

Bioremediasi Lahan Tercemar Pestisida dengan Cara Pengomposan di Perkebunan Apel Batu

Yayok Suryo Purnomo¹, Gusvia Kusuma Dhiningrum²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Jawa Timur, Surabaya, Indonesia
Email: gusviak@gmail.com

Abstract

The use of unprocedural and ineffective intensive synthetic pesticides by farmers in Batu City has become commonplace and is common. An alternative treatment that can be done is to utilize the activity of microorganisms to degrade these pesticides, which is called bioremediation. Preliminary research was conducted to determine the quality of pesticide-contaminated soil by varying the C/N ratio and water content. The main research was carried out by calculating pesticide residues in the soil using the shaker method and then injecting them into Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). To determine the activity of microorganisms, we isolated microorganisms. The composting temperature is close to room temperature on days 25–28. The decrease in temperature causes the activity of bacteria to decrease. The C/N 30 treatment showed the lowest residue concentration compared to the C/N ratios of 35 and 40. The C/N 30 treatment consisted of soil, cow dung, organic matter residue, and sawdust. The reduction in pesticide residues (99%) was higher than the control and treatment, with a C/N ratio of 40. The variation in the C/N ratio in the bioremediation process affected the rate of degradation of the pesticide. Pesticide residues in the control, C/N 40, C/N 35, and C/N 30, respectively, decreased in concentration during the 28 days of the composting process as follows: 48.3%, 86.2%, 89.7%, and 99.3%. Based on these results, it can be concluded that the C/N 30 treatment had the highest pesticide degradation rate. The results of testing the growth of the population or colony of microorganisms showed that the increase in the number of colonies of microorganisms and the activity of microorganisms was followed by a decrease in pesticide residues. The reduction in pesticide residues at C/N 30 was 98%; this result showed a higher value compared to the control, C/N 40, and C/N 35.

Keywords : Bioremediation, Soil, Pesticides.

Abstrak

Penggunaan pestisida sintetis intensif yang tidak prosedural dan tidak efektif oleh petani di Kota Batu telah menjadi hal yang lumrah dan jamak terjadi. Alternatif penanganan yang bisa dilakukan adalah memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mendegradasi pestisida tersebut atau disebut bioremediasi. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kualitas tanah tercemar pestisida dengan memvariasikan rasio C/N dan kadar air. Penelitian utama dilakukan dengan melakukan perhitungan residu pestisida dalam tanah dengan metode shaker dan selanjutnya diinjeksi ke dalam Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). Untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme dilakukan isolasi mikroorganisme. Suhu pengomposan mendekati suhu ruang pada hari ke 25-28. Terjadinya penurunan suhu yang menyebabkan aktivitas bakteri berkurang. Perlakuan C/N 30 menunjukkan konsentrasi residu paling rendah dibandingkan dengan campuran C/N rasio 35 dan 40. Pada perlakuan C/N 30 yang terdiri dari tanah, kotoran sapi, sisa bahan organik, dan serbuk gergaji. Penurunan residu pestisida (99%) lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan C/N rasio 40. Variasi nilai C/N rasio yang berbeda pada proses bioremediasi ini mempengaruhi laju degradasi pestisida. Residu pestisida pada kontrol, C/N 40, C/N 35, dan C/N 30 berturut turut mengalami penurunan konsen-trasi selama 28 hari proses pengomposan adalah sebagai berikut : 48.3%, 86.2%, 89,7% dan 99.3%. berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perlakuan C/N 30 memiliki laju degradasi pestisida paling tinggi. Hasil pengujian pertumbuhan populasi atau koloni mikroorganisme menunjukkan bahwa peningkatan jumlah koloni mikroorganisme dan aktivitas

mikroorganisme diikuti oleh penurunan residu pestisida. Penurunan residu pestisida pada C/N 30 sebesar 98%, hasil ini menunjukkan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol, C/N 40, dan C/N 35.

Kata Kunci: Bioremediasi, Tanah, Pestisida.

1. PENDAHULUAN

Tanah sebagai salah satu komponen lahan, bagian dari ruang daratan dan lingkungan. Tanah memiliki banyak fungsi dalam kehidupan. Di samping sebagai ruang hidup, tanah memiliki fungsi produksi, yaitu antara lain sebagai penghasil biomassa, seperti bahan makanan, serat, kayu, dan bahan obat-obatan. Selain itu, tanah juga berperan dalam menjaga kelestarian sumber daya air dan kelestarian lingkungan hidup secara umum. Hal ini berarti bahwa pemanfaatan tanah harus dilakukan dengan bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang.

Pola penggunaan lahan di wilayah Kota Batu terdiri dari lahan sawah dan bukan sawah. Luas untuk lahan sawah sebesar 2.993,89 Ha (13%) sedangkan luas lahan bukan sawah sebesar 17.395,72 Ha (87%). Dengan nilai tersebut, fungsi tanah Kota Batu digunakan sebagai penghasil biomassa yaitu merupakan sentra penghasil apel di Indonesia.

Lahan apel di Kota Batu terpusat di Kecamatan Bumiaji yang tersebar di desa Tulungrejo, Sumbergondo, Sumberbrantas, Punten, Bulukerto, Bumiaji, Giripurno dan Gunungsari (BPS Kota Batu, 2011).

Budidaya apel di Kota Batu yang dilakukan secara intensif selama puluhan tahun dengan menggunakan inputan kimia yaitu berupa penggunaan pestisida sintetis yang dianggap bermanfaatnya untuk meningkatkan produksi (hasil panen), karena aneka hama atau organisme pengganggu yang menyerang dapat dikendalikan populasinya. Penggunaan pestisida sintetis intensif dan tidak prosedural dan tidak efektif oleh petani di Kota Batu telah menjadi hal yang lumrah dan jamak terjadi.

Penurunan kualitas lahan menyebabkan daya dukungnya terhadap pertumbuhan tanaman berkurang. Bahwa tanah sebagai salah satu sumber daya alam, wilayah hidup, media lingkungan, dan faktor produksi termasuk produksi biomassa yang mendukung kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya harus dijaga dan dipelihara kelestariannya (PPRI no 150 tahun 2000).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 150 tahun 2000, Setiap penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan yang mengakibatkan kerusakan tanah untuk produksi biomassa wajib melakukan penanggulangan kerusakan tanah dan wajib melakukan pemulihan kondisi tanah. Alternatif penanganan yang bisa dilakukan adalah memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mendegradasi pestisida tersebut atau disebut bioremediasi.

Kelebihan bioremediasi adalah lebih efektif dan ekonomis untuk mendegradasi polutan-polutan organik, sehingga saat ini menjadi pilihan bagi banyak industri dan lembaga penelitian. Untuk penelitian ini peneliti akan menggunakan bioremediasi dengan cara pengomposan. Tujuan menggunakan bioremediasi dengan cara pengomposan adalah karena selama proses pengomposan berlangsung akan terjadi degradasi kontaminan bahan organik.

Untuk penelitian ini peneliti akan menggunakan sasaran kelembapan dari pupuknya adalah 60%, maka lebih baiknya digunakan bahan pengomposan adalah kotoran sapi, sisa sayuran panen yang masih basah dan serbuk gergaji digunakan sebagai bahan penambah

volume yang cenderung memiliki kelembapan yang rendah, dikarenakan semua bahan pengomposan yang lain memiliki kadar air yang tinggi. Proses pengomposan direncanakan selama 28 hari, setelah itu akan dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh proses bioremediasi pengomposan terhadap tingkat residu polutan pencemar pestisida dalam tanah yang dihasilkan dari hasil pengamatan yang dilakukan. Tanah pencemar akan dilakukan pencampuran dengan bahan organik dengan tiga variasi rasio C/N yaitu 30, 35 dan 40. Diharapkan dari penelitian ini, peneliti dapat mengetahui perlakuan yang sesuai untuk tanah tercemar pestisida di lahan perkebunan apel Kota Batu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur laju degradasi pestisida pada perlakuan C/N rasio selama proses bioremediasi pengomposan lahan tercemar pestisida, untuk mengetahui pertumbuhan jumlah koloni mikroorganisme pada perlakuan C/N rasio selama proses bioremediasi pengomposan lahan tercemar pestisida, untuk mengetahui pengaruh populasi mikroba terhadap degradasi pestisida yang terjadi di lahan perkebunan apel di Kota Batu. Data dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat memberikan informasi mengenai pengaruh C/N rasio terhadap laju degradasi pestisida selama proses bioremediasi pengomposan tanah yang terjadi di lahan perkebunan apel di Kota Batu, memberikan informasi mengenai pertumbuhan populasi mikroorganisme selama proses bioremediasi pengomposan, memberikan informasi mengetahui pengaruh populasi mikroba pada proses bioremediasi pengomposan lahan tercemar pestisida terhadap degradasi pestisida yang terjadi di lahan perkebunan apel di Kota Batu, memberikan masukan kepada petani, Pemerintahan Daerah, Dinas Pertanian, LSM dalam upaya mengatasi lahan tercemar pestisida.

Secara garis besar, lingkup penelitian dalam tugas akhir ini diantaranya adalah dilakukan penelitian dengan proses Bioremediasi pengomposan secara ex-situ yang akan dilakukan dengan skala labotarium di Laboratorium riset Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur. Tanah yang digunakan adalah tanah pertanian tercemar pestisida di lahan perkebunan apel di Kota Batu, pestisida pencemar berasal dari penggunaan pestisida untuk pembasmi hama dan penyakit yang penggunaannya tidak sesuai anjuran dan penggunaan obat pembasmi rumput dan gulma. Analisa jenis pestisida pencemar di lahan perkebunan apel di Kota Batu dari hasil wawancara petani apel di kawasan tersebut, dan Analisa residu pestisida dilakukan dengan metode shaker selanjutnya diinjeksi ke dalam Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC -MS. Sedangkan perhitungan koloni mikroorganisme pada setiap perlakuan dilakukan dengan teknik isolasi mikroorganisme dengan metode cawan tuang/gores dan perhitungan mikroorganisme dengan metode pengenceran. Parameter uji yang dianalisa meliputi sifat kimia dan fisika tanah yaitu suhu, pH, C-organik, N-total, Rasio C/N, kadar air dan tekstur tanah. Analisis C/N dan kadar air bahan-bahan yang digunakan untuk pengomposan yaitu: kotoran sapi, sayuran organik sisa panen pertanian hortikultural dan serbuk gergaji sebagai bulking agent. Data analisis didapatkan dari variasi komposisi masing-masing bahan dalam campuran untuk C/N 30, 35 dan 40 menggunakan Software Moisture and Carbon/Nitrogen Ratio Calculation Spread Sheet. Selama proses pengomposan selama 28 hari akan dilakukan pengukuran suhu harian, dan melakukan analisis kualitas tanah mingguan meliputi pH, kadar air, suhu dan tekstur tanah, serta pengambilan sampel untuk menghitung residu pestisida yang bersumber dari tanah hasil proses bioremediasi pengomposan tanah tercemar pestisida. Reaktor memiliki dimensi 0.5 x 0.5 x 0.5 meter terbuat dari kayu yang dipasang dengan jarak 1-2 cm tiap lembarnya guna aliran oksigen selama proses bioremediasi pengomposan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kualitas tanah tercemar pestisida dengan memvariasikan rasio C/N dan kadar air. Pengujian kualitas tanah meliputi sifat kimia dan fisika tanah yaitu suhu pH, C-organik, N-total, Rasio C/N, kadar air dan tekstur tanah. Sampel tanah diambil pada lima titik pada lahan perkebunan apel di kota Batu kemudian dianalisis di Laboratorium riset UPN “Veteran Jawa Timur.

Bahan-bahan yang digunakan untuk pengomposan yaitu; tanah, kotoran sapi, sayuran organik sisa panen pertanian hortikultural dan serbuk gergaji sebagai bulking agent. Dengan variasi komposisi masing-masing bahan dalam campuran untuk C/N 30, 35 dan 40.

2.2. Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan dengan melakukan perhitungan residu pestisida dalam tanah dengan metode shaker dan selanjutnya diinjeksi ke dalam Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC -MS) untuk dilakukan pengukuran berdasarkan SNI 06-6990.1-2004. Standar ini digunakan untuk penentuan kadar pestisida organoklorin dalam air secara ekstraksi menggunakan pelarut n-heksan dengan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC -MS).

Untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme dilakukan isolasi mikroorganisme. Teknik isolasi mikroorganisme disebut inokulasi. Inokulasi yang tepat harus dilakukan pada ruang dan cara yang steril. Metode inokulasi yang digunakan yaitu metode cawan gores/ penuangan. Pada proses ini bertujuan untuk mendapatkan isolat murni. Untuk selanjutnya dapat dihitung jumlah mikroorganisme dengan metode pengenceran. Uji ini dilakukan mengacu pada Standart Methods The Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WPCF, Washington, 15th ed 1980.

2.3. Prosedur Kerja

Menyiapkan Bak pengomposan memiliki dimensi 0.5 x 0.5 x 0.5 meter terbuat dari kayu yang dipasang dengan jarak 1-2 cm tiap lembarnya guna aliran oksigen selama pengomposan,

1. Campurkan tanah dengan bahan-bahan yang digunakan untuk pengomposan dengan dosis yang telah diperhitungkan,
2. Tuangkan pada masing-masing bak pengomposan (reaktor) yang telah dipersiapkan kemudian padatkan dan ratakan,
3. Lakukan bioremediasi pengomposan selama 28 hari,
4. Lakukan pengukuran suhu harian dan sampling tanah setiap minggu untuk analisis variabel kualitas tanah,
5. Serta lakukan pengambilan sampel tanah setiap minggu untuk analisis residu pestisida.

2.4. Variabel

Variabel penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

2.5. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu rasio C/N terhadap tanah :

Variasi Rasio C/N (30, 35, 40), dengan hasil komposisi bahan pengomposan sebagai berikut :

Tanah : serbuk gergaji : Kotoran sapi : sayuran organik sisa panen pertanian hortikultural : air, yaitu :

1. 10 kg : 0.9 kg : 4.5 kg : 0.9 kg : 6.75 liter
2. 10 kg : 1.24 kg : 4.73 kg : 0.9 kg : 6.75 liter
3. 10 kg : 2.25 kg : 5.85 kg : 2.25 kg : 6.75 liter

2.6. Variabel Terikat

1. Menggunakan tanah terkontaminasi pestisida dari lahan perkebunan Apel Kota Batu
2. Bahan-bahan yang digunakan untuk pengomposan yaitu: kotoran sapi, sayuran organik sisa panen pertanian hortikultural dan serbuk gergaji sebagai bulking agent.
3. Kadar air yang diinginkan 60%
4. Bak pengomposan memiliki dimensi 0.5 x 0.5 x 0.5 meter terbuat dari kayu yang dipasang dengan jarak 1-2 cm tiap lembarnya.
5. Kualitas tanah (pH, C organik, N total, C/N, suhu, kadar air dan Tekstur tanah)

2.7. Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah komposisi tanah dengan bahan kompos yaitu 10 kg : 0 kg : 0 kg : 0 kg : 0 liter (tanah tercemar pestisida tanpa perlakuan)

2.8. Analisis

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Analisis kualitas tanah yang dilakukan harian adalah suhu dan kelembapan yang dilakukan meliputi pH, suhu, kadar air dan tekstur tanah yang digunakan untuk mengontrol kondisi tanah selama proses bioremediasi pengomposan,
2. Analisis residu pestisida dilakukan dengan metode shaker dan selanjutnya diinjeksi ke dalam Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC -MS) untuk dilakukan pengukuran berdasarkan SNI 06-6990.1-2004
3. .Analisa aktivitas mikroorganisme dilakukan dengan isolasi mikroorganisme. Teknik isolasi mikroorganisme disebut inokulasi. Metode inokulasi yang digunakan yaitu metode cawan gores/ penuangan. Pada proses ini bertujuan untuk mendapatkan isolat murni. Untuk selanjutnya dapat dihitung jumlah mikroorganisme dengan metode pengenceran.
4. Analisa pengaruh populasi mikroba terhadap degradasi pestisida yang terjadi dengan variasi C/N rasio dari bahan bahan yang digunakan untuk pengomposan
5. Data yang diperoleh dari penelitian ini disajikan dalam bentuk gambar dan grafik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei lahan perkebunan apel dilakukan di Kecamatan Bumiaji yang tersebar di desa Tulungrejo, Sumbergondo, Sumberbrantas, Punten, Bulukerto, Bumiaji, Giripurno dan Gunungsari yang merupakan daerah intensif untuk perkebunan apel. Setelah dilakukan survei kelapangan dan wawancara kepada beberapa petani yang mengelola lahan perkebunan apel yang memiliki kebiasaan turun temurun untuk melakukan penggunaan pestisida secara intensif.

Hasil Analisa awal residu pestisida di lahan perkebunan apel Kec Bumiaji disajikan dalam Tabel 1. Dengan demikian Kec Bumiaji ditetapkan sebagai lokasi penelitian.

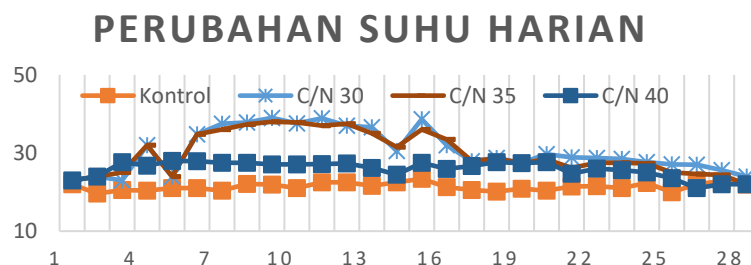
Tabel 1. Analisa Kimia Tanah Kawasan Perkebunan Apel

Parameter Kualitas tanah	Nilai
pH	5.5
C-organik (%)	2.61
N-total (%)	0.3
Rasio C/N	9
P (ppm)	6.58
K (C.Mol/kg)	1.61
KTK (C.Mol/kg)	43.85
Tekstur Tanah	Lempung berliat

Kebiasaan petani yang kurang memperhatikan jarak waktu panen dan proses perontokan daun dengan cara penyemprotan ini menyebabkan kurangnya waktu istirahat tanah untuk menerima pestisida yang digunakan selama masa produktif. Dan akan menimbulkan masalah residu pestisida didalam tanah.

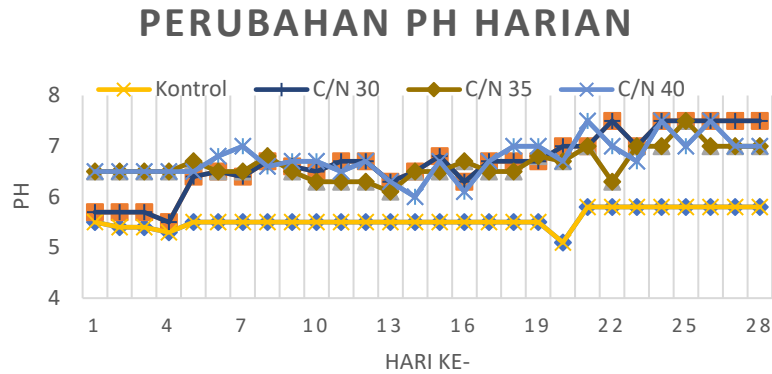
3.1 Proses pengomposan dan penurunan residu pestisida

Pada proses pencampuran bahan – bahan kompos, suhu disarankan pada kisaran 35° - 55°C. Suhu kontrol 1 mengikuti suhu ruangan yaitu 19.6° - 23.4°C. Pada minggu pertama campuran variasi C/N 30 suhu menunjukkan angka 23.0 °C dan mengalami peningkatan pada minggu kedua mencapai angka 39°C yaitu hari ke 9 selanjutnya menurun mendekati suhu ruang pada hari ke-28. Suhu pada perlakuan C/N 35 suhu meningkat dari awal mencapai 38 °C paa hari ke-9 selanjutnya menurun mendekati suhu ruang. Suhu perlakuan C/N rasio 40 suhu meningkat dari awal mencapai 27.9 °C pada hari ke-6 selanjutnya menurun mendekati suhu ruang dan meningkat kembali 27.7 °C pada hari-18 dan selanjutnya menurun mendekati suhu ruang. Pada proses pengomposan ini berlangsung suhu cenderung meningkat sejak awal sampai minggu ke-2 dan selanjutnya menurun mendekati suhu ruang.



Gambar. Perubahan suhu campuran selama proses pengomposan.

Sumber : Hasil pengamatan



Gambar. Perubahan pH campuran selama proses pengomposan
Sumber : Hasil pengamatan

Dari peningkatan suhu, tertinggi pada pengomposan dengan rasio C/N 30. Hal ini disebabkan karena nilai C/N campuran mendukung untuk kegiatan bakteri. Campuran ini terdiri dari : tanah+ serbuk gergaji 10 kg, kotoran sapi 4.55 kg dan sisa bahan organik 0.94 kg. komposisi ini bila dibandingkan dengan campuran lain memiliki kandungan biowaste lebih banyak.

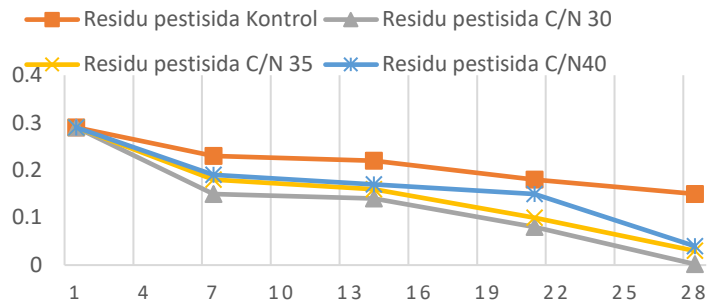
Nilai pH tanah sebagai bahan utama pada pengomposan ini rendah . Nilai pH kontrol sampai akhir penelitian berkisar 5.3-5.8. Pada semua perlakuan menunjukkan pH yang rendah di awal proses pengomposan. Pada hari ke-7 nilai pH semua perlakuan meningkat mendekati nilai netral hingga akhir pengomposan. NH_3 yang terbentuk selama degradasi protein akan berikatan dengan air akan membentuk NH_4OH yang bersifat asam organik menjadi O_2 dan sum-bangan kation kation basa hasil mineralisasi bahan bahan pengomposan.

Pada penelitian ini, suhu pengomposan pada perlakuan C/N 30 berada mencapai suhu 38.9°C terhadap semua perlakuan dan merupakan suhu tertinggi. Hal ini menunjukkan tingginya aktivitas bakteri pada perlakuan C/N rasio 30. Sedangkan nilai pH tidak memiliki perbedaan nilai yang besar pada semua perlakuan jika dibandingkan dengan nilai pH kontrol yang asam (5.5), nilai pH perlakuan lebih tinggi dan mendekati netral.

Hasil analisa, menunjukan bahwa semua campuran dapat menurunkan jumlah residu pestisida didalam tanah. Perlakuan C/N 30 menunjukkan konsentrasi residu paling rendah dibandingkan dengan campuran C/N rasio 35 dan 40. Tingginya tingkat degradasi C/N 30 dipengaruhi oleh kandungan Karbon (C) dan Nitrogen (N) ini mendukung kegiatan mikroorganisme oleh karena suhu dan pH optimum bisa tercapai. Selama proses pengomposan, bakteri memanfaatkan C sebagai sumber energy dan N sebagai sumber protein dan untuk pertumbuhan sel.

Nilai pH pada kontrol adalah 5.3-5.8 dan pada perlakuan C/N 30, C/N 35 C/N 40 mendekati netral. Penurunan residu pestisida pada hari ke 28 sudah mendekati angka nol kecuali pada kontrol. Hal ini disebabkan karena terjadinya co-metabolisme oleh mikroorganisme. Suhu yang hangat juga membantu proses degradasi pestisida karena meningkatnya aktivitas mikroorganisme.

PENURUNAN RESIDU PESTISIDA



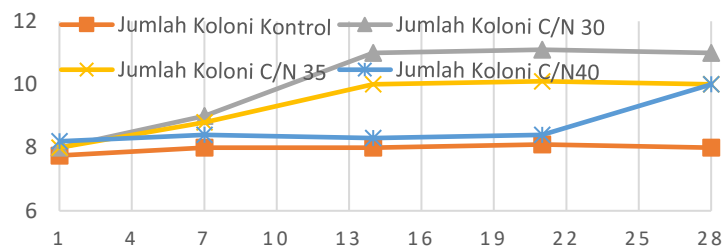
Gambar. Penurunan Residu Pestisida Selama Proses Pengomposan
Sumber : Hasil Analisa

Residu pestisida pada akhir pengomposan pada bak kontrol masih tinggi yaitu 0.15 ppm atau mengalami penurunan konsentrasi 48.3%. Residu pestisida pada rasio C/N rasio 30 sebesar 0,002 ppm atau mengalami penurunan konsentrasi 99,3%. Residu pestisida pada rasio C/N rasio 35 sebesar 0.03 ppm atau mengalami penurunan konsentrasi 89.7%. Residu pestisida pada rasio C/N rasio 40 sebesar 0.04 ppm atau mengalami penurunan konsentrasi 86.2%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan C/N rasio proses pengomposan sangat mempengaruhi proses degradasi pestisida. Pada C/N 30 mampu menurunkan residu pestisida lebih besar dibandingkan dengan perlakuan C/N rasio campuran lain.

3.2 Uji pertumbuhan jumlah koloni mikroorganisme

Pengujian perhitungan jumlah koloni pada penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah koloni fase awal pada kontrol terjadi sampai hari ke-7, fase eksponensial terjadi mulai hari ke-1 dan fase kematian terjadi setelah hari ke-28. Namun demikian, jumlah koloni ini berbeda pada perlakuan lain, perbedaan ini diduga karena jumlah koloni dan aktivitas mikroorganisme berasal dari kotoran sapi dan sisa bahan organik sebagai bahan pengomposan yang ditambahkan ke perlakuan lain. Pada perlakuan C/N 30, fase awal terjadi sampai hari ke-7, fase eksponensial terjadi setelah hari ke-7 dan fase kematian terjadi setelah hari ke-21. Pengomposan pada C/N 30 fase eksponensial lebih tercapai disebabkan karena kandungan C dan N pada campuran ini mendukung kegiatan mikroorganisme, yang dipengaruhi oleh suhu dan pH yang optimum. Suhu C/N 30 mencapai 38°C. tingginya aktivitas mikroorganisme tersebut berpengaruh terhadap kemampuan bakteri menghasilkan enzim-enzim yang berperan sebagai pendegradasi pestisida, karena mikroorganisme mulai menjadikan pestisida sebagai sumber karbon dan energy. Pada C/N 35 dan C/N 40 fase awal terjadi sampai hari ke-7, pada fase eksponensial terjadi pada hari ke-14 dan fase kematian terjadi pada hari ke-21. Pada kedua campuran ini, jumlah koloni mikroorganisme menunjukkan pertumbuhan yang lambat, hal ini bisa terjadi dipengaruhi oleh C/N campuran tidak sesuai dengan kebutuhan mikroorganisme dimana jumlah nitrogen sedikit untuk pembentukan sel sehingga dibutuhkan beberapa kali siklus untuk mereduksi karbon. Pada hari ke-21 kemungkinan masih terjadi peningkatan aktivitas bakteri.

PERTUMBUHAN JUMLAH KOLONI



Gambar. Pertumbuhan Jumlah Koloni Selama Proses Pengomposan
Sumber : Hasil Analisa

Hubungan antara jumlah koloni mikroorganisme atau aktivitas mikroorganisme dan penurunan residu pestisida selama proses pengomposan adalah berbanding lurus. Dimana semakin banyak koloni mikroorganisme atau semakin aktif mikroorganisme didalam proses pengomposan maka akan semakin mempercepat laju penurunan residu pestisida. Pada perlakuan kontrol terjadi penurunan residu secara lambat dikarenakan jumlah koloni mikroorganisme yang berkembang atau aktivitas mikroorganisme juga lambat. Penurunan residu pestisida pada kontrol ini sebagian besar disebabkan oleh proses fisika-kimia, sedangkan penurunan residu pestisida yang disebabkan oleh proses biologi diduga sangat kecil karena mikroorganismenya yang berkembang hanya berasal dari tanah.

Pada perlakuan C/N 40 yang terdiri dari tanah, kotoran sapi, sisa bahan organik, dan serbuk gergaji. Penurunan residu pestisida (88%) lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Peningkatan jumlah koloni mikroorganisme dan aktivitas mikroorganisme diikuti oleh penurunan residu pestisida. Penurunan residu pestisida pada C/N rasio 40 ini selain sebagian besar disebabkan oleh mikroorganisme pendegradasi pestisida yang berasal dari kotoran sapi, bahan organik sisa hasil panen, serbuk gergaji dan bakteri indigen dari tanah. Namun juga penurunan fisika-kimia berperan untuk proses penurunan meskipun dengan skala yang kecil.

Pada perlakuan C/N 35 yang terdiri dari tanah, kotoran sapi, sisa bahan organik, dan serbuk gergaji. Penurunan residu pestisida (99%) lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan C/N rasio 40. Peningkatan jumlah koloni mikroorganisme dan aktivitas mikroorganisme diikuti oleh penurunan residu pestisida. Penurunan residu pestisida pada C/N rasio 35 ini selain sebagian besar disebabkan oleh mikroorganisme pendegradasi pestisida yang berasal dari kotoran sapi, bahan organik sisa hasil panen, serbuk gergaji dan bakteri indigen dari tanah. Namun juga penurunan secara fisika-kimia berperan untuk proses penurunan meskipun dengan skala yang kecil.

Pada perlakuan C/N 30 yang terdiri dari tanah, kotoran sapi, sisa bahan organik, dan serbuk gergaji. Penurunan residu pestisida (98%) lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol, C/N 40, dan C/N 35. Peningkatan jumlah koloni mikroorganisme dan aktivitas mikroorganisme diikuti oleh penurunan residu pestisida. Penurunan residu pestisida pada C/N 30 ini selain sebagian besar disebabkan oleh mikroorganisme pendegradasi pestisida yang berasal dari kotoran sapi, bahan organik sisa hasil panen, serbuk gergaji

dan bakteri indigen dari tanah. Namun juga penurunan fisika-kimia berperan untuk proses penurunan meskipun dengan dengan skala yang kecil.

Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak koloni mikroorganisme yang berkembang didalam suatu proses bioremediasi maka akan semakin mempercepat proses degradasi pestisida yang terjadi di lahan perkebunan apel ini.

Akhir dari penelitian ini menghasilkan tanah yang sudah memenuhi standart baku mutu tanah.

Tabel 2. Perbandingan Mutu Kualitas Tanah

Parameter Kualitas tanah	Nilai Analisa Awal	Nilai Analisa Akhir	Baku Mutu Tanah
pH	5.5	7-7.5	7.5
C-organik (%)	2.61	2.58 - 4.66	5
N-total (%)	0.3	0.28- 0.51	0.75
Rasio C/N	9	8 - 9	<12
P (ppm)	6.58	130.23 - 164.56	60
K (C.Mol/kg)	1.61	0.58 - 1.33	1
KTK (C.Mol/kg)	43.85	41.09 - 55.92	>70
Tekstur Tanah	Lempung berliat	Lempung	

Keterangan : Baku Mutu Tanah Departemen Pertanian

4. KESIMPULAN

Variasi nilai C/N rasio yang berbeda pada proses bioremediasi ini mempengaruhi laju degradasi pestisida dalam tanah. Residu pestisida pada kontrol, C/N 40, C/N 35, dan C/N 30 berturut turut mengalami penurunan konsen-trasi selama 28 hari proses pengomposan adalah sebagai berikut : 48.3%, 86.2%, 89,7% dan 99.3%. berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perlakuan C/N 30 memiliki laju degradasi pestisida paling tinggi.

Hasil pengujian pertumbuhan populasi atau koloni mikroorganisme menunjukkan bahwa peningkatan jumlah koloni mikroorganisme dan aktivitas mikroorganisme diikuti oleh penurunan residu pestisida. Penurunan residu pestisida pada C/N 30 sebesar 98%, hasil ini menunjukkan nilai lebih tinggi dibanding-kan dengan kontrol, C/N 40, dan C/N 35.

5. REFERENCES

- Bernal, M.P., Navarro, A.F., Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A. & Cegarra, J.1998a. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 30, 305-313
- Bernal, M.P., Paredes, C., Sánchez-Monedero, M.A. & Cegarra, J. 1998b. Maturityand stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes.*Biores. Technol.*, 63, 91-99.
- Bollag, W. B. 1992. Biodegradation. In Lederberg, J. (ed.). *Encyclopedia of Microbiology*. Toronto: Academic Press Inc.
- BPS Kota Batu, 2011. *Batu Dalam Angka 2011*. Batu: Badan Pusat Statistik Kota Batu.
- Bragg, J. R., Prince, R. C., Wilkinson, J. B., Atlas, R. M. 2012. *Bioremediation for Shoreline Clean up Following the 1989 Alaskan Oil Spill*. Office of Research and Development. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency.
- Center For Policy And Implementation Studies, 1992. *Buku panduan teknik pembuatan kompos dari sampah; teori dan aplikasi*, Jakarta. CPIS, 1992.

- Djauhari, S., Mudjiono, G., Himawan, T. dan Sudarto. 2009. Pengujian Kualitas Tanah untuk Lahan Pertanian/Perkebunan di Kota Batu. Laporan Penelitian. FP UB, Malang.
- Fadhilah & Shovitri. 2014. Potensi Isolat Bakteri *Bacillus* dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. Jurnal Teknik Lingkungan
- Gibson, D. T., 2011. Biodegradation, biotransformation and the Belmont. J. Ind. Microbiol. 12:1-12
- Indahwati, R. 2012. Pengaruh Sistem Pertanian Ramah Lingkungan Terhadap Kualitas Tanah pada Lahan Apel di Kelompok Tani Makmur Abadi, Tulungrejo, Bumiaji, Kota Batu. Tesis tidak diterbitkan. Semarang: Program Pascasarjana UNDIP.
- Indriani, Y. H. 2005. Membuat Kompos Secara Kilat. Penebar Swadaya, Jakarta. 62 halaman.
- Leja K and Lewandowicz G, 2009. Polymer Biodegradation and Biodegradable Polymers-a Review. Polish J. of Environ. Stud. 19(2): 225-226.
- Murbandono, L. 2010. Membuat Kompos edisi revisi. Penebar swadaya, Jakarta. 54 halaman.
- Nadhira, A. 2011. Ketergantungan Pemakaian Pestisida Pada Kegiatan Pertanian dalam Rangka Memenuhi Kebutuhan Pangan dan Dampak Lingkungan yang Ditimbulkan. (Online). (lhokseumawekota.go.id/index.php, Diakses 1 Agustus 2015).
- Nugroho, A. 2006. Biodegradasi Sludge Minyak Bumi dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment. MAKARA, Teknologi, vol. 10, No. 2, November 2006: 82-86. Jakarta: Universitas Trisakti
- Okoh, A. I. 2006. Biodegradation alternative in the clean up of petroleum hydrocarbon pollutants. Biotechnology and Molecular Biology Review 1:38-50
- Pemerintah Kota Batu. 2011. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Batu Tahun 2010-2030. Batu: Pemkot Batu Provinsi Jawa Timur
- Suherman, A.D. 2000. Bioremediasi Pestisida Organofosfat Diazinon Secara Ex Situ Dengan Menggunakan Mikroba Indigenus Dari Areal Persawahan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sumarsono, T. 2011. Biodegradasi Campuran Benzen, Toluena, dan Xilen (Btx) dalam Adsorben Clay oleh Konsorsium Mikroba dengan Penambahan Biosurfaktan *Pseudomonas putida* T1(8). Thesis. Departemen Biologi FSAINTEK Universitas Airlangga, Surabaya
- VAN GESTEL, K., MERGAERT, J., Swings, J., COOSEMANS, J., & RYCKEBOER, J. (2003). Bioremediation of diesel oil-contaminated soil by composting with biowaste. ENVIRONMENTAL POLLUTION, 125(3), 361-368
- Vidali, M. 2001. Bioremediation. Pure and Appl. Chemistry. 73:1163-1172
- Zam, S. I. 2010. Optimasi Konsentrasi Inokulum, Rasio C:N:P dan pH Pada Proses Bioremediasi Limbah Pengilangan Minyak Bumi Menggunakan Kultur Campuran. El-Hayah. 1:23-34.