

DEKOMPOSISI KULIT KOPI OLEH BAKTERI SELULOLITIK YANG DIISOLASI DARI TIMBUNAN KULIT KOPI DI PERKEBUNAN KALIBENDO, JAWA TIMUR

Siska Nurfitriani, Eko Handayanto*

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran no 1, Malang 65145

*penulis korespondensi: handayanto@ub.ac.id

Abstract

Composting of coffee pulp takes a long time in PT.Perusahaan Perkebunan Kalibendo. To speed up the composting time from coffee pulp, a study that was aimed to isolate cellulolytic bacteria with the ability to decompose coffee pulp pulp was conducted at Soil Bology Laboratory, Faculty of Agriculture, Brawijaya University This study consisted of two phases, i.e. isolation and selection of cellulolytic bacteria originated from compost coffee pulp, and application of the selected bacteria onto the coffee pulp. Treatments tested in the secinda phase of this study were K0 (control or without the addition of isolates), K1 (with the addition of isolate SL 1), K2 (with the addition of isolate SL 2), K3 (with the addition of isolate SL 3) and K4 (with the addition of bacterial consortium). The treatments were arranged in a completely randomized design with three replicates. Parameters observed were decomposition rate, cellulose content, pH, C organic content, total N content, and physicals condition of the produced coffe pulp compost. Results of this study indicated that isolated bacteria obtained ware able to produce cellulase enzymes that could be seen from the presence of clear zone around bacterial colonies grown on Carboxymethyl Cellulose (CMC) agar medium. Three of eight isolated *cellulolytic* bacteria (SL1, SL2, and SL3) were capable of forming biggest clear zone on CMC medium with an average index of cellulolitic of 1.53. Bacterial isolates originated from coffee pulp compost were capable of decomposing coffee pulp. The bacteria consortium treatment (K4) was capable of decomposing coffee pulp faster than other treatments with the decomposition rate of 2.13 g day⁻¹.

Keywords: *cellulolytic bacteria, coffee pulp, decomposition*

Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu komoditas subsektor perkebunan yang sangat penting bagi Indonesia. Peran kopi dalam pembangunan perekonomian di Indonesia cukup besar. Selain itu, kopi Indonesia memiliki prospek yang baik di pasar dunia. Hal ini terlihat dari semakin meningkatnya volume dan nilai ekspor kopi Indonesia. Semakin tingginya volume ekspor kopi Indonesia juga diiringi oleh luasan lahan kopi yang semakin meningkat. Luas lahan perkebunan kopi di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya dengan laju pertumbuhan 0,47 % pertahun. Pada tahun 2011 luas lahan kopi di Indonesia mencapai 1.233.698 ha dengan jumlah produksi 638.646

ton, sedangkan pada tahun 2012 dan 2013 luas lahan kopi berturut-turut adalah 1.235.289 dan 1.241.712 ha dengan produksi kopi sebesar 691.163 dan 675.881 ton (Direktorat Jendral Perkebunan, 2014). Meningkatnya luas lahan dan produksi kopi selain memperbaiki perekonomian Indonesia juga meningkatkan volume limbah pasca panen kopi. Pengolahan kopi secara basah (*fully wet process*) maupun kering (*dry process*) berpotensi menghasilkan limbah kulit kopi dalam jumlah yang besar. Hal ini dikarenakan pada pengolahan kopi akan menghasilkan 65% biji kopi dan 35% limbah kulit kopi. PT. Perusahaan Perkebunan Kalibendo yang merupakan salah satu perkebunan swasta di Banyuwangi dengan komoditas kopi, limbah kulit kopi diolah

menjadi kompos dengan menambahkan biogranul (kotoran sapi atau kambing), EM4, dan biosterilizer. Kompos kulit kopi yang dihasilkan oleh PT. Perusahaan Perkebunan Kalibendo belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah waktu pengomposan kulit kopi yang lama, yaitu 2-3 bulan pada musim kemarau, sedangkan pada musim penghujan waktu pengomposan akan lebih lama. Padahal pengomposan kulit kopi dengan menggunakan aktivator hayati komersial pada prosedur yang benar hanya membutuhkan waktu 4 minggu untuk mencapai nisbah C/N 15 (Baon, 2005). Pengomposan di PT. Perusahaan Perkebunan Kalibendo membutuhkan waktu yang lebih lama dikarenakan pada proses pengomposan yang menggunakan aktivator EM4 tidak sesuai dengan prosedur pembuatan kompos secara anaerobik (fermentasi). Pengomposan dilakukan di ruang terbuka dengan tanpa adanya penutup, sehingga kondisi dalam pengomposan kurang optimal untuk aktivitas mikroorganisme anaerob yang ada di dalam EM4. Mikroorganisme anaerob dalam aktivitasnya membutuhkan kondisi hampa udara dan suhu yang stabil. Bakteri-bakteri yang terdapat dalam EM4 mempunyai suhu pertumbuhan optimal rata-rata 40 °C (Yuniawati, 2012), sehingga penggunaan EM4 dalam hal ini kurang efektif. Kulit kopi mempunyai kandungan selulosa dan lignin yang tinggi, dengan nilai berturut-turut yaitu 63 %, dan 17% (Corro *et al.*, 2014), kadar air 7,46%, kadar abu 0,6%, bahan mudah menguap 87,27%, karbon terfiksasi 4,67%, dan kalor 4,427 cal g⁻¹ (Kusuma, 2012). Selain itu, kulit buah kopi juga mengandung unsur Ca, Mg, Mn, Fe, Cu dan Zn (Simanjuntak *et al.*, 2013). Selulosa hanya dapat dirombak menjadi glukosa dengan enzim selulase (Buselli *et al.*, 2007). Selulosa di alam membentuk kristal bersama lignin dan hemiselulosa, karena berbentuk kristal dan tidak mudah larut dalam air, selulosa sulit mengalami degradasi (Sonia dan Kusnadi, 2015). Selulosa dapat dipecah dengan menggunakan enzim selulase yang dihasilkan oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan actinomycetes. Aktivator EM4 mengandung sekitar 80 genus mikroorganisme fermentor, akan tetapi secara umum terdapat 5 golongan pokok, yaitu Bakteri Fotosintetik,

Lactobacillus sp., *Saccharomyces sp.*, *Actinomycetes sp.*, dan Jamur Fermentasi (Subali, 2010). Mikroorganisme tersebut mempunyai peran yang berbeda satu sama lain dan tidak spesifik pada peran tertentu. Peran mikroorganisme yang beragam menyebabkan proses degradasi tidak berfokus pada suatu senyawa tertentu, padahal kulit kopi sebagian besar tersusun atas selulosa. Tidak adanya mikroorganisme yang secara spesifik menguraikan selulosa dalam kulit kopi menyebabkan pengomposan di PT. Perusahaan Perkebunan Kalibendo dengan menggunakan EM4 membutuhkan waktu yang lama. Bakteri selulolitik adalah salah satu mikroorganisme yang mampu menghasilkan enzim selulase yang digunakan untuk menghidrolisis selulosa menjadi produk yang lebih sederhana yaitu glukosa (Meriyandini *et al.*, 2009). Bahan organik yang mengandung selulosa merupakan substrat bagi pertumbuhan bakteri selulolitik (Simanungkalit *et al.*, 2010), sehingga diduga bakteri selulolitik juga terdapat pada kompos kulit kopi yang kandungan selulosanya tinggi. Bakteri selulolitik secara alami terdapat pada lahan pertanian, hutan, kompos, tanaman yang telah melapuk, atau pada seresah daun. Bakteri selulolitik di alam masuk dalam genus *Achromobacter*, *Angiococcus*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Cytophaga*, *Clostridium*, *Cellivibrio*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Poliangium*, *Sorangium*, *Sporocytophaga*, *Vibrio*, *Cellfalcicula*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, dan *Aeromonas* (Anand, 2009). Penggunaan bakteri selulolitik sebagai bioaktivator dapat digunakan sebagai strategi untuk mempersingkat waktu dekomposisi kulit kopi. Isolasi bakteri perlu dilakukan untuk memperoleh agen bakteri selulolitik yang potensial untuk mendegradasi selulosa dan mempercepat pengomposan kulit kopi. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri selulolitik aerob asal kompos kulit kopiyang didapatkan dari PT. Perusahaan Perkebunan Kalibendo, serta menguji kemampuan bakteri selulolitik aerob dalam mendekomposisi kulit kopi.

Metode Penelitian

Lokasi studi

Penelitian dilakukan pada Bulan April-Desember 2016. Kegiatan penelitian meliputi pengambilan sampel kompos, analisa

laboratorium, dan uji kemampuan isolat bakteri. Kegiatan pengambilan sampel kompos dilakukan pada bulan Maret di tempat pengomposan kulit kopi PT. Perusahaan Perkebunan Kalibendo, Glagah, Banyuwangi.

Isolasi bakteri selulosa

Sampel kompos diperoleh dari PT. Perusahaan Perkebunan Kalibendo, Glagah, Banyuwangi. Sampel kompos seberat 25 g dan dimasukkan ke dalam larutan garam fisiologis 225 mL. Kemudian dihomogenkan untuk mendapatkan pengenceran 10^{-1} . Setelah padatan pada pengenceran pertama mengendap, diambil sampel cair sebanyak 1 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 mL garam fisiologis untuk membuat pengenceran kedua, kemudian dihomogenkan. Pengenceran dilakukan hingga seri pengenceran 10^{-7} dengan cara yang sama (Nugraha, 2014). Selanjutnya, media *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) agar sebanyak kurang lebih 15 mL dituangkan ke dalam cawan petri. Setelah media agar pada cawan petri mengeras ditambahkan 1 mL sampel dari masing-masing seri pengenceran (Lamidet *al.*, 2011). Media tersebut kemudian diinkubasi selama 4-5 hari (96 jam) pada suhu 30 °C. Setelah isolat tumbuh dilakukan inokulasi koloni tunggal pada media agar CMC baru dengan metode *quadran streak* untuk mendapatkan isolat murni (Nugraha, 2014).

Uji aktivitas dan antagonisme isolat bakteri

Pada tahapan isolasi diperoleh tiga bakteri yang mempunyai nilai *zona* bening paling tinggi yang kemudian dipilih untuk uji aktivitas dan uji antagonisme. Uji aktivitas bakteri selulolitik dilakukan dengan cara mengukur *zona* bening disekitar koloni yang dideteksi dengan menggunakan reagen *Congo red* (0,1 %) selama 15 menit. Reagen yang tersisa dibuang dan media dibilas dengan menggunakan larutan NaCl 1 M. Hasil positif jika terlihat adanya *zona* bening (*halo zone*) di sekitar isolat bakteri. *Zona* bening pada media menunjukkan adanya degradasi selulosa oleh bakteri selulolitik. Diameter *zona* bening pada media diukur dengan menggunakan jangka sorong, kemudian dihitung nilai indeks *zona* bening. Indeks *zona* bening merupakan rasio antara diameter *zona* bening dengan diameter koloni (Nugraha, 2014). Isolat bakteri yang mempunyai nilai *zona*

bening paling tinggi dipilih untuk diuji kemampuannya dalam mendekomposisi limbah kulit kopi. Uji antagonis dilakukan untuk mengetahui sifat antagonis atau kemampuan hambat dari masing-masing isolat bakteri sebelum dikonsorsiumkan. Uji antagonis dilakukan dengan menggunakan metode *cross streak*. Masing-masing isolat yang telah diremajakan ditumbuhkan pada satu petri yang sama dengan cara digores, dimana setiap ujung goresan bertemu dititik tengah petri. Petri yang telah berisi isolat bakteri terpilih diinkubasi selama 24 jam dan diamati *zona* hambat yang dihasilkan.

Uji kemampuan dekomposisi isolat bakteri pada limbah kulit kopi

Sebelum diperbanyak bakteri diremajakan terlebih dahulu di cawan petri selama 24 jam. Setelah tumbuh, masing-masing isolat diinokulasikan dengan menggunakan jarum ose secara aseptik kedalam tabung reaksi yang telah berisi 10 mL NaCl 0,9 %. Tabung reaksi yang telah berisi NaCl dan bakteri selulolitik dihitung kerapatan bakterinya dengan metode *Optical Density* (OD). Nilai OD masing-masing isolat bakteri diukur pada panjang gelombang 540 nm sehingga didapatkan nilai absorbansi suspensi 1. Isolat bakteri yang telah mencapai OD 1 kemudian dihitung jumlah sel bakterinya menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah diketahui kerapatan setiap isolat bakteri, dilakukan peremajaan ulang untuk perbanyakkan bakteri yang kemudian digunakan sebagai aktivator. Tiga isolat dan satu konsorsium diaplikasikan pada 250 g limbah kulit kopi yang telah dsterilkan dalam autoklaf selama 2 jam. Komposisi limbah kulit kopi adalah sebagai berikut: pH 6.58, C organik 30.71%, C.N ratio 17.09, N total 1.75%, kadar selulosa 21.98%. Dosis isolat yang ditambahkan adalah 5% berat limbah kulit kopi. Campuran isolat dan limbah kulit kopi diinkubasi selama 4 minggu. Perlakuan yang diuji coba adalah lima perlakuan yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap dengan tiga kali ulangan. Kelima perlakuan tersebut adalah K0 = kulit kopi tanpa aktivator bakteri selulolitik, K1 = kulit kopi + isolat SL1, K2 = kulit kopi + isolat SL2, K3 = kulit kopi + isolat SL3, dan K4 = kulit kopi + konsorsium bakteri. Pengukuran

parameter dekomposisi yang meliputi laju dekomposisi, kadar selulosa, pH, C organik, dan kondisi fisik dilakukan dalam selang waktu empat minggu setelah aplikasi. Analisis data yang diperoleh dilakukan pengujian dengan menggunakan analisis ragam atau uji F dengan taraf nyata ($P=0,5$) yang diikuti uji beda nyata terkecil (LSD) pada taraf nyata ($P=0,5$).

Hasil dan Pembahasan

Isolasi bakteri selulolitik dari limbah kulit kopi

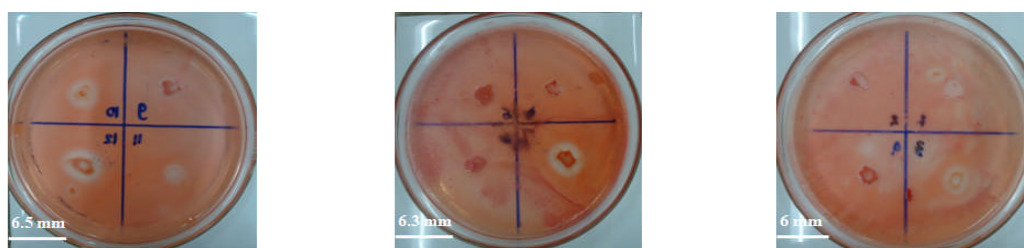
Isolasi bakteri selulolitik dengan menggunakan media agar *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) berhasil mendapatkan 8 isolat yang mampu membentuk *zona* bening di sekitar koloni

setelah dilakukan pewarnaan dengan menggunakan *Congo red* (Tabel 1). Kenampakan Isolat Bakteri pada Media Agar CMC disajikan pada Gambar 1. Nur *et al.* (2008) menyatakan bahwa mikroba selulolitik adalah mikroba yang mampu menghasilkan enzim untuk merombak atau menghidrolisis selulosa dan kristalin selulosa. Hidrolisis selulosa melibatkan 3 enzim selulase, yaitu (1) endo-1,4- β -D-glukanase (EG; EC 3.2.1.4) yang bekerja secara acak sepanjang rantai selulosa menghasilkan situs baru untuk selobiohidrolase, (2) ekso-1,4- β -D-glukan (CBH; EC 3.2.1.91) yang bekerja sebagai eksoglukanase melepas selobiosa sebagai produk utama, dan (3) 1,4- β -D-glukosidase (EC 3.2.1.21) yang menghidrolisis selobiosa menjadi glukosa.

Tabel 1. Indeks selulolitik dari 8 isolat hasil isolasi

No	No Isolat	Diameter Koloni (mm)	Diameter Zona Bening (mm)	Indeks Selulolitik
1	3	8,2	10,9	13,3
2	4	6,6	8,1	12,2
3	5	6,7	7,3	10,9
4	7*	8,8	12,8	14,5
5	8	6,9	8,3	12,0
6	9	6,2	8,7	14,0
7	10**	6,6	10,7	16,2
8	11***	5,4	8,2	15,1

Keterangan : (*)isolat SL1; (**)isolat SL2; dan (***)isolat SL3.



(a) kenampakan isolat 3 dan 4 (b) Kenampakan Isolat 5, 7, 8 (c) Kenampakan Isolat 9, 10, 11

Gambar 1. Kenampakan Isolat Bakteri pada Media Agar CMC

Berdasarkan kemampuannya dalam menghasilkan *zona* bening paling besar, dipilih 3 isolat yang kemudian diberi nama isolat SL1, SL2, dan SL3. Kemampuan isolat bakteri dalam memecah kompleks selulosa pada suatu substrat diukur dengan menggunakan indeks selulolitik. Indeks selulolitik adalah nisbah atau perbandingan antara diameter *zona* bening dan

diameter koloni (Meryandini *et al.*, 2009). Data yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa isolat SL2 mempunyai indeks selulolitik paling yaitu 1,62, sedangkan indeks terkecil terdapat pada isolat SL1. Perbedaan nilai indeks selulolitik ini menunjukkan bahwa ketiga isolat yang didapat mempunyai perbedaan dalam aktivitas enzimnya.

Identifikasi isolat bakteri

Berdasarkan hasil identifikasi (Tabel 2) isolat SL 1, SL2, dan SL 3 merupakan bakteri dengan

gram positif, dengan sel berbentuk batang dan tidak berspora. Penampakan sel bakteri SL 1, SL 2, dan SL 3 disajikan pada Gambar 3.

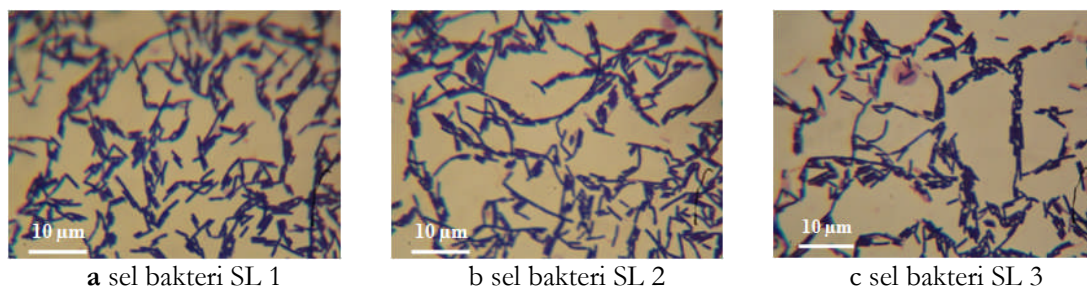
Tabel 2. Hasil identifikasi bakteri

Parameter	SL 1	SL 2	SL 3
Warna koloni	Krem	Krem	Krem
Diameter koloni (mm)	1,15	1,17	1,21
Reaksi gram	+	+	+
Bentuk sel	Batang	Batang	Batang
Motilitas	Motil	Motil	Motil
Oksidase	+	+	+
Katalase	-	-	-
Produksi indol	-	-	-
Penggunaan karbon dari citrate	-	-	-
Uji TSIA	Alk/Alk	Alk/Alk	Alk/Alk
VP	+	+	+
Spora	-	-	-
Oksidase	+	+	+
Motilitas	+	+	+
Nitrat	+	+	+
Lysin	+	+	+
Ornithin	+	+	+
H ₂ S	-	-	-
Glukosa	+	+	+
Manitol	-	-	-
Xylosa	-	-	-
ONPG	+	+	+
Indole	-	-	-
Urease	-	-	-
V-P	+	+	+
Sitrat	-	-	-
TDA	-	-	-
Gelatin	-	-	-
Malonat	-	-	-
Inositol	+	+	+
Rhamnosa	-	-	-
Sukrosa	+	+	+
Lactosa	+	+	+
Arabinosa	+	+	+
Adonitol	-	-	-
Raffinosa	+	+	+
Salicin	+	+	+
Arginin	-	-	-
Katalase	-	-	-
Koagulase	-	-	-
Novobiocin Resistance	Tdk	Tdk	Tdk
Hemolisisin	Tdk	Tdk	Tdk

Keterangan: (+) reaksi positif; (-) reaksi negatif; (Tdk) tidak dilakukan identifikasi; (Alk/Alk) tidak mampu memfermentasikan gula (sukrosa dan glukosa)

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa ketiga isolat yang didapat mempunyai karakteristik yang sama berdasarkan uji gram dan biokimia, kecuali diameter koloni, sehingga disebut bakteri *Actinomyces viscosus* strain 1, bakteri *Actinomyces viscosus* strain 2, dan bakteri *Actinomyces viscosus* strain 3 (Gambar 2). Ketiga isolat tersebut merupakan bakteri gram positif dengan bentuk basilus, tidak berspora, dan tidak dapat memfermentasi gula (sukrosa dan glukosa). Ciri-ciri ketiga isolat bakteri tersebut berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* diklasifikasikan sebagai *Actinomyces viscosus*. Pernyataan ini sesuai dengan De A. *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa bakteri *Actinomyces viscosus* adalah bakteri gram positif yang bersifat anaerob fakultatif dan berbentuk batang berfilamen, tidak berspora, mampu mereduksi nitrat menjadi nitrit, dan tidak

mampu memfermentasi glukosa dan sukrosa. *Actinomyces viscosus* tumbuh optimal pada suhu 20-37 °C, tidak mampu menghidrolisis urease dan indole, serta tidak memproduksi gas (Bryant dan Cutler, 2003). *Actinomyces viscosus* pada media agar tumbuh menyebar (motil) dengan tepi koloni tidak rata, permukaan keriput, berwarna putih, sel berdiameter 0,5-1 µm dan panjang sel 1-3 µm (Komala *et al.*, 2012). *Actinomyces* mempunyai peran penting dalam sebagai dekomposer berbagai senyawa kompleks seperti protein, pektin, selulosa, hemiselulosa, lignin dan pektin (Golinska dan Hanna, 2011). Selain itu, *Actinomyces* juga dikenal mampu memproduksi senyawa metabolit sekunder yang banyak digunakan sebagai antibiotik, seperti *streptomycin*, *gentamycin*, *rifaamycin*, dan *erythromycin* (Jeffrey, 2008).



Gambar 1. Penampakan Sel Bakteri Secara Mikroskopis

Pengaruh aplikasi isolat terhadap komposisi kimia kulit kopi

Nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan K0 (tanpa penambahan isolat bakteri) dengan nilai 6,52, sedangkan nilai terendah 6,23 terdapat pada perlakuan K1 (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan isolat bakteri mampu menguraikan senyawa-senyawa organik pada substrat kulit kopi. Nilai pH pada masing-masing perlakuan di akhir pengamatan mengalami penurunan. Perubahan pH pada masing-masing perlakuan ini menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik (Ismayana *et al.*, 2012). Penurunan nilai pH disebabkan oleh produksi asam-asam organik yang meningkat atau proses nitrifikasi (Nur *et al.*, 2008; Supadma *et al.*, 2008). Pada akhir pengamatan kadar C-organik tertinggi pada perlakuan K0

(tanpa penambahan isolat bakteri) 32,67 %, sedangkan terendah pada perlakuan K4 (kulit kopi dengan penambahan konsorsium bakteri) 25,59 % (Tabel 2). Nilai C-organik pada setiap perlakuan mengalami penurunan pada akhir pengamatan, kecuali pada perlakuan K3 dan K0 yang mengalami kenaikan. Proses dekomposisi dapat ditandai dengan semakin menurunnya kandungan C-organik pada substrat. Pada perlakuan K1, K2, dan K4 kadar C-organik substrat mengalami penurunan karena adanya proses perubahan bahan organik. Penurunan kandungan C-organik karena pada proses pengomposan berlangsung perubahan-perubahan bahan organik menjadi $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{nutrien} + \text{humus} + \text{energi}$, sehingga selama proses pengomposan CO_2 menguap (Widarti *et al.* (2015). Kadar C-organik pada perlakuan K3 mengalami kenaikan pada pengamatan terakhir. Hal ini

menunjukkan bahwa isolat SL 3 bersifat kemoheterotrof (Nur *et al.*, 2008). Bakteri kemoheterotrof merupakan bakteri yang menggunakan bahan organik sebagai sumber energi dan karbon. Sebagian besar mikroorganisme yang terdapat pada limbah organik merupakan bakteri kemoheterotrof (Doraja, 2012). Pada akhir dekomposisi perlakuan K3 (dengan penambahan isolat SL3) mempunyai nilai paling besar 2,29% dan perlakuan K4 (dengan penambahan konsorsium bakteri) mempunyai nilai paling kecil, yaitu 1,16 % (Tabel 2). Peningkatan kadar nitrogen pada proses pengomposan dapat terjadi karena padatan ter volatil atau bahan organik yang terdegradasi lebih besar dibandingkan dengan NH₃ yang ter volatilisasi (Putro, 2016). Nitrogen dibutuhkan mikroorganisme untuk pemeliharaan dan pembentukan sel tubuh. Makin banyak kandungan nitrogen maka makin cepat bahan organik terurai (Sriharti dan Salim, 2008). Nisbah C/N pada setiap pengamatan mengalami penurunan pada akhir waktu dekomposisi. Perlakuan K4 pada pengamatan

akhir dekomposisi mempunyai nilai nisbah C/N paling tinggi dengan 16,63% dan paling rendah pada K3 sebesar 13,24% (Tabel 2). Kecepatan dekomposisi bahan organik sebagai bahan kompos dapat dilihat dari nilai nisbah C/N substrat. Nilai C/N nisbah kompos yang semakin besar menunjukkan bahwa bahan organik belum terdekomposisi secara sempurna, jika nilai C/N semakin rendah menunjukkan bahwa bahan organik sudah terdekomposisi dan hampir menjadi kompos (Ismayana (2012). Penurunan nilai nisbah C/N bahan pada proses pengomposan disebabkan karena terjadinya penurunan jumlah karbon yang dipakai sebagai sumber energi bagi mikroba untuk menguraikan material organik (Widarti *et al.*, 2015). Pada proses pengomposan, kandungan total karbon akan menurun, sementara kandungan nitrogen meningkat, dan suhu menjadi stabil. Pada akhir proses, C/N nisbah akan stabil dengan nilai relatif rendah yang menandakan bahwa kompos telah matang (Simanungkalit *et al.*, 2012).

Tabel 2. pH, C-organik dan N total kulit kopi sebelum dan sesudah aplikasi isolat bakteri selulolitik.

Perlakuan	Sebelum Aplikasi Isolat			Sesudah Aplikasi Isolat		
	pH	C Organik	N total	pH	C Organik	N total
Ko	6.58	30.71	1.75	6.52	32.67	2.18
K1	6.58	30.71	1.75	6.23	29.47	1.92
K2	6.58	30.71	1.75	6.36	27.39	2.08
K3	6.58	30.71	1.75	6.49	30.74	2.29
K4	6.58	30.71	1.75	6.37	25.60	1.61

K0 (kontrol); K1 (kulit kopi dengan aktivator isolat bakteri SL 1); K2 (kulit kopi dengan aktivator isolat bakteri SL 2); K3(kulit kopi dengan aktivator isolat bakteri SL 3); K4 (kulit kopi dengan aktivator konsorsium bakteri SL 1, SL 2, dan SL 3).

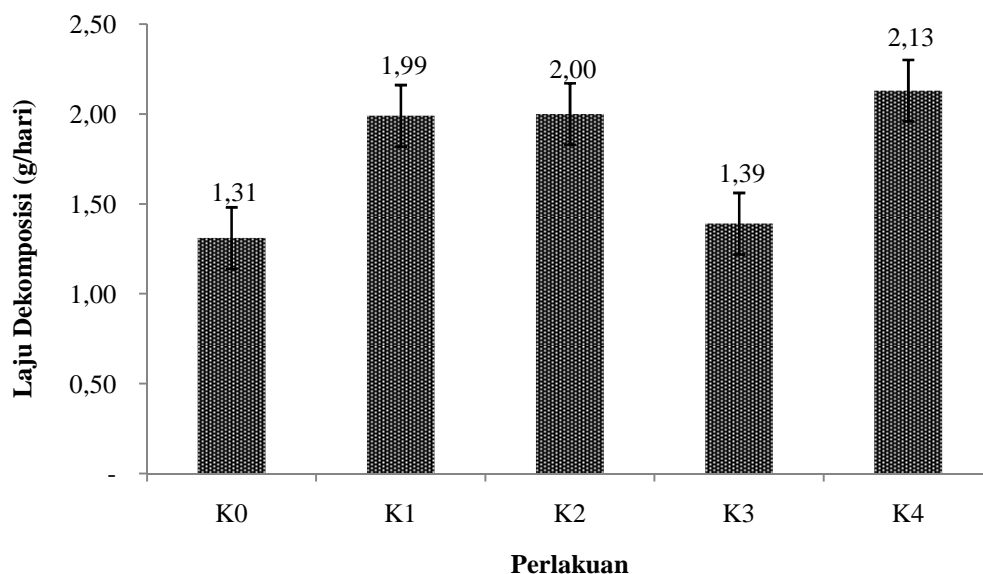
Laju dekomposisi dan kondisi fisik substrat

Dekomposisi substrat pada akhir pengamatan menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap perlakuan (Gambar 4). Laju dekomposisi perlakuan K0 (tanpa penambahan isolat bakteri) yaitu 1,31 g/hari paling kecil diantara perlakuan yang lainnya, sedangkan laju dekomposisi paling besar ditunjukkan oleh perlakuan K4 (dengan penambahan konsorsium bakteri) 2,13 g/hari. Laju

dekomposisi yang rendah menunjukkan bahwa pengurangan bobot substrat pada akhir dekomposisi rendah. Hal ini juga menunjukkan bahwa aktivitas mikroba dalam proses pengomposan tersebut rendah (Sriharti, 2008).

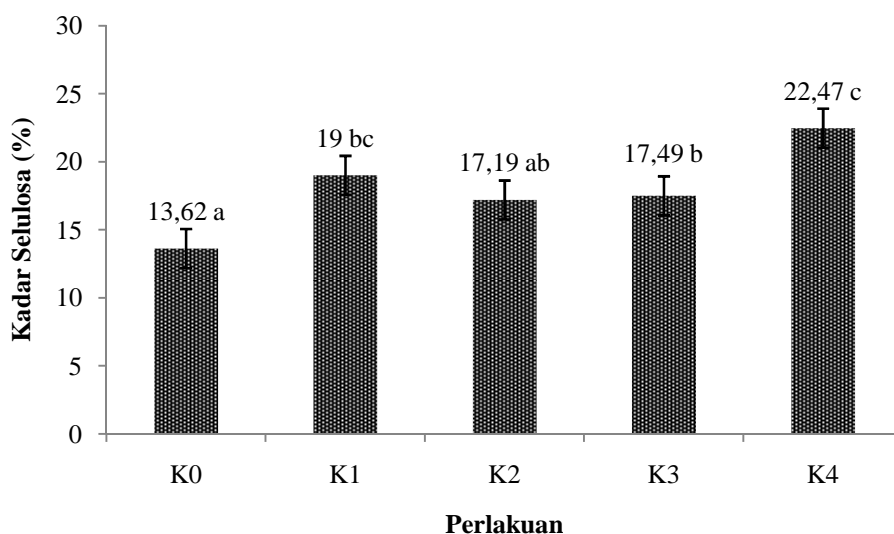
Kadar selulosa substrat

Kadar selulosa yang diukur pada akhir pengamatan menunjukkan bahwa setiap perlakuan mempunyai kadar selulosa yang berbeda-beda seperti terlihat pada Gambar 5..



Gambar 4. Laju Dekomposisi Substrat.

K0 (kontrol); K1 (kulit kopi dengan aktivator isolat bakteri SL 1); K2 (kulit kopi dengan aktivator isolat bakteri SL 2); K3(kulit kopi dengan aktivator isolat bakteri SL 3); K4 (kulit kopi dengan aktivator konsorsium bakteri SL 1, SL 2, dan SL 3).



Gambar 5. Kadar Selulosa Substrat

K0 (kontrol); K1 (kulit kopi dengan aktivator isolat bakteri SL 1); K2 (kulit kopi dengan aktivator isolat bakteri SL 2); K3(kulit kopi dengan aktivator isolat bakteri SL 3); K4 (kulit kopi dengan aktivator konsorsium bakteri SL 1, SL 2, dan SL 3). Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan Uji BNT taraf 5%

Kadar selulosa paling tinggi terdapat pada perlakuan K4 (dengan penambahan konsorsium bakteri) sebesar 22,47 %. Perlakuan K0 (tanpa penambahan isolat bakteri) mempunyai kadar selulosa paling kecil

diantara perlakuan lainnya yaitu sebesar 13,62 %. Selulosa merupakan salah satu penentu kecepatan dekomposisi substrat. Semakin tinggi selulosa suatu substrat maka proses dekomposisi akan semakin lama. Supadma

(2008) menyatakan bahwa semakin tinggi kandungan selulosa dan lignin bahan dasar kompos, maka nilai nisbah C/N akan semakin besar dan bahan akan semakin sulit untuk di dekomposisi. Sebaliknya jika semakin rendah selulosa dan lignin suatu bahan maka proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Kadar selulosa pada perlakuan K0 (kontrol) lebih kecil bila dibanding dengan perlakuan lainnya yang ditambah isolat bakteri. Hal ini disebabkan pada pengamatan kedua, perlakuan K0 mengalami kontaminasi oleh jamur. Kontaminasi oleh jamur pada perlakuan ini paling besar diantara yang lainnya, sehingga dimungkinkan hidrolisis selulosa dapat terjadi. Jamur merupakan salah satu mikrofauna yang berperan aktif sebagai dekomposer bahan organik. Subowo (2015) menyatakan bahwa jamur merupakan agen dekomposisi bahan organik khususnya selulosa. Menurut Simanungkalitet *al.* (2012), beberapa jenis bakteri termasuk beberapa jenis aktinomiset juga mampu mendegradasi polimer selulosa, hemiselulosa dan lignin, namun dengan kemampuan yang lebih rendah dibandingkan dengan jamur atau fungi. Bakteri terutama berperan pada degradasi polisakarida yang lebih sederhana (amilum, disakarida, dan monosakarida). Kontaminasi jamur pada penelitian ini dapat disebabkan oleh karena kurang sterilnya tempat inkubasi dan wadah inkubasi. Kondisi tumpukan yang lembab akibat terlalu rendahnya tumpukan juga menyebabkan kontaminan berupa jamur dapat tumbuh di substrat yang dikomposkan

Kesimpulan

Isolat bakteri yang didapat mampu menghasilkan enzim selulase yang terlihat dari terdapatnya *zona* bening disekitar koloni. Dari 8 isolat bakteri selulolitik asal kompos kulit kopi dari PT. Perusahaan Perkebunan Kalibendo yang mampu membentuk *zona* bening, tiga isolat mampu menghasilkan *zona* bening paling tinggi, yaitu isolat SL 1, SL 2, dan SL 3 dengan rata-rata indeks selulolitik sebesar 1,53. Semua isolat bakteri asal kompos kulit kopi dari PT. Perusahaan Perkebunan Kalibendo mampu mendekomposisi kulit kopi, ditunjukkan dengan adanya aktivitas selama proses dekomposisi kulit kopi. Perlakuan dengan

penambahan konsorsium bakteri (K4) mampu mendekomposisi kulit kopi dengan laju dekomposisi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan isolat tunggal (K1, K2, dan K3) dan kontrol (K0) dengan nilai sebesar 2,13 g/hari.

Daftar Pustaka

- Anand, V. 2009. Isolation and characterization of bacteria from the gut of *Bombyx Mori* that degrade cellulose, xylan, pectin and starch and their impact on digestion. *Journal of Insect Science* 10(107): 1-20
- Andrianto, F., A. Bintoro, dan S.B. Yuwono. 2015. Produksi dan laju dekomposisi seresah mangrove (*Rhizophora sp.*) di desa durian dan desa batu menyang kecamatan padang cermin kabupaten pesawaran. *Jurnal Sylva Lestari* 3(1): 9-20
- Baon, J. B., R. Sukarsih, dan Nurkholis. 2005. Laju dekomposisi dan kualitas kompos limbah padat kopi: pengaruh aktivator dan bahan baku kompos. *Pelita Perkebunan* 21(1): 31-42
- Barrington, S., D. Choiniere, M. Trigui, and W. Knight. 2002. Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. *Bioresource Technology* 83(1):189-194
- Bryant, F. O and H.G Cutler. 2013. Isolation of *Actinomyces viscosus* strain GA: characteristic of its cellular biological retardant(s). *Letters in Applied Microbiology* 25(2). 117-122
- Buselli, R.A.F., W.C. Otoni, and C. P. Joshi. 2007. Structure, organization, and functions of cellulose synthase complexes in higher plants. *Brazilian Journal Plant Physiology* 19(1): 1-13
- Corro, G., U. Pal, and S. Cebada. 2014. Enhanced biogas production from coffee pulp through deligninocellulosic photocatalytic pretreatment. *Energy Science and Engineering* 2(4): 177-187
- Daroja, P.H., M. Shovitri, dan N.D Kuswytasari. 2012. Biodegradasi limbah domestik dengan menggunakan inokulum alami dari tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 1(1): E-44 – E.47
- De, A., Baveja, S., Parikh, H. and Bankar, S. 2011. *Actinomyces viscosus* from blood culture: a rare case. *International Journal of Basic and Applied Medical Sciences* 1(1): 104-107
- Dewi, Y.S. dan Tresnowati. 2012. Pengolahan sampah skala rumah tangga menggunakan metode komposting. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S* 8(2): 35-48
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2014. Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015 – Kopi. Jakarta. Direktorat Jenderal Perkebunan
- Golińska, P. and H. Dahm. 2011. Occurrence of actinomycetes in forest soil. *Dendrobiology* 1(1): 3-13

- Ismayana, A., N.S. Indrasti, Suprihatin, A. Maddu, dan A. Fredy. 2012. Faktor rasio C/N awal dan laju aerasi pada proses *co-composting bagasse* dan blotong. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 22(3):173-179
- Jeffrey, L.S.H. 2008. Isolation, characterization and identification of actinomycetes from agriculture soils at Semongok, Sarawak. *African Journal of Biotechnology*. 7(20). 3697-3702
- Karakashev, D., D. Galabova, and I. Simeonov. 2003. A simple and rapid test for differentiation of aerobic from anaerobic bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 19(1): 233–238
- Komala, P.S., D. Helard, dan D. Delimas. 2012. Identifikasi mikroba anaerob dominan pada pengolahan limbah cair pabrik karet dengan sistem *Multi Soil Layering* (MSL). *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* 9(1): 74-88
- Kusuma, W., Sarwono, dan R. D. Noriyati. 2012. Kajian eksperimental terhadap karakteristik pembakaran briket limbah ampas kopi instan dan kulit kopi (studi kasus di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia). *Jurnal Teknik POMITS* 1(1): 1-6
- Lamid, M., Nugroho, T.P., Chusniati, S. dan Rochiman, K. 2011. Eksplorasi bakteri selulolitik asal cairan rumen sapi potong sebagai bahan inokulum limbah pertanian. *Jurnal Ilmiah Kedokteran Hewan* 4(1): 37-42
- Meng, L., W. Lia, S. Zhang, C. Wua, W. Jiang, and C. Sha. 2016. Effect of different extra carbon sources on nitrogen loss control and the change of bacterial populations in sewage sludge composting. *Ecological Engineering* 94(1): 238-243
- Meryandini, A., W. Widosari, B. Maranatha, T. C. Sunarti, N. Rachmania, dan H. Satria. 2009. Isolasi bakteri selulolitik dan karakterisasi enzimnya. *Makara Sains* 13(1): 33-38
- Nakhshiniev, B., C. Perera, M. K. Biddinika, H. B. Gonzales, H. Sumida, and K. Yoshikawa. 2014. Reducing ammonia volatilization during composting of organic waste through addition of hydrothermally treated lignocellulose. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 96(1): 58-62
- Nugraha, R., T Ardayanti., dan Suharjo. 2014. Eksplorasi bakteri selulolitik yang berpotensi sebagai agen *biofertilizer* dari tanah perkebunan apel Kota Batu, Jawa Timur. *Jurnal Biotropika* 2(3): 159-163
- Nur, H.S., A. Meryandini., dan Hamim. 2008. Pemanfaatan bakteri selulolitik dan xilanolitik yang potensial untuk dekomposisi jerami padi. *Jurnal Tanah Tropika* 14(1): 71-80
- Nurlia, E., S. Khotimah, dan R. Linda. 2015. Kemampuan isolat bakteri selulolitik asal tanah gambut sebagai pendegradasi limbah kulit buah jagung (*Zea mays*. L). *Protobiont* 4(2): 48-54
- Pitaloka, A. B., N. A Hidayah, A. H. Saputra, dan M. Nasikin. 2015. Pembuatan CMC dari selulosa eceng gondok dengan media reaksi campuran larutan isopropanol-isobutanol untuk mendapatkan viskositas dan kemurnian tinggi. *Jurnal Integrasi Proses* 5(2): 108 – 114
- Putro, B.P., R. A. Walidaini, G. Samudro., dan W. D. Nugraha. 2016. Peningkatan Kualitas Kompos Sampah Organik Kampus dengan Diperkaya Pupuk NPK dan Urea. Prosiding SNST ke-7. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. 17-22
- Saptiningsih, E. dan S. Haryanti. 2015. Kandungan selulosa dan lignin berbagai sumber bahan organik setelah dekomposisi pada tanah Latosol. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 23(2): 34-42
- Saputra, A., A. Barus, dan R. Sipayung S. 2013. Pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum*. L) terhadap pemberian kompos kulit kopi dan pupuk organik cair. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(1): 26-35
- Simanungkalit, R.D.M., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2012. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor
- Simanjuntak, A., R. Rosanty, dan E. Purba. 2013. Respon pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap pemberian pupuk npk dan kompos kulit buah kopi. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 1(3): 362-373
- Sonia, N. M. O dan J. Kusnadi. 2015. Isolasi dan karakterisasi parsial enzim selulase dari isolat bakteri OS-16 asal padang pasir Tengger-Bromo. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(4): 11-19
- Sriharti dan T. Salim. 2008. Pemanfaatan Limbah Pisang Untuk Pembuatan Kompos Menggunakan Komposter Rotary Drum. Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008. Bidang Teknik Kimia dan Tekstil.
- Subali B. Dan Elianawati. 2010. Pengaruh Waktu Pengomposan Terhadap Rasio Unsur C/N dan Jumlah Kadar Air dalam Kompos. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng dan DIY. 49-53
- Subowo, Y.B. 2015. Isolasi Dan Seleksi Jamur Tanah Pengurai Selulosa dari Berbagai Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 1 (3): 423-427
- Supadma, A.A. Nyoman dan D. M. Arthagama. 2008. Uji formulasi kualitas pupuk kompos yang bersumber dari sampah organik dengan penambahan limbah ternak ayam, sapi, babi dan tanaman pahitan. *Jurnal Bumi Lestari* 8 (2): 113-121.
- Suprihatin dan Erriek A. 2009. Biosorpsi logam Cu (II) dan Cr (VI) pada limbah elektroplating

- dengan menggunakan biomasa *Phanerochaete chrysosporium*. *Jurnal Teknik Kimia* 4 (1): 250-254
- Ulfa, A., S. Khotimah, dan R. Linda. 2014. Kemampuan degradasi selulosa oleh bakteri selulolitik yang diisolasi dari tanah gambut. *Jurnal Protobiont* 3(2): 259-267
- Wang, Q., S. Wang, and Y. Huang. 2008. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. *Forest Ecology and Management* 255: 1210–1218
- Widarti, B.N., W.K. Wardhini, dan E. Sarwono. 2015. Pengaruh rasio C/N bahan baku pada pembuatan kompos dari kubis dan kulit pisang. *Jurnal Integrasi Proses* 5 (2): 75 – 80
- Yuniwati, Fredy, dan Adiningsih. 2012. Optimasi kondisi proses pembuatan kompos dari sampah organik dengan cara fermentasi menggunakan EM4. *Jurnal Teknologi* 5 (2): 172-176.