

## TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1. Padi

Padi (*Oryza sativa*. L) merupakan tanaman yang menghasilkan beras sebagai bahan makanan pokok rakyat Indonesia. Tanaman padi termasuk golongan tanaman Gramineae atau rerumputan, yang ditandai dengan batang yang tersusun dari beberapa ruas (Siregar, 1981 dalam Fatimah 2010). Berdasarkan klasifikasinya tanaman padi termasuk kedalam Kingdom: *Plantae*, Phylum: *Spermatophyta*, Kelas: *Angiospermae*, Subkelas: *Monocotiledine*, Ordo: *Grinales*, Famili: *Gramineae*, Genus: *Oryza*, Spesies: *Oryza sativa*. L (Anonimus, 2007).

Tanaman padi merupakan tanaman semusim yang dalam pertumbuhan dan perkembangannya melalui beberapa fase yaitu: 1) fase vegetatif cepat, mulai dari pertumbuhan bibit sampai dengan jumlah anakan maksimum, 2) fase vegetatif lambat, mulai dari jumlah anakan maksimum sampai keluarnya anakan malai dan 3) fase reproduktif, mulai dari fase keluarnya bunga sampai saat panen. Tanaman padi dapat tumbuh dengan baik dan berproduktivitas tinggi akan sangat ditentukan oleh tingkat kesuburan tanah, dimana akan berkaitan dengan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang optimal bagi pertumbuhannya (AAK, 1990).

Tanaman padi dapat dikelompokkan dalam dua bagian yaitu bagian vegetatif dan bagian generatif. Bagian vegetatif terdiri dari akar, batang, dan daun. Akar padi adalah akar serabut, batang padi mempunyai rongga dan beruas-ruas. Pada awal pertumbuhannya ruas berbentuk pendek, dari batang utama akan tumbuh anakan primer yang bersifat heterotrofik (bergantung pada batang utama) sampai anakan tersebut memiliki daun dengan 4-5 helai daun, dari anakan primer selanjutnya tumbuh anakan sekunder yang menghasilkan anakan tertier (Ismunadji dan Sismiyati, 1988). Daun padi tumbuh berselang seling pada batang. Daun yang paling atas memiliki ukuran terpendek disebut daun bendera.

Sedangkan bagian generatif terdiri dari malai dan bunga, buah dan bentuk gabah. Sekumpulan bunga padi yang keluar dari buku paling atas dinamakan malai. Setiap malai bisa mencapai 100-120 bunga. Bunga padi merupakan bunga telanjang yang mempunyai satu bakal buah, 6 benang sari serta dua tangkai putik (Sudirman dan Iwan, 2000). Gabah atau buah padi adalah ovary yang telah masak, bersatu dengan lemma dan palea. Buah padi bagian luar disebut sekam dan bagian dalam yang disebut karyopsis. Sekam terdiri dari lemma dan palea (Suparyono dan Setyanto, 1993). Berdasarkan bentuk gabahnya, bulir padi dapat dibedakan menjadi empat kelompok, yaitu: ramping, panjang, sedang dan gemuk (AAK, 1990).

Padi dapat tumbuh pada ketinggian 0-1500 meter di atas permukaan laut dengan temperatur 19-27°C, rata-rata curah hujan 200 mm/bulan atau lebih dan memerlukan penyinaran matahari penuh tanpa naungan. Angin berpengaruh pada penyerbukan dan pembuahan. Padi menghendaki tanah lumpur yang subur dengan ketebalan 18-22 cm dan pH tanah 4-7 (Radjagukguk, 1997 dalam Fatimah 2010).

Budidaya padi dilahan gambut memerlukan beberapa tindakan yang berbeda dengan tanah lainnya. Kunci keberhasilan budidaya padi sawah dilahan gambut terletak pada keberhasilan dalam pengelolaan dan pengendalian air, penanganan sejumlah kendala fisik yang merupakan faktor pembatas, penanganan substansi toksik dan pemupukan unsur makro dan mikro (Radjagukguk, 1997 dalam Asliko 2010). Pembuatan saluran drainase mikro sedalam 10-50 cm diperlukan untuk pertumbuhan tanaman dilahan gambut. Selain itu pertumbuhan padi dilahan gambut juga memerlukan teknik pemupukan yang sangat penting. Jenis pupuk yang diperlukan adalah yang mengandung N, P, K, Ca dan Mg (Agus *et al.*, 2008).

Leiwakabessy dan Wahjudin (1979), Radjagukguk (1990) dalam Fatimah (2010) menunjukkan hubungan erat antara ketebalan gambut dan produksi gabah padi sawah. Lahan gambut yang sesuai untuk padi sawah adalah gambut dengan ketebalan 20-50 cm (atau disebut lahan bergambut) dan gambut dangkal (0,5-1 m). Padi kurang sesuai pada gambut sedang (1-2 m) dan tidak sesuai pada gambut tebal (2-3 m) dan sangat tebal (lebih dari 3 m). Pada gambut tebal dan sangat

tebal, tanaman padi tidak dapat membentuk gabah karena kahat unsur hara mikro (Subagyo *et al.*, 1996).

Tanaman padi memegang peranan penting dalam emisi gas CH<sub>4</sub> dari lahan sawah. Diduga 90% gas CH<sub>4</sub> yang dikeluarkan dari lahan sawah ke atmosfer dilepaskan melalui tanaman dan sisanya melalui gelembung air (*ebullition*). Ruang udara pada pembuluh aerenkima daun, batang dan akar yang berkembang dengan baik menyebabkan pertukaran gas pada tanah tergenang berlangsung cepat (Setyanto *et al.*, 2004). Biomassa akar dan tanaman juga berpengaruh terhadap emisi CH<sub>4</sub> terutama pada stadium awal pertumbuhan tanaman padi karena pada fase awal pertumbuhan banyak eksudat akar yang dilepas ke rizosfir sebagai hasil samping metabolisme karbon oleh tanaman. Menurut Aulakh *et al.*, (2001), tanaman padi memiliki kemampuan berbeda dalam melepaskan eksudat akar dalam tanah. Hal ini tergantung dari efisiensi penguraian fotosintat (dalam membentuk biji padi), semakin kecil eksudat akar yang dilepaskan dan emisi CH<sub>4</sub> semakin rendah.

## 2.2. Tanah Gambut

Lahan gambut terbentuk oleh lingkungan yang khas, yaitu suasana tergenang (anaerob) yang terjadi hampir sepanjang tahun sehingga menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik. Keadaan ini akan menyebabkan terjadinya penimbunan (akumulasi) bahan organik lebih cepat dibandingkan proses dekomposisinya. (Mudiyarso *et al.*, 2004).

Berdasarkan tingkat kematangan atau pelapukan, gambut dapat dibedakan atas tiga jenis, yaitu: 1) fibrik adalah gambut yang tingkat pelapukannya terendah, 2/3 volumenya terisi serat dengan BD < 0,1 g/cm<sup>3</sup>, 2) hemik adalah gambut yang tingkat pelapukannya sedang, kandungan seratnya 1/3–2/3 volumenya dengan BD 0,1–0,2 g/cm<sup>3</sup> dan 3) gambut saprik adalah gambut yang paling lapuk, kurang dari 1/3 volumenya berupa serat dengan BD > 0,2 g/cm<sup>3</sup>. Tanah gambut yang masih

kasar mempunyai porositas tinggi, sukar menahan air dan unsur hara serta dapat mengalami penyusutan (subsidence) yang besar (Setiadi, 1996).

Berdasarkan kondisi lingkungan terbentuknya, gambut dapat dibedakan menjadi: 1) gambut topogen adalah gambut yang terbentuk pada depresi topografi yang selama pembentukannya dipengaruhi oleh air tanah yang kaya mineral (tergantung jenis tanah sebagai substratum dibawahnya) sehingga gambut ini kebanyakan tergolong subur (eutrofik), 2) gambut ombrogen adalah gambut yang terbentuk karena tumpukan bahan organik sedemikian tebalnya sehingga akar tanaman tidak dapat menjangkau tanah mineral dan air tanah, hanya dipengaruhi oleh air hujan (tergenang) sehingga gambut ini miskin hara (oligotrofik) (Setiadi, 1996).

Kondisi dimana tanah gambut dikatakan eutrofik karena kaya unsur hara makro dan mikro yang berasal dari tanah mineral dan air tanah, mempunyai pH yang mendekati netral (sekitar 6) dan KTK rendah. Sedangkan gambut dikatakan oligotrofik karena ketersediaan unsur hara makro seperti K, Ca, Mg, P, hara mikro seperti Cu, Zn, Mn, B dan kejenuhan basa serta pH yang rendah tetapi mempunyai KTK dan kandungan asam organik yang tinggi sehingga tidak mendukung bagi pertumbuhan tanaman (Simbolon, 2009).

Tingginya kandungan asam organik sangat erat hubungannya dengan komposisi bahan organik tanah gambut yang disusun oleh lignin, selulosa dan hemiselulosa. Komposisi bahan organik gambut didaerah tropik basah seperti Indonesia didominasi oleh lignin yang umumnya lebih dari 65% (Polak, 1975 dalam Novpriansyah 2000). Hasil degradasi lignin adalah asam fenolat, sehingga gambut di Indonesia umumnya mempunyai kandungan asam fenolat yang tinggi yang bersifat meracun dan menghambat serapan hara. Hasil penelitian Tadano, *et al.*, (1991) dalam Nelvia (2004) menunjukkan bahwa konsentrasi asam fenolat yang tinggi dapat mengakibatkan terhambatnya serapan K, P, Cu dan Zn oleh tanaman padi.

Pengembangan pertanian pada lahan gambut menghadapi banyak kendala yang berkaitan dengan sifat tanah gambut diantaranya rendahnya tingkat

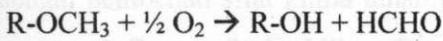
kesuburan tanah gambut dan tingginya kandungan asam organik. Permasalahan lain yang ditimbulkan oleh dekomposisi tanah gambut yaitu kehilangan C-organik dalam bentuk CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang diemisikan ke atmosfer (Sabiham dan Sulistyono 2000 dalam Rachman 2008). Perubahan hutan gambut sekunder menjadi lahan sawah di Kalimantan Selatan meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> (Inubushi *et al.*, 2003).

### 2.3. Emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>

Dalam keadaan alami, lahan gambut mempunyai kemampuan menahan air yang tinggi sehingga berfungsi sebagai penyangga (buffer) hidrologi areal disekelilingnya. Selain itu lahan gambut juga berfungsi sebagai penambat (sequester) atau penyimpan (net sink) karbon sehingga berkontribusi dalam mengurangi gas rumah kaca di atmosfer, walaupun proses penambatan berjalan sangat lambat setinggi 0-3 mm gambut per tahun (Parish *et al.*, 2007) atau setara dengan penambatan 0-5,4 ton CO<sub>2</sub>/ha/tahun (Agus, 2009).

Adanya eksploitasi lahan gambut melalui deforestasi untuk pengembangan kebun kelapa sawit, hutan tanaman industri, pertanian dan penebangan kayu akan mengakibatkan terjadinya subsidensi dari drainase yang berlebihan. Hal ini mengakibatkan tanah gambut yang awalnya bersifat hidrofilik (suka air) berubah menjadi hidrofobik (tidak suka air), sehingga tidak mampu lagi menyerap air (*irreversible drying*). Selain itu, pembukaan lahan gambut dengan menebang sebagian atau seluruh penutupan hutan di atasnya akan menyebabkan sebagian besar karbon yang terkandung dalam biomassa tanaman atau dalam tanah gambut akan dilepaskan ke atmosfer melalui pembakaran atau dekomposisi bahan organik. Selanjutnya karbon ini akan teroksidasi menjadi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang menyumbang pada terjadinya pemanasan global (Hooijer, 2006). Emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O menyumbang secara berturut-turut sebesar 55%, 15% dan 6% dari total Gas Rumah Kaca (Mosier *et al.*, 1994 dalam Rachman 2008).

Reaksi sederhana pelepasan CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari gugus metoksil asam fenolat membentuk OH-fenolat yang akan melepaskan formaldehida sebagai berikut:



Formaldehida (HCHO) dalam keadaan tereduksi akan menghasilkan CH<sub>4</sub>, sebaliknya apabila teroksidasi akan melepaskan CO<sub>2</sub>. Pada kondisi tekanan O<sub>2</sub> yang rendah yaitu pada lingkungan rawa yang tergenang, dekomposisi bahan gambut selain melepaskan CO<sub>2</sub> juga terjadi pelepasan CH<sub>4</sub> dari degradasi senyawa selulosa, hemiselulosa, lignin, protein, asam-asam organik dan alkohol (Alexander, 1977 dalam Barchia 2002).

Gas CH<sub>4</sub> dapat dihasilkan melalui proses dekomposisi bahan organik secara anaerob, sedangkan gas CO<sub>2</sub> dapat dihasilkan melalui proses dekomposisi bahan organik dalam keadaan aerob. Pembentukan gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> melibatkan proses metanogenesis yang terjadi di dalam lahan gambut. Proses metanogenesis adalah proses utama di dalam tanah gambut secara mikrobial selama biodegradasi bahan organik. Proses metanogenesis ini dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia tanah gambut, seperti suhu dan pH tanah, dekomposisi bahan organik dan potensial redoks (Eh) (Horn *et al.*, 2003 dalam Rachman 2008).

Pada kondisi aerob, mikroorganisme pelaku mineralisasi lebih aktif dibandingkan kondisi anaerob. Dengan demikian hasil mineralisasi yaitu CO<sub>2</sub> jadi lebih tinggi (Magnusson, 1993). Sebaliknya tingginya CH<sub>4</sub> pada kondisi anaerob disebabkan tidak tersedianya oksigen dalam lingkungan tersebut sehingga hanya golongan bakteri anaerob yang aktif, seperti bakteri penghasil methane/*methanogen*. Bakteri tersebut dapat bekerja secara aktif pada kondisi anaerob dengan redoks potensial - 200 mV (Tsutsuki & Ponnampurna, 1987). Bouwman (1992) menyatakan bahwa gas CH<sub>4</sub> merupakan gas yang reaktif dan reaktivitasnya 25-35 kali lebih besar dari gas CO<sub>2</sub> per molekul.

Untuk itu, diperlukan teknologi pengelolaan yang dapat menjamin keberlanjutan fungsi gambut sebagai media budidaya dan menghasilkan produk

suatu tanaman serta mempertahankannya sebagai agensia penyemat karbon (stock carbon), melalui mitigasi gas rumah kaca CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Adapun teknologi yang dapat diterapkan adalah teknologi penggunaan amelioran yang berfungsi ganda yaitu sebagai pembenah sifat kimia tanah gambut dan sebagai bahan yang dapat mengkonservasi C-organik (stabilitas C-organik) sehingga tidak hilang melalui emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Pemberian kation polivalen seperti Fe, Cu, Zn, Mn, serta Al dianggap paling efektif untuk reklamasi gambut khususnya dalam rangka mengupayakan stabilisasi gambut melalui *decomposition prevention*, sehingga pelepasan gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dapat ditekan (Sabiham, 1997).

#### 2.4. Amelioran *Dregs*

Amelioran adalah bahan yang digunakan dalam jumlah besar untuk membenahi sifat-sifat tanah yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan dan produksi tanaman. Amelioran *dregs* pada tanah gambut dapat digunakan untuk membenahi sifat kimianya yang terutama untuk menekan kelarutan asam organik (asam fenolat) yang tinggi. Bahan amelioran yang ditambahkan mengandung kation polivalen yang tinggi seperti Fe, Al, Cu, Mn dan Zn. Fenomena ikatan antara logam dan asam organik memungkinkan beberapa kation dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan reaktivitas asam-asam fenolat, sehingga tidak membahayakan tanaman. Fenomena ini juga memberikan kestabilan bahan gambut terhadap kation bervalensi tinggi yang diperlukan untuk pengendalian dan mempertahankan komposisi unsur, gugus fungsi karboksil dan fenolik-OH (Barchia, 2006).

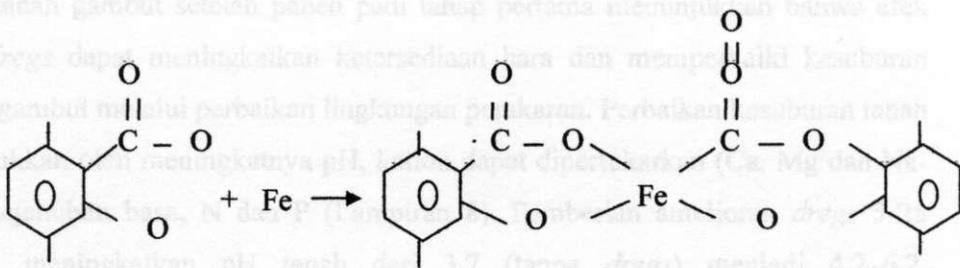
Secara umum pemberian bahan ameliorasi ke dalam tanah di maksudkan untuk menetralkan asam-asam organik (asam fenolat dan asam karbosilat) yang bersifat meracun, dapat meningkatkan pH dan hara Kalsium (Ca) sehingga reaksi tanah mengarah ke netral dan dilain pihak dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman (Halim, 1987).

Pemberian bahan ameliorasi dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, karena dapat memperbaiki kondisi fisik tanah, merangsang

aktivitas mikroorganisme di dalam tanah, mengurangi keracunan Al dan logam yang lainnya, mensuplai Ca dan Mg untuk tanaman dan meningkatkan ketersediaan unsur hara (Noor, 2001). Bahan ameliorasi yang ideal mempunyai sifat-sifat kejenuhan basa tinggi, dapat meningkatkan pH tanah, serta memiliki kandungan unsur hara yang lengkap, sehingga juga berfungsi sebagai pupuk dan mempunyai kemampuan memperbaiki struktur tanah gambut (Fatimah, 2010).

Salah satu bahan amelioran yang tersedia dialam dalam jumlah berlimpah adalah *dregs*. *Dregs* adalah endapan yang terbentuk dari proses klarifikasi cairan hasil produksi bagian *recovery* di pabrik *pulp* yang tidak berguna lagi untuk pembuatan kertas. *Dregs* merupakan hasil sampingan dari bagian *recaultciizing* pabrik kertas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan ameliorasi (Rini, 2005).

Hasil penelitian Nelvia (2010) menunjukkan bahwa *dregs* mengandung Fe 5000 ppm, Mn 989 ppm, Cu 127 ppm, Zn 224 ppm, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,20%, K<sub>2</sub>O 0,31%, CaO 41,03%, MgO 2,39%, S 0,71%, Na 2,68%, dan memiliki pH sekitar 9,3. Selain itu Rini (2005) menambahkan bahwa *dregs* mengandung 0,4 g N (Lampiran 8). Kation polivalen (Fe, Cu, Zn dan Mn) yang tinggi dapat menekan kandungan asam organik yang beracun melalui pembentukan senyawa kompleks (Khelat) (Tan, 1993), reaksi pengkhelatannya sebagai berikut:



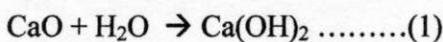
Gambar 1. Contoh reaksi pengkhelatan Tan 1993

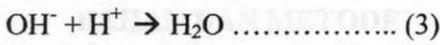
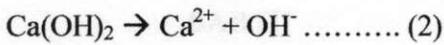
*Dregs* dapat mengurangi kandungan aluminium dan asam-asam organik meracun dari asam-asam fenolat dan asam karboksilat melalui pembentukan kompleks organik-logam dan dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah gambut

sehingga akan mempercepat proses dekomposisi gambut, sehingga *dregs* merupakan material yang sangat potensial digunakan sebagai amelioran yang relatif murah (ekonomis) untuk meningkatkan mutu dan produktifitas lahan gambut (Rini, 2005).

Hasil penelitian Saragih (1996), kation Fe memiliki afinitas tertinggi dan paling stabil berinteraksi diantara kation yang dicoba dengan urutan  $Fe > Cu > Ca > Mn > Zn$ . Dengan demikian peningkatan kandungan Fe-dd, Al-dd, Cu-dd dan Zn-dd tanah gambut yang diinkubasi dengan amelioran *dregs* selama 3 minggu, 1,5 bulan, hingga panen sedikit. Menurut Salampak (1999), Rachim (2000), Saragih (1996) dalam Prasetyo (1996) kation polivalen:  $\bar{Cu}$ ,  $\bar{Zn}$ ,  $\bar{Ca}$ ,  $\bar{Al}$ ,  $\bar{Fe}$  membentuk senyawa kompleks dengan asam-asam organik sehingga dapat mengurangi pengaruh buruk asam-asam fenolat. Unsur Cu lebih reaktif terhadap asam-asam fenolat sederhana seperti p-hidroksibenzoat, sedangkan unsur Fe lebih reaktif terhadap asam-asam fenolat kompleks seperti asam ferulat, sinapat dan p-kumarat (Tadano *et al.*, 1992 dalam Nelvia 2004). Dengan demikian pemberian *dregs* dapat memperbaiki lingkungan perakaran dengan menekan kelarutan asam-asam fenolat sehingga tidak bersifat meracun bagi tanaman.

Semakin lama waktu interaksi antara tanah gambut dengan amelioran *dregs* maka akan semakin tinggi kelarutan unsur didalam tanah. Hasil analisis awal tanah gambut setelah panen padi tahap pertama menunjukkan bahwa efek sisa *dregs* dapat meningkatkan ketersediaan hara dan memperbaiki kesuburan tanah gambut melalui perbaikan lingkungan perakaran. Perbaikan kesuburan tanah ditunjukkan oleh meningkatnya pH, kation dapat dipertukarkan (Ca, Mg dan Na-dd), kejenuhan basa, N dan P (Lampiran 8). Pemberian amelioran *dregs* 5-25 ton/ha meningkatkan pH tanah dari 3,7 (tanpa *dregs*) menjadi 4,2-6,2. Peningkatan pH terjadi karena *dregs* memiliki pH yang tinggi (9,3) dan mengandung CaO yang sangat tinggi yaitu 41,03% (Lampiran 6). Kalsium oksida (CaO) termasuk bahan kapur yang berperan dalam meningkatkan pH tanah. Reaksi peningkatan tersebut sebagai berikut:





Ion  $\text{OH}^-$  yang dihasilkan pada reaksi 2 akan bereaksi dengan ion  $\text{H}^+$  yang ada dilarutan tanah membentuk  $\text{H}_2\text{O}$  (reaksi 3) menyebabkan konsentrasi  $\text{H}^+$  didalam tanah menurun sehingga dapat meningkatkan pH tanah. Hakim *et al.*, (1986) menyatakan bahwa terdapat hubungan yang erat antara ketersediaan hara dan pH tanah, dimana unsur hara baik makro maupun mikro tersedia pada pH berkisar 5,5-6,5.

Peningkatan pH juga diikuti oleh peningkatan nilai kation basa (Ca, Mg dan Na-dd) serta KB secara berturut-turut: 18,62-53,23, 0,94-1,96, dan -0,16-3,38 (cmol (+)/kg) serta 25-90% dibandingkan tanpa *dregs*. Hal ini di karenakan terjadinya pelarutan kation tersebut dari amelioran *dregs* selama tanah diinkubasi, dimana kandungan kation Ca, Mg dan Na dalam *dregs* yaitu: 41.03%, 2.39%, dan 2.68%. Semakin tinggi sumbangan dari kation basa tersebut maka nilai KB juga akan semakin tinggi.

Selanjutnya, perbaikan lingkungan perakaran akan memacu pertumbuhan dan perkembangan akar sehingga volume akar meningkat yang pada akhirnya meningkatkan serapan hara oleh tanaman. Peningkatan serapan hara oleh tanaman akan meningkatkan proses fisiologis tanaman sehingga memacu pertumbuhan tanaman. Selain itu, semakin lama waktu interaksi antara tanah gambut dengan amelioran *dregs* juga menyebabkan jumlah senyawa khelat yang terbentuk semakin banyak. Dengan terbentuknya senyawa kompleks menyebabkan asam-asam organik tidak mengalami dekomposisi lanjut menjadi gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$ .