

Identifikasi Bakteri dan Kapang dalam Proses Pembuatan Bioetanol Menggunakan Campuran Feses Ayam Broiler dan Tandan Kosong Kelapa Sawit

Identification of Bacteria and Mold in The Bioethanol Making Process Using A Mixture of Broiler Chicken Feces and Empty Fruit Bunches

Hadi Yusril Assidiqi¹, Eulis Tanti Marlina², Ellin Harlia³

^{1,2,3}Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang

*Korespondensi: hadiiyusril@gmail.com

Abstrak

Setiap tahunnya, limbah dari sektor peternakan dan pertanian mengalami peningkatan, salah satunya yaitu limbah feses ayam broiler dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS mengandung selulosa 32,57% , hemiselulosa 27,70%, dan lignin 26,49%. Keberadaan lignin dalam lignoselulosa menjadi hambatan, sehingga perlu adanya degradasi dengan bantuan bakteri selulolitik pada feses ayam broiler melalui tahapan dekomposisi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis terhadap bakteri dan kapang dalam pembuatan bioetanol menggunakan campuran feses ayam broiler dan TKKS. Penelitian ini menggunakan metode eksploratif, data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan 3 perlakuan dan 6 ulangan untuk setiap perlakuannya, yaitu P1 (60% feses ayam broiler : 40% TKKS), P2 (70% feses ayam broiler : 30% TKKS), dan P3 (80% feses ayam broiler : 20% TKKS) yang diamati pada hari ke-1, ke-7, dan ke-14 dalam tahapan dekomposisi. Rataan koloni tertinggi bakteri 199,83 x 10⁸ CFU/gram dan kapang 106,17 x 10⁴ CFU/gram . Kelompok *Bacillus* merupakan kelompok bakteri yang paling banyak ditemukan, dengan jumlah 11 isolat dari total 27 isolat. *Aspergillus*, *Trichoderma*, dan *Penicillium* merupakan kelompok kapang yang berperan dalam penelitian ini.

Kata Kunci: Bioetanol, Feses Ayam Broiler, Tandan Kosong Kelapa Sawit, Dekomposisi.

Abstract

Every year, waste from the livestock and agricultural sectors increases, including broiler chicken feces and empty fruit bunches (EFB). EFB contains 32.57% cellulose, 27.70% hemicellulose, and 26.49%. The presence of lignin in lignocellulose is an obstacle, so it is necessary to degrade it with the help of cellulolytic bacteria in broiler chicken feces through the decomposition stages. This research aims to identify macroscopically and microscopically the bacteria and mold in making bioethanol using a mixture of broiler chicken feces and EFB. This research used an exploratory method, the data obtained was then analyzed descriptively with 3 treatments and 6 replications for each treatment, namely P1 (60% broiler chicken feces : 40% EFB), P2 (70% broiler chicken feces : 30% EFB), and P3 (80% broiler chicken feces : 20% EFB) which were observed on days 1, 7, and 14 in the decomposition stage. The highest average colony of bacteria was 199.83 x 10⁸ CFU/gram and mold was 106.17 x 10⁴ CFU/gram. The *Bacillus* group was the most commonly found bacterial group, with 11 isolates from 27 isolates. *Aspergillus*, *Trichoderma*, and *Penicillium* are the mold groups that play a role in this research.

Keywords: Bioethanol, Broiler Chicken Feces, Empty Fruit Bunches, Decomposition.

Article Info

Received date: 15 July 2024

Revised date: 28 July 2024

Accepted date: 12 August 2024

PENDAHULUAN

Setiap tahunnya, kondisi limbah dari sektor peternakan dan pertanian mengalami peningkatan. Hal ini karena kebutuhan manusia akan hasil peternakan dan pertanian yang terus meningkat, salah satunya pada sektor ayam broiler. Peningkatan populasi ayam broiler berbanding lurus dengan limbah ayam broiler yang dihasilkan. Limbah yang dihasilkan ternak ayam broiler yaitu limbah padat berupa feses. Pembuangan limbah peternakan secara langsung tanpa melakukan pengolahan akan menyebabkan pencemaran lingkungan karena limbah peternakan yang belum diolah masih menjadi senyawa yang membutuhkan penguraian sebelum diserap oleh lingkungan, sehingga pengolahan limbah peternakan perlu dilakukan untuk meminimalisir pencemaran.

Saat ini, ketersediaan energi di Indonesia tidak sebanding dengan kebutuhan, yang menyebabkan ketidakseimbangan dalam kondisi. Menurut British Petroleum (2015), cadangan minyak bumi nasional menurun 1,2% dari tahun sebelumnya pada 2015. Peraturan Presiden RI No. 5

tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional mengatur penggunaan sumber energi baru dan terbarukan (EBT) sebagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi nasional. Peraturan ini menetapkan bahwa pada tahun 2025, EBT akan menggunakan 17 persen dari total energi nasional.

Bioetanol merupakan salah satu jenis EBT yang lebih ramah lingkungan dan dapat digunakan sebagai pengganti minyak bumi. Berbeda dengan minyak bumi, etanol menghasilkan lebih banyak uap dan gas CO₂ dalam reaksinya. Dengan emisi karbon etanol yang rendah, etanol merupakan alternatif untuk menggantikan minyak bumi yang merupakan sumber utama gas rumah kaca. Selain itu, bioetanol belum dapat bersaing dengan energi berbasis bahan bakar fosil karena penggunaan bioetanol sebagai sumber EBT belum optimal dari segi ekonomi. Biaya yang relatif tinggi terkait dengan alat, bahan, dan proses produksi bioetanol merupakan salah satu faktor utama yang membuatnya mahal.

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan sumber limbah pertanian yang sangat berlimpah dan termasuk kedalam limbah padat dari industri minyak sawit. Selain itu, TKKS mengandung selulosa 32,57%, hemiselulosa 27,70%, dan lignin 26,49% (Hanif *et al.*, 2019). Berdasarkan pernyataan tersebut, TKKS dapat dijadikan sebagai salah satu bahan baku dalam proses bioetanol. Penelitian pemanfaatan TKKS menjadi bioetanol Generasi II perlu terus dikembangkan agar dapat mendukung ketersediaan EBT. Berbagai penelitian terkait bioetanol telah dilakukan lebih dari 10 tahun terakhir. Hasil penelitian sebelumnya, tahapan pembuatan bioetanol dapat dilakukan melalui tiga tahapan yaitu *pretreatment*, dekomposisi dan fermentasi.

Keterkaitan bakteri dan kapang pada proses pembuatan bioetanol dengan tandan kosong kelapa sawit, yaitu mampu mendegradasi polimer selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Umumnya fungi memiliki kemampuan yang lebih baik dibanding bakteri dalam mengurai sisa-sisa tanaman (hemiselulosa, selulosa, dan lignin). Keberadaan lignin dalam lignoselulosa menjadi hambatan dalam proses penggunaan dan degradasi lignoselulosa sebagai bahan baku untuk produksi bioetanol. Proses *pretreatment* secara fisik dan kimia diperlukan untuk memecah serta mengurangi kandungan lignin agar memudahkan akses enzim ke komponen selulolitik dan hemiselulolitik. Selanjutnya tahapan hidrolisis secara dekomposisi dengan mencampurkan TKKS dan feses ayam broiler guna menghasilkan glukosa dari hasil degradasi selulosa dan hemiselulosa. Tahapan terakhir dengan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk mengubah glukosa yang dihasilkan menjadi bioetanol. Pada setiap tahap tersebut melibatkan banyak bakteri dan kapang agar dapat berhasil serta menghasilkan berbagai keadaan suhu dan pH ideal pada setiap perlakuan dalam proses pembuatan bioetanol.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksploratif dan data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan 3 perlakuan dan 6 ulangan untuk setiap perlakuannya. Perlakuan dilakukan dengan berbagai perbandingan antara feses ayam broiler dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai berikut:

1. P1 = 60% feses ayam broiler + 40% TKKS
2. P2 = 70% feses ayam broiler + 30% TKKS
3. P3 = 80% feses ayam broiler + 20% TKKS

Hasil data yang diperoleh selanjutnya dihitung dengan rumus:

a. Rata-rata

Rata-rata adalah data yang dihitung dari data kuantitatif dengan membagi jumlah data oleh banyaknya data.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Keterangan:

- $\bar{x}$ = Rata-rata sampel
- x_i = Nilai data ke-i ($i = 1, 2, \dots, n$)
- $\sum x_i$ = Jumlah nilai data ke-i ($i = 1, 2, \dots, n$)
- n = Jumlah data

b. Simpangan Baku

Simpangan baku adalah akar dari ragam. Ragam merupakan jumlah kuadrat semua deviasi nilai-nilai individu terhadap rata-rata data.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Keterangan:

- s = Simpangan baku
- x_i = Nilai data ke-i ($i = 1, 2, \dots, n$)
- $\bar{x}$ = Rata-rata sampel
- n = Jumlah data

c. Koefisien Variasi

Koefisien variasi merupakan ukuran yang digunakan untuk mengetahui besarnya variasi nilai dari variabel hasil perhitungan jumlah data menggunakan rumus:

$$KV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan:

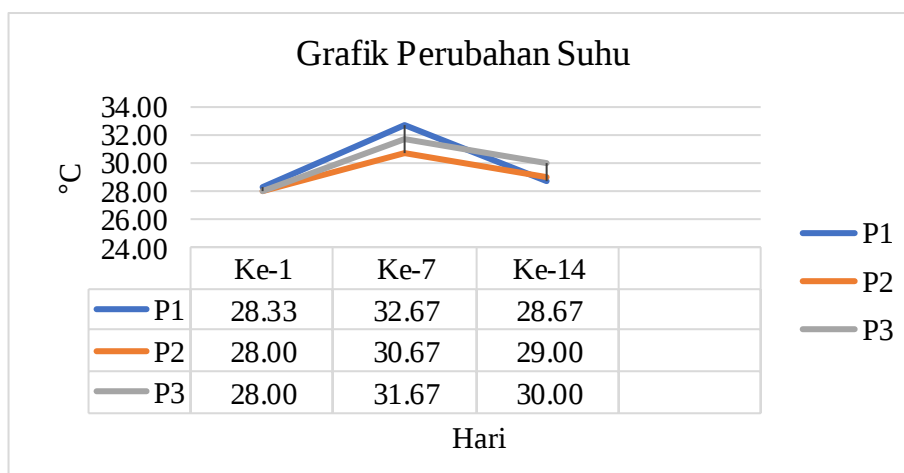
- KV = Koefisien variasi
- S = Simpangan baku
- $\bar{x}$ = Rata-rata sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Suhu

Suhu dan pH merupakan salah satu faktor penting dalam mempengaruhi dan pertumbuhan mikroorganisme. Setiap mikroorganisme seperti bakteri memiliki suhu optimal dimana mereka dapat tumbuh sangat cepat dan memiliki rentang suhu dimana mereka dapat tumbuh.

Suhu pada tahap dekomposisi dapat diketahui dengan menggunakan termometer yang diatur pada satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$), pengecekan suhu ini dilakukan selama 14 hari dan akan diambil datanya pada hari ke-1, ke-7, dan ke-14 dari masing-masing perlakuan pada setiap ulangan. Pengecekan dilakukan dengan cara menancapkan batang termometer pada substrat hasil dekomposisi. Berdasarkan hasil penelitian, suhu pada tahap dekomposisi dapat dilihat pada Gambar 1.



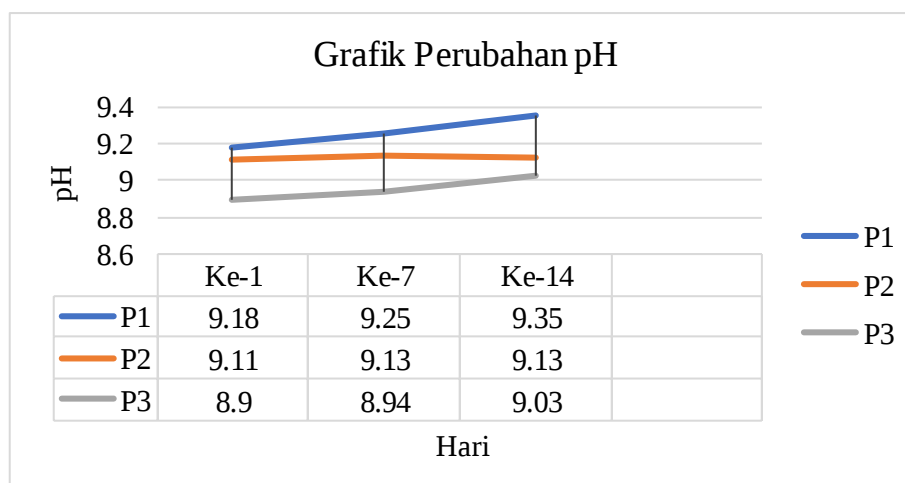
Gambar 1. Grafik Perubahan Suhu

Pada Gambar 1 terlihat bahwa suhu substrat hasil dekomposisi pada hari ke-1 tidak berbeda jauh untuk masing-masing perlakuan dengan rentang 27-29°C dan rata-rata sebesar 28,11°C, namun terjadi peningkatan suhu secara bertahap pada hari ke-7. Suhu pada semua perlakuan mengalami peningkatan pada hari ke-7 dibandingkan dengan hari ke-1, hal ini menunjukkan bahwa proses dekomposisi feses ayam broiler dengan campuran tandan kosong kelapa sawit sedang berlangsung, kemudian pada hari ke-14 terjadi penurunan suhu pada hampir seluruh perlakuan. Kenaikan suhu ini kemungkinan disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi dan mengalami penurunan ketika substrat hasil dekomposisi telah matang.

Gambar 1 menunjukkan bahwa suhu pada perlakuan P1 memiliki suhu rata-rata tertinggi pada semua hari pengamatan, sedangkan perlakuan P2 memiliki suhu rata-rata terendah pada semua hari pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan perbandingan 60% feses ayam broiler + 40% TKKS menghasilkan dekomposisi yang lebih aktif dibandingkan 80% feses ayam broiler + 20% TKKS dan 70% feses ayam broiler + 30% TKKS. Kemudian berdasarkan data yang didapat menunjukkan bahwa fase mesofilik dengan suhu optimum yang berkisar 20°C-40°C merupakan fase yang paling banyak terdapat bakteri selulolitik atau dapat digolongkan ke dalam bakteri mesofilik. Selain bakteri, umumnya kapang dapat tumbuh pada fase mesofilik juga, namun beberapa kapang dapat tumbuh optimum pada suhu 35-37°C, contohnya *Aspergillus sp.* dan beberapa pada suhu lebih tinggi.

Faktor pH

pH pada tahap dekomposisi dapat diketahui dengan menggunakan pH-meter dan akan diambil datanya pada hari ke-1, ke-7, dan ke-14 dari masing-masing perlakuan pada setiap ulangan. Pengecekan dilakukan dengan cara melarutkan 5 gram sampel dengan aquades kemudian dimasukkan pH-meter kedalam larutan tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, pH pada tahap dekomposisi dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Grafik Perubahan pH

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pH substrat hasil dekomposisi pada hari ke-1 dan ke-7 mengalami peningkatan yang menunjukkan bahwa proses dekomposisi sedang berlangsung, kemudian pada hari ke-14 terjadi fluktuasi pH pada hampir seluruh perlakuan. Pada awal proses dekomposisi mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi kemudian menghasilkan asam asetat dan asam laktat, yang menurunkan pH pada awal proses. Namun, seiring waktu, mikroorganisme tersebut juga menghasilkan amonia, yang menaikkan pH karena sifatnya yang basa.

Dari penelitian ini diperoleh rata-rata pH yaitu 9,11 yang dimana merupakan bakteri alkalifilik (Suarjana *et al.*, 2017) dan lebih basa jika dibandingkan dengan penelitian oleh Anindita (2012) yang menyebutkan bahwa rentang optimum pH untuk bakteri adalah 6-7,5, sedangkan untuk kapang berkisar antara 5,5-8 dan untuk pH pada kotoran ternak optimum pada pH 6,8-7,4.

Populasi Bakteri Total dan Kapang

Jumlah populasi bakteri total dan kapang dapat diketahui dengan pengamatan secara makroskopis melalui metode *Total Plate Count*. Jumlah bakteri total yang berada pada kisaran 25-250 koloni dan kapang yang berada pada kisaran 10-110 koloni kemudian dikalikan dengan tingkat

pengenceran. Jumlah koloni bakteri selulolitik dari campuran feses ayam broiler dengan campuran tandan kosong kelapa sawit setelah diinkubasi dengan suhu 37°C selama 24 jam disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Koloni Bakteri

Hari Ke-1			
CFU/gram ... x 10 ⁹	Perlakuan		
	P1	P2	P3
U1	69,5	89,5	106
U2	101	38	89,5
U3	19,5	28	102
Rata-rata	63,33	51,83	99,17
SD	41,10	33,00	8,61
KV	64,89%	63,67%	8,68%
Hari Ke-7			
CFU/gram ... x 10 ⁹	Perlakuan		
	P1	P2	P3
U1	166	81,5	222,5
U2	43,5	62	109
U3	52	84,5	89,5
Rata-rata	87,17	76,00	140,33
SD	68,40	12,22	71,82
KV	78,47%	16,07%	51,18%
Hari Ke-14			
CFU/gram ... x 10 ⁹	Perlakuan		
	P1	P2	P3
U1	220	50,5	191
U2	110,5	207,5	223,5
U3	206	88	185
Rata-rata	178,83	115,33	199,83
SD	59,59	81,99	20,71
KV	33,32%	71,09%	10,37%

Keterangan:

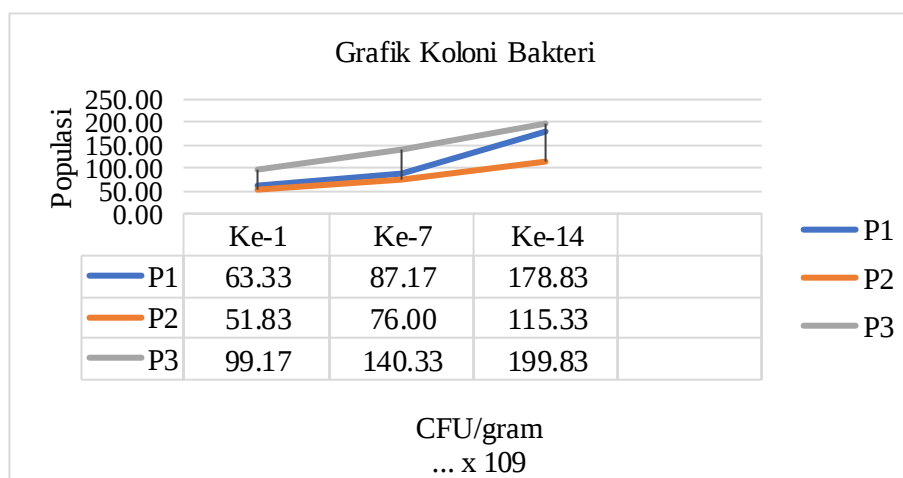
P1 = Perbandingan 60% Feses Ayam Broiler : 40% TKKS

P2 = Perbandingan 70% Feses Ayam Broiler : 30% TKKS

P3 = Perbandingan 80% Feses Ayam Broiler : 20% TKKS

KV = Koefisien Variasi

SD = Standar Deviasi



Gambar 3. Grafik Koloni Bakteri

Tabel 1 dan Gambar 3 menunjukkan populasi koloni bakteri pada hari ke-1, ke-7, dan ke-14 dimana didapatkan nilai rata-rata dari setiap harinya yang menunjukkan peningkatan, mulai hari ke-1 sampai hari ke-14. Hal ini bisa disebabkan oleh pertumbuhan bakteri setelah fase lag masih berada pada fase log ataupun fase stasioner dimana masih terjadi proses pertumbuhan dan belum menuju ke fase kematian. Pertumbuhan sel mikroba dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya suhu dan pH. Putra (2020) menyatakan apabila suhu naik maka kecepatan metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat, sebaliknya apabila suhu turun maka kecepatan metabolisme akan menurun dan pertumbuhan diperlambat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dimana bakteri berada pada rentang optimum untuk fase mesofilik dan termasuk kedalam kelompok alkalifilik dimana bakteri tumbuh baik pada pH 8,5-9 (Suarjana *et al.*, 2017).

Jumlah koloni kapang selulolitik dari campuran feses ayam broiler dengan campuran tandan kosong kelapa sawit setelah diinkubasi dengan suhu 37°C selama 5 hari disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Koloni Kapang

Hari Ke-1			
CFU/gram ... x 10 ⁴	Perlakuan		
	P1	P2	P3
U1	20,5	16,5	20,5
U2	46	20	72
U3	103	13	20,5
Rata-rata	56,50	16,50	37,67
SD	42,24	3,50	29,73
KV	74,76%	21,21%	78,94%
Hari Ke-7			
CFU/gram ... x 10 ⁴	Perlakuan		
	P1	P2	P3
U1	24,5	227,5	73
U2	15	21	47
U3	84	70	27,5
Rata-rata	41,17	106,17	49,17
SD	37,40	107,90	22,83
KV	90,84%	101,63%	46,43%
Hari Ke-14			
CFU/gram ... x 10 ⁴	Perlakuan		
	P1	P2	P3
U1	18	25	22,5
U2	105	31	95,5
U3	94,5	147,5	171,5
Rata-rata	72,50	67,83	96,50
SD	47,49	69,06	74,51
KV	65,50%	101,81%	77,21%

Keterangan:

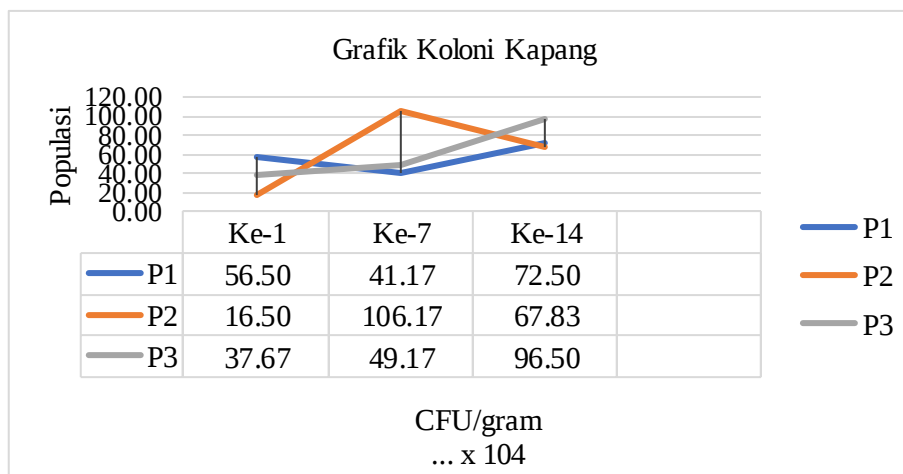
P1 = Perbandingan 60% Feses Ayam Broiler : 40% TKKS

P2 = Perbandingan 70% Feses Ayam Broiler : 30% TKKS

P3 = Perbandingan 80% Feses Ayam Broiler : 20% TKKS

KV = Koefisien Variasi

SD = Standar Deviasi



Gambar 4. Grafik Koloni Kapang

Tabel 2 dan Grafik 4 menunjukkan populasi koloni kapang pada hari ke-1, ke-7, dan ke-14 dimana didapatkan fluktuasi nilai rata-rata dari setiap harinya. Pada P2 hari ke-1 terjadi peningkatan menuju hari ke-7, namun menurun menuju hari ke-14. Hal ini bisa disebabkan oleh pertumbuhan bakteri setelah fase lag kemudian fase log dan fase stasioner serta menuju ke fase kematian. Pada P1, nilai rata-rata pertumbuhan baru terlihat peningkatan di hari ke-7 menuju hari ke-14. Berbeda halnya dengan P3 dimana peningkatan nilai rata-rata pertumbuhan terjadi dari hari ke-1 sampai hari ke-14 dan belum menunjukkan penurunan, masih berada pada fase log ataupun fase stasioner dimana masih terjadi proses pertumbuhan dan belum menuju ke fase kematian. Pertumbuhan sel mikroba dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya suhu dan pH. Sama halnya dengan bakteri yang termasuk mikroorganisme, sehingga kapang memiliki rentang suhu yang sama namun memiliki perbedaan pada rentang optimum pH dimana sebagian besar kapang dapat tumbuh pada kisaran pH yang lebar yaitu 2-8,5 dan senang pada pH asam.

Morfologi dan Karakteristik Bakteri

Morfologi bakteri dapat diketahui dengan pengamatan secara makroskopis yaitu melihat koloni bakteri yang muncul pada media *nutrient agar* (NA), kemudian pengamatan secara mikroskopis melalui metode pewarnaan Gram. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil morfologi bakteri secara makroskopis dan mikroskopis yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Bakteri

Kode Isolat	Makroskopis						Mikroskopis		
	Penampan	Bentuk	Margin	Elevasi	Ukuran	Warna	Penampan	Bentuk	Gram
P1U1-H7		Irreguler	Undulate; Lobate	Raised; Umbonate	Moderate; Small	White		Coccobacillus	+
P3U2-H14		Circular	Entire	Umbonate	Moderate	White		Bacillus	+
P2U3-H7		Irreguler	Undulate	Umbonate	Small	White		Diplococcus	-

Dari hasil penelitian ditemukan bahwa genus *bacillus* merupakan salah satu kelompok yang paling banyak ditemukan dengan jumlah 11 isolat dari total 27 isolat, sehingga kelompok *bacillus* memiliki potensi selulolitik yang baik. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Khianngam *et al.* (2014) yang juga menemukan bahwa genus *bacillus* merupakan genus yang paling banyak diantara isolat bakteri lain serta menunjukkan potensi selulolitiknya.

Morfologi dan Karakteristik Kapang

Morfologi dan karakteristik kapang dapat diketahui dengan pengamatan secara makroskopis yaitu melihat koloni bakteri yang muncul pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA), kemudian pengamatan secara mikroskopis melalui metode *slide culture*. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil morfologi dan karakteristik kapang secara makroskopis serta mikroskopis yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Kapang

Kode Isolat	Makroskopis			Mikroskopis			
	Penampakan	Bentuk	Warna	Penampakan	Jenis Hifa	Bentuk Kepala Spora	Spora Aseksual
P1U1-H1		Bulat; Kapas	Putih keabuan		Aseptat	Bulat	Sporangiospora
P2U2-H7		Bulat; Beludru	Putih kehijauan sedikit hitam; Hitam dengan tepian putih		Septat	Lonjong	Konidiospora
P3U3-H7		Bulat; Beludru	Putih keabuan; Putih kekuningan; Kuning keabuan; Abu kehitaman		Septat	Lonjong	Konidiospora

Dari hasil penelitian ditemukan bahwa genus *aspergillus* dengan spesies *Aspergillus niger* merupakan salah satu spesies yang paling banyak ditemukan dengan jumlah 16 isolat dari total 27 isolat, sehingga genus *aspergillus* memiliki potensi selulolitik yang baik. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Harjo *et al.* (1989) yang menyatakan bahwa *Aspergillus niger* dikenal sebagai salah satu jenis mikroorganisme yang berkemampuan baik dalam menghasilkan enzim selulase dan amiloglukosidase. Selain itu, Moor & Landecker (1982) juga menyatakan bahwa enzim yang dihasilkan oleh *Aspergillus niger* tergolong enzim ekstraseluler yang berfungsi untuk memecah molekul-molekul yang kompleks menjadi molekul yang sederhana.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: 1) Berdasarkan metode TPC populasi bakteri dan kapang pada campuran feses ayam broiler dan tandan kosong kelapa sawit diperoleh jumlah rata-rata koloni tertinggi bakteri, yaitu pada P3 hari ke-14 dengan jumlah $199,83 \times 10^8$ CFU/gram, sedangkan kapang pada P2 hari ke-7 dengan jumlah $106,17 \times 10^4$ CFU/gram. 2) Berdasarkan pengamatan secara makroskopis bakteri didapatkan koloni bentuk *irregular* dan *circular*; margin *undulate*, *lobate*, dan *entire*; elevasi *raised* dan *umbonate*; ukuran *moderate* dan *small*; warna *white*. Pengamatan secara mikroskopis bentuk *coccobacillus* (+), *bacillus* (+), dan *diplococcus* (-). Didominasi dan sesuai dengan ciri genus *bacillus*. 3) Berdasarkan pengamatan secara makroskopis kapang didapatkan koloni bentuk bulat dengan tekstur kapas dan beludru; warna putih keabuan, putih kehijauan sedikit hitam, hitam dengan tepian putih, putih kekuningan, kuning keabuan, dan abu kehitaman. Pengamatan secara mikroskopis jenis hifa septat dan aseptat; bentuk kepala spora bulat dan lonjong; spora aseksual sporangiospora dan konidiospora. Didominasi dan sesuai dengan ciri genus *Aspergillus*. Perlakuan P3 dengan campuran 80% feses ayam broiler dan 20% TKKS menghasilkan populasi tertinggi dengan sebaran data heterogen pada bakteri

dan kapang, sehingga dapat menjadi acuan dalam penelitian lebih lanjut mengenai efektifitas bakteri dan kapang selulolitik yang terkandung dalam feses ayam broiler sebagai campuran tandan kosong kelapa sawit dalam proses pembuatan bioetanol generasi ke-2 ini.

REFERENSI

- Anindita, F. (2012). *Pengomposan dengan Menggunakan Metode In Vessel System Untuk Sampah UPS Kota Depok (Skripsi)*. Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia.
- British Petroleum. (2015). *Statistical Review of World Energy June*. British: BP Stat.Rev. World Energy.
- Presiden RI (Republik Indonesia). (2006). *Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional*. Jakarta, Indonesia.
- Hanif, H., Panji, T., Dimawarnita, F., Artika, I, M. (2019). Pemurnian Alfa-selulosa dari Baglog Bekas Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Menggunakan NaOH dan Hidrolisis Sulfat (Purification of Alpha-cellulose from Ex-Baglog of White Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Using NaOH and Sulfate Hydrolysis). *Menara Perkebunan*, 87(1).
- Harjo, M., Suharto, A., & Sukardjo, S. (1989). Produksi dan Karakterisasi Enzim Amiloglukosidase dari *Aspergillus Niger*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 7(2), 97-105.
- Moor, J., & Landecker, H. (1982). *Fundamentals of Microbiology*. Prentice-Hall, Inc.
- Putra, D., Henny, A. D., Montolalu, R. I., Makapedua, D. M., Onibala, H., Sumilat, D. A., & Luasunaung, A. (2020). Efek Suhu dan Waktu Simpan terhadap Kualitas Bagian Tengah Tuna Sirip Kuning Segar (*Thunnus albacares*). *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 8(3), 100-106.
- Suarjana, I. G. K. et al. (2017). *Isolasi dan Identifikasi Bakteri*. Modul. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Udayana, Bali.
- Khianngam, S., Pootaeng-on, Y., Techakriengkrai, T., & Tanasupawat, S. (2014). *Screening and Identification of Cellulase Producing Bacteria Isolated*