

**TESIS**

**PENGOLAHAN LIMBAH KULIT BUAH KAKAO DENGAN  
MEMANFAATKAN ISOLAT BAKTERI DARI CAIRAN PULP  
KAKAO SEBAGAI BIOAKTIVATOR DALAM  
PENGOMPOSAN**

**NURHIDAYAH**

**P0302216001**



**Dosen Pembimbing:**

**Prof. Dr. Drh. Lucia Ratna Winata, M.Sc**

**Dr. Fahrudin, S.Si., M.Si**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2018**



**PENGOLAHAN LIMBAH KULIT BUAH KAKAO DENGAN  
MEMANFAATKAN ISOLAT BAKTERI DARI CAIRAN PULP  
KAKAO SEBAGAI BIOAKTIVATOR DALAM PENGOMPOSAN**

Disusun dan diajukan oleh

**NURHIDAYAH**

**Nomor Pokok P0302216001**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
pada tanggal 13 Desember 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Menyetujui**

**Komisi Penasehat,**

Prof. Dr. Drh. Lucia Ratna Winata, M.Sc  
Ketua

Dr. Fahrudin, S.Si., M.Si  
Anggota

Ketua Program Studi  
Pengelolaan Lingkungan Hidup

Dr. Ir. Eymal Bahsar Demmallino, M.Si

Dekan Sekolah Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nurhidayah  
Nim : P0302216001  
Program Studi : Pengelolaan Lingkungan Hidup

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagaimana atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Desember 2018

Yang menyatakan

  
  
Nurhidayah



## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum warrahmatullah wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Pengolahan Limbah Kulit Buah Kakao dengan Memanfaatkan Isolat Bakteri dari Cairan Pulp Kakao Sebagai Bioaktivator dalam Pengomposan ”**. Tesis ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Pengelolaan Lingkungan Hidup pada sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis telah berusaha sebaik mungkin dalam penulisan tesis ini. Namun, penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi tata bahasa, isi maupun sistematik penulisan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis senantiasa menerima segala kritikan dan saran dari pembaca demi kesempurnaan tesis ini.

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terimah kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada kedua orang tua. Ayahanda Ibrahim Thalib dan Ibunda Siti Hawasah, serta Kakakanda tercinta Nashaturrehmah, Ma'ruf, Ijma, Ahyar dan Afalaha atas segala kasih sayang, pengorbanan, nasehatnya, motivasi dan dorongan yang

pentingnya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi hingga di kuliah. Terima kasih pula terhadap berbagai pihak yang telah membantu penulisan tesis ini.



Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tinggi sampaikan kepada:

1. Ibu Prof. Dr. drh. Lucia Ratna Winata, M.Sc dan Bapak Dr. Fahrudin, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, arahan, dan ide selama persiapan penelitian hingga penyelesaian tesis ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Kahar Mustari, M.S, Bapak Prof. Dr. Ir. Laode Asrul, MP dan Bapak Dr. Ir. Anwar Umar, MS selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan pikirannya atas semua saran dan kritikan serta pengarahan demi penyempurnaan tesis ini.
3. Bapak dan Ibu dosen program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan yang begitu berharga kepada penulis selama menempuh masa perkuliahan sampai penulis merampungkan tesis ini.
4. Staf Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Hewan, Staf Laboratorium Kimia Pakan Fakultas Peternakan, dan Staf Laboratorium Kimia tanah Universitas Hasanuddin, serta Staf laboratorium Teknik Kimia Politeknik Ujung Pandang atas kerja sama dan kemudahan yang diberikan dalam memperoleh data selama penulis melakukan penelitian.
5. Saudara (i) PLH 2016 “Pengelolaan Lingkungan Hidup” Sekolah

dasarjana Universitas Hasanuddin atas dukungan, dan semangat,  
sangatlah banyak terima kasih sayang yang terjalin selama ini.



Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dan partisipasi dalam penyelesaian tesis ini semoga segala bantuan yang diberikan penulis baik berupa moril maupun materi semoga mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.

Akhir kata semoga tesis yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi perkembangan dan kemajuan IPTEK dimasa-masa akan datang dan kepada semua yang berkenan membacanya. Semoga Allah SWT meridhoi kita semua, Amin ya Rabbal Aalamin.

Atas perhatiannya, penulis ucapakan Terima Kasih.

Makassar, Desember 2018

penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
ABSTRAK .....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Manfaat Penelitian .....	6
E. Batasan Penelitian .....	7
F. Definisi dan Istilah .....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
A. Tanaman Kakao .....	9
B. Kulit Buah Kakao .....	12
C. Limbah .....	16
D. Cairan Pulp ( <i>Watery Sweating</i> ) Kakao.....	19
E. Bioaktivator .....	22



F. Pengomposan.....	32
G. Kerangka Konseptual .....	39
H. Hipotesis .....	43
BABIII METODELOGI PENELITIAN .....	44
A. Rancangan Penelitian .....	44
B. Waktu dan Tempat Penelitian .....	44
C. Populasi dan Sampel .....	44
D. Alat dan Bahan Penelitian.....	45
E. Metode Kerja.....	46
F. Analisis Data .....	60
G. Diagram Alir Penelitian.....	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	62
A. Karakterisasi Bakteri .....	62
B. Hasil pewarnaan Gram .....	63
C. Parameter Pengomposan .....	76
BAB V PENUTUP .....	98
A. Kesimpulan .....	101
B. Saran .....	102
DAFTAR PUSTAKA .....	
LAMPIRA .....	



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komponen bahan kimia kulit buah kakao .....	15
Tabel 2. Komposisi <i>Pulp</i> (% berat segar).....	20
Tabel 3. Bakteri yang menguntungkan ( EM4 ).....	25
Tabel 4. Morfologi koloni bakteri yang diisolasi dari cairan <i>pulp</i> kakao.....	63
Tabel 5. Hasil pengamatan pewarnaan Gram .....	64
Tabel 6. Hasil uji biokimia .....	66
Tabel 7. Hasil uji morfologi, pewarnaan gram dan uji biokimia isolat bakteri .....	73
Tabel 8. Perbandingan hasil penelitian dengan SNI 19-7030-2004.....	76
Tabel 9. Hasil pengamatan suhu kompos.....	113
Tabel 10. Hasil pengamatan pH kompos .....	113
Tabel 11. Kadar Lignin Dekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao .....	114
Tabel 12. Kadar Selulosa Dekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao .....	114
Tabel 13. Hasil Pengamatan Kadar Air Kompos.....	114
Tabel 14. Laju Dekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao .....	115
Tabel 15. Kadar C-Organik Dekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao .....	115
Tabel 16. Kadar N-total Dekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao .....	115
Tabel 17. Kadar Kalium Dekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao.....	116
Tabel 18. Kadar Fosfor Dekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao.....	116
Tabel 19. Rasio C : N Dekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao .....	116



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kematangan buah kakao berdasarkan umur dan ukuran .....	12
Gambar 2. Penampang melintang buah kakao.....	13
Gambar 3. Morfologi Sel <i>Lactobacillus plantarum</i> .....	26
Gambar 4. Fase selama proses pengomposan sebagaimana berhubungandengan CO <sub>2</sub> dan suhu.....	37
Gambar 5. Kerangka Konseptual Penelitian .....	43
Gambar 6. Morfologi Koloni Isolat bakteri dari cairan <i>pulp</i> kakao .....	62
Gambar 7. Pewarnaan gram bakteri menunjukkan gram positif .....	64
Gambar 8. Pengujian pada medium SIM menunjukkan nonmotil .....	65
Gambar 9. Pengujian katalase menghasilkan negatif gelembung .....	67
Gambar 10. Pengujian pada medium TSIA memfermentasi glukosa .....	68
Gambar 11. Pengujian pada medium Simons Sitrat menunjukkan negatif.....	70
Gambar 12. Uji Urea menunjukkan negatif .....	71
Gambar 13. Pengujian memfermentasi glukosa .....	72
Gambar 14. Perubahan suhu selama proses dekomposisi limbah kulit buah kakao.....	78
Gambar 15. Perubahan pH selama proses dekomposisi limbah kulit buah kakao .....	81
Gambar 16. Perubahan kadar air selama proses dekomposisi limbah kulit buah kakao.....	83
17. Laju dekomposisi limbah kulit buah kakao .....	85



Gambar 18. Kandungan lignin selama proses dekomposisi limbah kulit buah kakao.....	87
Gambar 19. Kandungan selulosa selama proses dekomposisi limbah ...	90
Gambar 20. Perubahan rasio C/N selama proses dekomposisi limbah kulit buah kakao.....	93
Gambar 21. Perubahan kadar C-Organik selama proses demposisi limbah kulit buah kakao .....	95
Gambar 22. Perubahan kadar N-Total selama proses dekomposisi limbah kulit buah kakao .....	96
Gambar 23. Perubahan kadar fosfor ( $P_2O_5$ ) selama proses dekomposisi limbah kulit buah kakao .....	97
Gambar 24. Perubahan kadar K-Organik selama proses dekomposisi limbah kulit buah kakao .....	99



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Pengamatan Suhu dan pH.....	114
Lampiran 2. Hasil Kadar Lignin, Kadar Selulosa, Kadar Air, dan Laju Dekomposisi .....	115
Lampiran 3. Kandungan Hara Kompos dan Rasio C : N .....	116
Lampiran 4. Aplikasi Bakteri dalam Proses Pengomposan.....	117
Lampiran 5. Hasil Uji Statistik .....	123



## ABSTRAK

**Nurhidayah.** Pengolahan limbah kulit buah kakao dengan memanfaatkan isolat bakteri dari cairan pulp kakao sebagai bioaktivator dalam pengomposan (Dibimbing oleh Lucia Ratna Winata and Fahrudin).

Penelitian ini bertujuan untuk (1) Memperoleh isolate bakteri dari cairan pulp kakao sebagai bioaktivator pengomposan, (2) Mengetahui penurunan kadar lignin dan selulosa pada pengomposan, (3) Mengetahui laju penguraian limbah kulit buah kakao oleh isolat bakteri dari cairan pulp kakao sebagai bioaktivator dalam pengomposan, serta (4) Mengetahui rasio C/N dari hasil pengomposan limbah kulit buah kakao.

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pengambilan sampel dilakukan secara acak. Data dianalisis dengan metode analysis of variance (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Tuckey (HSD).

Hasil penelitian menunjukkan adanya dua jenis isolat bakteri, yaitu isolat A adalah *Lactobacillus plantarum* dan isolat B adalah *Lactobacillus acidophilus*. Penambahan bioaktivator dapat mempercepat laju dekomposisi pengomposan dan yang paling efektif adalah isolat A Mc Farland 1,5 (P3) sebesar 15,16 g/hari, isolat B Mc Farland 1 (P5) sebesar 15,56 g/hari dan isolat A 1,5 ditambah isolat B 1 (P7) sebesar 16,63 g/hari. Kedua jenis isolate bakteri mampu menurunkan kadar lignin dan selulosa, dan yang paling efektif adalah A 1,5 ditambah isolat B 1 dengan nilai lignin akhir sebesar 29,91% dan selulosa sebesar 9,15%, sedangkan unsur hara yang terkandung, yaitu pada P3 nilai N-total (1,30%), P tersedia (0,52%), dan K<sub>2</sub>O (1,70%), kemudian P5 dengan nilai N-total (1,33%), P tersedia (0,53%), dan K<sub>2</sub>O (1,73%), serta P7 dengan nilai N-total (1,36%), P tersedia (0,53%), dan K<sub>2</sub>O (1,75%), dan rasio C/N memenuhi SNI 20004 pada semua perlakuan yang berkisar antara 15-20.

Kata kunci: Limbah kulit buah kakao, bioaktivator, laju pengomposan, lignin, selulosa, rasio C/N.



## ABSTRAK

**Nurhidayah.** *Processing of cacao waste using bacterial isolate from cacao pulp liquit as an bioaktivator in composting (Supervised by Lucia Ratna Winata and Fahrudin).*

*This research aims (1) to obtain bacterial isolates from the liquit cacao pulp as bioaktivator, (2) to determine the decrease in sugar levels of lignin and cellulose in the post, (3) to determine the decomposition rate of cocoa peel waste by bacterial isolates from liquit cacao pulp as bioaktivator in composting, and (4) to finf out the ratio of C/N from composting results.*

*This research was conducted in Tamalanrea District, Makassar city. The method used in this research, that the sample was done randomly. The were analyzed by analysis of variance (ANOVA) method and continued with the Tuckey (HSD).*

*The results of the study obtain two types of bacteria isolate, that are *Lactobacillus plantarum* as isolate A, and *Lactobacillus acidophilus* as isolate B. The addition of bioaktivator can accelerate the decomposition rate of composting, the most effective is A (*Lactobacillus plantarum*) Mc Farland 1,5 isolate that is 15,16 g/day, B isolate (*Lactobacillus acidophilus*) Mc Farland 1 is 15,56 g/day, and A Mc Farland isolate plus B1 isolate are 16,63 g/day. Both types of bacterial isolate are able to reduce levels of lignin and cellulose, and the most effective is isolate A 1,5 plus isolate B1 with the nutrientscontained, namely at P3 N-total value (1,30%), P available (0,52%), and K2O (1,70%), then P5 with N-total value (1,33%), P available (0,53%), and K2O (1,73%), and P7 with total N-values (1,36%), P available (0,53%), and K2O (1,75%), and the C/N ratio meets SNI 2004in all treatments ranging from 15-20.*

**Keywords :** *Cacao fruit leather waste, bio-aktivator, the rate of composting, lignin, cellulose, C/N ratio.*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas andalan perkebunan nasional Indonesia yang cukup potensial sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan dan devisa negara, karena kakao dapat memenuhi kebutuhan beberapa industri, seperti industri makanan dan minuman, farmasi dan kosmetik, serta meningkatkan ekspor non migas (Sriwati *et al.*, 2013).

Produksi kakao dunia menyebutkan bahwa Indonesia menempati urutan ketiga setelah Pantai Gading (*Cote d'Ivoire*) dan Ghana. Urutan nomor tiga yang diraih Indonesia ini memiliki proporsi biji basah dan limbah kakao sebesar 26 % :74 % dari luas areal kakao 992.448 ha, produksi 560.880 ton, bobot buah kakao yang dipanen per ha akan diperoleh 2178 kg biji basah dan 6200 kg kulit buah (Muslim *et al.*, 2012).

Buah kakao terdiri atas tiga komponen utama, yaitu biji kakao yang merupakan hasil utama tanaman kakao, plasenta yang membungkus biji kakao, dan kulit buah adalah jenis limbah dengan komponen terbesar dari tanaman kakao. Limbah kulit buah kakao berpotensi sebagai penyebab pencemaran lingkungan, karena merupakan hasil sampingan dengan

...en yang lebih dari 70% (Putih, 2007).



Limbah kulit buah kakao merupakan bagian dari produk hasil pertanian yang pengelolannya perlu mendapat perhatian, karena dapat menjadi sumber bencana bagi manusia. Jika tidak dikelola dengan baik maka limbah pertanian sering menjadi tempat bersarang/berkembangbiak hama dan penyakit terutama jamur *Phytophthora*, terjadinya pencemaran (polusi) udara berupa gas Metan (CH<sub>4</sub>), CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O yang dihasilkan dari tumpukan limbah kulit buah kakao (Sriwati *et al.*, 2013).

Kulit buah kakao sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal oleh petani meskipun telah dilakukan penelitian yang digunakan dalam bidang farmasi atau kesehatan sebagai penghambat pertumbuhan bakteri pathogen (Wendakoon *et al.*, 2012).

Selain itu kulit buah kakao juga dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, namun efektivitas pemanfaatan kulit buah kakao dibatasi oleh komposisi nutrisi yang kurang baik, terutama kandungan protein yang rendah dan komponen lignin dan selulosa yang tinggi, sehingga tidak efektif pada pencernaan ternak (Alemawor *et al.*, 2009).

Pemanfaatan kulit buah kakao sebagai kompos dilakukan dengan menambahkan fungi Spesies *Trichoderma* dengan hasil analisis kompos menunjukkan bahwa kandungan C/N telah sesuai dengan standar kematangan kompos sehingga dinilai cukup layak untuk diaplikasikan pada tanaman, namun penelitian tersebut tidak berpengaruh terhadap

dan bau pada kompos (Sriwati *et al.*, 2013).



Bioteknologi untuk menangani limbah kulit buah kakao menjadi kompos berpotensi untuk dikembangkan, karena hal ini merupakan salah satu jenis pengelolaan lingkungan hidup secara biologi. Hal ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang tumbuh pada cairan *pulp* dari pengolahan biji kakao sebagai alternatif lainnya. Mikroba yang bekerja pada saat proses fermentasi biji kakao, yaitu pada hari pertama terjadi infeksi awal oleh khamir karena *pulp* secara kimia dan fisik merupakan medium yang ideal untuk pertumbuhan khamir dan kapang. Pertumbuhan khamir ini di bawah kondisi anaerobik dan merubah gula menjadi alkohol serta melonggarkan *pulp* dari biji karena adanya tekanan mekanis atau perubahan enzimatik (Putih, 2007).

*Pulp* yang pecah berjumlah 12-30% dari berat biji akan mengalir ke luar, dan aliran cairan *pulp* tersebut berkurang pada 24-36 jam pertama fermentasi. Dengan berkurangnya cairan tersebut pH cairan *pulp* yang tersisa meningkat dan sedikit peningkatan suhu, sehingga mendorong pertumbuhan bakteri asam laktat. Pada hari kedua, bakteri asam laktat sangat dominan, tetapi akan berkurang seiring dengan peningkatan suhu dan kondisi yang aerobik (Wahyudi *et al.*, 2008). Pada hari ketiga Adanya kerjasama antara bakteri asam asetat, khamir *aerophilik* dan *Bacillus aerophilus* (Putih, 2007).

Penelitian terbaru tentang fermentasi kakao Ghana menunjukkan

saat cairan *pulp* kakao mengalir dan udara menembus ke dalam fermentasi menciptakan kondisi ideal untuk pertumbuhan bakteri



asam laktat khususnya *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus fermentum* yang mendominasi fermentasi dalam mengubah glukosa, fruktosa dan asam sitrat menjadi asam asetat dan asam laktat dan menghasilkan peningkatan pH cairan *pulp* menjadi 4, sedangkan bakteri asam asetat yang paling umum mendominasi yaitu *Acetobacter pasteurianus* (Lefeber *et al.*, 2010).

Bakteri asam laktat berfungsi untuk fermentasi bahan organik jadi asam laktat, mempercepat perombakan bahan organik, lignin dan selulosa serta menekan pathogen dengan asam laktat yang dihasilkan (Apria, 2017).

Mikroba dekomposer merupakan mikroba yang tumbuh secara alami atau dengan sengaja diberikan pada tanah. Bakteri maupun khamir merupakan mikroba dekomposer yang dapat menjadi suatu agen bioaktivator pada pupuk organik untuk mempercepat proses penguraian bahan organik tersebut menjadi zat yang siap diserap oleh tanaman. Mikroba dekomposer adalah mikroorganisme pengurai lignin, selulosa, serat dan bahan organik yang mengandung nitrogen dan karbon dari sisa-sisa organik jaringan tumbuhan atau hewan yang telah mati dan berperan dalam proses pengomposan (Sumarno, 2008).

Proses dekomposisi atau pengomposan dengan memanfaatkan bakteri atau mikroorganisme merupakan usaha untuk mengatasi limbah

kuantitas dan kualitas yang termasuk dalam cabang ilmu logi limbah. Mikrobiologi limbah sangat penting sebagai salah



satu solusi atau alternatif dari kecemasan bahwa limbah akan menjadi krisis baru dunia terhadap lingkungan di masa-masa mendatang. Oleh sebab itu agen-agen mikroorganismenya ini dapat bermanfaat sebagai pengurai dan perombak limbah menjadi bahan ramah lingkungan.

Dengan memanfaatkan limbah kulit buah kakao sebagai kompos dapat menyediakan pupuk organik yang murah dan ramah lingkungan, mengurangi tumpukan limbah organik yang berserakan di lingkungan perkebunan, membantu pengelolaan limbah secara dini dan cepat, mengurangi kebutuhan lahan tempat pembuangan, dan menyelamatkan lingkungan dari kerusakan dan gangguan berupa bau atau polusi udara, karena limbah pertanian diketahui memberikan pengaruh terhadap perubahan iklim karena menyumbang gas rumah kaca seperti gas metana dari pelapukan, gas  $\text{NO}_2$  dan hidrogen sulfida dari kelembaban akibat tumpukan limbah kulit buah kakao (Irianto, 2015).

Pengomposan merupakan suatu metode untuk mengonversikan bahan-bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana dengan menggunakan aktivitas bakteri, sehingga berlangsung secara efektif. Berdasarkan hal tersebut, sehingga penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan isolat bakteri dari cairan *pulp* kakao sebagai bioaktivator pengomposan limbah kulit buah kakao.



## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bakteri jenis apa yang diperoleh dari cairan *pulp* kakao sebagai bioaktivator pengomposan limbah kulit buah kakao ?
2. Apakah bakteri dari cairan *pulp* kakao mampu menurunkan kadar lignin dan selulosa pada pengomposan limbah kulit buah kakao ?
3. Apakah bakteri yang diperoleh dari cairan *pulp* kakao mampu menguraikan limbah kulit buah kakao sebagai upaya pengelolaan lingkungan hidup ?
4. Berapakah rasio C/N dari hasil pengomposan limbah kulit buah kakao ?
5. Apakah pemanfaatan limbah kulit buah kakao menjadi kompos dapat mengurangi limbah yang berdampak pada lingkungan ?

## C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh bakteri dari cairan *pulp* kakao sebagai bioaktivator pengomposan limbah kulit buah kakao.
2. Untuk mengetahui penurunan kadar lignin dan selulosa pada pengomposan limbah kulit buah kakao.

Untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menguraikan limbah kulit kakao sebagai upaya pengelolaan lingkungan hidup.



4. Untuk mengetahui rasio C/N dari hasil pengomposan limbah kulit buah kakao.
5. Untuk mengetahui pemanfaatan limbah kulit buah kakao menjadi kompos dapat mengurangi limbah yang berdampak pada lingkungan.

#### **D. Manfaat Penelitian**

1. Sebagai salah satu alternatif dalam pengelolaan limbah organik khususnya limbah kulit buah kakao.
2. Dapat digunakan sebagai salah satu bahan bioaktivator pembuatan kompos untuk pengembangan di sektor pertanian organik.
3. Sebagai bahan informasi dan upaya dalam pengelolaan dan pengendalian pencemaran lingkungan.

#### **E. Batasan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan limbah kulit buah kakao dari Desa Cendana hijau Kecamatan Wotu Kabupaten Luwu Timur. Pada proses penguraian akan digunakan bakteri yang diisolasi dari cairan *pulpkakao*. Selama proses penguraian parameter yang diamati adalah suhu, derajat keasaman (pH), penentuan C, N, P, dan K, laju penguraian, penurunan kadar lignin dan selulosa, serta rasio C/N hasil penguraian limbah kulit

kakao.



## F. Definisi dan Istilah

- Limbah = Bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu aktivitas manusia atau proses alam yang tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, tetapi justru mempunyai dampak negatif.
- Kompos= Hasil penguraian parsial atau tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab dan aerobik atau anaerobik.
- Isolat bakteri = Bentuk perlakuan terhadap mikroba yang berukuran sangat kecil sehingga tidak dapat dilihat dengan mata telanjang.
- Bioaktivator :
- Secara umum = Bahan bioaktif yang mampu merombak bahan-bahan organik pada umumnya.
- Secara spesifik = Merupakan isolat mikroba yang telah dimurnikan dan mempunyai kemampuan khusus mencerna bahan organik yang mengandung serat selulosa



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tanaman Kakao

Tanaman kakao berasal dari hutan-hutan tropis di Amerika Tengah dan Amerika Selatan bagian utara, sehingga pada tahap awal (1919/1920) produksi kakao dunia didominasi atau dikuasai oleh Amerika Selatan dengan produsen utamanya Negara Ekuador dan Brazil, namun pada periode berikutnya (1920/1921) hingga sekarang, produksi kakao dunia telah bergeser dari Amerika Selatan ke Afrika Tengah dengan andil 50-70%. Sampai periode 1976/1977 produsen utama dunia adalah Ghana, setelah itu posisinya digantikan oleh pantai Gading (*Ivory coast*). Sementara itu peringkat kedua dan ketiga adalah Ghana dan Indonesia (Pusat Peneliti Kopi dan Kakao Indonesia, 2010).

Kakao Indonesia mengalami perkembangan cukup pesat pada tahun 1969-1970, produksi kakao Indonesia hanya sekitar 1 ton atau peringkat ke-29 dunia, kemudian meningkat menjadi 16 ton atau peringkat ke-16 dunia pada tahun 1980-1981, dan sekarang menjadi peringkat ke-3 dunia dengan perkembangan luas dan produksi perkebunan selama selang waktu lima tahun meningkat dari 1.425.216 hektar pada tahun 1977 menjadi 1.732.954 hektar pada tahun 2012. Produksinya juga meningkat dari 803.595 ton pada tahun 2008 kemudian menjadi 936.266 ton pada tahun 2012 (Dirjen Perkebunan, 2013).



Menurut status pengusahaannya, perkebunan kakao di Indonesia dibagi menjadi tiga, yaitu perkebunan rakyat, perkebunan besar negara dan perkebunan besar swasta. Pada tahun 2009 perkebunan rakyat memiliki jumlah area terbesar, yaitu 92,7% dari total area perkebunan Indonesia, kemudian diikuti oleh perkebunan besar negara 3,88% dan perkebunan besar swasta sebesar 3,41% (Pusat Peneliti Kopi dan Kakao Indonesia, 2010).

Tanaman kakao termasuk marga *Theobroma*, suku (famili) *Sterculiaceae* yang banyak diusahakan oleh para pekebun baik perkebunan rakyat, perkebunan swasta maupun perkebunan negara. Sistematik tanaman kakao menurut Tjitrosoepomo (2007) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
 Divisio : Spermatophyta  
 Subdivisio : Angiospermae  
 Kelas : Dicotyledoneae  
 Ordo : Malvales/Columniferae  
 Famili : Sterculiaceae  
 Genus : *Theobroma*  
 Spesies : *Theobroma cacao* L.

Kakao merupakan satu-satunya di antara 22 jenis marga *Theobroma*, suku *Sterculiaceae* yang diusahakan secara komersial dan merupakan tanaman tahunan. Jika dibudidayakan dengan baik dapat



memberikan produksi yang menguntungkan sampai umur yang panjang (Pusat Peneliti Kopi dan Kakao Indonesia, 2010).

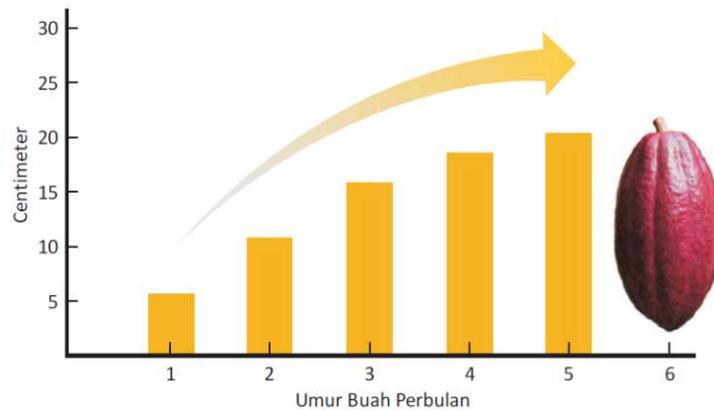
Kakao berbunga sepanjang tahun dan bunganya tumbuh secara berkelompok pada bantalan bunga yang menempel pada batang, cabang atau ranting. Bunga kakao tergolong bunga sempurna, terdiri dari daun kelopak sebanyak 5 helai dan benang sari sebanyak 10 helai. Jumlahnya dapat mencapai 5000-12.000 bunga per pohon per tahun, tetapi jumlah buah matang yang dihasilkan berkisar 1 %. Dalam setiap buah terdapat 30-50 biji, tergantung pada jenis kakao (Drawana, 2014).

Perkembangan buah kakao biasanya masih lambat pada 40 hari pertama, kemudian menjadi sangat cepat sampai umur 75 hari. Setelah itu, pertumbuhan buah kakao menjadi lambat dan mulai terjadi pertumbuhan embrio. Selama terjadi pertumbuhan embrio, lemak terakumulasi pada biji yang sedang berkembang. Pembentukan gula pada *pulp* terjadi selama 30-40 hari sebelum buah kakao betul-betul masak (Wahyudi *et al.*, 2008).

Pada umumnya buah kakao terhitung dari pembungaan hingga masak sempurna membutuhkan waktu 5 - 6 bulan seperti pada Gambar 1. Bila telah masak, warna kulit buah akan terjadi perubahan warna, kulit buah kakao yang berwarna hijau berubah menjadi kuning sedangkan kulit yang berwarna merah menjadi *orange*. Buah harus segera dipanen begitu masak. Buah yang masak sangat rentan terhadap serangan penyakit

(berbagai jenis pembusukan) dan hama (tikus, tupai, kera dll), serta dapat berkecambah biji dalam buah (Arnawa *et al.*, 2013).





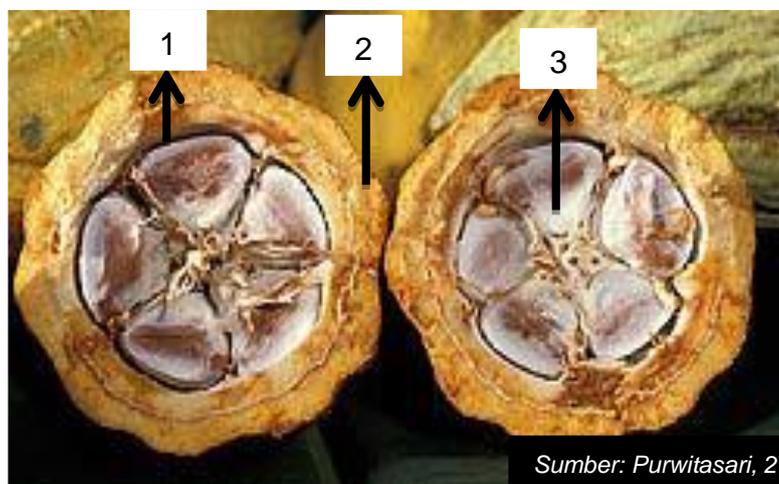
Gambar 1. Kematangan buah kakao berdasarkan umur dan ukuran

Pertumbuhan buah kakao dibagi menjadi dua fase. Fase pertama berlangsung sejak pembuahan sampai buah berumur 75 hari. Selama 40 hari pertama pertumbuhan buah agak lambat dan mencapai puncaknya pada umur 75 hari. Pada umur tersebut panjang buah dapat mencapai sekitar 11 cm. Fase kedua ditandai dengan pertumbuhan pembesaran buah, berlangsung cepat sampai umur 120 hari, ukuran panjang buah mencapai 12-15 cm. Pada umur 143-170 hari buah telah mencapai ukuran maksimal dan mengalami proses pemasakan yang ditandai dengan perubahan warna kulit buah dan terlepasnya biji dari kulit buah (Puslitkoka, 2006).



## B. Kulit Buah Kakao

Buah kakao secara garis besar terdiri atas tiga bagian yaitu kulit, plasenta (*pulp*), dan biji seperti pada Gambar 2. Dari ketiga bagian tersebut selama ini yang dimanfaatkan sebagai komoditas ekspor hanya keping biji, sedangkan yang lainnya belum dimanfaatkan secara optimal dan menjadi limbah pertanian yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan. Kulit buah kakao adalah limbah dengan proporsi terbesar yang dihasilkan. Kulit biji diperoleh dari pengolahan biji yang besarnya sekitar 10% dari berat kakao, sedangkan *pulp* kakao adalah cairan dari pelepasan jaringan halus yang membungkus biji kakao (plasenta) pada proses fermentasi biji kakao (Murni *et al*, 2012).



Sumber: Purwitasari, 2012.

Keterangan :

1. Kulit buah
2. Plasenta/pulp
3. Biji

Gambar 2. Penampang Melintang Buah Kakao

Limbah adalah bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu aktivitas manusia atau proses alam yang tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, tetapi justru mempunyai dampak negatif. Dampak negatif dimaksud adalah proses pembuangan dan pembersihannya



memerlukan biaya serta efeknya dapat mencemari lingkungan yang jika dibiarkan akan menjadi masalah(Djaja, 2008).

Limbah kulit buah kakao yang ditumpuk di areal perkebunan bila tidak dimanfaatkan akan menimbulkan masalah bagi petani kakao dan masyarakat di sekitar lingkungan tersebut. Penumpukan limbah buah kakao menimbulkan kelembaban udara tinggi sehingga menghasilkan hydrogen sulfida ( $H_2S$ ) yang berbau busuk (pencemaran bau). Selain itu penumpukan limbah buah kakao dapat menjadi tempat serangga untuk meletakkan telur yang menjadi hama utama tanaman kakao yaitu penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella snellen*) dan *Apogonia* sp, serta sumber penular penyakit utama kakao dan kanker batang yang disebabkan *Phytophthora palmivora* (Diana, 2006).

Limbah kulit buah kakao juga dapat menjadi tempat perkembangan bakteri dan virus sehinggamenimbulkan beberapa penyakit yang menyerang tanaman kakao seperti busuk buah, penyakit antraknosa, jamur upas, dan penyakit jamur akar putih.Sedangkan menurut Darmono dan Panji (1999) bakteri dan virus yang ditimbulkan ini dapat menyerang batang dan buah kakao (Muslim *et al.*, 2012).

Berdasarkan perhitungan potensi kulit buah kakao dari tahun 2007 sebanyak 508,04 dan pada tahun 2008 sebanyak 548,88 ton, dan dengan bertambahnya perluasan areal perkebunan kakao pada tahun

besar 1.732.954 hektar, maka jumlah kulit buah kakao yang pun semakin meningkat. Kulit buah kakao yang begitu banyak



dan dengan beberapa dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan, padahal jika ditinjau dari komposisinya limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman dalam bentuk kompos (Murni *et al*, 2012).

Limbah kakao pada prinsipnya adalah bahan organik yang mampu menyediakan hara makro maupun mikro. Kebutuhan hara makro untuk pertumbuhan tanaman seperti N, P, K, Ca, Mg, dan S terdapat di dalam kompos. Selain hara makro bahan organik juga mengandung hara mikro, seperti Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, dan Si (Sutedjo dan Kartasapoetra, 2002).

**Tabel 1.** Komponen bahan kimia kulit buah kakao

No	Komponen bahan kimia	Jumlah (%)
1	Abu	14,61
2	Protein kasar	8,69
3	Serat kasar	42,55
4	Lemak kasar	2,75
5	Hemiselulosa	6,66
6	Lignin	38,45
7	Selulosa	30,24

*Sumber: Suparjo et al, 2011.*

Limbah kulit buah kakao dapat diolah menjadi kompos yang mengandung hara cukup tinggi, khususnya Kalium dan Nitrogen, karena sekitar 61% dari total nutrisi buah kakao disimpan di dalam kulit buah. Kulit buah mengandung komponen kimia terbanyak berupa serat kasar



sebesar 42,55%, lignin sebesar 38,45%, dan selulosa 30,24% seperti pada Tabel 1. Penelitian yang dilakukan oleh Pasiga (2007) menemukan bahwa kandungan hara kompos yang dibuat dari kulit buah kakao adalah (1,81 % N; 26,61 % C-organik; 0,31% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 6,08% K<sub>2</sub>O; 1,22% CaO, dan 1,37 % MgO) (Isroi (2007). Di samping itu kadar air dan bahan organik pada kakao lindak sekitar 86%, pH 5,4, N total 1,30%, C-organik 33,71%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,186%, K<sub>2</sub>O 5,5%, CaO 0,23%, dan MgO 0,59% (Soedarsono *et al.* (1997); Didiek dan Yufnal (2004) *dalam* Rosniawaty (2005).

### C. Limbah

Tujuan utama pengolahan limbah yaitu untuk mengurangi pengaruh maupun segi negatifnya terhadap lingkungan, karena setiap hari volume dan jenis limbah semakin bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pola konsumsi masyarakat. Seperti yang diketahui bahwa dalam pembangunan, terutama kemajuan teknologi, maka akan terjadi pula peningkatan penggunaan sumber daya alam untuk menyokong pembangunan. Bila hal tersebut tidak bijaksana dalam penggunaannya akan dapat menimbulkan permasalahan lingkungan hidup. Ketidakseimbangan ini bila terjadi secara terus menerus akan dapat membahayakan kehidupan umat manusia (Suryati, 2013).

Dasar pengolahan limbah di Indonesia yaitu berdasarkan Peraturan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 10/2002/Permen KLH/1988, yang dimaksud dengan pencemaran adalah Masuk



atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air/udara, dan/atau berubahnya tatanan (komposisi) air/udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara/air menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Penggolongan limbah berdasarkan sumbernya yaitu limbah domestik, yakni limbah yang sehari-hari dihasilkan dari kegiatan manusia secara langsung, seperti limbah rumah tangga, pasar, sekolah dan rumah sakit. Sedangkan limbah non domestik yaitu limbah yang dihasilkan sehari-hari dari kegiatan manusia tetapi tidak secara langsung, seperti limbah industri, pabrik, transportasi, kehutanan, perikanan, peternakan dan pertanian (Waluyo, 2009).

Limbah pertanian merupakan bahan yang terbuang di sektor pertanian. Pada pertanian konvensional atau modern pada umumnya tidak terdapat pengelolaan limbah, sebab dalam pertanian konvensional semua inputnya seperti pupuk menggunakan bahan kimia. Limbah dianggap suatu bahan yang tidak penting dan tidak bernilai ekonomi. Padahal jika dikaji dan dikelola, limbah pertanian dapat diolah menjadi beberapa produk baru yang bernilai ekonomi tinggi (Waluyo, 2009).

Pengelolaan limbah pertanian. Limbah Pertanian sebagai sumber bahan organik dan hara tanah, limbah pertanian termasuk di dalamnya perkebunan dan

seperti jerami, sisa tanaman atau semak, kotoran binatang peliharaan sejenisnya merupakan sumber bahan organik dan hara tanaman. Limbah



tersebut dapat langsung ditempatkan di atas lahan pertanian atau dibenam. Untuk hasil lebih efektif, sebaiknya dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu. Menurut Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (2007), pelapukan limbah-limbah tersebut secara alami membutuhkan waktu 3-4 bulan lebih, sehingga upaya pelestarian dengan penggunaan bahan organik pada lahan-lahan pertanian mengalami hambatan. Hal itu akan lebih rumit lagi jika dihadapkan pada masa tanam yang mendesak, sehingga sering dianggap kurang ekonomis dan tidak efisien. Salah satu metode mempercepat pelapukan limbah pertanian agar segera berfungsi dalam perbaikan sifat-sifat tanah dan ketersediaan hara adalah dengan pembuatan kompos.

Pada industri pertanian kakao tujuan dari pengolahan limbah sendiri adalah untuk menjaga kestabilan ekologi. Tanaman kakao banyak menghasilkan limbah padat, dan salah satunya adalah kulit buah. Limbah kulit buah kakao dan limbah feses ternak termasuk pula sampah jenis organik, karena jenis ini sebagian besar tersusun oleh senyawa organik (sisa tanaman, hewan, atau kotoran). Limbah hasil pertanian, agroindustri dan ternak ternyata dapat pula dimanfaatkan untuk membantu memenuhi kebutuhan energi dan pupuk. Cara pembuangan limbah yang produktif dapat diganti dengan cara yang dapat membantu meningkatkan produktivitas hasil pertanian, menghemat energi dan memperbaiki lingkungan (Lucia, 2013).



Pada umumnya senyawa organik mempunyai sifat yang cepat dari dibandingkan senyawa anorganik. Tetapi di lingkungan

alami, biodegradabilitas ditentukan oleh faktor biotik (sifat jasad) dan abiotik (bentuk, sifat, dan kadar air) dari bahan. Salah satu usaha untuk menangani atau mempercepat proses penguraian limbah di lingkungan yang aman dan tidak mengganggu lingkungan itu sendiri, yaitu penanganan secara mikrobiologis. Penanganan ini dilakukan dengan memanfaatkan atau menggunakan agen-agen mikrobiologis untuk mendegradasi atau menguraikan limbah tersebut (Waluyo, 2009).

#### **D. Cairan *Pulp* (*Watery Sweetings*)Kakao**

Selama fermentasi, biji kakao mengalami perubahan fisik, kimia dan biologi. Perubahan-perubahan tersebut terjadi pada *pulp*, kulit biji dan bagian dalam biji (kotiledon). Fermentasi biji kakao bertujuan untuk menghancurkan *pulp* dan mengusahakan kondisi untuk terjadinya reaksi biokimia dalam keping biji yang berperan bagi pembentukan prekursor cita rasa dan warna coklat. *Pulp* yang telah hancur akan mudah lepas dari biji, membentuk cairan *pulp* (*watery sweetings*) yang menetes keluar tumpukan biji (Ganda-Putra dan Wartini, 2014).

Cairan *pulp* sebagai hasil samping selama fermentasi biji kakao, diantaranya mengandung asam asetat atau asam cuka, asam laktat dan alkohol. Asam-asam organik tersebut terbentuk dari fermentasi gula yang terkandung dalam *pulp* biji kakao. Selama fermentasi dapat dihasilkan

*pulp* 15-20% dari berat biji kakao yang difermentasi. Kandungan asetat dalam cairan *pulp* setelah fermentasi adalah 1,6 % (Case,



2004). Potensi cairan *pulp* yang cukup besar tersebut selama ini hanya dibuang begitu saja disekitar tempat pengolahan, selain akan mengotori juga dapat berdampak buruk atau mencemari bagi lingkungan disekitarnya. Padahal asam asetat sebagai salah satu kandungan cairan *pulp* mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, diantaranya dapat digunakan sebagai bahan baku cuka fermentasi dengan cara dievaporasi dan didestilasi (Ganda-Putra *et al.*, 2008).

**Tabel 2.** Komposisi *Pulp* (% berat segar)

No	Bahan	Kadar (%)
1	Air	85,5
2	Pentosan	2,7
3	Sukrosa	0,7
4	Glukosa, Fruktosa	10,0
5	Protein	0,6
6	Asam-asam	0,7
7	Garam-garam organic	0,8

Sumber: Hardy (1960), Wood & Lass (1985) dalam (Wahyudi *et al.*, 2008).

*Pulp* biji kakao adalah selaput berlendir berwarna putih yang membungkus biji kakao dan terdapat sekitar 25-30% dari berat biji, diantaranya mengandung gula dengan kadar yang relatif tinggi sekitar 10-13% seperti pada Tabel 2 (Ganda-Putra dan Wartini, 2014).

Pada awalnya *pulp* steril dan yang masih segar pHnya relatif yaitu 3,6 (keasaman tinggi), dan dengan adanya kandungan gula inilah oksigen yang rendah menyebabkan kondisi tersebut sesuai



untuk pertumbuhan mikroorganisme seperti khamir, dimana khamir akan bertambah jumlahnya selama 12 jam pertama fermentasi kemudian konstan pada 12 jam berikutnya (Ostovar dan Keeny, 1973) dalam (Putih, 2007).

Kondisi anaerobik dalam massa biji juga menjadi kondisi yang sangat cocok untuk pertumbuhan khamir. Khamir akan merubah sebagian besar gula dalam *pulp* menjadi alkohol. Reaksi pembentukan alkohol ini menghasilkan sejumlah besar karbondioksida. Segera setelah proses fermentasi dimulai *pulp* mulai pecah yang biasa terjadi karena tekanan mekanis atau perubahan-perubahan enzimatis. *Pulp* yang pecah akan mencair keluar. Persentase cairan yang keluar tersebut berjumlah 12-15% dari berat biji. Aliran cairan fermentasi umumnya telah selesai setelah 24-36 jam pertama fermentasi (Wahyudi *et al.*, 2008).

Asam sitrat sebagiannya berkurang karena mengalir bersama cairan fermentasi dan diuraikan oleh mikroba. Akibatnya pH *pulp* meningkat dan perubahan ini bersamaan dengan sedikit peningkatan suhu serta sangat mendorong pertumbuhan bakteri asam laktat. Terdapat dua jenis bakteri asam laktat yang terlibat, yaitu homofermenter dan heterofermenter. Jenis homofermenter bertugas menkonversi glukosa menjadi asam laktat, sedangkan heterofermenter disamping memproduksi asam laktat juga memproduksi alkohol, asam asetat dan karbondioksida.

Dari kedua, bakteri asam laktat sangat dominan, tetapi akan mengalami seiring dengan peningkatan suhu dan kondisi yang aerobik.



Kondisi seperti ini mendorong bakteri asam asetat mengonversi alkohol menjadi asam asetat (Wahyudi *et al.*, 2008).

Selama proses fermentasi akan terjadi perubahan mikroba yang bekerja. Adapun gambaran komposisi mikroba yang berperan dalam fermentasi antara lain:

Hari-1 : infeksi awal secara cepat oleh khamir, dibawah kondisi anaerobik dimanamerubah gula menjadi alkohol dan melonggarkan *pulp*.

Hari-2 :Bakteri asam laktat tumbuh pada kondisi anaerobik, agar bakteri asam asetat tumbuh dan mengubah alkohol menjadi asam asetat diperlukan aerasi. Biji kakao mati akibat panas dan asam asetat.

Hari-3 : Adanya kerjasama antara bakteri asam asetat, khamir *aerophilik* dan *Bacillus aerophilus* ( Forsyth dan Rombouti, 1963), Rohan (1963) dalam (Putih, 2007).

Pergantian mikroorganisme terjadi yaitu pada mulanya gula yang sebesar 11% secara cepat mengalami proses metabolisme dan berkurang menjadi 1-2%, yakni selama 24-48 jam pertama. Sejumlah kecil etanol ditemukan pada *pulp* dan mencapai hari maksimum setelah 3 hari, kemudian menurun setelahnya. Jumlah asam laktat yang diproduksi kecil dan cenderung tetap meningkat selama fermentasi. Sementara asam asetat berada dalam jumlah yang lebih besar dan mencapai nilai maksimum setelah 4-5 hari, kemudian turun setelahnya (Wahyudi *et al.*,



## E. Bioaktivator

Istilah bioaktivator umum diartikan sebagai bahan bioaktif yang mampu merombak bahan-bahan organik pada umumnya. Secara spesifik biaktivator merupakan isolat mikroba yang telah dimurnikan dan mempunyai kemampuan khusus mencerna bahan organik yang mengandung serat selulosa. Melalui proses seleksi kemampuan mencerna bahan selulosa optimal, kemudian diformulasikan dan penerapannya dapat digunakan untuk eksplorasi bahan yang bersumber dari bahan organik berkayu yang dikenal dengan *borefinery*. Salah satu manfaatnya yaitu untuk mempercepat proses pengomposan. Selain mempercepat proses pengomposan, kelebihan lainnya yaitu kualitas produk lebih terjamin dan proses produksinya relatif sederhana (Nuzmiyah, 2016).

Semakin tinggi volume mikroorganisme yang digunakan sebagai bioaktivator pengomposan, maka semakin banyak jumlah mikroba yang akan tumbuh, nilai C (karbon) akan menurun dikarenakan karbon berfungsi sebagai makanan untuk proses perkembangbiakan mikroba tersebut (Murtalaningsih, 2001).

### 1. Tinjauan Umum Bakteri

Bakteri adalah kelompok yang tidak memiliki membran inti sel yang dapat ditemukan di hampir semua tempat, di tanah, air dan udara.

Bakteri termasuk kelompok utama dalam prokariot uniseluler. Bakteri memiliki dinding sel yang terbuat dari peptidoglikan yang berarti melimpah. Proses reproduksinya dilakukan dengan pembelahan sel. Bakteri terbungkus oleh dinding sel yang



berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar maupun sebagai pelindung tekanan osmotik dari dalam, tanpa adanya dinding sel, tekanan dari bahan-bahan sitoplasma akan menekan sel dan dapat menyebabkan pecahan sel. Bakteri mempunyai bermacam-macam bentuk, yaitu bulat atau *elips* disebut kokus, berbentuk spiral disebut *spirillum* dan *vibrio* yang berbentuk koma. Dalam rangkaiannya bakteri dapat sendiri-sendiri atau melekat sehingga membentuk rantai, bergerombol atau seperti filament (Lucia, 2013).

Bakteri mempunyai potensi besar untuk dikembangkan dalam industri bioteknologi. Potensi tersebut berhubungan dengan kemampuan yang dimilikinya seperti amilolitik, proteolitik, lipolitik, antibiosis, selulolitik, dan sebagainya. Potensi ini dapat dimanfaatkan untuk industri pangan, minuman, obat-obatan dan penanganan limbah (Hatmanti, 2000).

Bakteri merupakan makhluk hidup berukuran kecil (mikroskopik) yang melakukan aktivitas hidup dengan menguraikan sisa makhluk hiduplainnya. Berdasarkan fungsinya bakteri secara umum dibagi menjadi dua macam, yaitumerugikan (bakteri patogen) dan menguntungkan (Nurhidayat, 2006).

Bakteri menguntungkan memproses bahan organik menjadi senyawa yang dibutuhkan tanaman, hewan, atau manusia. Jenis-jenis mikroba/bakteri yang menguntungkan karena menghasilkan zat-zat hara

perluan tumbuhan diantaranya *Rhizobium*, *Azolla*, dan *Mikoriza*.  
hara dalam hal pengelolaan sampah organik terdapat beberapa



jenis bakteri yang bersinergi satu sama lain membentuk sebuah komuni yang disebut efektif mikroorganisme (EM4) seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Bakteri yang menguntungkan ( EM4 )

No	Jenis Mikroorganisme	Peranan
1	Bakteri fotosintesis ( <i>Rhodopseudomonas</i> sp.)	— Mensintesis bahan-bahan organik menjadi asam amino, asam nukleik, zat bioaktif, dan gula dengan bantuan sinar matahari.
2	Bakteri asam laktat	— Menghasilkan asam laktat dari gula, menekan pertumbuhan jamur yang merugikan seperti <i>Fusarium</i> , dan mempercepat penguraian bahan-bahan organik menjadi humus.
3	Ragi/yeast ( <i>Saccharomyces</i> sp.)	— Membentuk zat antibakteri, meningkatkan jumlah sel akar dan perkembangan akar.
4	Actinomycetes	— Menghasilkan zat-zat bioaktif yang berfungsi menghambat jamur dan bakteri patogen seperti <i>Fusarium</i> .
5	Jamur fermentasi ( <i>Aspergillus</i> sp)	— Menguraikan bahan organik (selulosa, karbohidrat) dan mengubahnya menjadi alkohol, ester, dan zat antimikroba serta dapat menghilangkan bau.

Sumber : (Nurhidayat, 2006).

## 2. Bakteri pendegradasi limbah

Di alam, organisme perombak bahan organik memegang peranan penting karena sisa organik yang telah mati diurai menjadi unsur-unsur

yang dikembalikan ke lingkungan sehingga dapat digunakan kembali oleh

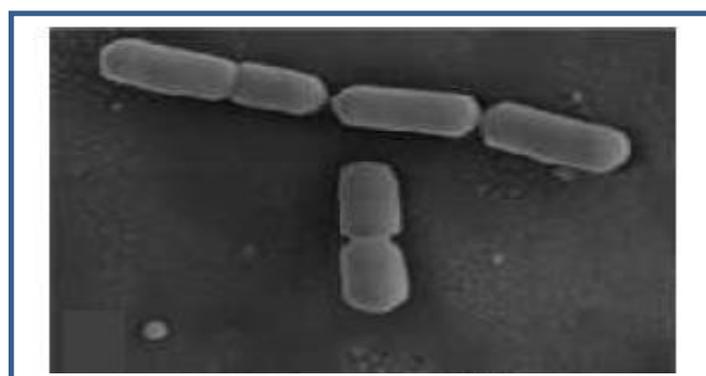
hidup, dan menjadikan siklus hara dapat berjalan sebagaimana

biasa dalam proses kehidupan di bumi. Mikroorganisme perombak



bahan organik merupakan aktivator biologis yang tumbuh alami atau sengaja diberikan untuk mempercepat perombakan bahan organik. Beberapa jenis bakteri yang umum ditemukan dalam limbah antara lain *Pseudomonas spp.*, *Streptomyces spp.*, *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.*, *Thermonospora spp.*, dan *Flavobacterium spp.*, Sutoro, (2010) dalam (Rizka, 2016).

Bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat dari gula dan karbohidrat lain yang dihasilkan oleh bakteri fotosintetik dan yeast (ragi). Namun bakteri asam laktat sendiri adalah suatu zat yang dapat mengakibatkan kemandulan (*sterilizer*). Oleh karena itu asam laktat akan menekan pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan dan meningkatkan percepatan perombakan bahan-bahan organik. Baketri asam laktat dapat menghancurkan bahan-bahan organik seperti lignin dan selulosa, serta memfermentasikannya tanpa menimbulkan senyawa-senyawa beracun yang ditimbulkan dari pembusukan bahan organik. Bakteri asam laktat mempunyai kemampuan untuk menekan pertumbuhan *Fusarium*, yaitu suatu mikroorganisme merugikan yang menimbulkan penyakit pada lahan yang terus menerus ditanami (Purwanti, 2008).



Gambar 3. Morfologi Sel *Lactobacillus plantarum*

*Lactobacillus plantarum* merupakan bakteri gram positif yang berbentuk batang (*rod*) seperti pada Gambar 3 dengan ujung yang membulat. Saat ini bakteri *Lactobacillus plantarum* dieksplorasi sebagai agen pengonversil lignoselulosa menjadi produk biologi (Liu, 2006). *Lactobacillus plantarum*, umumnya berukuran 0,7–1,0 sampai 3,0–8,0 mikron, tunggal atau dalam rantai-rantai pendek, dengan ujung yang melingkar. Pada kondisi pertumbuhan yang sesuai, organisme ini cenderung berbentuk batang pendek dan akan cenderung lebih panjang di bawah kondisi yang tidak menguntungkan. Bakteri ini termasuk homofermentatif dengan suhu pertumbuhan minimum 10°C, maksimum 40°C dan optimum 30°C (Kurniawan, 2008).

Menurut Garrity *et al.*, (2004) klasifikasi ilmiah bakteri *Lactobacillus plantarum* adalah sebagai berikut:

Regnum	: Bacteria
Phylum	: Firmicutes
Classis	: Bacilli
Ordo	: Lactobacillales
Familia	: Lactobacillaceae
Genus	: <i>Lactobacillus</i>
Spesies	: <i>Lactobacillus plantarum</i>



### 3. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri

Kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan tetap hidup merupakan suatu hal yang penting untuk diketahui. Pengetahuan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan sangat penting di dalam mengendalikan mikroba. Berikut ini faktor-faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba:

#### a. Suplai nutrisi

Mikroba sama dengan makhluk hidup lainnya, memerlukan suplai nutrisi sebagai sumber energi dan pertumbuhan selnya, unsur-unsur dasar tersebut adalah: karbon, nitrogen, hydrogen, oksigen, sulfur, fosfor, zat besi dan sejumlah kecil logam lainnya. Ketiadaan atau kekurangan sumber-sumber nutrisi ini dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian. Kondisi tidak bersih dan higienis pada lingkungan adalah kondisi yang menyediakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sehingga mikroba dapat tumbuh berkembang di lingkungan seperti ini. Oleh karena itu prinsip daripada menciptakan lingkungan bersih dan higienis adalah untuk mengeliminir dan meminimalisir sumber nutrisi bagi mikroba agar pertumbuhannya terkendali.

#### b. Suhu / Temperatur

Suhu merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Suhu dapat mempengaruhi mikroba dalam dua cara yang berlawanan :



- 1) Apabila suhu naik maka kecepatan metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat. Sebaliknya apabila suhu turun, maka kecepatan metabolisme akan menurun dan pertumbuhan diperlambat.
- 2) Apabila suhu naik atau turun secara drastis, tingkat pertumbuhan akan terhenti, komponen sel menjadi tidak aktif dan rusak, sehingga sel-sel menjadi mati.

Berdasarkan hal tersebut, maka suhu yang berkaitan dengan pertumbuhan mikroorganisme digolongkan menjadi tiga yaitu ;

- 1) Suhu minimum yaitu suhu yang apabila berada di bawahnya maka pertumbuhan terhenti.
- 2) Suhu optimum yaitu suhu dimana pertumbuhan berlangsung paling cepat dan optimum.
- 3) Suhu maksimum yaitu suhu yang apabila berada di atasnya maka pertumbuhan tidak terjadi.

Berdasarkan ketahanan panas, mikroba dikelompokkan menjadi tiga macam yaitu :

- 1) Peka terhadap panas, apabila semua sel rusak ketika dipanaskan pada suhu 60°C selama 10-20 menit.
- 2) Tahan terhadap panas, apabila dibutuhkan suhu 100°C selama 10 menit untuk mematikan sel.



3) Thermodurik, dimana dibutuhkan suhu lebih dari 60°C selama 10-20 menit tapi kurang dari 100°C selama 10 menit untuk mematikan sel.

c. Derajat keasaman (pH)

Setiap mikrobia memiliki ketahanan yang berbeda-beda terhadap pengaruh pH. Fungsi umumnya tumbuh pada pH rendah (suasananya asam) sedangkan bakteri menyukai suasana netral. Bakteri mempunyai kisaran pH pertumbuhan lebih sempit dibandingkan kapang dan khamir. Sebagai contoh, kebanyakan bakteri tidak dapat tumbuh pada pH di bawah 4.0 dan di atas 8.0, sedangkan kapang mempunyai kisaran pH pertumbuhan 1.5-11.0, khamir mempunyai kisaran pertumbuhan 1.5-8.5. Oleh karena itu, makanan yang mempunyai pH lebih rendah akan semakin awet karena semakin sedikit jenis mikroorganisme yang dapat tumbuh.

d. Ketersediaan Oksigen

Mikroorganisme memiliki karakteristik sendiri-sendiri di dalam kebutuhannya akan oksigen. Mikroorganisme dalam hal ini digolongkan menjadi:

1. Aerobik : hanya dapat tumbuh apabila ada oksigen bebas.
2. Anaerob : hanya dapat tumbuh apabila tidak ada oksigen bebas.
3. Anaerob fakultatif : dapat tumbuh baik dengan atau tanpa oksigen

bebas.

Mikroaefilik : dapat tumbuh apabila ada oksigen dalam jumlah kecil.



e. Cahaya

Cahaya dapat berpengaruh pada proses pertumbuhan bakteri. Umumnya cahaya merusak sel mikroorganisme yang tidak berklorofil. Sinar ultraviolet dapat terjadinya ionisasi komponen sel yang berakibat menghambat pertumbuhan atau menyebabkan kematian. Pengaruh cahaya terhadap bakteri dapat digunakan sebagai dasar sterilisasi atau pengawetan bahan makanan.

f. Air

Mikroba tak dapat tumbuh tanpa air. Air yang terdapat di dalam substrat yang digunakan untuk pertumbuhannya dinyatakan dalam istilah *water activity (aw)*. Dan keadaan di mana mikroba tumbuh paling baik adalah pada *aw* optimum.

#### 4. Morfologi kelompok pada bakteri

Menurut Waluyo ( 2005) pengamatan bakteri dapat kita lakukan secara individual, satu persatu, maupun secara kelompok dalam bentuk koloni. Bila bakteri ditumbuhkan di dalam medium yang tidak cair, maka terjadilah suatu kelompok yang dinamakan koloni. Bentuk koloni berbeda-beda untuk setiap spesies, dan bentuk itu merupakan ciri khas bagi suatu spesies tertentu.

Sifat-sifat yang perlu diperhatikan pada koloni yang tumbuh di permukaan medium adalah:

ukuran kecilnya koloni. Ada koloni yang hanya berupa suatu titik, ada yang melebar sampai menutup permukaan medium.



- b. Bentuk. Ada koloni yang bulat, ada yang memanjang, ada yang tepinya rata, dan ada yang tepinya tidak rata.
- c. Kenaikan permukaan. Ada koloni yang rata saja dengan permukaan medium, ada yang timbul, yakni menjulang tebal di atas permukaan medium.
- d. Halus kasarnya permukaan. Ada koloni yang permukaannya halus, ada yang permukaannya kasar, dan tidak rata.
- e. Wajah permukaan. Ada koloni yang permukaannya mengkilat, dan ada yang permukaannya suram.
- f. Warna. Kebanyakan koloni bakteri berwarna keputihan atau kekuning-kuningan, tetapi juga koloni yang kemerah-merahan, coklat, jingga, biru, hijau, dan ungu.
- g. Kepekatan. Ada koloni yang lunak seperti lendir, ada yang lunak seperti mentega, ada yang keras dan kering.

## F. Pengomposan

Pengomposan adalah salah satu teknologi dekomposisi bahan organik yang meniru proses terbentuknya humus oleh alam dengan bantuan mikroorganisme. Kompos merupakan salah satu bentuk pupuk organik yang dapat digunakan sebagai suplemen ataupun pengganti

pupuk kimia (anorganik). Kompos ini telah digunakan di bidang pertanian sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia dalam skala besar.



Kompos adalah hasil penguraian parsial atau tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab dan aerobik atau anaerobik (Modifikasi dari J.H. Crawford, 2003), sedangkan kompos adalah proses di mana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Membuat kompos adalah mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat berbentuk lebih cepat. Proses ini meliputi membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air yang cukup, pengaturan udara, dan penambahan aktivator pengomposan (Lucia, 2013).

Aktivator/mikroorganisme mempengaruhi proses pengomposan melalui dua cara, cara pertama yaitu dengan menginokulasi strain mikroorganisme yang efektif dalam menghancurkan bahan organik (pada aktivator organik), kedua yaitu meningkatkan kadar N yang merupakan makanan tambahan bagi mikroorganisme tersebut (Yanqoritha, 2013).

Pengomposan pada dasarnya merupakan upaya pengaktifan kegiatan mikroba agar mampu mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Yang dimaksud mikroba di sini bakteri, fungi dan jasad renik lainnya. Bahan organik di sini di antaranya ialah jerami, sampah rumah tangga, limbah pertanian, kotoran hewan atau ternak dan sebagainya.

Membuatan kompos bermacam-macam tergantung: keadaan tempat



pembuatan, mutu yang diinginkan, jumlah kompos yang dibutuhkan dan macam bahan yang tersedia (Lucia, 2013).

Menurut Lucia (2013) dalam pengomposan yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Kelembaban timbunan bahan kompos. Kegiatan dan kehidupan mikroba sangat dipengaruhi oleh kelembaban yang cukup, tidak terlalu kering, basah atau tergenang.

Kelembaban optimum untuk metabolisme mikroba berkisar antara 40%-60%. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Sedangkan kelembaban yang lebih dari 60% akan menyebabkan hara tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun (Nuzmiyah, 2017).

2. Udara timbunan. Udara berhubungan erat dengan kelengasan.
3. Apabila terlalu anaerob mikroba yang hidup hanya mikroba anaerob saja, sedangkan mikroba aerob akan mati atau terhambat pertumbuhannya. Dan apabila terlalu aerob udara bebas masuk ke dalam timbunan bahan yang dikomposkan dan umumnya menyebabkan hilangnya nitrogen relatif banyak karena menguap berupa ammonia.
4. Menjaga temperatur, tidak terlampau tinggi (maksimum 60°C). Selama

omposan selalu timbul panas sehingga bahan organik yang  
mposkan temperaturnya naik, bahkan temperaturnya sering



mencapai 60°C. Pada temperatur tersebut akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba thermofilik yang hidup. Untuk menurunkan temperatur umumnya dilakukan pembalikan timbunan kompos, sedangkan menurut Nuzmiah (2016), suhu optimum untuk pengomposan berkisar antara 30°C – 60°C. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi, tetapi tidak melampaui suhu 60°C.

5. Proses pengomposan kebanyakan menghasilkan asam organik, sehingga menyebabkan pH turun. Pembalikan timbunan mempunyai dampak netralisasi kemasaman.

Proses pengomposan dapat terjadi dan optimum pada kisaran pH6,5 sampai 7,5. Sedangkan pH kompos yang matang biasanya mendekati pH netral (Nuzmiah, 2016).

6. Netralisasi kemasaman sering dilakukan dengan menambah bahan pengapuran misalnya kapur, dolomit atau abu. Pemberian abu tidak hanya menetralisasi tetapi juga menambah hara Ca, K dan Mg dalam kompos yang dibuat.
7. Kadang-kadang untuk mempercepat dan meningkatkan kualitas kompos, timbunan diberi pupuk yang mengandung hara terutama P. Perkembangan mikroba yang cepat memerlukan hara lain termasuk P. Sebetulnya P disediakan untuk mikroba sehingga perkembangannya

kegiatannya menjadi lebih cepat. Pemberian hara ini juga meningkatkan kualitas kompos yang dihasilkan karena kadar P dalam



kompos lebih tinggi dari biasa, karena residu P sukar tercuci dan menguap.

Faktor lain yang mempengaruhi proses pengomposan yaitu rasio C/N. Rasio C/N adalah perbandingan antara bahan dasar kompos yang mengandung Karbon (C) dan Nitrogen (N). Perbandingan keduanya harus tepat, yaitu sekitar 30/40:1. Kandungan karbon yang diberikan harus lebih banyak karena karbon akan dipecah oleh mikroba sebagai sumber energi. Sementara itu nitrogen hanya dibutuhkan bakteri untuk proses sintesis protein saja. Kandungan rasio C/N ini sangat dipengaruhi dari kandungan bahan baku yang digunakan (Suryati, 2013).

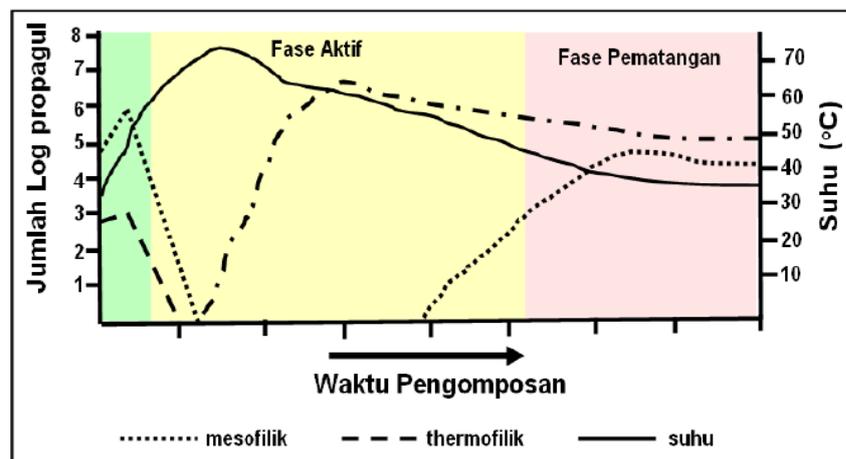
Ukuran partikel juga mempengaruhi karena aktivitas mikroba berada diantara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut. Ukuran ideal potongan bahan mentah sekitar 4 cm. Potongan yang terlalu kecil menyebabkan timbunan menjadi padat sehingga tidak ada sirkulasi udara di dalamnya (Suryati, 2013).

### 1. Proses Pengomposan

Kegiatan mikroorganisme dalam mendekomposisikan bahan disebut juga sebagai proses mikrobiologis. Proses mikrobiologis adalah proses konversi biologi bahan organik yang terjadi selama



proses pengomposan dan proses ini dilakukan oleh mikroorganismenya yang termasuk dalam 3 (tiga) kategori utama meliputi bakteri, fungi, dan aktinomisetes (Rachman, 2002).



Gambar 4. Fase selama proses pengomposan sebagaimana berhubungan dengan CO<sub>2</sub> dan suhu

Menurut Isroi (2008) selama proses pengomposan, terdapat tiga kondisi terpisah yang berhubungan dengan mikroorganismenya, pendekomposisi dan temperatur, yakni mencakup mesofilik, termofilik, dan pendinginan seperti pada Gambar 4.

Menurut Simamora dan Salundik (2006) dalam Sugiarti (2011), secara umum kompos yang sudah matang dapat dicirikan sebagai berikut:

- Berwarna coklat hingga hitam
- Tidak mengeluarkan bau
- Tidak larut dalam air, meskipun sebagian dari kompos bisa

bentuk suspensi

memiliki C/N sebesar 10-20

memiliki kapasitas pemindahan kation dan absorpsi yang tinggi.



- f. Daya serap air tinggi.
- g. Struktur remah, tidak menggumpal.
- h. Memiliki suhu yang hampir sama dengan suhu ruang.

## 2. Manfaat Kompos

Kompos ibarat multivitamin untuk tanah pertanian. Kompos bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang perakaran yang sehat, memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan akan meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah. Aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman akan meningkat dengan penambahan kompos (Rachman, 2002).

Menurut Sugiarti (2011) kompos memiliki keunggulanyaitu:

- a. Memperbaiki struktur tanah. Lahan pertanian atau media tanam pada pot yang sudah terlalu lama dipupuk dengan pupuk kimia, terutama urea (pupuk dengan kandungan N tinggi) akan menjadi keras, berliat dan asam. Pupuk kompos yang remah dan gembur akan memperbaiki pH dan strukturnya.
- b. Memiliki kandungan unsur mikro dan makro. Walaupun kandungannya sedikit, tetapi kelengkapannya sangat diperlukan tanaman. Tanaman

kekurangan salah satu unsur mikro atau makro akan terhambat



pertumbuhannya, sehingga menyebabkan tanaman tidak bisa menyerap unsur hara yang diperlukan.

- c. Mampu menyerap dan menampung air lebih lama dibandingkan dengan pupuk kimia. Selain itu juga kompos membantu meningkatkan jumlah mikroorganisme pada media tanam, sehingga dapat meningkatkan unsur hara tanaman.
- d. Memperbaiki drainase dan tata udara tanah, terutama tanah berat, dan
- e. Memperbesar daya ikat tanah yang berpasir sehingga struktur tanah akan menjadi baik.

Peran bahan organik terhadap sifat fisik tanah ialah merangsang granulasi, memperbaiki aerasi tanah, dan meningkatkan kemampuan menahan air. Peran bahan organik terhadap sifat biologis tanah ialah meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang berperan pada fiksasi nitrogen dan transfer hara tertentu seperti N, P, dan S. Peran bahan organik terhadap sifat kimia tanah ialah meningkatkan kapasitas tukar kation sehingga mempengaruhi serapan hara oleh tanaman Gaur (1980) dalam (Sugiarti, 2011).

Aktivitas mikroba yang terkandung dalam kompos membantu tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Aktivitas mikroba tanah juga diketahui dapat membantu tanaman menghadapi

penyakit. Tanaman yang dipupuk dengan kompos juga lebih baik kualitasnya daripada tanaman yang dipupuk dengan



pupuk kimia, misalnya, hasil panen lebih tahan disimpan, lebih berat, lebih segar dan lebih enak (Lucia, 2013).

### G. Kerangka Konseptual

Pengolahan kakao dalam memenuhi kebutuhan manusia mengakibatkan banyaknya limbah kulit buah kakao yang tertumpuk di perkebunan dan mencemari lingkungan. Limbah tersebut adalah limbah organik.

Upaya penanganan pencemaran limbah kulit buah kakao di lingkungan salah satunya dengan pemanfaatan bakteri unggul sebagai bioaktivator yang mampu mengurai limbah kulit buah kakao secara efektif dan efisien. Pemanfaatan ini dilakukan pada proses pengomposan.

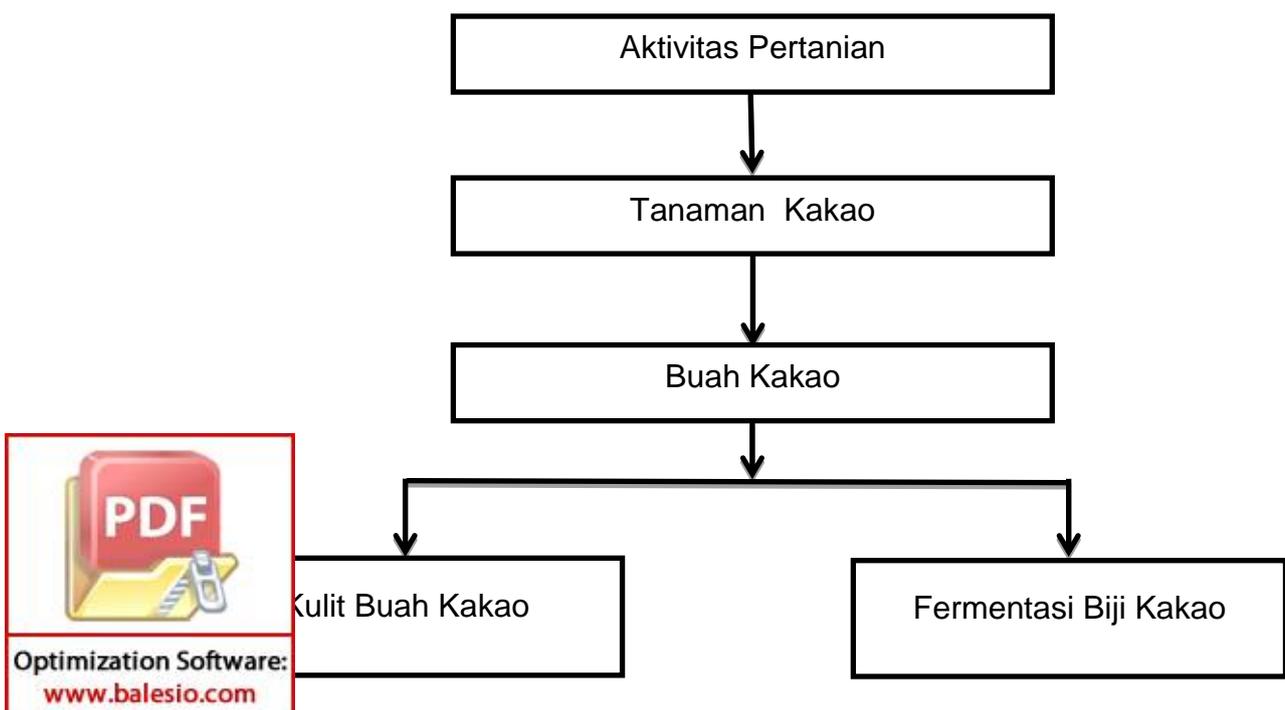
Pengomposan merupakan proses penguraian secara biologis dalam membantu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Secara fisik ialah merangsang granulasi, memperbaiki aerasi tanah, dan meningkatkan kemampuan menahan air. Sedangkan peran kompos terhadap sifat kimia tanah ialah meningkatkan kapasitas tukar kation sehingga mempengaruhi serapan hara oleh tanaman, dan secara biologis kompos dapat meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme yang berperan pada fiksasi nitrogen dan transfer hara tertentu. Hal tersebut dilakukan dengan pencampuran antara bakteri yang telah diidentifikasi

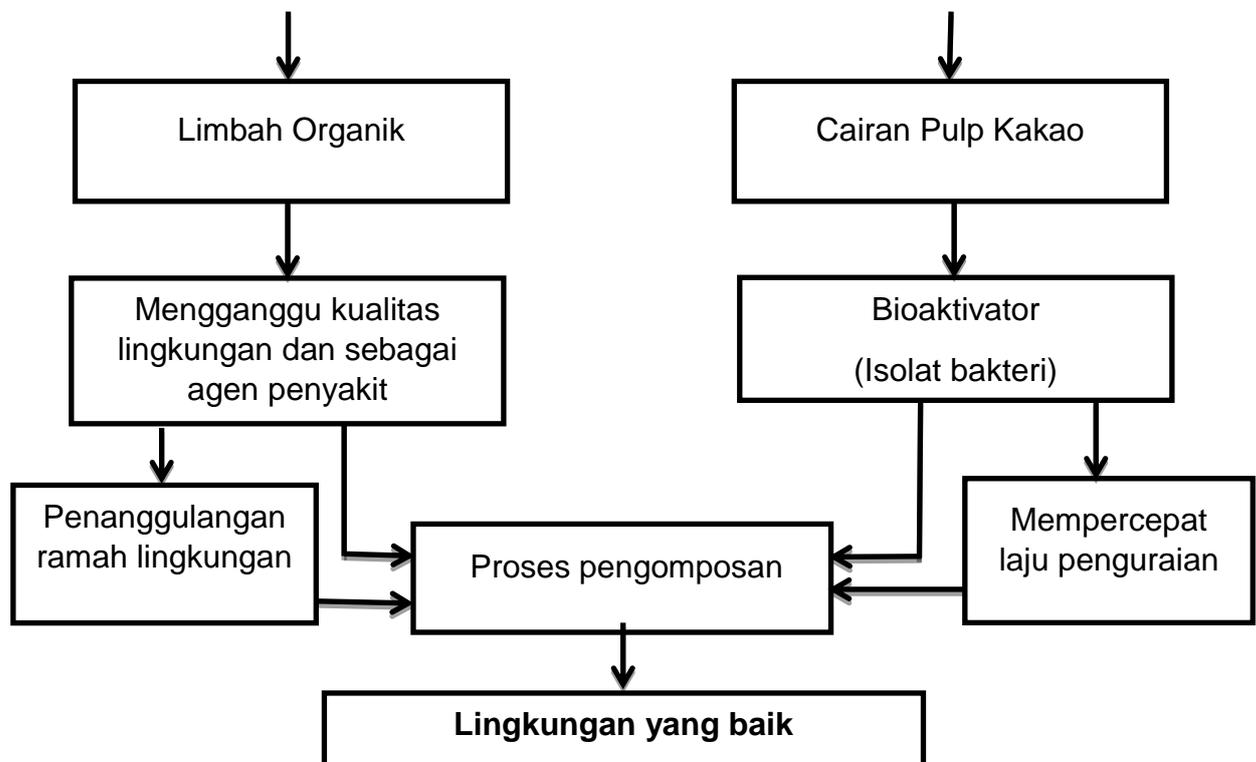
limbah kulit buah kakao.



Penanganan limbah kulit buah kakao diharapkan dapat meningkatkan sanitasi lingkungan, dan memperoleh bakteri yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan kompos untuk pupuk organik yang ramah lingkungan sebagai upaya konservasi tanah dan air, sehingga dapat menciptakan pembanguna yang berwawasan lingkungan.

Untuk lebih memahami alur pemikiran penelitian ini, maka perlu dibuatkan kerangka pikir penelitian dalam melukiskan hubungan beberapa konsep yang akan diteliti yang arahnya untuk menjawab rumusan masalah dan disusun secara deskriptif dengan hubungan variable dan indikatornya dalam bentuk bagan seperti di bawah ini.





Gambar 5. Kerangka Konseptual Penelitian

## H. Hipotesis

Dengan mengaplikasikan isolat bakteri dari cairan *pulp* kakao dapat menurunkan kadar lignin dan selulosa, serta dapat mempercepat laju penguraian limbah kulit buah kakao untuk menghasilkan kompos, sebagai alternatif pengendalian pencemaran lingkungan dan

silkan rasio C/N yang memenuhi Standar Nasional Indonesia.

