 cm (T1) kadar C-organik tanah sebesar > 1,92%, pada ketebalan 0–30 cm (T2) sebesar > 1,54% dan ketebalan 0–45 cm (T3) sebesar > 1,44% (Tabel 4.2.1). Total karbon pada lapisan tanah yang lebih dalam kemungkinan lebih stabil daripada yang dipermukaan tanah, karena adanya perbedaan bahan

dasar, komposisi, dan kondisi lingkungan (Erich *et al.*, 2012; Rumpel dan Knabner, 2011).

Penambahan amelioran limbah segar organik dan pengalengan nenas dengan teknik pencampuran bahan organik segar kedalam tanah secara terus-menerus merupakan salah satu teknik pengelolaan tanah untuk mempertahankan C-organik tanah. Penambahan bahan organik segar yang mudah terdegradasi oleh populasi mikroba tanah akan mengarah pada peningkatan siklus kesuburan, meningkatkan jenis dan aktivitas mikroba (Gugino *et al.*, 2009). Amelioran berbagai formulasi limbah pengalengan nenas akan menambah ketersediaan kadar C-organik dalam tanah, namun jumlah C-organik tertinggi pada ketebalan 0–15 cm (T1) sebesar  $> 2\%$ . Hal ini karena proses dekomposisi bahan limbah lebih cepat dibandingkan pada jeluk lebih dalam, sehingga pada jeluk bagian atas kadar C-organik lebih tinggi. Bahan organik segar yang dicampurkan dengan tanah mineral, relatif lebih mudah mengalami pelapukan dan pelindian, sehingga kadar C-organik tanah mengalami penurunan mencapai  $< 0,74\%$  (Tabel 4.2.1). Kadar C-organik tanah potensial dan aktual akan mengalami penurunan sesuai dengan tingkat perombakan bahan organik segar dalam tanah, semakin dalam jeluk tanah maka ketersediaan C-organik tanah semakin menurun namun masih lebih tinggi dibandingkan dengan tanah asli (Gambar 4.2.1).



Gambar 4.2.1. Kadar C–organik aktual dan potensial pada berbagai ketebalan tanah

Ketersediaan C–organik yang lebih besar pada ketebalan yang lebih dekat dengan permukaan tanah disebabkan oleh adanya aerasi tanah yang lebih besar di bagian permukaan dibandingkan pada bagian jeluk tanah lebih dalam sehingga persediaan udara dalam tanah cukup, serta mudahnya bahan segar (*fresh row material*) mengalami dekomposisi. Kadar C–organik potensial menggambarkan jumlah pasokan kadar C setelah diberikan masukan dari formulasi bahan limbah segar sangat mencukupi ( $> 2\%$ ), sedangkan kadar C–organik aktual merupakan jumlah C setelah proses dekomposisi bahan organik segar dalam tanah selama 3 bulan adalah  $> 1,5\%$  (Tabel 4.2.1). Ameliorasi limbah segar organik kedalam tanah akan menambah ketersediaan C–organik tanah, namun jumlah C tanah akan

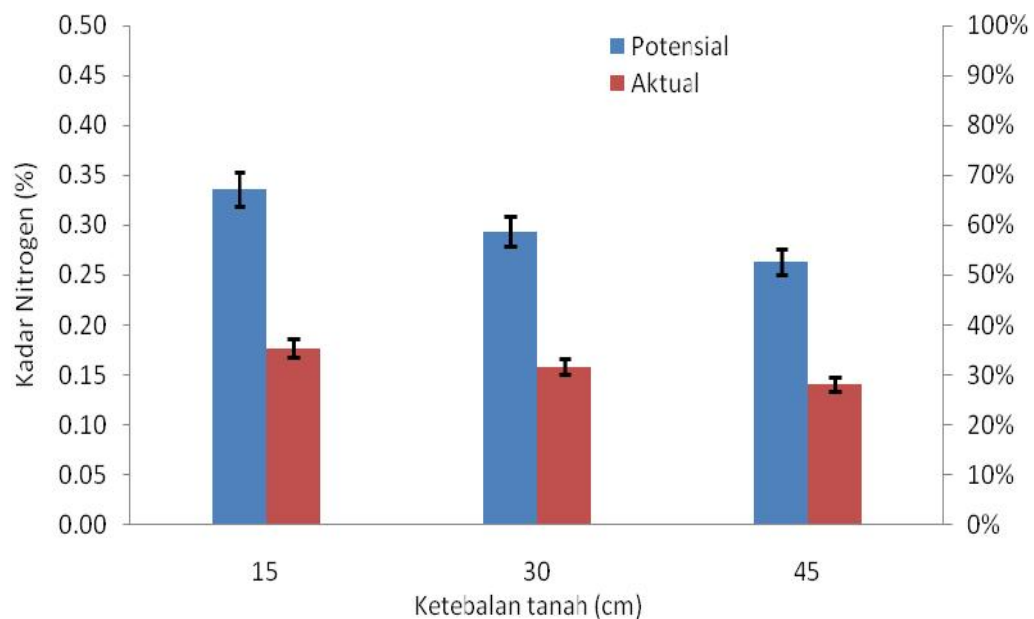
berkurang semakin dalamnya jeluk tanah (Gambar 4.2.1). Menurut Erich *et al.* (2012), perubahan total penyimpanan kadar C tanah meningkat pada ketebalan 0–15 cm dan 15–30 cm, tetapi menurun pada ketebalan 0–45 cm, menunjukkan bahwa perubahan C terkonsentrasi pada permukaan dengan translokasi minimal untuk lapisan tanah yang lebih dalam sesuai dengan jeluk tanah. Ketersediaan C pada tingkat dekomposisi dipengaruhi oleh jenis bahan organik yang terdekomposisi, semakin bahan organik mudah terdekomposisi maka kadar C akan lebih mudah terlepas dari struktur ikatan molekul organik.

Ameliorasi bahan organik segar di PT GGP Lampung dengan teknik mencampurkan bahan organik segar kedalam tanah pada ketebalan 0–15 cm (T1), 0–30 cm (T2), dan 0–45 cm (T3), selama 3 bulan akan kehilangan kadar C–organik > 50% (Gambar 4.1.2). Penurunan kadar C–organik dimungkinkan oleh adanya proses dekomposisi dapat mengalami pelindian dan emisi dalam bentuk CO<sub>2</sub>. Pada jeluk 0–15 cm kehilangan C-organik sebesar 62,32%, 0–30 cm kehilangan C-organik sebesar 28,11%, dan 0–45 cm kehilangan C-organik sebesar 16,11%. Penurunan kadar C–organik secara linier dimungkinkan setelah mengalami dekomposisi maka C akan mudah teremisikan serta terlindian dalam bentuk CO<sub>2</sub> terutama pada ketebalan 0–15 cm (T1) yang dekat permukaan tanah adalah paling besar, kemudian semakin berkurang sesuai pada tingkat jeluk tanah pada 0–30 cm (T2) dan 0–45 cm (T3). Prosentase kehilangan C yang relatif besar secara linier terhadap jeluk tanah memungkinkan ketahanan C labil dalam tanah akan cepat habis pada periode waktu tertentu. Pengelolaan limbah organik

tanaman nenas dalam satu siklus tanam adalah sangat berarti untuk pasokan C tanah dan kesuburan tanah.

Total N tanah berbagai perlakuan pada K0, K1 dan K2 menunjukkan berbeda nyata pada jenjang murad 5% (Tabel 4.2.1 dan lampiran 17). Penambahan bahan organik kedalam tanah sangat berpengaruh terhadap pasokan nitrogen dalam tanah (Baglieri, 2006). Meningkatnya N total Ultisol pada perlakuan K0 dari 0,12–0,14% (inkubasi 1 bulan) menjadi 0,12–0,18% pada inkubasi 3 bulan (Tabel 4.1.1, tabel 4.1.2 dan lampiran 17), karena adanya sumbangan N berbagai komponen bahan limbah organik terutama dari pupuk kandang sebesar 3,31% dan bahan mill juice sebesar 3,14% (Tabel 4.2.1). Proses dekomposisi dalam tanah oleh aktivitas mikroorganisme memerlukan N, sehingga akan terjadi pengurangan N dalam tanah. Pada proses dekomposisi awal (1 bulan) kadar N relatif menurun karena N digunakan aktivitas perombakan oleh mikroorganisme dan akhirnya dikembalikan dalam tanah (immobilisasi). Setelah proses dekomposisi bahan organik lanjut terjadi peningkatan N dalam tanah pada bulan ke-2 dan 3 (Lampiran 16). Pada proses dekomposisi bulan ke-3, pemberian amelioran pada perlakuan K1 serta pada perlakuan K2 terjadi peningkatan kadar N tanah ( $> 0,07\%$ ) pada lysimeter tertutup (L2), sedangkan pada lysimeter terbuka mengalami penurunan N tanah pada bulan ke-2 (Tabel 4.2.1 dan lampiran 17). Hal ini karena menurunnya kadar N tanah pada lysimeter terbuka kemungkinan adanya mobilitas N yang tinggi, larut dan hilang oleh adanya proses pelindian (*leaching*) dan emisi. Hasil dekomposisi selama 3 bulan menunjukkan kadar N

potensial dan aktual di atas kadar N tanah tanpa perlakuan, hal ini kemungkinan jenis bahan dasar yang didekomposisikan bersama lapisan tanah mampu menyediakan N dalam jumlah yang relatif kecukupan pada Ultisol (Gambar 4.2.2).



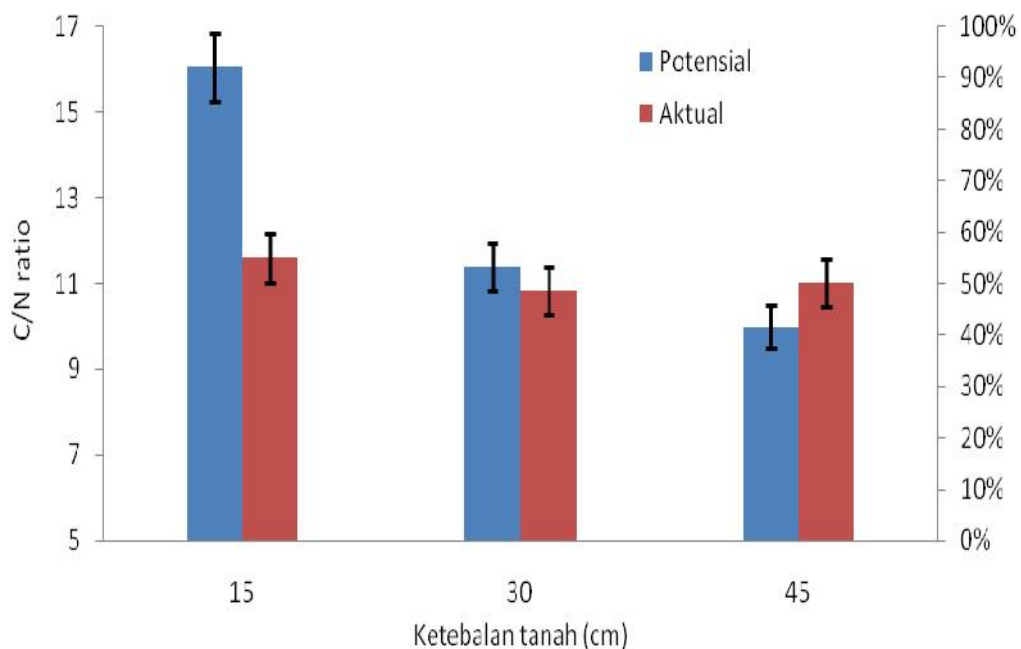
Gambar 4.2.2. Kadar N aktual dan potensial pada berbagai ketebalan tanah

Nitrogen yang dihasilkan dari proses dekomposisi selama 3 bulan pada berbagai penerapan limbah segar organik dan pengalengan nenas adalah relatif cukup (kadar N aktual masih diatas tanah asli), pada berbagai ketebalan tanah (0–15 cm, 0–30 cm dan 0–45 cm). Kehilangan N potensial yang relatif banyak N dipakai oleh mikro-organisme dalam proses dekomposisi, N lebih bersifat mudah menguap (*volatile*) dan mudah terbawa aliran air (*leaching*) sehingga kehilangan N tanah relatif tinggi namun masih tetap lebih tinggi nilai N dibandingkan pada

tanah asli (tanpa perlakuan). Penurunan kadar N karena adanya mobilitas N relatif tinggi sehingga mudah mengalami pelindian dan emisi dalam bentuk  $\text{NO}_2$ . Pada jeluk 0–15 cm kehilangan N sebesar 46,81%, 0–30 cm kehilangan N sebesar 39,88%, dan 0–45 cm kehilangan N sebesar 35,88% (Gambar 4.2.2). Penurunan kadar N secara linier karena adanya emisi serta pelindian N dalam bentuk  $\text{NO}_2$  terutama pada ketebalan 0–15 cm (T1) yang dekat permukaan tanah (paling besar), kemudian semakin berkurang sesuai pada tingkat jeluk tanah.

Proses dekomposisi bahan organik pada semua perlakuan menunjukkan berbeda murad pada jenjang 5%, serta mempunyai nilai  $\text{C/N} > 10$  pada berbagai perlakuan (Tabel 4.2.1 dan lampiran 17). Proses dekomposisi bahan organik akan menguraikan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana, sehingga kesuburan tanah meningkat. Proses dekomposisi bahan organik tanah akan berjalan baik pada  $\text{C/N}$  dalam tanah berkisar 10–12. Proses dekomposisi pada berbagai amelioran bahan organik segar, dengan teknik pencampuran pada mineral tanah di berbagai ketebalan tanah (T1, T2 dan T3) akan berpengaruh terhadap proses pembusukan (*decay*) bahan organik segar. Peningkatan nilai  $\text{C/N}$  ratio 7 (Tabel 4.1.1) menjadi  $> 10$  (Tabel 4.2.1 dan lampiran 16) menunjukkan aktivitas mikroorganisme berjalan dengan baik. Perlakuan limbah segar organik dan pengalengan nenas K2 pada dekomposisi selama 3 bulan dalam tanah mempunyai nilai  $\text{C/N}$  relatif lebih kecil dari pada K1 (Tabel 4.2.1), hal ini dimungkinkan adanya perbedaan *row material* akan berpengaruh terhadap laju dekomposisi bahan segar organik. Penambahan amelioran dengan limbah singkong (K2)

mempunyai kandungan N yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan kotoran sapi padat (K1), sehingga dimungkinkan perombakan bahan segar organik menjadi lebih lambat. Dekomposisi bahan segar limbah organik dan limbah pengalengan nenas dalam koloid tanah akan menjadi humus, sehingga akan menghasilkan C/N tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman (Gambar 4.2.3).



Gambar 4.2.3. Nilai C/N aktual dan potensial pada berbagai ketebalan tanah

Penurunan kadar C/N potensial yang relatif lebih besar dibandingkan dengan C/N aktual pada jeluk > 30 cm (Gambar 4.2.3), kemungkinan adanya perbedaan dekomposisi *row material* akan menghasilkan jumlah C yang berbeda. Semakin mudah bahan terdekomposisi maka jumlah C yang dilepaskan dari bahan relatif banyak, namun ketahanan C dalam tanah tidak mampu bertahan karena mudah mengalami emisi dan pelindian. Peningkatan penyerapan C tanah



tergantung pada akumulasi biomassa terutama pada jenis biomassa dan waktu lamanya proses dekomposisi (Nyakatawa *et al.*, 2012). Untuk mendegradasi senyawa organik, mikroorganisme mengkonversi 60–70% karbon dioksida dan menggunakan 30–40% yang tersisa dalam tubuh mereka sebagai komponen sel (Makan dan Mountadar, 2012). Pada ketebalan > 30 cm hasil C/N aktual masih diatas nilai C/N tanah asli (7,69) artinya dengan formulasi K1 dan K2 merupakan komposisi dari bahan organik yang dapat meningkatkan nilai C/N dalam tanah. Dekomposisi bahan limbah (*row material*) selama 3 bulan menghasilkan nisbah C/N yang semakin menurun pada berbagai formulasi limbah pengalengan nenas, sejalan dengan menurunnya nisbah C/N aktual tanah dimungkinkan adanya kadar C yang tidak stabil dalam tanah. Proses dekomposisi bahan organik tanah akan menentukan jumlah C dan N dalam tanah, sehingga kecepatan perubahan C dan N berbeda sesuai dengan tingkat ketebalan tanah (Gambar 4.2.1). Dekomposisi bahan organik sempurna akan membebaskan unsur–unsur yang semula berada dalam ikatan molekul organik menjadi senyawa–senyawa anorganik yang bersifat tidak stabil disebut dengan mineralisasi (Notohadiprawiro, 1998).

#### 4.2.2. Pengaruh bahan amelioran terhadap KPK, pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl tanah pada petak pot penelitian.

Berdasarkan analisis sidik ragam KPK tanah pada berbagai perlakuan limbah segar organik (K1 dan K2) pada berbagai tingkat ketebalan tanah, menunjukkan berbeda nyata pada jenjang 5%. Hal tersebut menunjukkan proses dekomposisi bahan organik segar dalam tanah dapat meningkatkan KPK tanah, sedangkan pada perlakuan K2 nilai KPK mengalami penurunan dari 11,19 cmol(+) kg<sup>-1</sup> menjadi 10,57 cmol(+) kg<sup>-1</sup> pada sistem lysimeter terbuka bulan ke-3. Pemberian limbah kotoran sapi padat (K1) pada pencampuran ketebalan 0–30 cm (T2) pada inkubasi 3 bulan, dapat meningkatkan KPK tanah dari 10,59 cmol(+) kg<sup>-1</sup> menjadi 12,58 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (Table 4.2.2 dan lampiran 18). Tingginya bahan organik tanah akan menambah jumlah koloid-koloid organik, yang akan meningkatkan daya menyerap air dan kesuburan tanah. Kadar kation-kation basa dalam bahan dasar limbah segar organik dan pengalengan nenas yang tinggi (Tabel 4.1.2), merupakan salah satu penyebab meningkatnya kapasitas pertukaran kation menjadi dua kali lebih besar dari tanah asli (5.95 cmol(+) kg<sup>-1</sup>). Pupuk organik sangat baik diberikan pada tanah yang nilai KPK nya rendah, kejenuhan alumunium tinggi dan miskin kesuburan terutama kesuburan mikro yang jarang diberikan dalam bentuk pupuk mineral (Maas, 2014).

Tabel 4.2.2. Ameliorasi tanah dengan limbahorganik dan limbah pengalengan Nenas terhadap KPK, pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl pada petak pot inkubasi 3 bulan di PT. GGP Lampung

Potensi kenaikan KPK tanah disebabkan oleh adanya dissosiasi muatan negatif dari gugus karboksil (COOH) menjadi gugus karboksilat (COO<sup>-</sup>) dalam kompleks bahan organik segar pada bahan amelioran (Coles and Yong, 2006; Kaiser *et al.*, 2008). Sedangkan penurunan nilai KPK tanah pada perlakuan K2, karena penambahan bahan limbah kotoran sapi padat yang digantikan dengan bahan limbah tapioka menyebabkan luas permukaan total menjadi lebih kecil dibandingkan dengan luas permukaan pada kotoran sapi yang mempunyai koloid-koloid organik lebih banyak. Pencampuran amelioran bahan organik segar dengan semakin dalam jeluk tanah proses dekomposisi menjadi lebih lambat sehingga nilai KPK tanah akan mengalami penurunan dari lapisan dekat dengan permukaan tanah. Namun pemberian formulasi amelioran limbah pengalengan nenas sebesar 244 ton/ha (K1) dan 284 ton/ha (K2), dapat memperbaiki dan meningkatkan 2 kali lebih besar dari KPK Ultisol PT GGP Lampung (5,95 cmol(+). kg<sup>-1</sup>).

Kapasitas pertukaran kation dan pH tanah mempunyai hubungan yang kuat karena meningkatannya pH tanah akan memperbaiki lingkungan kompleks pertukaran kation, faktor penentu utama KPK adalah lempung dan bahan organik tanah (Fabio dan Reinaldo, 2012). Pemberian bahan organik segar sebagai bahan amelioran dapat menaikkan reaksi tanah berbanding lurus dengan proses dekomposisi bahan organik tanah. Meningkatnya reaksi tanah oleh adanya bahan amelioran terutama penambahan bahan cairan limbah kotoran sapi (pH 8,34). Analisis sidik ragam menunjukkan pada kontrol (K0) pada 0 sampai 2 bulan tidak berbeda nyata pada jenjang 5%, namun pada inkubasi 3 bulan pH H<sub>2</sub>O

menunjukkan berbeda nyata (Tabel 4.2.2 dan lampiran 18). Menurut Aprile and Loran (2012), kapasitas perukaran kation dapat langsung mempengaruhi perubahan pH tanah, karena partikel mineral lempung akan melepaskan kation  $H^+$  dan ion  $Al^{3+}$ , dalam konsentrasi tinggi menyebabkan kemasaman tanah. Umumnya, tanah tropis memiliki KPK yang rendah, terutama untuk berpasir tinggi dan pH tanah rendah. Disamping mineral oksida aluminium, besi dan mangan yang sangat melimpah di tanah tropis juga berkontribusi terhadap KPK rendah, sehingga pemberian bahan organik sangat diperlukan (bahan humat).

Menurut Bartholomew *et al.* (2003), persyaratan tumbuh tanaman nenas adalah pH  $H_2O$  4,5–5,6, sedangkan Ultisol PT GGP Lampung mempunyai nilai pH  $H_2O$  4,15–4,17. Penerapan amelioran berbagai campuran bahan limbah segar kedalam tanah dapat meningkatkan nilai reaksi Ultisol Lampung, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman nenas menjadi lebih baik. Proses dekomposisi dapat berpengaruh terhadap reaksi tanah setelah proses perombakan bahan organik segar berjalan lanjut. Proses dekomposisi bahan amelioran K1 dan K2 pada inkubasi 3 bulan pada ketebalan 0–15 cm (T1) menunjukkan berbeda nyata, sedangkan pada T2 dan T3 tidak menunjukkan berbeda nyata pada jenjang 5% (Tabel 4.2.2 dan lampiran 18). Ketebalan jeluk tanah berpengaruh terhadap nilai reaksi tanah, semakin dekat dengan lapisan permukaan tanah proses dekomposisi menjadi lebih intensif berpengaruh terhadap kenaikan nilai pH  $H_2O$  ( $> 5,94$ ) dan menurun sesuai dengan jeluk tanah (Tabel 4.2.2 dan lampiran 18). Pada kondisi eksisting pH 4,7 tanah diareal perkebunan nenas mudah terserang

hama symphilit, akan tetapi pada petak percobaan serangan symphilit menjadi tidak berarti dengan kadar C-organik yang relatif cukup yaitu lebih besar dari 1,75%. Menurut Amonette *et al.* (2004), pH tanah di bawah 5 akan menghambat proses humifikasi, yang merupakan langkah penting dalam penyerapan C tanah, oleh karena itu pH tanah yang rendah dapat berdampak negatif terhadap siklus kesuburan dan penyerapan C tanah. Meningkatnya pH tanah (>5) pada berbagai perlakuan pemberian limbah organik dan limbah pengalengan nenas akan mempercepat terjadinya dekomposisi bahan limbah, sehingga akan menambah ketersediaan C-organik dan kesuburan tanah.

#### 4.2.3. Pengaruh bahan amelioran terhadap asam humat dan fulvat tanah pada petak pot penelitian.

Bahan humat (asam humat, asam fulvat, dan humin) merupakan molekul organik yang tersusun dari rantai karbon yang sangat panjang dan banyak radikal aktif seperti fenol dan aromatik lainnya (Stevenson 1994). Bahan humat berperan penting dalam menyediakan kesuburan tanah, bahan humat terutama terdiri dari asam humat (HA) dan asam fulvat (FA), merupakan bagian penting dari bahan organik tanah karena terkait erat dengan C dan N tanah (Stevenson, 1994; Keiji *et al.*, 2011). Asam humat memiliki sifat kelasi, mineralisasi, penyangga (*buffering*), interaksi mineral lempung dan kapasitas tukar kation, yang penting untuk kesehatan tanah dan pertumbuhan tanaman (Stevenson, 1994).

Penambahan limbah organik kedalam tanah dapat meningkatkan bahan humat tanah dan juga untuk mengubah sifat dan fungsi kimia, tergantung pada sifat dari bahan organik dan kondisi lingkungan (Ouedraogo *et al.*, 2001; Adani *et al.*, 2007). Humifikasi merupakan hasil dekomposisi bahan amelioran yang sudah tidak lagi mempunyai morfologi yang mirip dengan bahan asalnya (alih bentuk), yang terkandung bahan asam humat dan asam fulvat. Prosentase hasil kelarutan C asam fulvat lebih tinggi dibandingkan dengan asam humat pada berbagai perlakuan amelioran limbah organik PT GGP Lampung, Berdasarkan analisis sidik ragam menunjukkan pada kontrol (K0) pada 2 bulan tidak berbeda nyata pada jenjang 5%, namun pada inkubasi 3 bulan asam humat menunjukkan berbeda nyata pada perlakuan K0, K1 dan K2 (Tabel 4.2.3 dan lampiran 19).

Tabel 4.2.3. Ameliorasi tanah dengan limbahorganik dan limbah pengalengan Nenas terhadap As-Humat dan As-Fulvat pada petak pot inkubasi 3 bulan di PT. GGP Lampung



Pada perlakuan berbagai limbah organik K1 dan K2 lebih mudah terdekomposisi, memungkinkan asam fulvat lebih bersifat reaktif dibandingkan dengan asam humat setelah dicampurkan dengan tanah diberbagai jeluk tanah. Asam fulvat mempunyai kandungan gugus karboksil ( $-\text{COOH}$ ), fenolik ( $-\text{OH}$ ) dan karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ) lebih banyak dibandingkan asam humat, sehingga akan lebih reaktif pada proses dekomposisi. Selain itu asam humat tidak larut dalam air pada  $\text{pH} < 2$  tetapi larut pada kondisi  $\text{pH}$  tinggi, asam fulvat larut air pada semua kondisi  $\text{pH}$ , sedangkan humin tidak larut pada semua kondisi  $\text{pH}$ . Menurut Stevenson (1982), asam fulvat yang mempunyai berat molekul rendah mempunyai kandungan oksigen lebih tinggi, tetapi kandungan karbonnya lebih rendah dibandingkan asam-asam humat yang mempunyai berat molekul tinggi. Jumlah karbon organik dalam fraksi asam fulvat lebih tinggi pada lapisan 0–15 cm dari pada lapisan yang lebih dalam (0–30 cm dan 0–45 cm), hal ini menunjukkan adanya tingkat humifikasi pada bagian permukaan lebih besar disebabkan kandungan oksigen dibagian dekat permukaan tanah lebih besar dibandingkan pada lapisan lebih dalam sehingga perkembangan aktivitas biologi tanah lebih intensif. Menurut Zinati *et al.* (2001), jumlah karbon organik dalam fraksi asam fulvat lebih tinggi pada lapisan permukaan (0–10 cm) dari pada lapisan yang lebih dalam, sedangkan kadar asam fulvat lebih tinggi pada perlakuan kompos tanah (organik) dibandingkan pada perlakuan pupuk an-organik.

Hasil kelarutan C-organik asam humat pada perlakuan dengan lysimeter tertutup pada K2 relatif lebih kecil dibandingkan pada K1 (Tabel 4.2.3), menunjukkan penggunaan bahan limbah tapioka terdekomposisi dan seresah bonggol (*bromelin*) lebih aktif dalam proses dekomposisi dibandingkan dengan kotoran sapi (padat), dimungkinkan ukuran partikel lebih halus. Daur ulang limbah organik dibidang pertanian yang dihasilkan oleh berbagai peternakan hewan, berpengaruh signifikan terhadap bobot isi, kesuburan dan sifat biokimia, serta fungsi bahan organik tanah asli termasuk dalam fraksi asam humat dan asam fulvat (Plaza *et al.*, 2002, 2003, 2005). Amelioran dengan menggunakan seresah bonggol nenas yang mengandung *bromelin* (K2) akan mempercepat proses dekomposisi bahan organik segar, hal ini karena *bromelin* merupakan suatu enzim yang dapat menguraikan protein dalam jaringan tanaman. *Enzym bromelin* berperan dalam melepaskan ikatan rantai C dalam gugus fungsional pada jenis bahan dasar limbah organik. Pada kondisi tanah alami humus akan lambat untuk terurai namun setelah dikombinasikan dengan humus dan tanah mineral, humus dapat bertahan dalam tanah pada suatu periode.

#### 4.2.4. Pengaruh bahan amelioran terhadap C-Humat, C-Fulvat dengan C-organik tanah pada petak pot penelitian.

Kestabilan karbon pada humat dan fulvat pada berbagai ketebalan tanah dapat ditentukan dengan membandingkan prosentase hasil C-Humat, C-Fulvat dengan C-organik tanah. Perlakuan berbagai komposisi limbah organik segar dan pengalengan nenas setelah dekomposisi dengan mencampurkan mineral tanah selama 3 bulan mempunyai kestabilan C asam humat 0,84% – 2,30%, sedangkan kestabilan C-asam fulvat 4,05% – 5,71% (Tabel 4.2.4). Hal ini karena proses dekomposisi bahan organik menghasilkan C-asam fulvat lebih banyak terombak dari protein, karbohidrat dan polisakarida, dibandingkan dari kelarutan pada lignin, karboksilat dan gugus aromatik pada asam humat.

Menurut Datta *et al.* (2001), asam humat dan asam fulvat dapat berinteraksi dengan ion logam, tanah lempung, pestisida, dan beberapa organik karena luas permukaan dan mempunyai sifat kelasi yang tinggi. Selanjutnya, zat humat juga berperilaku sebagai akumulator setelah pembentukan logam-humat kompleks (kelat) dengan derajat stabilitas yang berbeda. Berdasarkan analisis sidik ragam prosentase kestabilan C-Humat, C-Fulvat dengan C-organik tanah pada berbagai perlakuan limbah organik segar dan limbah pengalengan nenas pada berbagai tingkat ketebalan tanah, tidak berbeda nyata pada jenjang 5%, namun C-organik tanah semakin menurun berdasarkan jeluk tanah (Tabel 4.2.4).

Tabel 4.2.4 Ameliorasi tanah dengan limbahorganik dan limbah pengalengan Nenas terhadap persen As–Humat dan persen As–Fulvat dengan C-organik tanah pada petak pot inkubasi 3 bulan di PT. GGP Lampung

Kestabilan C pada asam humat dan fulvat berbagai kombinasi limbah organik segar dan limbah pengalengan nenas menunjukkan prosentase karbon yang semakin menurun sesuai dengan jeluk tanah. Pada ketebalan tanah 0–15 cm, 0–30 cm dan 0–45 cm, berturut-turut pada asam humat adalah 1,96%, 1,84% dan 1,26%, sedangkan pada asam fulvat 4,96%, 4,94% dan 5,32% (Tabel 4.2.4). Hal ini karena dekomposisi bahan organik pada kedalaman jeluk tanah T1 menunjukkan total karbon yang lebih banyak dibandingkan dengan T2 dan T3. Pada kedalaman tanah dekat dengan permukaan tanah kecukupan aerasi dan kondisi lingkungan adalah lebih baik dibandingkan dengan kedalaman jeluk tanah yang jauh dari permukaan tanah, sehingga pada kondisi tersebut dapat mendukung dalam menstimulasi aktivitas mikrobial tanah dalam merombak bahan organik segar untuk mudah terdekomposisi. Total karbon pada lapisan tanah yang lebih dalam kemungkinan lebih stabil daripada yang dipermukaan tanah, karena adanya perbedaan bahan dasar, komposisi, dan kondisi lingkungan (Erich *et al.*, 2012; Rumpel dan Knabner, 2011).

Perlakuan limbah organik segar dan limbah pengalengan nenas dengan sistem lysimeter terbuka pada asam fulvat dan asam humat menunjukkan hasil prosentase kestabilan karbon lebih besar berturut-turut 4,87% dan 1,93%, sedangkan pada sistem *lysimeter* tertutup sebesar 4,8% dan 1,72% (Tabel 4.2.4), hal ini karena pada sistem *lysimeter* terbuka terdapat aliran udara yang merangsang aktivitas mikrobial dalam mendekomposisikan bahan organik segar. Selain itu peranan oksigen pada struktur gugus fungsional akan berikatan dengan

C, sehingga akan membentuk gugus fungsi C–O pada polisakarida yang menjadikan C lebih stabil, sehingga kestabilan pada sistem *lysimeter* terbuka lebih stabil dibandingkan dengan sistem tertutup.

Kestabilan karbon pada asam humat dan asam fulvat dengan perlakuan K0 yaitu perlakuan dengan bahan dasar limbah organik segar seresah nenas (*chooper*) sebesar 200 ton/ha menunjukkan C-stabil lebih besar dibandingkan dengan perlakuan K1 dan K2 (Tabel 4.2.4). Hal ini karena C pada serat bahan dasar seresah tanaman nenas pada gugus fungsi C=C dari amide, C=O dari kuinon, C=O dari ikatan H konjugasi keton dengan karakteristik lignin atau gugus aromatik lainnya, karboksilat aromatik atau alifatik mempunyai nilai luas area lebih kecil yaitu 5,02% dibandingkan pada K1 dan K2 berturut-turut 5,76% dan 6,56% (Tabel 4.2.5), sehingga C pada bahan dasar seresah nenas lebih bersifat stabil.

#### 4.2.5. Pengaruh bahan amelioran terhadap C–biomassa, N–biomassa dan C/N–biomassa tanah pada petak pot penelitian.

Biomassa mikroba tanah merupakan agen transformasi bahan organik dalam tanah. Dengan demikian biomassa mikroba tanah berfungsi sebagai sumber utama ketersediaan kesuburan C, N, P dan S yang terkandung dalam bahan organik, (Singh *et al.*, 1989). Sedangkan menurut Smith *et al.* (1993), setiap perubahan dalam biomassa mikroba dapat mempengaruhi siklus dari bahan organik tanah, sehingga aktivitas mikroba tanah memiliki pengaruh langsung pada stabilitas lingkungan dan kesuburan tanah. Aktivitas biologis dapat ditentukan dengan mengetahui nisbah C/N biomassa.

Berdasarkan analisis sidik ragam pada C–biomassa, N–biomassa dan C/N–biomassa tanah pada berbagai perlakuan limbah segar organik dan limbah pengalengan nenas (K0, K1 dan K2) pada berbagai tingkat ketebalan tanah (T1, T2 dan T3), menunjukkan berbeda nyata pada jenjang 5% (Table 4.2.5 dan lampiran 20). Hal tersebut menunjukkan adanya proses dekomposisi bahan organik segar dalam tanah oleh mikro–organisme selama waktu inkubasi tanah (0–3 bulan). Kadar C–biomassa meningkat pada perlakuan K1 (0,14%) dibandingkan pada K0 (0,07%), namun pada K2 tidak meningkat yaitu 0,07% (Tabel 4.2.5). Sedangkan menurut Daphne *et al.* (2012), penambahan kotoran sapi kedalam tanah akan meningkatkan C dan N biomassa. Peningkatan C-biomassa karena dari jenis bahan dasar yang berbeda yaitu kotoran sapi dan *mill juice* nenas, dan tidak berbeda nyata karena N sangat kecil (Tabel 4.1.5).

Tabel 4.2.5. Ameliorasi tanah dengan limbahorganik dan limbah pengalengan Nenas terhadap C–biomassa, N–biomassa dan C/N biomassa pada petak pot inkubasi 3 bulan di PT. GGP Lampung.



Kadar C-biomassa pada berbagai perlakuan yang diformulasikan dengan limbah organik dan pengalengan nenas menunjukkan penurunan dengan semakin dalamnya jeluk tanah. Hal ini menunjukkan bahwa kadar C-biomassa semakin rendah maka kemungkinan aktivitas mikro-organisme tanah semakin menurun dengan semakin dalamnya jeluk tanah. Pada perlakuan amelioran K1 kadar C-biomassa relatif lebih besar dibandingkan dengan K0 dan K2, hal ini karena adanya perbedaan jenis bahan dasar limbah menentukan komposisi kandungan bahan campuran limbah, sehingga akan berpengaruh terhadap aktivitas mikro-organisme tanah dalam perombakan bahan organik segar. Perlakuan K2 adanya bahan limbah tapioka dan limbah bonggol bromelin pada proses dekomposisi 2 bulan setelah menunjukkan kadar C-biomassa yang relatif tinggi (Lampiran 20), sedangkan pada bulan ke-3 kadar C hasil mineralisasi oleh mikro-organisme menurun karena C mudah hilang oleh pelindian dan emisi dalam bentuk  $\text{CO}_2$  pada inkubasi 3 bulan (Table 4.2.5).

Kadar N-biomassa pada berbagai perlakuan limbah segar organik dan pengalengan nenas mengalami kenaikan setelah terdekomposisi selama 3 bulan (Tabel 4.2.5), karena proses aktivitas perombakan bahan organik oleh mikro-organisme akan menghasilkan nitrogen tanah yang berasal dari hasil mineralisasi tanah. Penambahan kotoran sapi kedalam tanah akan meningkatkan imobilisasi N yang akan meningkatkan N-biomassa (Daphne *et al.*, 2013). Fungsi bahan organik dalam tanah merupakan sumber kesuburan terutama unsur N, P, S bagi pertumbuhan tanaman melalui proses mineralisasi oleh mikroorganisme,

sedangkan pengaruh bahan organik terhadap biologi tanah adalah meningkatkan aktivitas mikrobia tanah (Stevenson, 1982). Peningkatan N tanah relatif kecil karena sifat N merupakan unsur dengan mobilitas yang tinggi sehingga mudah hilang oleh emisi dan mudah larut bersama dengan air pelindian. Sedangkan pada K2 kadar N–biomassa menurun setelah dekomposisi selama 2 dan 3 bulan, hal ini kemungkinan perlakuan dengan perbedaan jenis limbah pada K1 yaitu limbah tapioka dan *bromelin* akan berpengaruh dalam mempercepat proses mineralisasi N, sehingga ketersediaan N mengalami penurunan sebagian dipakai oleh mikroba dalam dekomposisi bahan yang belum terombak sempurna dan sebagian N akan hilang karena emisi dan pelindian pada inkubasi 2 sampai 3 bulan.

Ameliorasi bahan limbah segar organik dan pengalengan nenas dengan teknik mencampurkan dengan bahan tanah pada dekomposisi selama 3 bulan menunjukkan bahwa nisbah C/N tanah sebesar 10–12 (Tabel 4.2.2). Sedangkan pada nisbah C/N–biomassa pada berbagai kombinasi perlakuan bahan limbah (K0, K1 dan K2) sangat bervariasi yaitu 2–12 (Tabel 4.2.5). Hal ini menunjukkan adanya aktivitas mikroba dalam dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh jenis bahan dasar limbah. Dekomposisi bahan organik sempurna akan membebaskan unsur–unsur yang semula berada dalam ikatan molekul organik menjadi senyawa–senyawa anorganik yang disebut dengan mineralisasi (Notohadiprawiro, 1998).

Perbedaan karakteristik jenis bahan dasar limbah akan berpengaruh terhadap aktivitas mikroba dalam dekomposisi bahan organik. Jumlah kandungan

lignin, gugus aromatik, polisakarida, karbohidrat, protein akan berpengaruh terhadap proses dekomposisi bahan organik. Nilai C/N-biomassa menggambarkan adanya aktivitas mikroba pengurai bahan organik. Pada perlakuan dengan limbah seresah tanaman (*chooper*) 200 ton per hektar, kandungan C-organik lebih rendah dibandingkan pada K1 dan K2 (Tabel 4.2.1). Hal ini sejalan dengan kandungan C-biomassa pada KO yaitu lebih kecil dibandingkan pada perlakuan kombinasi bahan limbah dengan ditambahkan kotoran sapi (K1), limbah tapioka dan limbah bonggol *bromelin* (K2), sedangkan kadar N-biomassa relatif sama pada berbagai kombinasi limbah yaitu sebesar 0,03% (Tabel 4.2.5).

Kombinasi perlakuan bahan limbah segar organik dan pengalengan nenas yang semakin bervariasi akan berpengaruh terhadap nilai C/N-biomassa semakin kecil. Nilai C/N-biomassa pada K0, K1 dan K2 berturut-turut: 7,32; 7,07 dan 5,55 (Tabel 4.2.4). Hal ini sejalan dengan hasil analisis FTIR menunjukkan pada perlakuan kombinasi limbah segar organik dan limbah pengalengan nenas pada K0-30, K1-15, K1-30 dan K2-30 mengalami penurunan hasil prosentase luas permukaan gugus fungsi pada gelombang serapan  $1.170-950\text{ cm}^{-1}$  (Tabel 4.2.6).

4.2.6. Pengaruh bahan amelioran terhadap karakteristik *Infra Merah Spectra* pada petak pot penelitian.

Hasil analisis limbah segar organik dan pengalengan nenas dengan metode *fourier transform infrared* (FT-IR) spektroskopi (Tabel 4.2.6), menunjukkan adanya keberadaan beberapa gugus fungsional C=O, N-H, C-O, dan Si-O pada pita serapan dengan tanpa menentukan secara kuantitatif gugus fungsi berdasarkan bilangan gelombang (*spectrum*). Perombakan bahan organik oleh proses pengomposan menunjukkan adanya peningkatan asam humat pada intensitas pita  $1.640\text{ cm}^{-1}$ . Peningkatan asam humat menyebabkan dampak positif pelepasan karbon, selain itu terjadi peningkatan gugus karboksilat oleh adanya pelepasan asam karboksilat dari lipida yang membusuk (Smidt *et al.*, 2005).

Perlakuan limbah organik dan pengalengan nenas pada perlakuan terpilih K0-30, K1-15, K1-30 dan K2-30 menunjukkan keberadaan gugus fungsional pada pita serapan gelombang  $3.400-950\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini karena adanya pelepasan dan atau ikatan polimerisasi rantai karbon pada proses dekomposisi bahan organik dengan mineral lempung selama 3 bulan. Perlakuan berbagai kombinasi limbah menunjukkan adanya perubahan luas area perlakuan sebelum dan setelah terdekomposisi selama 3 bulan. Bilangan gelombang  $3.400-3.300\text{ cm}^{-1}$  adalah gugus fungsi H dari OH dan N-H,  $2.940-2.900\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus fungsi C-H alifatik,  $1.660-1.630\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus fungsi C=C dari amida, kuinon, dan keton serta  $1.170-950\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus fungsi C-O dari polisakarida dan Si-O dari mineral lempung (Tabel 4.2.6).

Tabel 4.2.6. Susunan gugus fungsional dari analisis spektrogram inframerah perlakuan terpilih dari kombinasi limbah organik segar dan limbah pengalengan nenas

Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus fungsi	% Luas Area								Karakteristik
		K0.30		K1.15		K1.30		K2.30		
		sebelum (0 bln)	sesudah (3 bln)	sebelum (0 bln)	sesudah (3 bln)	sebelum (0 bln)	sesudah (3 bln)	sebelum (0 bln)	sesudah (3 bln)	
3400–3300	Ikatan H dari OH Ikatan N–H ( <i>trace</i> )	25,28	21,87	20,32	20,72	20,57	24,62	22,84	25,27	Sellulosa
2940–2900	Rangkaian C–H alifatik	16,30	17,13	17,64	11,73	20,47	14,63	17,24	15,14	Lemak, lipida, lilin
1660–1630	C=C dari amide C=O dari kuinon C=O dari ikatan H konjugasi keton	6,40	5,02	4,97	6,78	2,76	5,76	6,50	6,56	Lignin, atau gugus aromatik lainnya, karboksilat aromatik atau alifatik.
1170 – 950	Rangkaian C–O dari polisakarida Si–O dari mineral	11,58	3,42	9,92	8,95	6,20	6,31	12,11	6,59	Polisakarida, mineral, karbohidrat, protein.

Keterangan:

- K0–30 : Seresah tanaman nenas 200 ton/ha pada ketebalan tanah 0–30 cm,
- K1–15 : Seresah tanaman nenas 200 ton/ha + kotoran sapi (padat) 40 ton/ha + *mill juice* nenas 2 ton/ha + kotoran sapi cair 2 ton/ha, pada ketebalan tanah 0–15 cm,
- K1–30 : Seresah tanaman nenas 200 ton/ha + kotoran sapi (padat) 40 ton/ha + *mill juice* nenas 2 ton/ha + kotoran sapi cair 2 ton/ha, pada ketebalan tanah 0–30 cm,
- K2–30: Seresah tanaman nenas 200 ton/ha + limbah tapioka 40 ton/ha + seresah bonggol (*bromelin*) 40 ton/ha + *mill juice* nenas 2 ton/ha + kotoran sapi cair 2 ton/ha, pada ketebalan tanah 0–30 cm.

Bahan organik terlarut merupakan sumber yang penting untuk ketersediaan karbon dan kesuburan tanah. Interaksi bahan organik terlarut dengan tanah mineral, seperti oksida logam dan tanah lempung, melibatkan berbagai mekanisme penyerapan dan dapat menyebabkan penyerapan fraksionasi gugus organik tertentu (Ferreira *et al.*, 2009). Perlakuan K0–30 menunjukkan adanya penurunan prosentase luas area matriks limbah pada gelombang  $3.400\text{--}950\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini mencerminkan adanya perubahan struktur ikatan karbon oleh adanya proses dekomposisi (3 bulan) oleh kelompok fungsional organik pada gugus fungsi OH, NH, C=O, C–O dan Si–O dari mineral lempung. Penurunan area pada K0–30 menunjukkan adanya pelepasan ikatan karbon oleh bahan limbah organik dan pengalengan nenas yang mengandung senyawa untuk produk mineralisasi nitrat dan karboksilat. Sedangkan pada K1–15, K1–30 dan K2–30 mengalami perubahan luas area pada pita serapan gelombang  $3.400\text{--}950\text{ cm}^{-1}$ , perubahan ikatan kimia dengan penambahan amelioran limbah organik dan pengalengan nenas (K1 dan K2) menunjukkan adanya proses dekomposisi dengan lebih dari satu jenis bahan limbah organik. Kondisi aerobik pada lapisan atas dari profil akan mempercepat degradasi dan perubahan yang sesuai dalam pola spektral (Smidt *et al.*, 2007).

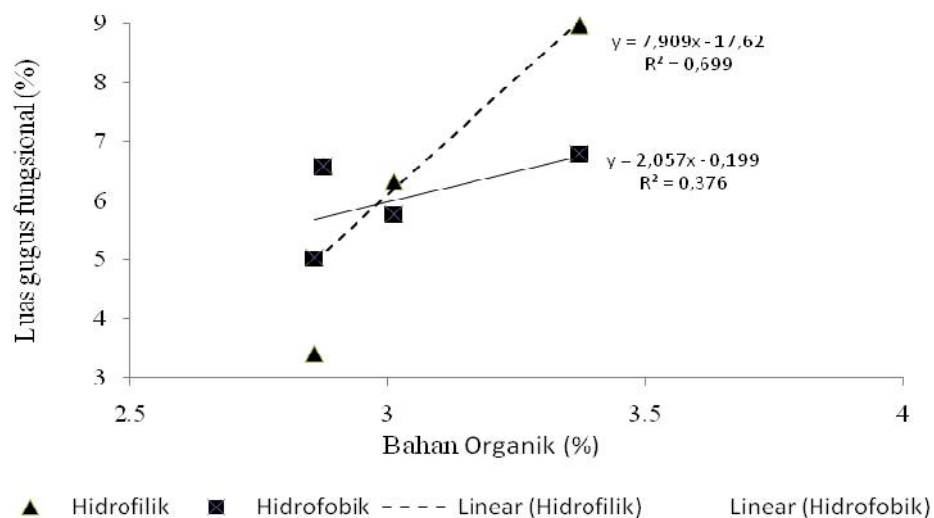
Pada semua perlakuan limbah segar organik dan pengalengan nenas (K0–30, K1–15, K1–30 dan K2–30) mengalami penurunan perubahan luas area pada pita serapan gelombang  $1.170\text{--}950\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya pelepasan atau peruraian ikatan rantai C pada gugus fungsi polisakarida, mineral,

karbohidrat, dan protein, sedangkan pada pita serapan  $1.660\text{--}1.630\text{ cm}^{-1}$  dan  $2.940\text{--}2.900\text{ cm}^{-1}$  terjadi peningkatan prosen luas area pada semua perlakuan pemberian limbah (Tabel 4.2.6). Peningkatan luas area gugus fungsi pada pita serapan  $1.660\text{--}1.630\text{ cm}^{-1}$  dan  $2.940\text{--}2.900\text{ cm}^{-1}$  berbagai perlakuan karena adanya ikatan rantai C pada gugus fungsi lignin, atau gugus aromatik lainnya, karboksilat aromatik atau alifatik bersifat lebih bersifat stabil dan atau tidak lebih mudah untuk terurai atau terlepas dibandingkan pada gugus fungsi pada pita serapan gelombang  $1.170\text{--}950\text{ cm}^{-1}$ .

Gugus fungsional hidrofilik terdapat pada gelombang serapan  $1.170\text{--}950\text{ cm}^{-1}$  pada K0-30 dengan luas area sebesar 3,42% dan K2-30 sebesar 6,59%, yang didominasi oleh polisakarida, karbohidrat dan protein (Tabel 4.2.6). Polisakarida merupakan senyawa yang menghasilkan sejumlah komponen selulosa dan hemiselulosa (Tan, 2000). Polisakarida berinteraksi dengan mineral lempung akan mengubah sifat-sifat permukaan lempung yang berkaitan dengan penyerapan air dan akan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Sedangkan pada K1-15 dan K1-30 luas area lebih rendah yaitu 6,78% dan 5,76%, hal ini disebabkan jenis bahan limbah organik kotoran sapi lebih bersifat stabil dibandingkan dengan limbah singkong.

Hasil analisis antara bahan organik tanah (BO) berpengaruh terhadap luas gugus hidrofilik dengan nilai regresi sebesar  $R^2 0,7$ , bahan organik yang mudah terdekomposisi akan meningkatkan partikel-partikel koloid organik sehingga luas area lebih besar pada gugus hidrofilik dibandingkan dengan hidrofobik nilai  $R^2$

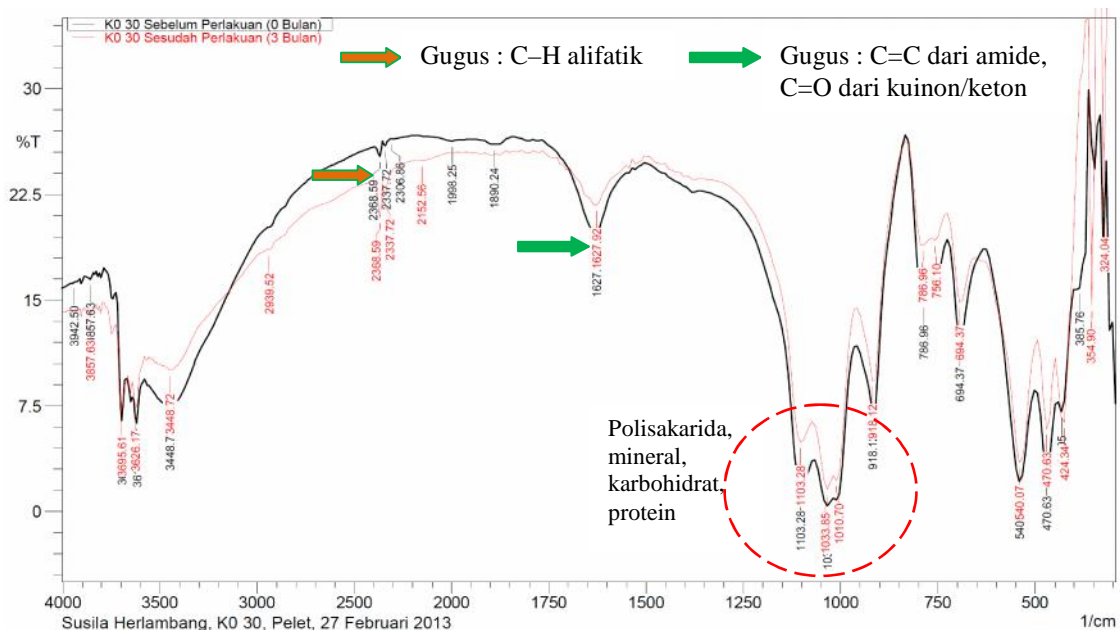
sebesar 0,4 (Gambar 4.2.4). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi bahan organik yang relatif mudah terdekomposisi akan berpengaruh terhadap peningkatan luas gugus fungsi secara linier. Luas area gugus fungsional pada hidrofobik adalah relatif lebih kecil dibandingkan dengan hidrofilik, hal ini menunjukkan adanya bahan humat dari kombinasi limbah segar organik dan limbah pengalengan nenas masih relatif stabil terhadap proses dekomposisi selama 3 bulan pada ketebalan tanah. Gugus fungsi C=C dari amide, C=O dari kuinon dan C=O dari ikatan H konjugasi keton pada bilangan gelombang 1.640  $\text{cm}^{-1}$  relatif sukar terdekomposisi karena tingginya kadar lignin dan gugus aromatik lainnya. Sedangkan pada gugus fungsional hidrofilik, kandungan bahan organiknya relatif mudah terdekomposisi oleh adanya polisakarida, karbohidrat dan protein.



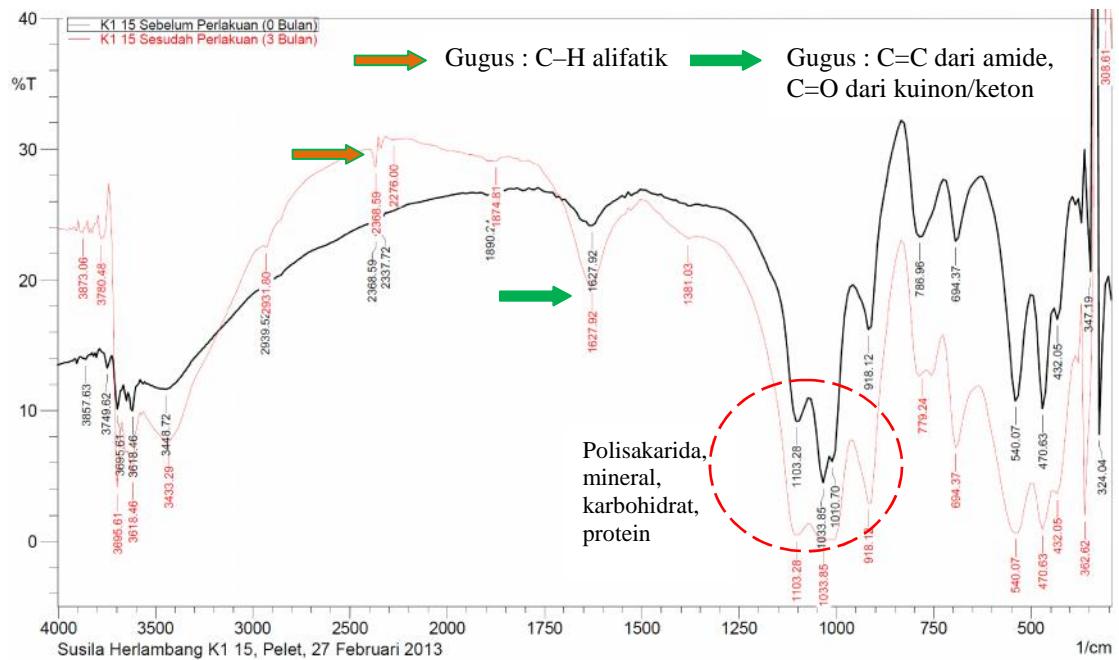
Gambar 4.2.4. Regresi antara bahan organik tanah (BO) terhadap luas gugus hidrofilik dan hidrofobik pada dekomposisi limbah segar organik dan pengalengan nenas selama 3 bulan di Ultisol Lampung.



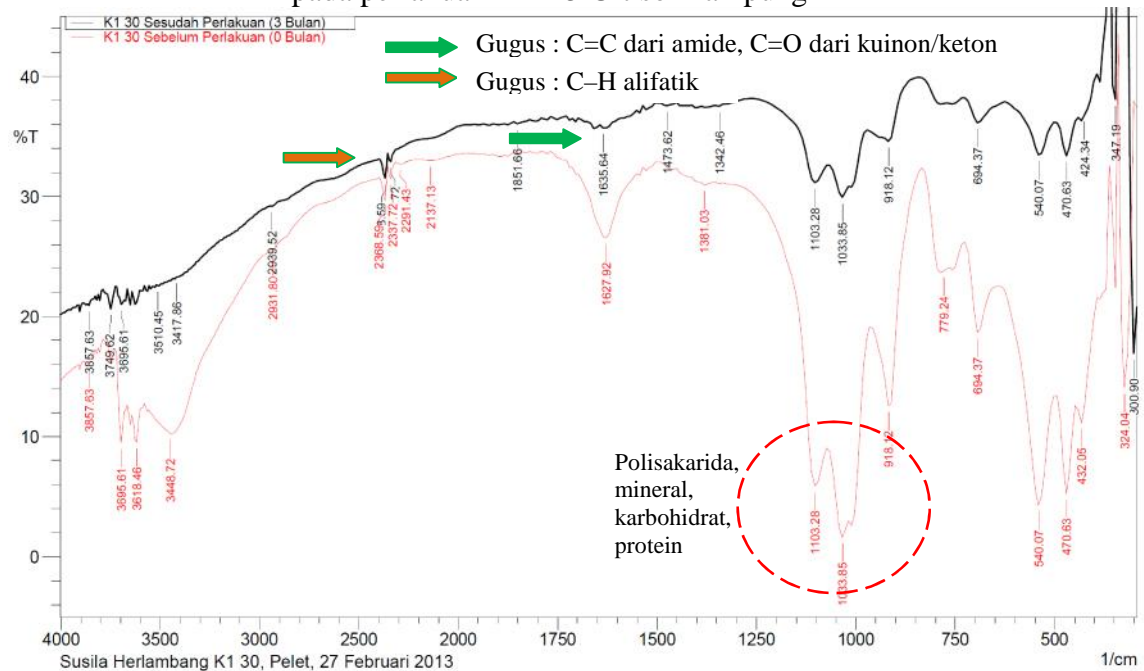
Gugus fungsional hidrofobik pada perlakuan K1–15 dan K1–30 mempunyai prosentase luas area lebih tinggi yaitu 6,78% dan 5,76% dibandingkan pada K0–30 dan K2–30 yang masing-masing mempunyai prosentase luas sebesar 5,02% dan 6,56% (Tabel 4.2.6). Hal ini menunjukkan kandungan gugus aromatik pada K1 relatif lebih tinggi dibandingkan pada K2, pada perlakuan K2 bahan limbah singkong adalah lebih mudah terdekomposisi bersama dengan mineral tanah. Sifat hidrofobik menyebabkan kemampuan bahan menyerap air jadi berkurang sehingga menjadikan ketersediaan air menjadi berkurang, berakibat proses dekomposisi menjadi lebih lambat. Hasil analisis Spektrogram infra merah menunjukkan adanya perubahan puncak serapan gugus fungsional (Gambar 4.2.6–4.2.9).



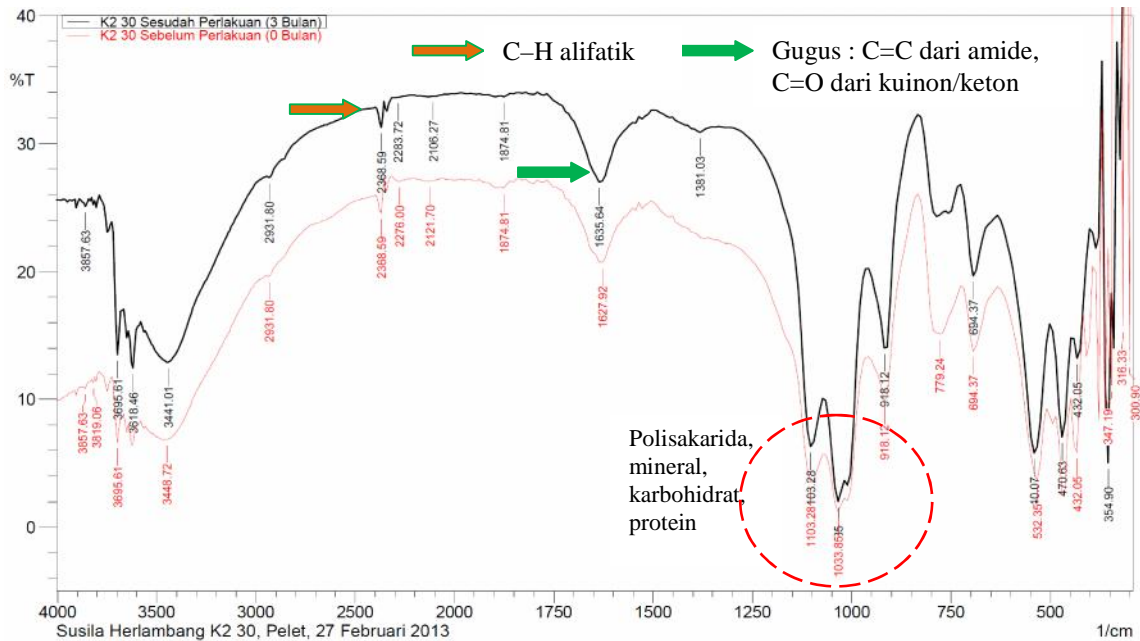
Gambar 4.2.5. Spektrogram limbah segar organik dan pengalengan nenas pada perlakuan K0–30 Ultisol Lampung



Gambar 4.2.6. Spektrogram limbah segar organik dan pengalengan nenas pada perlakuan K1-15 Ultisol Lampung



Gambar 4.2.7. Spektrogram limbah segar organik dan pengalengan nenas pada perlakuan K1-30 Ultisol Lampung



Gambar 4.2.8. Spektrogram limbah segar organik dan pengalengan nenas pada perlakuan K2–30 Ultisol Lampung

Hasil analisis limbah organik dan pengalengan nenas dengan metode fourier transform infrared (FT-IR) spektroskopi pada perlakuan K0–30 menunjukkan prosentase luas area menurun pada 3.400–950 cm<sup>-1</sup> (Gambar 4.2.5), hal ini menggambarkan selama proses dekomposisi pada perlakuan dengan satu jenis bahan limbah (seresah tanaman), terjadi perubahan susunan stuktur ikatan yang setiap tahap dekomposisi ditandai dengan produk metabolisme tertentu. Produk metabolik pada bilangan gelombang dapat diidentifikasi oleh pita-pita penyerapan bahan dalam spektrum. Bahan humat berada pada kisaran serapan intensitas inframerah pada gelombang 1.720–1.600 cm<sup>-1</sup> (Stevenson, 1982). Perlakuan K0–30 menunjukkan adanya perubahan stuktur ikatan oleh proses dekomposisi bahan humat pada bilangan gelombang 2.940–16.630 cm<sup>-1</sup>

menunjukkan pelepasan ikatan H dari gugus karboksilat (C=O) atau gugus aromatik lainnya (Gambar 4.2.5). Sedangkan pada perlakuan K1-15, K1-30 dan K2-30 menunjukkan prosentase luas area lebih lebar sehingga pelepasan ikatan H oleh C=O lebih banyak dibandingkan pada K0-30. Peningkatan luas area pada bilangan gelombang 1.700–1.600  $\text{cm}^{-1}$  menggambarkan bahan humat lebih banyak dibandingkan pada K0-30, karena adanya penambahan dan perbedaan jenis bahan organik berpengaruh terhadap perubahan pola struktur ikatan pada proses dekomposisi bahan organik (3 bulan) mencerminkan perubahan kimia terutama oleh penurunan ketinggian pita kelompok fungsional organik (Gambar 4.2.5–4.2.8). Pada K2-30 menunjukkan luasan area pada bilangan gelombang 4.000–950  $\text{cm}^{-1}$  mempunyai pola beraturan (Gambar 4.2.8), hal ini kemungkinan proses dekomposisi bahan organik pada jeluk 0–30 cm menghasilkan pelepasan gugus fungsional relatif lebih baik dibandingkan pada K1-15. Sedangkan pada bilangan gelombang 1.700–1.600  $\text{cm}^{-1}$  K2-30 hampir sama dengan K1-30 perbedaan hanya pada bilangan gelombang 2.500  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan rangkaian C–H alifatik yang dilepaskan oleh gugus fungsi lemak, lipida dan lilin pada proses dekomposisi adalah lebih banyak dibandingkan pada K1-30.