



PENGARUH PENAMBAHAN BIOCHAR LIMBAH PERTANIAN DAN PESTISIDA PADA INKUBASI TANAH INCEPTISOL UNTUK MENEKAN EMISI GAS METANA (CH₄) SEBAGAI GAS RUMAH KACA

Winda Prihantarawati Cahayaningtyas, Indro Sumantri *)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Gas metana (CH₄) merupakan salah satu gas penyebab pemanasan global (Gas Rumah Kaca) yang menempati urutan kedua setelah gas karbondioksida (CO₂). Secara alamiah lahan gambut, rawa dan sediment di daerah pantai merupakan sumber utama dari gas metan di atmosfer (Hardy, 2003). Penggunaan biochar sebagai pendamping maupun pengganti pestisida dalam sistem usahatani dapat meningkatkan produktivitas panen, dan secara signifikan akan mereduksi pembentukan gas metana (CH₄). Metode penelitian menggunakan metode inkubasi tanah inceptisol dengan memvariasi penambahan biochar limbah pertanian (tanpa biochar, biochar sekam padi dan biochar tongkol jagung) dan penambahan beberapa jenis pestisida seperti insektisida organofosfat, insektisida karbamat, insektisida piretroid, herbisida paraquat dan bioinsektisida. Analisis dilakukan menggunakan analisis emisi gas metana (CH₄) menggunakan Gas Chromatography (GC), derajat keasaman (pH) menggunakan pH meter dan jumlah bakteri akhir masa inkubasi menggunakan Standard Plate Count (SPC). Emisi gas metana (CH₄) terbesar yakni sebesar 4,494 mg CH₄/ gr tanah (meningkatkan emisi gas metan 348,7%), sedangkan pada penambahan pestisida piretroid dan biochar sekam padi (P3B1) menghasilkan emisi gas metana (CH₄) terkecil yakni sebesar 0,011 mg CH₄/ gr tanah (mereduksi emisi gas metan 98,9%). Proses inkubasi berlangsung pada rentang pH 5,2 – 6,7. Jumlah populasi bakteri akhir terbesar terdapat pada perlakuan P3B2 (penambahan pestisida piretroid dan biochar tongkol jagung) yakni sebesar 4,2 x 10⁸ jumlah bakteri/mL, sedangkan pada perlakuan P2B1 (penambahan pestisida karbamat dan biochar sekam padi) memiliki jumlah populasi bakteri akhir terendah yakni 3,5 x 10⁶ jumlah bakteri/mL

Kata kunci: metana; inkubasi; tanah inceptisol; biochar; pestisida

Abstract

Methane (CH₄) is one of the gases that cause global warming, which ranks second only to carbon dioxide (CO₂). Naturally, peat lands, wetlands, and sediments in coastal areas are major source of methane gas in the atmosphere (Hardy, 2003). The use of biochar as a companion or replacement for pesticides in agricultural system can increase crop productivity and reduce the emission of methane (CH₄) significantly. The research method used is an incubation inceptisol soil. Variables that were varied were the addition of agricultural waste biochar (without biochar, rice husks biochar and corn cobs biochar) and the addition of several types of pesticides like organophosphate insecticides, carbamate insecticides, pyrethroid insecticides, paraquat herbicides and bio-insecticides. The analysis of methane emissions by Gas Chromatography (GC), analysis of degree acidity (pH) using pH-meter and analysis of the number of bacteria at the end of the incubation period using Standard Plate Count (SPC). In the analysis of total methane emissions, the addition of rice husk biochar and without the addition of pesticides (P0B1) to the treatment, produced the largest emissions of methane (CH₄) to 4.494 mg CH₄/g soil (increase 348.7%), and the treatment given to the addition of pyrethroid insecticides and rice husk biochar (P3B1) produced the lowest emissions at 0.011 mg CH₄/g soil (reduce 98.9%). This incubation process takes place in the pH range 5.2 to 6.7. The population of bacteria in the end incubation, P3B2 treatment (addition of pyrethroid pesticides and biochar corn cobs) has largest population of bacteria which is equal to 4.2 x 10⁸ the bacteria/mL, whereas the P2B1 treatment (addition of carbamate pesticides and rice husk biochar) has lowest population of bacteria about 3.5 x 10⁶ bacteria / mL.

Key Words: methane; incubation; inceptisol soil; biochar; pesticides

1. Pendahuluan

Gas metan (CH_4) merupakan salah satu gas penyebab pemanasan global (Gas Rumah Kaca) yang menempati urutan kedua setelah gas karbondioksida (CO_2). Dalam kaitannya dengan pemanasan global, daya pemanasan global satu molekul gas metana (CH_4) di troposfer adalah sekitar 21 kali daya pemanasan satu molekul gas karbondioksida (CO_2). Selain itu, gas metana (CH_4) dapat bertahan di lapisan troposfer hingga 7 – 10 tahun. Gas metan diproduksi oleh mikrobia dalam keadaan anaerob. Secara alamiah lahan gambut, rawa dan sedimen di daerah pantai merupakan sumber utama dari gas metan di atmosfer (Hardy, 2003). Bakteri metanogenik ini mampu mengoksidasi molekul hidrogen, memperoleh sumber energi dari proses oksidasi itu sendiri dan sumber karbon dari karbon dioksida (CO_2). Faktor yang mempengaruhi antara lain : temperatur, ketersediaan unsur hara dalam tanah dan lama proses.

Pada beberapa kajian, penggunaan biochar sebagai pendamping maupun pengganti pestisida dalam sistem usahatani dapat meningkatkan produktivitas panen, dan secara signifikan akan mereduksi pembentukan gas metana (CH_4). Biochar merupakan suplemen tanah yang sangat potensial dapat meningkatkan kemampuan tanah, dimana biochar ini sering kali disebut dengan arang yang diproduksi menggunakan suhu tinggi berbahan baku limbah pertanian maupun kotoran hewan. Selain itu, perilaku pestisida dalam tanah dipengaruhi oleh kondisi dan sifat tanah, serta aktivitas mikroorganisme dalam tanah antara lain bakteri metanogen yang berperan aktif dalam pembentukan gas metana (CH_4) dalam tanah.

Pada proses inkubasi gas metana (CH_4) ini biasanya mikroorganisme (bakteri metanogen) dikembangkan dalam kondisi berlumpur (dengan penggenangan) dan pada suhu yang tepat yakni berada pada range suhu 25-30°C. Tanah inceptisol merupakan jenis tanah permukaan yang paling banyak ditemui kira-kira pada kedalaman hingga 10 cm dari permukaan tanah. Faktor yang mempengaruhi besarnya emisi gas metana antara lain : jenis tanah, suhu tanah, pH tanah, potensi reduksi - oksidasi (Eh) tanah, aktivitas bakteri anaerobik, jenis tanaman dan bahan organik/anorganik.

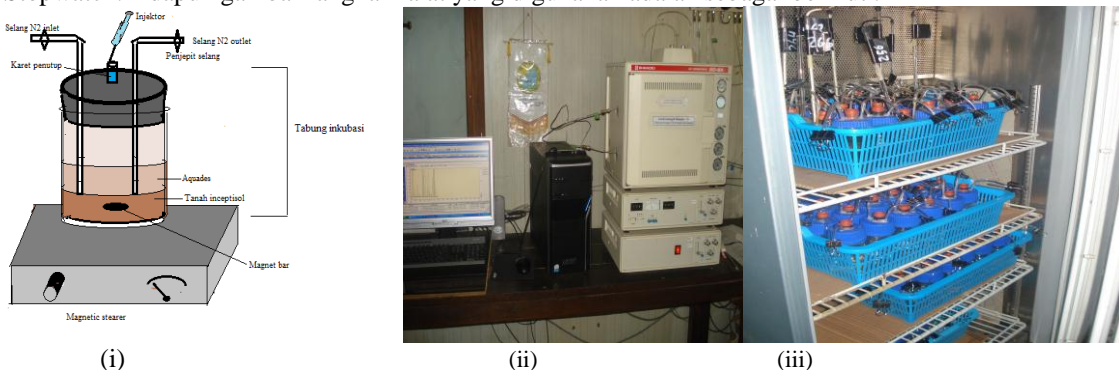
Analisa emisi gas metana (CH_4) dapat dilakukan dengan menggunakan alat GC (Gas Chromatography). Cara kerja kromatografi gas adalah dengan pemisahan fisik, dimana proses pemisahan didasarkan pada perbedaan kemampuan distribusi analit antara fase bergerak dan fase diam dalam kolom pada kecepatan dan waktu yang berbeda. Pada analisis gas metan gas pembawa yang digunakan jenis N_2 atau He dengan tekanan 7 kg/cm², Suhu injektor harus lebih tinggi dari titik didih gas yang diteliti (gas metana CH_4), biasanya 15°C-50°C diatas suhu kolom yakni $\pm 90^\circ\text{C}$, suhu kolom $\pm 75^\circ\text{C}$, detektor jenis FID (*Flame Ionization Detector*).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui interaksi penambahan biochar limbah pertanian dan pestisida dalam menghasilkan emisi gas metana (CH_4) terbesar dan terkecil melalui teknik inkubasi tanah inceptisol. Untuk mengetahui waktu dan rentang pH optimal selama masa inkubasi. Untuk mengetahui jumlah populasi bakteri akhir terbesar dan terkecil pada masa inkubasi.

2. Bahan dan Metode Penelitian.

Bahan dan Alat Yang Digunakan.

Bahan-bahan yang digunakan antara lain : Tanah inceptisol; Biochar sekam padi; Biochar tongkol jagung; Insektisida organofosfat (Klorfirifos); Insektisida karbamat (Karbofuran); Insektisida piretroid (Deltametrin); Herbisida paraquat ; Bioinsektisida (azadiractin); Aquadest; Gas N_2 ; dan Nutrient Agar (NA) . Dan alat yang digunakan antara lain : tabung inkubasi, karet penutup (rubber stopper); selang plastik dan penjepit; pipet tetes dan pipet volume; timbangan, beaker glass; inkubator, injektor; magnetic bar dan magnetic stirrer; petridish; pH meter; Gas Chromatography (GC); *Standart Plate Count (SPC)*, dan Stopwatch. Adapun gambar rangkain alat yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar (i).Rangkaian tabung inkubasi, (ii). Gas Chromatography (GC), (iii). Proses inkubasi

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Gas Rumah Kaca (GRK) Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. Sampel tanah inceptisol diambil dari tanah sawah Desa Wado, Kecamatan Kedungtuban, Kabupaten Blora. Tanah diambil pada kedalaman ± 10 cm dari permukaan atas tanah. Jenis biochar yang

digunakan adalah limbah sisa pertanian, dan jenis pestisida yang digunakan jenis pestisida yang banyak dijual di pasaran. Variabel yang digunakan adalah variabel tetap :Volume tabung inkubator 100 ml, Waktu pengambilan sampel gas 7 hari, Suhu inkubator 27°C, Massa tanah/sampel 20 gram, jenis tanah Inceptisol, Volume injektor 5 mL, Putaran magnetic steerer 20 rpm. Dan variabel berubah adalah Penambahan Biochar (Tanpa Biochar, Biochar sekam padi dan Biochar tongkol jagung), dan penambahan pestisida dan herbisida (Tanpa pestisida, Insektisida golongan organofosfat bahan aktif klorpirifos., Insektisida golongan Karbamat bahan aktif karbofuran, Insektisida golongan Piretroid (ahan aktif deltamethrin, Herbisida bahan aktif paraquat, serta Bioinsektisida bahan aktif azadiractin).

Metode yang digunakan untuk analisa emisi gas metana (CH₄) yakni dengan menggunakan Kromatografi Gas (GC), dan analisa nilai pH tanah menggunakan pH meter, serta untuk analisa jumlah bakteri total menggunakan Standart Plate Count (SPC). Pengamatan dilakukan selama lima kali setiap tujuh hari (satu minggu) mulai dari awal hingga akhir inkubasi, masing-masing pengamatan adalah pada minggu ke-1,2,3,dan 4. Pada hari ke-1,7,14,21 dan 28 merupakan T₀ dimana konsentrasi gas metana (CH₄) adalah C₀. Pengamatan hari berikutnya adalah hari ke-2,8,15,22,dan 29 yang merupakan T₂₄ dimana konsentrasi gas metana (CH₄) adalah C₂₄. Penelitian dilakukan hingga diperoleh penurunan konsentrasi gas metana (CH₄) pada C₂₄ dan jumlah bakteri total yang menunjukkan batas maksimum waktu inkubasi gas metana (CH₄).

Proses inkubasi dilakukan Sampel tanah inceptisol dikeringkan dan dihaluskan., Memasukkan tanah inceptisol sebanyak 20 gram kedalam tabung inkubasi, menambahkan aquadest hingga mencapai 50 mL, dan terakhir memasukkan magnetic bar.Penambahan variabel pada setiap sampel dengan tiga kali ulangan.

Ulangan I,II,III

P0B0	P1B0	P2B0	P3B0	P4B0	P5B0
P0B1	P1B1	P2B1	P3B1	P4B1	P5B1
P0B2	P1B2	P2B2	P3B2	P4B2	P5B2

Keterangan : B0 : Tanpa Biochar; B1 : Biochar sekam padi;B2 : Biochar tongkol jagung; P0 : Tanpa pestisida; P1 : Insektisida Organofosfat;P2 : Insektisida Karbamat ,P3 : Insektisida Piretroid;P4 : Herbisida paraquat.,P5 : Bioinsektisida (azadiractin).

Selanjutnya adalah menyimpan tabung-tabung inkubasi tersebut didalam inkubator pada suhu 27°C, melakukan analisis emisi gas metana (CH₄) setiap 7 hari (1 minggu) hingga diperoleh kadar gas metana (CH₄) menurun dari kondisi puncak produksi (kadar CH₄ optimum). Untuk menentukan kadar/emisi awal gas metana (CH₄) atau T₀ : Mengeluarkan tabung-tabung inkubasi dari inkubator, homogenisasi menggunakan magnetic steerer dengan kecepatan puratan 20 rpm dan dilakukan selama 3 menit, pada waktu pengocokan dilakukan pula proses pengaliran gas N₂, yakni dengan cara membuka kedua penjepit pada kedua ujung selang plastik. Pada salah satu ujung selang dialiri gas N₂ yakni dengan cara membuka katup gas N₂ kecepatan aliran gas 250 mL/menit. Sedang pada ujung selang lainnya dibiarkan terbuka untuk mengeluarkan gas N₂,Contoh gas tiap sampel diambil sebanyak 1 mL dengan menggunakan injektor / jarum suntik ukuran 5 mL. contoh gas dianalisa menggunakan kromatografi gas (GC). Penentuan kadar/emisi akhir gas metana (CH₄) atau T₂₄ tanpa menggunakan gas N₂, Contoh gas dianalisa menggunakan kromatografi gas (GC). Perhitungan Potensi produksi/ emisi gas metana (CH₄), dapat menggunakan rumus berikut :

$$E = (C_{24}-C_0) \times (V_h/20) \times (mW/mV) \times (273,2/(273,2+T))$$

Dimana :

- E = produksi/emisi gas metana CH₄ (mg/kg tanah/hari)
- C₀ = Konsentrasi emisi gas metana CH₄ pada saat T₀ (ppm)
- C₂₄ = Konsentrasi emisi gas metana CH₄ pada saat 24 jam setelah inkubasi (ppm)
- V_h = Volume headspace dalam tabung inkubasi (mL)
- 20 = Berat tanah dalam tabung inkubasi
- mW = Berat moleku metana CH₄
- Mv = Volume molekul CH₄ (22,41 pada T dan P standart / stp dalam mol/L)
- T = suhu inkubasi (°C)

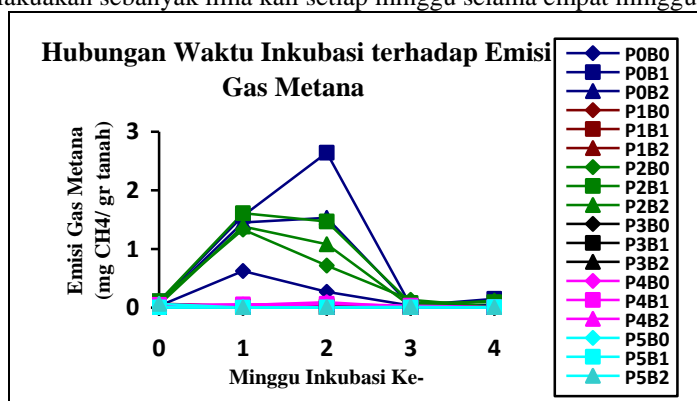
3. Hasil dan Pembahasan .

3.1 Analisis emisi gas metana (CH₄)

Waktu Optimum Inkubasi.

Analisa Emisi gas metana (CH₄) didasarkan pada kandungan gas metana yang terdapat pada sampel gas dengan nilai kadar minimal tertentu.Analisa emisi gas metana (CH₄) dapat dilakukan secara manual melalui penginjeksian sampel gas kedalam kolom Gas Kromatografi (GC) yang menggunakan nitrogen ataupun hidrogen sebagai gas pengantar. Dari analisis ini dapat diperoleh data emisi gas metana sekaligus dapat menentukan wktu optimum inkubasi rata-rata dengan melihat dinamika dan interaksi antar perlakuan.

Selama masa inkubasi terjadi fluktuasi emisi gas metana (CH₄) yang berbeda-beda sesuai dengan variabel. Pengamatan dilakukan sebanyak lima kali setiap minggu selama empat minggu masa inkubasi.



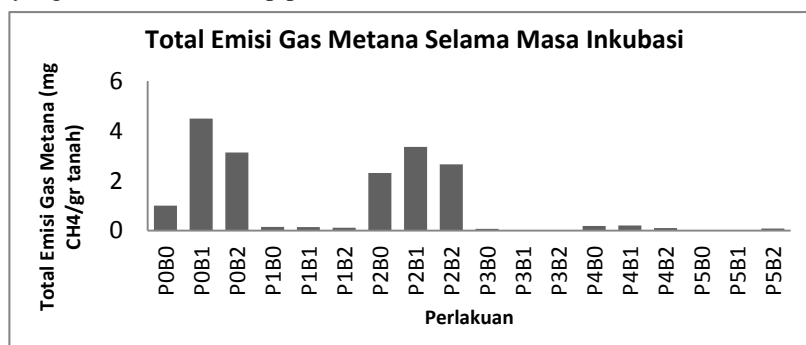
Gambar 4.1. Kurva Hubungan Waktu Inkubasi Terhadap Emisi Gas Metana (CH₄)

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa masa inkubasi berlangsung selama empat minggu atau lima kali pengamatan, dimana waktu optimum inkubasi rata-rata dialami oleh tiap perlakuan pada minggu pertama, tetapi pada perlakuan P0B1 (tanpa pestisida dan penambahan biochar sekam padi) dan P0B2 (tanpa pestisida dan penambahan biochar tongkol jagung) waktu inkubasi dialami pada minggu kedua. Pola yang terbentuk tersebut merupakan indikator adanya bakteri pembentuk gas metana (CH₄) atau bakteri metanogenik.

Pada awal masa inkubasi, tiap perlakuan masih menghasilkan emisi gas metana (CH₄) yang sangat rendah, dalam masa ini bakteri berada pada fase adaptasi (lag phase), dimana bakteri masih menyesuaikan dirinya dengan keadaan pada tiap perlakuan. Pada minggu berikutnya, terjadi kenaikan emisi gas metana (CH₄) pada beberapa perlakuan yang menandakan bakteri berada pada fase logaritmik (eksponensial phase), dimana massa sel bakteri menjadi dua kali lipat dan keadaan pertumbuhan menjadi seimbang. Inilah yang sering disebut waktu optimal inkubasi. Setelah mencapai titik tertinggi, emisi gas metana (CH₄) cenderung tetap yang menandakan bakteri memasuki fase stationer (stationer phase), yang rata-rata terjadi pada minggu kedua. Fase stationer ini terjadi karena nutrisi dalam media sudah mulai berkurang, sehingga tidak mencukupi untuk pertumbuhan sel. Fase terakhir adalah fase kematian (dead phase), terjadi penurunan jumlah bakteri yang dapat dilihat mulai minggu ketiga hingga minggu keempat masa inkubasi.

Total Emisi Gas Metan Selama Masa Inkubasi.

Total emisi gas metana (CH₄) dapat dihitung dengan menjumlahkan emisi gas metana tiap minggu (pengamatan) selama masa inkubasi. Analisis ini digunakan untuk mengetahui besarnya emisi gas metana terbesar dan terkecil yang dihasilkan oleh tiap perlakuan selama masa inkubasi.



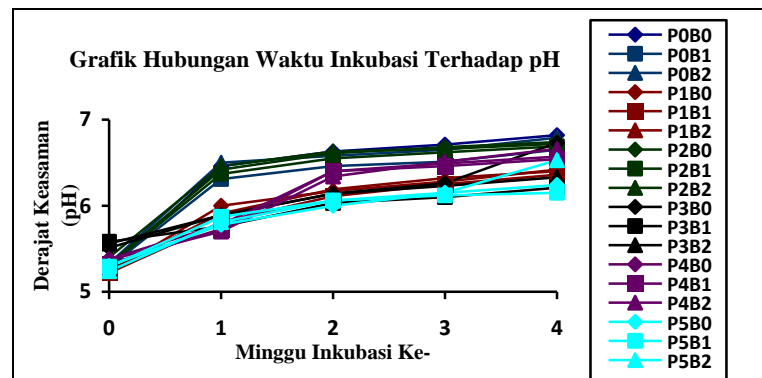
Gambar 4.2. Diagram Total Emisi Gas Metana Selama Masa Inkubasi

Penambahan biochar sekam padi dan tanpa penambahan pestisida (P0B1) menghasilkan nilai emisi gas metana (CH₄) terbesar yaitu sebesar 4,494 mg CH₄/ gr tanah. Penambahan biochar sekam padi tanpa didampingi penambahan pestisida ini dapat meningkatkan emisi gas metana sebesar 348,7% atau 3 kali lebih besar dari besarnya emisi gas metana yang dihasilkan oleh variabel/ perlakuan kontrol (P0B0) yakni 1,0012 mg CH₄/ gr tanah. Pada dasarnya pestisida merupakan senyawa toksik bagi mikroba/bakteri tanah, sehingga tanpa penambahan pestisida bakteri metanogenik dapat tumbuh dengan baik. Selain itu, biochar juga memiliki peran penting dalam menahan kelembapan tanah, sehingga menyediakan habitat yang nyaman untuk pertumbuhan bakteri metanogen dalam menghasilkan gas metana (CH₄). Biochar sekam padi merupakan sumber nutrisi yang baik untuk aktifitas bakteri metanogen dalam pembentukan gas metana (CH₄). Pada 100 gr (dry bases) biochar sekam padi terkandung 38,1% C, 1,5 % N, 0,2% P, 0,7% K dan 7,9% Si.

Sedangkan pada perlakuan penambahan insektisida piretroid dan biochar sekam padi (P₃B₁) menghasilkan emisi gas metana (CH₄) terendah yakni sebesar 0,011 mg CH₄/ gr. Interaksi kedua varian ini dapat mereduksi emisi gas metan hingga 98,9% dibanding dengan variabel/perlakuan kontron (P0B0). Penambahan biochar sekam padi memang memberikan sumber makanan/ unsur hara, tetapi penambahan pestisida piretroid dapat memberikan zat toksik bagi bakteri metanogen. Pestisida merupakan senyawa asing dalam tanah yang dapat menimbulkan ketidakstabilan dan bahkan dapat menghambat aktifitas bakteri. Insektisida piretroid mengandung bahan aktif deltamethrine yang mudah didegradasi oleh beberapa jenis mikroba antara lain : *Fusarium* sp, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Corynebacterium* sp. D5, *Pseudomonas* sp, dan *Flavobacterium* sp. Bakteri metanogenis tidak termasuk jenis bakteri yang dapat mendegradasi bahan aktif deltametrin yang terdapat dalam insektisida piretroid, sehingga pertumbuhannya akan terhambat dan menghasilkan emisi gas metana (CH₄) yang sangat kecil.

3.2. Analisis derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) tanah sangat berperan pada ketersediaan nutrisi untuk mikroba tanah dan berperan pada daya kerja enzim yang dihasilkan oleh mikroba tanah. Mikroba akan mengeluarkan beberapa jenis enzim, kebanyakan dari enzim tersebut sangat tergantung pada pH tanah. Reaksi tanah yang paling penting adalah masam, netral dan alkalin. Hal ini didasarkan pada jumlah ion H⁺ dan OH⁻ dalam tanah. Pada masa inkubasi derajat keasaman (pH) yang dihasilkan cenderung konstan dengan sedikit peningkatan yang masih dalam kisaran normal. Sebagian besar bakteri metanogen merupakan bakteri neutrofilik, yang hidup pada kisaran pH 6 – 8. Menurut Wang *et al.* (1993) pembentukan gas metana (CH₄) maksimum terjadi pada kisaran pH 6,9 – 7,1. Perubahan derajat keasaman (pH) selama inkubasi tersaji pada gambar 4.3 sebagai berikut.

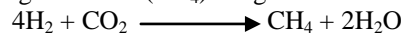


Gambar 4.3. Grafik Hubungan Waktu Inkubasi Terhadap derajat Keasaman (pH) tiap Perlakuan.

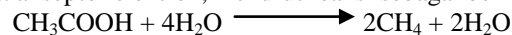
Dari gambar 4.2. dapat disimpulkan bahwa selama masa inkubasi besarnya derajat keasaman (pH) tiap perlakuan berfluktuasi positif (meningkat) sesuai dengan kondisi tanah selama masa inkubasi. Besarnya pH berkisar antara 5,2 – 6,7. Pada dasarnya tanah inceptisol merupakan jenis tanah yang mengandung aluminium dan besi yang tinggi, sehingga penambahan biochar dapat digunakan sebagai penyeimbang unsur aluminium dan besi dalam tanah inceptisol, karena tingginya aluminium pada tanah dapat menyebabkan toksisitas bagi pertumbuhan tanaman.

Selain itu, kenaikan pH juga disebabkan oleh aktifitas bakteri metanogen (bakteri pembentuk) gas metana (CH₄) yang mengkonsumsi substrat (asam asetat, asam format dan karbondioksida) untuk proses oksidasi molekul hidrogen dan penguraian asam asetat. Adapun reaksi kimia yang terjadi pada pembentukan gas metana (CH₄) adalah sebagai berikut :

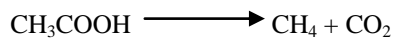
- Selama proses metabolisme, bakteri metanogenik memanfaatkan karbon dioksida (CO₂) sebagai akseptor elektron dan membentuk gas metana (CH₄) dengan reaksi sebagai berikut :



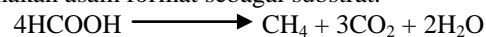
- Pemanfaatan asam asetat akseptor elektron, menurut reaksi sebagai berikut :



- Bakteri metanogenik lainnya dapat membentuk gas metana (CH₄) dengan cara menguraikan asam asetat.



- Bakteri metanogen yang menggunakan asam format sebagai substrat.



3.3. Analisis jumlah bakteri akhir masa inkubasi.

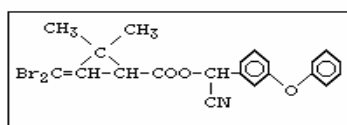
Jumlah bakteri merupakan salah satu indikator utama adanya ketersediaan unsur-unsur yang diperlukan bakteri untuk tumbuh. Selain itu, menurut Rahmansyah dan Sulistinah (2009), diperlukan analisa jumlah populasi bakteri yang hidup di lingkungan tercemar untuk mengevaluasi pengaruh pencemaran pestisida. Pada penelitian ini, analisa jumlah populasi bakteri akhir dimaksudkan untuk mengetahui peran

biochar sebagai komponen utama yang memiliki potensi dalam mempertahankan daya tumbuh bakteri (viabilitas). Adapun hubungan tiap perlakuan pada akhir masa inkubasi terhadap jumlah populasi bakteri dapat disajikan pada gambar 4.4 sebagai berikut.



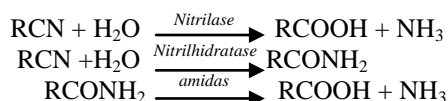
Gambar 4.4. Diagram Hubungan Tiap Perlakuan Terhadap Jumlah Populasi Bakteri Akhir Masa Inkubasi.

Dari gambar 4.3. dapat disimpulkan bahwa jumlah populasi bakteri akhir terbesar terdapat pada perlakuan P3B2 (penambahan insektisida piretroid dan biochar tongkol jagung) yakni sebesar $4,2 \times 10^8$ jumlah bakteri/mL. Pertumbuhan dan perkembangan populasi bakteri dalam lingkungan yang mengandung pestisida memberikan tanda adanya proses degradasi terhadap pestisida tersebut. Pestisida piretroid merupakan salah satu jenis insektisida yang secara kimia bersifat tidak reaktif, memiliki kelarutan yang tinggi dan mudah didegradasi oleh bakteri. Insektisida piretroid mengandung bahan aktif deltamethrin yang dalam ikatan kimianya terdapat senyawa nitril (R-CN) yang merupakan senyawa turunan asam karboksilat, dimana gugus sianida menggantikan posisi gugus karboksil (Sulistinah 2000). Adapun stuktur kimia deltamethrin adalah sebagai berikut :



Gambar 4.5. Struktur kimia Deltamethrin.

Beberapa mikroba dapat mendegradasi senyawa nitril dan sianida, dengan demikian detoksifikasidari senyawa-senyawa tersebut secara prinsip dapat dilakukan (Sunarko & Sulistinah 1999). Beberapa mikroba mampu menggunakan senyawa nitril sebagai satu-satunya sumber karbon, nitrogen, dan energi untuk pertumbuhannya (Asano & Fujishiro 1982). Mikroba-mikroba tersebut antara lain *Fusarium sp.*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Corynebacterium sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Flavobacterium sp.* Metabolisme senyawa nitril oleh mikrob melibatkan dua alur reaksi (Asano & Yamada 1980). Secara umum kedua alur reaksi tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :



Sedangkan pada perlakuan P2B1 (penambahan insektisida karbamat dan biochar sekam padi) memiliki jumlah populasi bakteri akhir terrendah yakni $3,5 \times 10^6$ jumlah bakteri/mL. Insektisida karbamat mengandung bahan aktif karbofuran bersifat lebih toksik daripada Insektisida piretroid yang mengandung bahan aktif deltamethrin, sehingga lebih sulit didegradasi oleh bakteri. Pada perlakuan ini pH berada pada range 5,2-6,7, sehingga sangat sulit untuk untuk menguraikan karbamat pada range pH tersebut. Karena insektisida karbamat akan terurai pada suasana yang terlalu basa ($\text{pH} > 7$).

Kesimpulan

Dari berbagai penjelasan yang telah dijabarkan pada bab pembahasan, dapat ditarik kesimpulan :

- Waktu inkubasi optimum terjadi pada minggu pertama masa inkubasi, kecuali pada perlakuan P0B1 dan P0B2 yang terjadi pada minggu kedua masa inkubasi.
- Penambahan biochar sekam padi dan tanpa pestisida (P0B1) menghasilkan emisi gas metana (CH_4) terbesar yakni sebesar 4,494 mg CH_4 / gr tanah (meningkatkan emisi gas metan 348,7%), sedangkan pada penambahan pestisida piretroid dan biochar sekam padi (P3B1) menghasilkan emisi gas metana (CH_4) terkecil yakni sebesar 0,011 mg CH_4 / gr tanah (mereduksi gas metan 98,9%).

- c. Proses inkubasi berlangsung pada rentang pH 5,2 – 6,7 .
- d. Jumlah populasi bakteri akhir terbesar terdapat pada perlakuan P3B2 (penambahan pestisida piretroid dan biochar tongkol jagung) yakni sebesar $4,2 \times 10^8$ jumlah bakteri/mL, sedangkan pada perlakuan P2B1 (penambahan pestisida karbamat dan biochar sekam padi) memiliki jumlah populasi bakteri akhir terrendah yakni $3,5 \times 10^6$ jumlah bakteri/mL.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Dedi Nursyamsi, M.Agr. selaku Kepala Balai Penelitian Lingkungan Pertanian; dan Bapak Poniman, S.P. selaku penanggungjawab proyek penelitian “Reduksi dan Emisi Metana di Lahan Sawah Melalui Pemanfaatan Biochar Limbah Pertanian dan Pemberian Beberapa Jenis Pestisida” di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, atas diberikannya kesempatan ikut bergabung untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Asano Y, Fujishiro K. 1982. Aliphatic nitrile hydratase from *Arthrobacter* sp. *Soil Biol Biochem.* 46 (5): 1165-1174.
- Hardy, J.T. 2003. *Climate Change: Causes, Effects, and Solutions*. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.
- Rahmansyah, M. dan N. Sulistinah. 2009. *Performa Bakteri Pada Tanah Tercemar Pestisida*. Pusat Penelitian Biologo LIPI, Bogor. *Berita Biologi* 9 : 5.
- Sulistinah N. 2000. Karakterisasi enzim pendegradasi asetonitril dari *Corynebacterium* sp. D5. *J Biol Indones.* 2 (5) : 5-7. *manusia*.
- Sunarko B, Adityarini, Tambunan USF, Sulistinah N. 1999. Karakterisasi enzim pendegradasi asetonitril dari *Corynebacterium* D5. *J Biol Indones.* 2(5): 214-221.
- Wang, Z.P., R.D. Delaune, P.H. Masscheleyn, and W.H. Patrick. 1993. *Soil redoks and pH Effect on Methane production in Flooded rice Soil*. Soil Science Society of America, USA. 57:382-385.