

DINAMIKA KOMUNITAS AKTINOBAKTERIA SELAMA PROSES PENGOMPOSAN

THE DYNAMICS OF ACTINOBACTERIA COMMUNITY DURING COMPOSTING

Mukhlissul Faatih

Pusat Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, Balitbang Kemenkes RI
Jln. Percetakan Negara No. 29 Jakarta Pusat
Pos-el: faatih@litbang.depkes.go.id

ABSTRACT

The mesophilic, thermophilic, and maturation phases were recognized in the composting process. Temperature changes in the process influence the microbial communities in compost. Actinobacteria account for a larger part of compost microbial population. The aim of this research was to study of Actinobacteria community during composting of dairy-farm waste. Actinobacteria from the compost were isolated using selective media, starch-nitrate medium and humic-acid+vitamins medium. The colour of colony and medium pigment were characterized using culture-dependent method. The results showed, total and resident Actinobacteria isolates from mesophilic phase is 29 and 24 isolates, 23 and 16 isolates from thermophilic phase, while 19 and 9 isolates from maturation phase. Twenty two isolates found in more than one phase. Thus, the dynamics of Actinobacteria was occurred within composting process.

Keywords: *Community, Actinobacteria, Compost*

ABSTRAK

Proses pengomposan berlangsung melalui tiga tahap perubahan suhu, yaitu mesofilik, termofilik, dan maturasi. Perubahan suhu ini menentukan populasi komunitas mikroba selama pengomposan. Aktinobakteria merupakan salah satu mikroba kompos yang jumlahnya sangat melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dinamika populasi Aktinobakteria selama proses pengomposan limbah ternak sapi. Aktinobakteria kompos diisolasi dengan metode taburan menggunakan medium selektif Starch Nitrate dan Humic-acid Vitamins. Karakterisasi isolat-isolat Aktinobakteria meliputi morfologi warna dan pigmen medium koloni yang tumbuh. Dari isolasi diperoleh jumlah Aktinobakteria total dan menetap pada fase mesofilik adalah 29 dan 24 isolat, fase termofilik 23 dan 16 isolat, sedangkan fase maturasi 19 dan 9 isolat. Sebanyak 22 isolat ditemukan pada lebih dari satu fase. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses pengomposan limbah peternakan sapi terjadi dinamika komunitas Aktinobakteria.

Kata kunci: Komunitas, Aktinobakteria, Kompos

PENDAHULUAN

Limbah yang berasal dari hewan merupakan sumber daya untuk agrikultur, karena mengandung banyak nutrisi dan mampu meningkatkan kandungan bahan kimia, kualitas fisika, dan biologi tanah. Meskipun demikian, tidak semua

limbah hewan dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai pupuk organik, karena kemungkinan masih mengandung patogen sehingga akan dapat merugikan tanaman. Pengomposan merupakan proses yang dapat mengurangi masalah tersebut. Kompos sangat bermanfaat bagi tanaman, karena mengandung bahan organik yang tinggi dan

stabil. Stabilitas bahan organik yang tinggi akan membuat kompos terdekomposisi secara perlahan dan tertahan secara efektif untuk waktu yang lebih lama dibandingkan dengan bahan organik dari limbah yang belum dikomposkan.¹

Pengomposan merupakan salah satu proses pengelolaan limbah organik menjadi material baru seperti humus yang relatif stabil. Dalam proses ini, bahan-bahan organik didekomposisi menjadi zat-zat seperti humus (kompos) oleh kelompok-kelompok mikroba yang spesifik dalam tahapan proses tertentu.² Keteraturan tersebut tampak pada proses pengomposan yang tergolong dalam kategori *hot composting*, karena selama proses pengomposan terjadi perubahan suhu. Secara umum, pengomposan berlangsung melalui 3 tahapan berbeda dalam kaitannya dengan suhu, yaitu mesofilik, termofilik, dan maturasi. Pada tahap mesofilik suhu akan naik hingga ~40°C, kemudian suhu akan terus meningkat ke tahap termofilik antara 40°–70°C dan berangsur menurun hingga mencapai kestabilan suhu lingkungan pada tahap maturasi setelah proses selesai.³

Dalam proses pengomposan berbagai jenis mikroba tumbuh tidak secara bersamaan. Dinamika pertumbuhan ini terjadi sebagai akibat dari modifikasi lingkungan fisik dalam ekosistem. Pada mesofilik didominasi oleh fungi dan bakteri pembentuk asam. Memasuki tahap termofilik, mikroba mesofilik akan digantikan oleh bakteri termofilik, terutama Aktinobakteria dan fungi termofilik. Pada kisaran suhu termofilik, proses dekomposisi dan stabilisasi berlangsung secara maksimal. Tahap berikutnya adalah maturasi yang ditandai dengan penurunan aktivitas mikroba dan pergantian dari mikroba termofilik dengan bakteri dan fungi mesofilik. Selama tahap maturasi, proses penguapan air dari material yang telah dikomposkan masih terus berlangsung, demikian pula stabilisasi pH dan penyempurnaan pembentukan asam humat.⁴

Kualitas kompos ditentukan oleh beberapa faktor. Kecepatan dan siklus pengomposan serta kualitas kompos yang dihasilkan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama proses pengomposan. Hal ini terjadi karena kondisi lingkungan memengaruhi aktivitas mikroba yang berperan dalam proses biodegradasi tersebut. Selain itu, kualitas kompos dapat meningkat dengan adanya aktivitas

antimikroba kompos.⁵ Zat-zat yang dihasilkan oleh mikroba dalam kompos dapat menekan pertumbuhan jamur dan bakteri yang merugikan tanaman, tetapi tidak untuk bakteri fotosintetik. Kualitas kompos juga berkaitan dengan stabilitas dan kematangan kompos. Stabilitas kompos berkaitan dengan aktivitas mikroba dan resistensi bahan-bahan organik kompos untuk terdegradasi lebih lanjut. Sedangkan kematangan kompos berkaitan dengan potensial tumbuh tanaman atau fitotoksisitas dan menggambarkan kecocokan dari kompos untuk diaplikasikan pada lahan.⁶ Dengan demikian, komposisi mikroba dalam kompos berperan penting dalam menentukan kualitas kompos.

Aktinobakteria mampu mendekomposisi molekul-molekul kompleks, termasuk komponen lignoselulosa, sehingga menjadikannya agen penting dalam proses dekomposisi pada proses pengomposan.⁵ Komunitas mikroba Aktinobakteria terdistribusi sangat luas di dalam tanah dan kompos. Ukuran populasi dan komposisi Aktinobakteria di dalam tanah telah dilaporkan bergantung pada tipe tanah⁷ dan kandungan bahan organik. Pada tanah yang mengandung banyak bahan organik ditemukan sejumlah besar Aktinobakteria, sebaliknya pada tanah yang miskin bahan organik jumlah Aktinobakteria lebih sedikit. Dengan demikian, penambahan bahan organik ke dalam tanah diketahui mampu meningkatkan aktivitas dan jumlah populasi Aktinobakteria.⁷

Penelitian tentang dinamika komunitas Aktinobakteria dalam pengomposan telah banyak dilakukan. Misalnya, Sadikin⁸ menunjukkan bahwa dalam semua cuplikan bahan kompos, ditemukan tujuh genera mikroba selama proses pengomposan, yaitu *Actinomyces*, *Alkaligenes*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, dan *Pseudomonas*. Selain itu, Steger⁹ mengungkapkan populasi komunitas Aktinobakteria mencapai hampir 50% dari komunitas mikroba selama fase pengomposan. Dengan demikian, Aktinobakteria memiliki peranan yang signifikan dalam pengomposan.

Komposisi komunitas mikroba sangat menentukan proses kematangan dan kualitas kompos.¹⁰ Oleh karena itu, dinamika komunitas mikroba selama pengomposan perlu dipela-

jari. Pemahaman terhadap proses dinamika serta pemantauan terhadap komunitas mikroba yang terlibat diharapkan dapat digunakan sebagai landasan dalam pengembangan proses pengomposan yang lebih efisien. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari dinamika populasi Aktinobakteria selama pengomposan limbah ternak sapi.

METODE PENELITIAN

Penelitian observasional laboratoris dilakukan pada sampel kompos yang diambil dari sebuah pabrik kompos di Surakarta. Sampel kompos diambil pada Oktober 2007. Kompos diambil dari kedalaman 50–100 cm dari gundukan kompos di setiap fase pemrosesan kompos, yakni mesofilik (suhu 30–50°C), termofilik (suhu 60–70°C) dan maturasi (suhu 30–40°C). Dari setiap fase tersebut sebanyak 100 gr sampel kompos dikeringanginkan selama 1 jam. Kemudian 10 gr kompos dilarutkan dalam 90 ml NaCl (0,85%) dan dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 70°C selama 15 menit. Setelah itu, setiap suspensi kompos diencerkan menjadi 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} . Dengan metode *plate counts*, setiap suspensi tersebut diambil 0,1 ml dan diinokulasikan pada medium *starch-nitrate agar* (SNA) dan *humic-acid vitamins agar* (HVA) dalam *plate*. Untuk menghambat pertumbuhan jamur digunakan antibiotik,¹¹ *cycloheximide* (30 mg/l).

Medium *starch-nitrate* (SN) menurut Miyashita, *et al.*⁷ dengan komposisi (g/l) adalah *Starch* (20), K_2HPO_4 (0,5), KNO_3 (1), $CaCO_3$ (0,02), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,5), NaCl (0,5), $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,01). Sedangkan menurut Hayakawa dan Nonomura¹² komposisi medium *humic-acid vitamin* (HV) (g/l) adalah: *humic acid* (10), KCl (0,71), Na_2HPO_4 (0,5), $CaCO_3$ (0,02), B-vitamin (0,5), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,05), $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,01). Setelah diinokulasi, *plate* kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 7–14 hari dan pertumbuhan koloninya diamati secara visual dan mikroskopis. Ciri morfologis koloni-koloni Aktinobakteria yang tumbuh pada *plate* diamati dan kemudian dipindahkan pada medium SNA untuk dimurnikan menggunakan metode *streak plate*. Koloni tunggal yang tumbuh dipindahkan pada medium agar miring *Starch*

Nitrate sebagai kultur stok untuk pengujian lebih lanjut.^{7,12}

Karakterisasi isolat-isolat Aktinobakteria yang diamati meliputi morfologi koloni dengan metode yang mengacu pada Shirling dan Gottlieb.¹³ Pengelompokan warna dilakukan dengan mengamati warna miselium serta pigmen yang terlarut di dalam medium SN agar dan cair.^{12,14} Deskripsi warna tersebut menggunakan standar *Munsell® Color Chart for plant tissues*.¹⁵ Data hasil pengamatan kemudian ditabulasi dan dipaparkan dalam bentuk tabel dan gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 89 isolat Aktinobakteria berhasil diisolasi dari kompos. Sebanyak 51 isolat diperoleh dengan medium seleksi SNA dan 38 isolat dengan medium seleksi HVA. Koloni Aktinobakteria yang ditumbuhkan pada media SNA 1,35 kali lebih banyak daripada yang ditumbuhkan pada medium HVA. Kedua macam medium tersebut mengandung nutrisi yang mendukung pertumbuhan Aktinobakteria dan menghambat pertumbuhan bakteri lainnya, sehingga dapat digunakan sebagai medium seleksi untuk mengisolasi Aktinobakteria.^{7,12} Medium SNA menggunakan *starch* sebagai sumber karbon dan nitrogen, sedangkan HVA menggunakan *humic-acid*. *Starch* lebih mudah dan cepat diserap oleh metabolisme bakteri, sehingga koloni-koloni Aktinobakteria setelah 3 hari diinokulasi ditemukan telah tumbuh dalam medium. Sifat stabil dari *humic-acid* menyebabkan koloni-koloni Aktinobakteria baru tumbuh setelah 1 minggu diinokulasi. Namun, menurut Hayakawa dan Nonomura,¹² HVA lebih unggul jika dibandingkan dengan media *colloidal chitin agar*, *glycerol-arginine agar*, dan *starch-casein-nitrate agar* untuk mengisolasi Aktinobakteria. HVA memungkinkan pertumbuhan Aktinobakteria dalam jumlah yang lebih banyak dan beragam serta sporulasi yang baik, sedangkan pertumbuhan bakteri lainnya dihambat.

Identifikasi, karakterisasi, dan pengamatan koloni Aktinobakteria pada medium HVA lebih sulit dilakukan karena medium HVA berwarna hitam. Oleh karena itu, untuk karakterisasi morfologi dan warna koloni Aktinobakteria digunakan medium SNA. Dalam medium tersebut

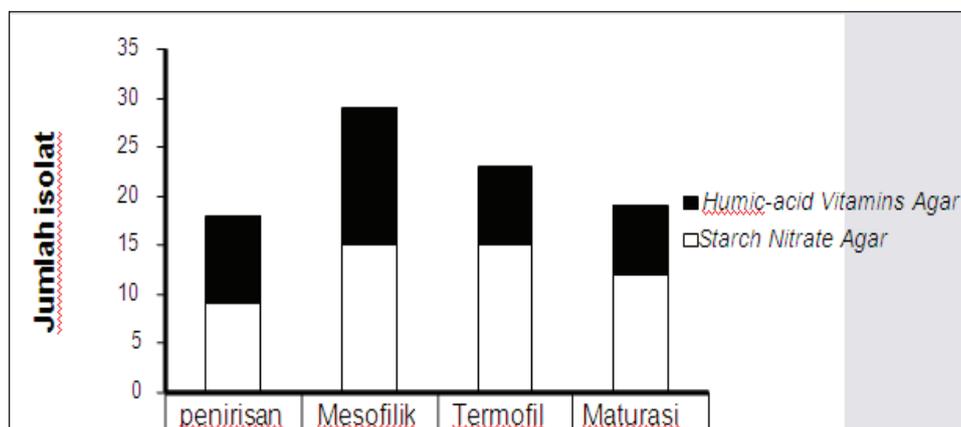
ditambahkan antijamur, yakni *cycloheximide*, untuk menghambat pertumbuhan jamur, sedangkan pertumbuhan bakteri tidak akan terganggu. Medium *starch casein* dengan antijamur dan antibiotik (*nystatin*, *cycloheximide*) merupakan campuran yang paling bagus untuk melakukan penghitungan koloni-koloni Aktinobakteria tanah.¹¹

Perbedaan jumlah isolat yang ditemukan setiap fase pengomposan menunjukkan adanya dinamika dan perubahan komunitas Aktinobakteria yang terdapat dalam setiap proses pengomposan (Gambar 1). Komunitas Aktinobakteria paling banyak jumlahnya diperoleh pada fase mesofilik (32,6%), semakin berkurang pada fase termofilik (25,8%), dan paling sedikit jumlahnya pada fase maturasi (21,4%). Perubahan suhu selama proses pengomposan sangat berpengaruh terhadap dinamika komunitas Aktinobakteria dalam kompos. Suhu tinggi, kadar air rendah, dan semakin berkurangnya nutrisi di dalam kompos mengakibatkan bakteri saling berkompetisi untuk bertahan hidup. Kompetisi bakteri di dalam kompos umumnya akan menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Bakteri patogen hanya sedikit yang masih mampu bertahan hidup di dalam kompos.

Isolat-isolat Aktinobakteria tersebut selanjutnya dikarakterisasi dan dikelompokkan dengan mengamati morfologi dan warna koloninya. Semua isolat tersebut dapat dikelompokkan menjadi 3 seri warna (putih, abu-abu, dan coklat) berdasar warna miselium udaranya pada medium SNA setelah 14 hari inkubasi pada suhu

30°C. Seri warna putih termasuk meliputi putih, putih susu, dan kekuningan; seri warna abu-abu termasuk abu-abu tipis sampai gelap; dan seri warna coklat termasuk coklat, oranye tua dan keunguan. Dari total 89 isolat yang diperoleh, 56 isolat memiliki miselium aerial berwarna putih, 23 isolat berwarna abu-abu, dan 10 isolat berwarna coklat (Tabel 1). Kebanyakan isolat yang diperoleh koloninya berwarna putih, abu-abu (5Y 6/2–8/2), dan paling sedikit berwarna coklat (7,5YR 4/2–4/4). Beberapa di antara isolat-isolat Aktinobakteria tertentu memiliki keunikan yang khas, beberapa isolat mengeluarkan pigmen warna merah bata (5R 6/8–7/8) pada medium agar, sedangkan beberapa isolat yang lainnya menyebabkan medium cair berwarna merah (5R 7/4–7/8).

Selama proses pengomposan, komunitas Aktinobakteria yang hanya tumbuh dalam satu fase secara berurutan mengalami penurunan. Sebanyak 24 isolat Aktinobakteria yang hanya ditemukan pada fase mesofilik, 16 isolat hanya pada fase termofilik, dan 9 isolat hanya pada fase maturasi. Sedangkan sisanya sebanyak 22 isolat ditemukan tumbuh pada lebih dari satu fase pengomposan. Keanekaragaman jumlah isolat Aktinobakteria yang ditemukan pada setiap fase menunjukkan adanya dinamika komunitas Aktinobakteria tersebut selama proses pengomposan (Gambar 2). Dinamika komunitas tergambar dengan adanya perubahan sebagian besar warna koloni dan pigmentasi medium tumbuh Aktinobakteria dari setiap fase. Meskipun demikian, ada beberapa morfologi koloni yang



Gambar 1. Jumlah isolat Aktinobakteria yang diperoleh dari setiap fase proses pengomposan dengan menggunakan medium SNA dan HVA

mirip ditemukan pada fase yang berbeda. Pada umumnya koloni-koloni Aktinobakteria yang berhasil ditemukan pada semua fase mesofilik, termofilik, dan maturasi memiliki warna koloni putih dan tidak menghasilkan pigmen warna pada medium cair. Beberapa isolat terdapat pada fase tertentu saja. Isolat SnS12 dan Sn14 berwarna merah bata dan menghasilkan pigmen pink hanya ditemukan pada fase mesofilik. Isolat SnT3, SnT7, SnT11, dan SnT13 berwarna merah bata dan tidak menghasilkan pigmen warna pada medium cair hanya ditemukan pada fase termofilik.

Jumlah isolat Aktinobakteria yang tumbuh hanya pada fase mesofilik 34%, paling banyak dibandingkan dengan fase-fase yang lainnya. Di samping itu terdapat morfologi koloni isolat HvS29/HvT19 selain ditemukan pada mesofilik juga ditemukan pada fase termofilik. Jumlah

persentase isolat yang hanya tumbuh pada fase termofilik 22%, dan pada fase termofilik ini isolat-isolat SnC3/HvT16, HvC16/SnT6, SnC14/SnT12, HvC18/SnT1, HvC15/SnT23, dan HvC19/SnT4 ditemukan tumbuh juga pada fase maturasi. Persentase isolat yang hanya tumbuh pada fase maturasi 13%. Pada fase maturasi tersebut tampak bahwa komunitas Aktinobakteria menjadi lebih sedikit dan cenderung lebih stabil dibanding fase-fase sebelumnya. Isolat Aktinobakteri yang ditemukan tumbuh kembali pada fase maturasi setelah menghilang selama fase termofilik adalah SnS15/SnC5, SnS7/SnC17, SnS10/SnC4 dan SnS2/SnC2. Hal ini menunjukkan adanya dinamika dan pergantian komunitas Aktinobakteria pada proses pengomposan.

Dinamika dan pergantian komunitas Aktinobakteria dalam pembuatan kompos bekerja secara

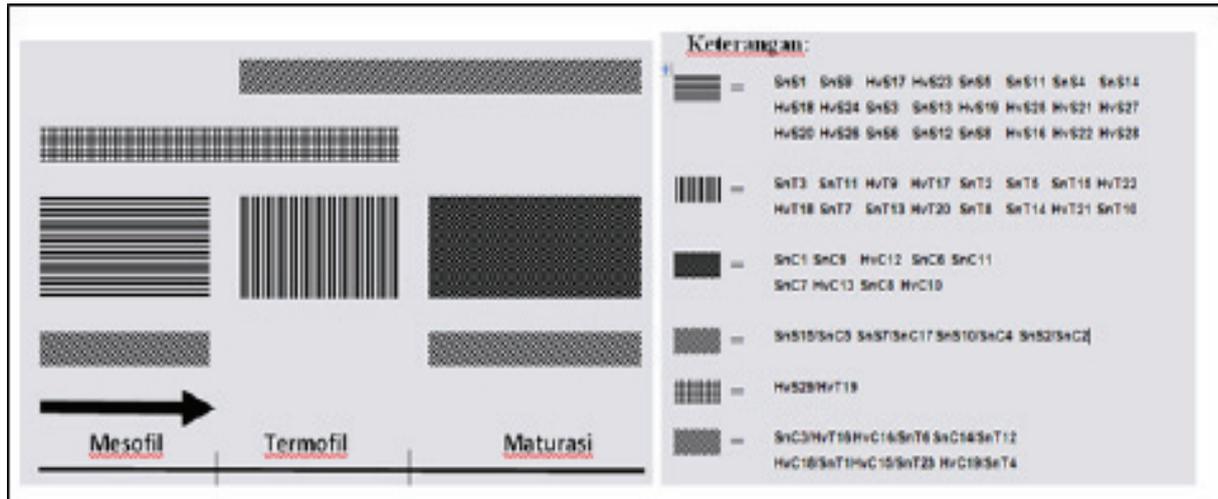
Tabel 1. Isolat-isolat Aktinobakteria yang menghasilkan pigmen pada medium SN

Tempat pencuplikan	Isolat	Deskripsi pigmen yang dihasilkan
Fase Mesofilik	SnS1,SnS3,SnS6,SnS8,SnS9, SnS11, SnS13,SnS14,HvS27 HvS16,HvS17,HvS18, HvS19, HvS20,HvS28 HvS21,HvS22, HvS23, HvS24,HvS25,HvS26,	Warna putih pada medium agar, pada medium cair tidak menghasilkan pigmen
Fase mesofilik	SnS1	Medium agar berwarna coklat gelap (2,5YR 3/4–3/6), pada medium cair berwarna oranye tua (7,5 6/8–6/10)
Fase mesofilik	SnS4,SnS5	Medium agar agak merah bata, medium cair agak merah (5R 7/6–7/8)
Fase mesofilik	SnS12,SnS14	Medium agar berwarna merah bata (5R 6/8–6/10), medium cair agak pink (5R 8/4)
Mesofilik-Termofilik	HvS29/HvT19	Warna putih pada medium agar, pada medium cair tidak menghasilkan pigmen
Fase Termofilik	SnT2,SnT5,SnT10,SnT14, SnT15,HvT18,HvT21,HvT22, HvT23	Warna putih pada medium agar, pada medium cair tidak menghasilkan pigmen
Fase termofilik	SnT5	Medium agar berwarna coklat gelap (5YR 3/4–4/4), pada medium cair SN berwarna oranye tua (5YR 5/10–6/10)
Fase termofilik	SnT3,SnT7,SnT11, SnT13	Medium agar agak merah bata (5R 6/8–7/8)
Fase termofilik	SnT8,SnT9	Koloni berwarna coklat-oranye (2,5YR 4/8–5/8), medium cair berwarna oranye 7,5YR 7/8–7/10
Fase termofilik	HvT17,HvT20	Koloni berwarna agak merah (5R 6/8–7/8), medium agar berwarna merah (5R 6/8–6/10)
Fase Termofilik-Maturasi	SnC3/HvT16, HvC16/SnT6 SnC14/SnT12, HvC18/SnT1 SnC15/HvT23, HvC19/SnT4	Warna putih pada medium agar, pada medium cair tidak menghasilkan pigmen
Fase Maturasi	SnC1,SnC7,SnC12,HvC13	Warna putih pada medium agar, pada medium cair tidak menghasilkan pigmen
Fase Maturasi, Mesofilik	SnS7/SnC17,SnS15/SnC5, SnS10/SnC4, SnS2/SnC2	Koloni berwarna agak merah (5R 6/8–7/8), medium agar berwarna merah (5R 6/8–6/10)

Keterangan: nomenklatur warna mengikuti pola H V/C, dimana H=warna dasar, V=kecerahan warna, C=kejenuhan warna.

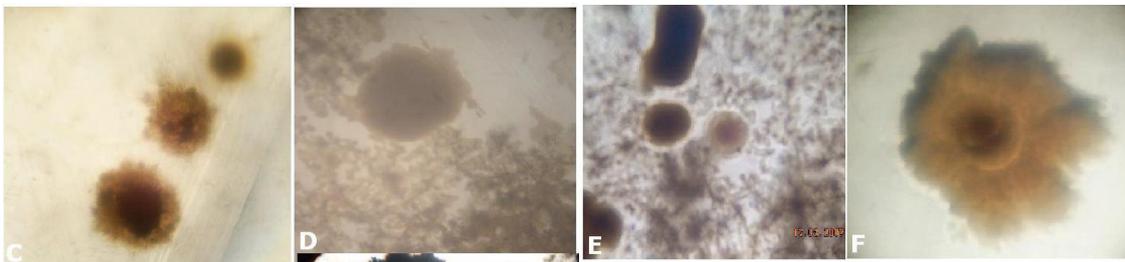
suksesi karena pengaruh perubahan energi panas dan pH. Terjadinya perubahan suhu dan pH secara alami selama proses pengomposan tersebut akan membentuk kompos secara sempurna. Penelitian yang lebih mendalam sangat diperlukan untuk mengetahui faktor lain yang mendukung dinamika dan pergantian komunitas tersebut. Selain itu, pola suksesi pada suatu komunitas mikroba harus serupa dengan apa yang terjadi dalam sistem mikroba lainnya.¹⁶

Melalui metode pembiakan ini diperoleh beberapa isolat Aktinobakteria yang memiliki morfologi koloni beraneka ragam. Keaneekaragaman morfologi koloni Aktinobakteria pada setiap stasiun pengomposan tampak sebagaimana pada Gambar 3–5. Beberapa morfologi koloni tersebut hanya ditemukan pada satu stasiun pengomposan tertentu saja, berarti koloni itu adalah *resident* yang khas. Misalnya



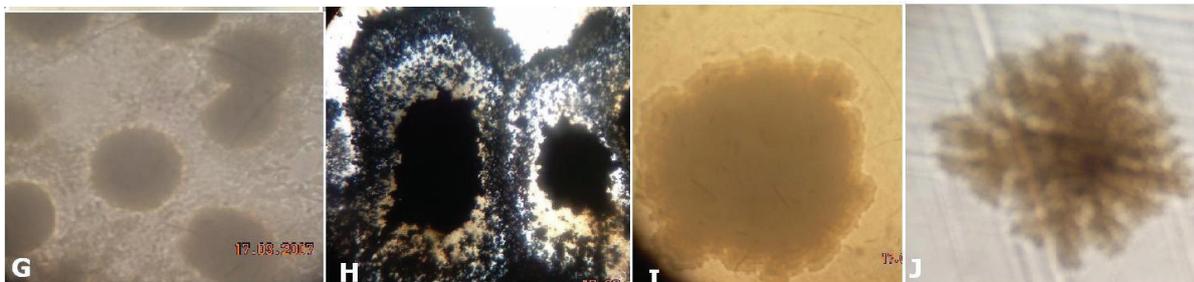
Gambar 2. Dinamika komunitas Aktinobakteria selama proses pengomposan

FASE MESOFILIK



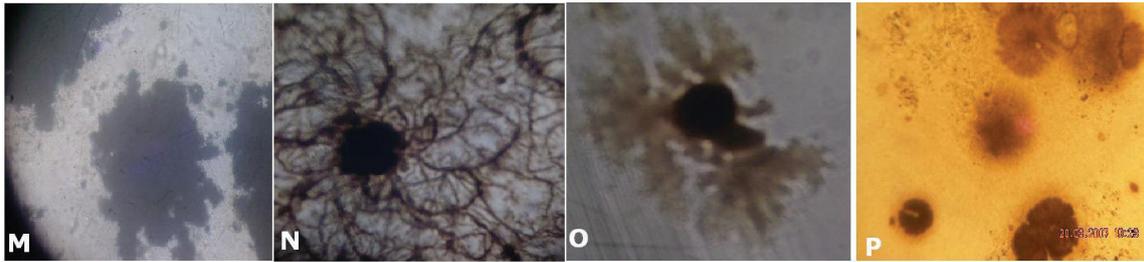
Gambar 3. Morfologi koloni isolat Aktinobakteria terpilih dalam medium SNA (C)SnS1; (D)SnS3; (E) SnS4; (F)SnS6

FASE TERMOFILIK



Gambar 4. Morfologi koloni isolat-isolat Aktinobakteria terpilih dalam medium SNA (G)SnT2;(H)SnT5;(I)SnT7; (J)SnT9

FASE MATURASI



Gambar 5. Morfologi koloni isolat-isolat Aktinobakteria terpilih dalam medium SNA (M)SnC1; (N)SnC6; (O) SnC11; (P)SnC12

morfologi koloni seperti isolat SnS1, SnS3, SnS4 dan SnS6 hanya ditemukan pada fase mesofilik (Gambar 3). Umumnya koloni-koloni tersebut berbentuk sirkuler dengan tepi yang tidak rata. Sedangkan morfologi koloni isolat SnT2, SnT5, SnT7, dan SnT9 hanya ditemukan pada fase termofilik (Gambar 4). Koloni-koloni isolat tersebut berbentuk tidak beraturan. Selanjutnya, morfologi koloni isolat SnC1, SnC6, SnC11 dan SnC12 yang hanya terdapat pada fase maturasi (pematangan) memiliki bentuk koloni dengan tepi yang berserabut (Gambar 5). Morfologi koloni yang berbeda-beda pada setiap fase tersebut menunjukkan keanekaragaman jenis Aktinobakteria kompos. Morfologi koloni yang beraneka ragam pada setiap fase pengomposan menunjukkan adanya dinamika komunitas Aktinobakteria selama pengomposan.

Komunitas Aktinobakteria berperan penting dalam proses pengomposan limbah dari peternakan sapi. Komunitas ini mampu mendegradasi bahan baku kompos yang terutama berupa kotoran dan jerami sisa pakan sapi. Proses degradasi tersebut melalui tahapan-tahapan proses perubahan suhu. Pada setiap tahapan mulai dari mesofilik, termofilik, dan maturasi, proses degradasi bahan organik menjadi kompos tersebut dilakukan oleh komunitas yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut dapat diamati dari dinamika jumlah isolat-isolat Aktinobakteria yang telah ditemukan dan keanekaragaman morfologi koloni Aktinobakteria pada setiap tahapan proses pengomposan. Hal

ini menunjukkan adanya proses dinamika yang mengarah pada suksesi komunitas Aktinobakteria. Pengungkapan lebih lanjut proses ini diharapkan mampu memberikan sumbangan pengetahuan dalam rangka upaya meningkatkan efisiensi proses pengomposan.

KESIMPULAN

Selama proses pengomposan ditemukan Aktinobakteria total pada tiap-tiap fase mesofilik 29 isolat (41%), fase termofilik sebanyak 23 isolat (32%), dan fase maturasi 19 isolat (26%). Sedangkan jumlah isolat Aktinobakteria yang tumbuh hanya pada fase mesofilik (24) 34%, termofilik (16) 22%, dan maturasi (9) 13%, sisanya (22) 31% adalah isolat-isolat Aktinobakteria yang ditemukan pada lebih dari satu fase. Beberapa isolat menunjukkan keanekaragaman morfologi koloni Aktinobakteria yang khas pada setiap tahapan proses pengomposan. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses pengomposan limbah peternakan sapi terjadi dinamika komunitas Aktinobakteria.

SARAN

Karena penelitian ini adalah penelitian dasar, kiranya perlu agar dapat dilanjutkan dengan penelitian untuk melakukan klasifikasi pada isolat-isolat Aktinobakteria yang telah diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Atlas, R.M. 1997. *Principles of Microbiology*. Second edition. Iowa: Wm. C. Brown Publishers.
- ²Subba-Rao, N.S. 1982. *Biofertilizer in Agriculture*. New Delhi: Oxford&IBH Publishing Co.
- ³Ishii, K., M. Fukui and S. Takii. 2000. Microbial Succession During a Composting Process as Evaluated by Denaturing Gradient Gel Electrophoresis Analysis. *J. Appl. Microbiol.* 89: 768–777.
- ⁴Sylvia, D.M., J.J. Fuhrmann, P.G. Hartel and D.A. Zuberer. 2005. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. 2nd edition. New Jersey: Pearson Education Inc.
- ⁵Lacey, J. 1997. Actinomycetes in Compost. *Annals. Agri. Environ. Med.* 4: 113–121.
- ⁶Bernal, M.P., J.A. Albuquerque and R. Moral, 2008. Composting of Animal Manures and Chemical Criteria for Compost Maturity Assessment: A Review. *Bioresour. Technol.* 100: 5.444–53.
- ⁷Miyashita, K., T. Kato, S. Tsuru. 1982. Actinomycetes Occuring in Soil Applied With Compost. *Soil Sci. Plant Nutr.* 28: 303–313.
- ⁸Sadikin, B. 1981. *Penelitian Pendahuluan Terhadap Kandungan Mikroorganisma Di dalam Proses Pengomposan Sampai hari ke-14*. Tesis, Sarjana Biologi. Bandung: ITB.
- ⁹Steger, K. 2006. *Composition of Microbial Communities in Compost*. Doctoral thesis. Uppsala: Swedish Univ. of Agri. Sci.
- ¹⁰Harada, Y., K. Haga, T. Osada and M. Koshino. 1993. Quality of Compost Produced from Animal Wastes. *JARQ.* 26: 238–246.
- ¹¹Williams, S.T. and F.L. Davies. 1965. Use of Antibiotics for Selective Isolation and Enumeration of Actinomycetes in Soil. *J. Microbiol.* 38: 251–261.
- ¹²Hayakawa, M and H. Nonomura. 1987. Humic Acid-Vitamin Agar, A New Medium for The Selective Isolation of Soil Actinomycetes. *J. Ferment. Tech.* 65: 501–509.
- ¹³Jutono J, Hartadi, Kabirun, Suhadi dan Soesanto. 1972. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Departemen Mikrobiologi Fakultas Pertanian. Yogyakarta: UGM.
- ¹⁴Shirling E.B. and D. Gottlieb. 1966. Methods For Characterization Of Streptomyces Species. *International Journal Of Systematic Bacteriology.* 16(3): 313–340.
- ¹⁵Munsell® *Color Charts For Plant Tissues*. 1977. Maryland: Macbeth A division of Kollimorgen Corp.
- ¹⁶Redford, A.J. and N. Fierer. 2009. Bacterial Succession on the Leaf Surface: A Novel System for Studying Successional Dynamics. *Microb Ecol.* 58: 189–198.