

# PERUBAHAN SIFAT KIMIA DAN POPULASI MIKROBIOLOGI SELAMA FERMENTASI

Rujiah<sup>1</sup>, Mulono Apriyanto<sup>2</sup>, Akbar Alfa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dinas Pertanian Tanaman Pangan Hortikultura dan Peterankan Kabupaten Indragiri Hilir

<sup>2</sup>Universitas Lancang Kuning

<sup>3</sup>Universitas Islam Indragiri

Email: mulonoapriyanto71@gmail.com (korespondensi)

## Abstract

*This study aims to determine changes in chemical properties in the fermentation of dried cocoa beans. Sun-dried cocoa beans obtained from farmers have a non-uniform moisture content. In order to minimize fermentation failure, dry cocoa beans are obtained by drying fresh cocoa beans using a dryer cabinet with previously conditioned temperatures such as drying with sunlight, and each sugar content is determined. Fermentation experiments of dried cocoa beans were carried out fermentation in fermentation containers with a number of beans of 150 grams per container. Before fermenting, dry cocoa beans are rehydrated so that the moisture content is close to fresh beans, then dried cocoa beans are incubated for six days without being turned over during fermentation. Each treatment was repeated three times and observed every 24 hours to 120 hours. The results showed that chemical and physical changes increased according to SNI.*

**Keywords:** *fermentation, dry beans drying, Saccharomyces cerevisiae, Lactobacillus lactis dan Acetobacter aceti*

## Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat kimia pada fermentasi biji kakao kering jemur. Biji kakao kering jemur yang diperoleh dari petani memiliki kadar air yang tidak seragam. Guna menimalkan kegagalan fermentasi maka biji kakao kering jemur diperoleh melalui pengeringan biji kakao segar menggunakan kabinet dryer dengan sebelumnya dikondisikan pada suhu seperti pengeringan dengan sinar matahari, dan masing ditentukan kadar gula reduksinya. Percobaan fermentasi biji kakao kering dilakukan fermentasi pada wadah fermentasi dengan jumlah biji 150 gram setiap wadah. Sebelum difermentasi terlebih dahulu biji kakao kering jemur di rehidrasi agar didapat kadar air mendekati biji segar, kemudian biji kakao kering jemur diinkubasi selama enam hari dan tanpa dibalik selama fermentasi. Setiap perlakuan diulangi tiga kali dan diamati tiap 24 jam sampai 120 jam. Hasil penelitian menunjukkan perubahan kimia dan fisik mengalami peningkatan sesuai SNI.*

**Kata kunci:** *fermentasi, biji kakao kering jemur, Saccharomyces cerevisiae, Lactobacillus lactis dan Acetobacter aceti*

## 1. PENDAHULUAN

Ada 2 cara penanganan pasca panen biji kakao segar (basah) ditingkat petani yaitu produksi biji kakao kering jemur " dengan fermentasi "dan biji kakao kering jemur tanpa fermentasi [1], [2], [3]. Biji kakao kering jemur tanpa fermentasi terdiri atas biji kakao kering jemur (produksi petani) dan biji kakao kering jemur setengah fermentasi. Pada umumnya petani kakao hanya merendam biji kakao segar dalam air dalam upaya untuk membantu menghilangkan pulp dan

dilanjutkan penjemuran [4].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Fermentasi

Fermentasi adalah proses perombakan gula dan asam sitrat dalam pulp menjadi asam-asam organik yang dilakukan oleh mikrobia pelaku fermentasi [5], [6]. Asam-asam organik tersebut akan menginduksi reaksi enzimatik yang ada di dalam biji sehingga terjadi perubahan biokimia yang akan membentuk senyawa yang memberi

aroma, rasa, dan warna pada kakao [7]. Proses fermentasi terbagi 3 tahapan [8] yaitu; 1. Tahap anaerobic terjadi pada 24-36 jam pertama. Yeast akan mengkonversi gula menjadi alkohol dalam kondisi rendah oksigen dan pH dibawah 4, 2, Tahap *Lactobacillus lactis* : keberadaannya mulai dari awal fermentasi, tetapi hanya menjadi dominan antara 48 dan 96 jam. *Lactobacillus lactis* mengkonversi gula dan sebagian asam organik menjadi asam laktat. 3, Tahap bakteri asam asetat : keberadaan bakteri asam asetat juga terjadi selama fermentasi, tetapi menjadi sangat signifikan hingga akhir ketika terjadi peningkatan aerasi. Bakteri asam asetat berperan dalam mengkonversi alkohol menjadi asam asetat. Konversi tersebut akibat reaksi eksotermik yang sangat kuat yang berperan dalam peningkatan suhu. Pada tahap ini suhu bisa mencapai 50°C atau lebih tinggi pada sebagian fermentasi.

Proses ini dilakukan dengan cara memeras biji kakao pada wadah tertutup selama 5-7 hari dengan disertai pembalikan setiap 2 hari sekali. Tanpa melalui proses fermentasi biji kakao akan terasa pahit, sepat, dan tidak akan menghasilkan aroma khas cokelat ketika diolah [9], [10].

## 2.2. Biji Kakao Kering

Biji kakao kering telah kehilangan sebagian besar kandungan air dan substrat. Kandungan air selama fermentasi digunakan dalam reaksi enzimatik dalam biji dan pertumbuhan mikrobia di dalam pulp [11], [12]. Air akan mempertemukan enzim dengan substrat yang ada di dalam biji sehingga proses hidrolisis dan oksidasi senyawa calon rasa, warna, dan aroma pada kakao dapat terjadi. Kandungan air yang dibutuhkan dalam fermentasi kakao adalah lebih dari 35%. Substrat adalah bahan yang dirombak oleh mikrobia selama proses fermentasi. Substrat dalam fermentasi biji kakao adalah gula dan asam sitrat yang terkandung dalam pulp.

Mikrobia akan melakukan perombakan senyawa gula dalam pulp menjadi asam-asam organik selama fermentasi. Asam akan berdifusi masuk ke dalam biji dan menginduksi reaksi enzimatik untuk membentuk senyawa calon rasa, aroma dan warna [13]. Menurut [14] keberhasilan fermentasi biji kakao dipengaruhi oleh substrat dan jumlah mikrobia selama fermentasi. Berdasarkan hal diatas maka perlu diupayakan pengembalian kandungan air biji kakao sebelum fermentasi.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Buah kakao varietas forastero, memiliki karakteristik sebagai berikut: panjang buah ±15 cm, diameter ±8 cm, kulit buah masak optimal berwarna orange, jumlah biji tiap pod ± 35 keping biji.

Buah tanpa dicuci kemudian dibelah untuk dikeluarkan bijinya dan dikeringkan pada cabinet dryer dengan suhu 40°C hingga kadar air biji menjadi 15%. 100 gram biji kakao kering dibasahi dengan air sebanyak 60 ml selanjutnya difermentasi selama 5 hari (120 jam) secara spontan pada suhu kamar dan diambil data perubahan gula reduksi, kandungan etanol, dan sukresi mikrobia selama fermentasi untuk menentukan kualitas hasil fermentasi diukur pH dan keasaman biji dan indeks fermentasi.

Fermentasi yang dilakukan dengan tiga cara yaitu; 1) biji kakao tanpa penambahan biakan murni (kontrol), 2) biji kakao ditambahkan campuran biakan murni (IA), 3) biji kakao ditambahkan biakan murni secara bertahap diawal fermentasi ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae*, setelah jam ke 24 ditambahkan *Lactobacillus lactis* kemudian setelah 48 jam ditambahkan *Acetobacter aceti* (IB).

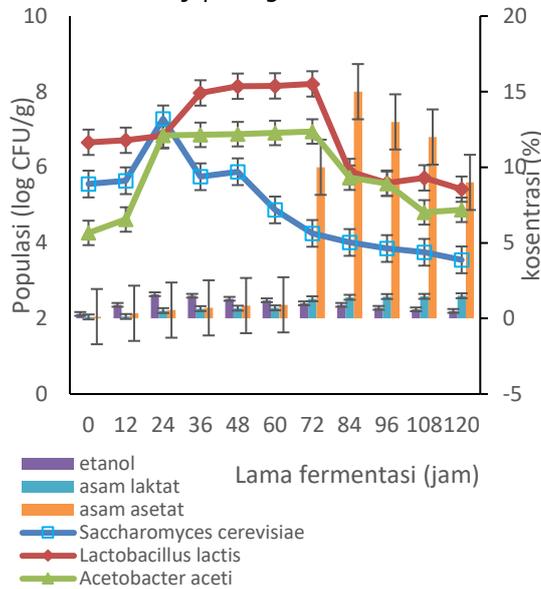
Hasil fermentasi dilakukan uji kadar asam titrasi, kadar gula reduksi ditentukan dengan metode Nelson-somogy, pH, ke asaman biji kakao kering selama fermentasi, dan indeks fermentasi. Data dianalisis menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengaruh populasi *S. cerevisiae*, *L. lactis* dan *A. aceti* terhadap konsentrasi etanol, asam laktat dan asam asetat biji kakao pada perlakuan kontrol, penambahan inokulum diawal fermentasi dan penambahan inokulum secara bertahap selama fermentasi

Proses fermentasi dapat dibedakan menjadi 3 tahap yaitu; pertama tahap anaerobik saat khamir melakukan perannya merombak gula menjadi alkohol dengan kondisi kurang oksigen, dan pH < 4; 2. Kedua tahap bakteri asam laktat yang dimulai sejak awal fermentasi dan pertumbuhan dan peran optimalnya setelah 48 – 96 jam fermentasi, saat bakteri asam laktat berperan merombak gula menjadi asam laktat; dan ketiga tahap bakteri asam asetat yang berperan setelah fermentasi memiliki aerasi baik yang berlangsung setelah 48 fermentasi dan berakhir setelah 112 jam fermentasi. Gula didalam pulp merupakan substrat yang dapat dirombak menjadi etanol, sedangkan inokulasi khamir meningkatkan jumlah mikrobia yang bekerja merombak gula menjadi etanol. Peningkatan proses fermentasi yang terjadi akibat inokulasi mikroorganisme banyak dilaporkan pada beberapa penelitian. [7], [15] pada penelitiannya melaporkan penambahan biakan *Saccharomyces cerevisiae* dan beberapa biakan bakteri lain dapat meningkatkan kinerja fermentasi biji kakao.

Hubungan populasi *S. cerevisiae*, *L. lactis* dan *A. aceti* terhadap konsentrasi etanol, asam laktat dan asam asetat biji kakao pada kontrol selama fermentasi tersaji pada gambar 1.



**Gambar 1.** Hubungan populasi *S. cerevisiae*, *L. lactis* dan *A. aceti* terhadap konsentrasi etanol, asam laktat dan asam asetat biji kakao pada kontrol selama fermentasi

Gambar 1 terlihat bahwa Populasi *Saccharomyces cerevisiae* naik menjadi 10<sup>7</sup> log CFU/g setelah fermentasi 24 jam kemudian turun menjadi 10<sup>2</sup> log CFU/g diakhir fermentasi (120 jam fermentasi). Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas *S. cerevisiae* turun saat pengeringan dan kembali aktif setelah dilakukan rehidrasi kadar air pulp. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian [16], yaitu populasi khamir naik 24 jam fermentasi kemudian turun sampai diakhir fermentasi. mengingat suhu optimum untuk pertumbuhan *S. cerevisiae* adalah antara suhu 30 – 35°C, sehingga populasi *S. cerevisiae* dalam penelitian ini tumbuh cepat dari 10<sup>5</sup> logCFU/g sampai 10<sup>7</sup> logCFU/g setelah 24 fermentasi.

Aktivitas *S. cerevisiae* juga dapat ditunjukkan oleh kenaikan hasil degradasi gula menjadi etanol. Kandungan etanol diawal fermentasi sebesar 0,35% dan mencapai kandungan tertinggi setelah 24 jam fermentasi yaitu sebesar 1,6%. *S. cerevisiae* mempunyai peran penting dalam fermentasi kakao terutama untuk menghasilkan alkohol dengan kondisi oksigen terbatas namun kadar gula relatif tinggi. Alkohol selanjutnya diubah menjadi asam asetat oleh *A. aceti*.

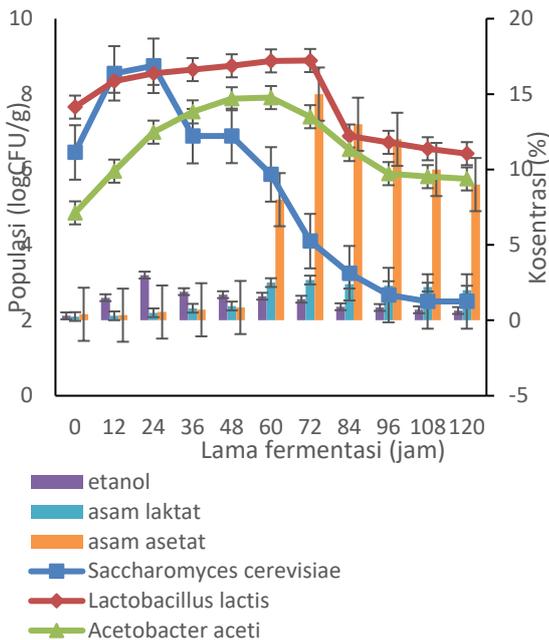
Setelah 24 jam fermentasi populasi *S. cerevisiae* mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah etanol

dan mulai membaiknya aerasi pada tumpukan massa biji, selanjutnya peran *S. cerevisiae* dilanjutkan oleh *L. lactis* karena kondisi lingkungan fermentasi mulai ideal untuk pertumbuhan bakteri *L. lactis*, dan kandungan gula pulp masih tersedia meskipun dalam jumlah kecil. *L. lactis* merupakan salah satu bakteri asam laktat yang bersifat anaerob atau mikroaerofilik [17]. Pertumbuhan optimum bakteri asam laktat terjadi setelah fermentasi 36 jam dengan populasi sel *L. lactis* berkisar 10<sup>8</sup>-10<sup>9</sup> log CFU/g [18].

Gambar 1 menunjukkan bahwa populasi *L. lactis* diawal fermentasi sebesar 10<sup>6</sup> log CFU/g, kemudian naik menjadi 10<sup>8</sup> log CFU/g setelah 36 jam fermentasi dan terus naik menjadi 10<sup>9</sup> log CFU/g setelah 72 jam fermentasi turun sampai 10<sup>5</sup> log CFU/g, sampai akhir fermentasi menjadi 10<sup>6</sup> log CFU/g. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian [19] bahwa pertumbuhan optimum bakteri asam laktat terjadi setelah jam ke 36 dengan populasi *L. lactis* 10<sup>8</sup> – 10<sup>9</sup> log CFU/g [19] serta hasil penelitian [20] yang menyatakan bahwa *L. lactis* naik sampai 72 jam fermentasi. Aktivitas *L. lactis* selama fermentasi juga ditunjukkan dengan produksi asam laktat, sedangkan populasi *L. lactis* diawal fermentasi sebesar 10<sup>7</sup> logCFU/g dan kandungan asam laktat 0,35%. Populasi *L. lactis* naik sampai 10<sup>9</sup> log CFU/g setelah 72 jam fermentasi dan kandungan tertinggi asam laktat setelah 60 jam fermentasi yaitu sebesar 3,01% dan turun sampai ±2%.

Semakin berkurangnya gula pada pulp serta mulai membaiknya aerasi juga meningkatnya suhu lingkungan fermentasi peran *A. aceti* dimulai. *A. aceti* adalah bakteri asam asetat yang merombak etanol menjadi asam asetat. Populasi *A. aceti* diawal fermentasi 10<sup>4</sup> log CFU/g kemudian meningkat sampai 10<sup>6</sup> log CFU/g jam ke 24 sampai jam ke 72 menjadi 10<sup>7</sup> log CFU/g kemudian turun menjadi 10<sup>4</sup> log CFU/g. Selain populasinya bertambah *A. aceti* juga memproduksi asam asetat. Konsentrasi asam asetat diawal fermentasi 0,08% seiringi populasi *A. aceti* bertambah meningkat juga konsentrasi asam asetat. Populasi *A. aceti* meningkat di jam 72 yaitu 10<sup>8</sup> logCFU/g dengan konsentrasi asam asetat tertinggi terjadi pada jam ke 84 yaitu 20% selanjutnya konsentrasi turun sampai 18%.

Penambahan inokulum diawal menyebabkan peningkatan jumlah *S. cerevisiae*, *L. lactis* dan *A. aceti*, sehingga perubahan proses fermentasi lebih baik. Hal ini ditandai dengan perubahan suhu selama fermentasi serta konsentrasi etanol, asam laktat dan asam asetat yang dihasilkan.



**Gambar 2.** Hubungan populasi *S. cerevisiae*, *L. lactis* dan *A. aceti* terhadap konsentrasi etanol, asam laktat dan asam asetat biji kakao hasil penambahan inokulum diawal fermentasi selama fermentasi

Gambar 2 terlihat bahwa diawal fermentasi populasi fermentasi populasi *S. cerevisiae* sebesar  $10^6$  log CFU/g, *L. lactis*  $10^8$  log CFU/g dan *A. aceti*  $10^5$  log CFU/g. Peningkatan populasi *S. cerevisiae* perlakuan penambahan inokulum diawal terjadi setelah fermentasi 12 dan 24 jam disebabkan dicapainya suhu fermentasi optimal untuk pertumbuhan *S. cerevisiae*. Kandungan etanol naik karena populasi dan aktivitas *S. cerevisiae* naik karena penambahan inokulum. populasi *L. lactis* naik secara perlahan dari  $10^7$  log CFU/g menjadi  $10^9$  log CFU/g, kemudian turun menjadi  $10^6$  log CFU/g. kandungan asam laktat diawal fermentasi 0,25%. Makin naik sejalan lama fermentasi maka kandungan asam laktat naik dan mencapai tertinggi setelah 72 jam fermentasi yaitu sebesar 15%.

Jumlah sel *A. aceti* diawal fermentasi pada Gambar 2. yaitu  $10^4$  log CFU/g kemudian perlahan meningkat pada jam ke 48 sampai  $10^8$  log CFU/g kemudian perlahan turun menjadi  $10^5$  log CFU/g diakhir fermentasi. Pertumbuhan *A. aceti* diawal yang lambat dikarenakan bakteri ini memanfaatkan alkohol hasil metabolisme *S. cerevisiae*, sehingga mulai ada alkohol *A. aceti* mulai aktif dan menunjukkan peningkatan. Seiring penurunan konsentrasi

alkohol terjadi peningkatan konsentrasi asam asetat.

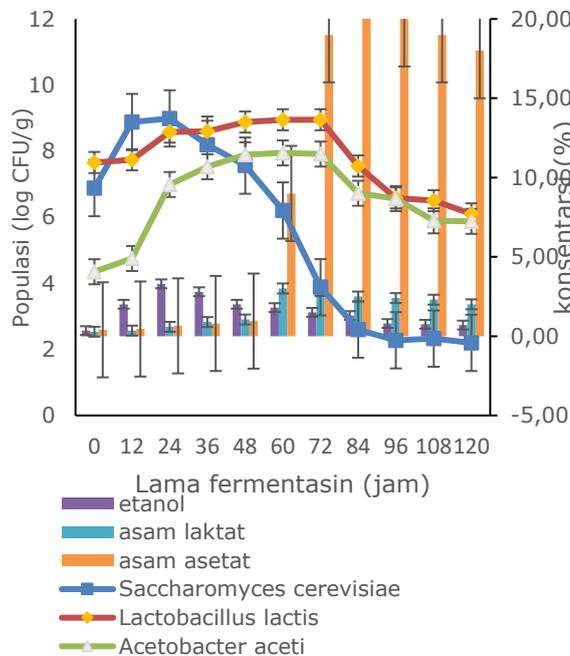
Konsentrasi asam asetat diawal fermentasi 0,4% seiring lama fermentasi serta meningkatnya jumlah sel *A. aceti* meningkat juga konsentrasi asam asetat. Konsentrasi asam asetat tertinggi terjadi pada jam ke 72 yaitu 15%, kemudian turun sampai 9% diakhir fermentasi. Hal ini sejalan dengan penelitian [20] bahwa selama fermentasi terbentuk alkohol, asam laktat, asam asetat dan peningkatan suhu fermentasi. Bertambahnya konsentrasi asam asetat menunjukkan aktifitas *A. aceti* meningkat sehingga peningkatannya juga ditandai dengan peningkatan suhu fermentasi.

Penambahan inokulum secara bertahap menunjukkan naiknya suhu fermentasi dan naiknya populasi *S. cerevisiae*, *L. lactis* dan *A. aceti*. Gambar 3. menunjukkan bahwa *S. cerevisiae* diawal fermentasi mengalami peningkatan dibandingkan pada perlakuan yang lain, hal ini karena penambahan *S. cerevisiae* dilakukan diawal fermentasi sebesar  $10^8$  logCFU/g. Populasi *L. lactis* pada penambahan inokulum secara bertahap diawal fermentasi tidak berbeda dengan perlakuan yang lain yaitu sebesar  $10^8$  log CFU/g dan populasi *A. aceti* pada perlakuan penambahan inokulum secara bertahap tidak berbeda dengan perlakuan penambahan inokulum diawal yaitu sebesar  $10^4$  log CFU/g. Hasil ini sejalan dengan penelitian [20], [21], bahwa populasi *A. aceti* dipengaruhi oleh populasi *S. cerevisiae*. Populasi *A. aceti* diawal fermentasi yaitu  $10^4$  log CFU/g kemudian perlahan meningkat pada jam ke 48 sampai  $10^8$  logCFU/g kemudian perlahan turun menjadi  $10^5$  log CFU/g diakhir fermentasi.

Gambar 3. menunjukkan bahwa diawal fermentasi populasi *S. cerevisiae* sebesar  $10^7$  log CFU/g dengan kandungan etanol 0,4%, kemudian populasi *S. cerevisiae* naik menjadi  $10^8$  log CFU/g setelah 12 jam fermentasi dengan kenaikan kandungan alkohol mencapai 2%. Setelah 24 jam maka populasi *S. cerevisiae* sebesar  $10^9$  log CFU/g dan kandungan etanol 3,3%, kondisi demikian merupakan populasi dan kandungan etanol tertinggi pada perlakuan penambahan inokulum secara bertahap. Selanjutnya populasi *S. cerevisiae* turun sampai  $10^2$  log CFU/g di jam ke 120 dan kandungan etanol turun menjadi 0,7%, hal ini sejalan dengan penelitian [22], [23] bahwa khamir mampu bertahan sampai 6 hari atau 144 jam populasi *S. cerevisiae* sebesar  $10^2$  logCFU/g.

Populasi *L. lactis* hasil perlakuan penambahan inokulum secara bertahap diawal fermentasi sebesar  $10^8$  logCFU/g dengan

kandungan asam laktat 0,2%, kemudian naik menjadi  $10^9$  logCFU/g setelah 72 jam fermentasi kandungan asam laktat sebesar 3%, Selanjutnya turun menjadi  $10^6$  log CFU/g, dengan kandungan asam laktat 2%. Populasi *L.lactis* pada penambahan inokulum secara bertahap lebih kecil dibanding hasil penelitian [23] yaitu  $10^9$  log CFU/g.



**Gambar 3.** Hubungan populasi *S. cerevisiae*, *L. lactis* dan *A. aceti* terhadap konsentrasi etanol, asam laktat dan asam asetat biji kakao hasil penambahan inokulum secara bertahap selama fermentasi

Konsentrasi asam laktat pada penelitian ini sejalan dengan pernyataan [17] bahwa konsentrasi asam laktat diakhir fermentasi masih 1- 3%. Populasi *A. aceti* diawal fermentasi  $10^4$  log CFU/g dengan kandungan asam asetat 0,4% selanjutnya populasi naik menjadi  $10^8$  log CFU/g dengan kandungan asam asetat 19% setelah 72 jam fermentasi, dan turun menjadi  $10^6$  log CFU/g dengan kandungan asam asetat 18% diakhir fermentasi (120 jam fermentasi). Pola pertumbuhan *A. aceti* pada penelitian ini meningkat diawal fermentasi sampai jam ke 72 dengan pertumbuhan optimum pada jam ke 72, hal ini berbeda dengan penelitian [23] dimana populasi *A. aceti*  $10^8$  log CFU/g diawal fermentasi kemudian menurun sampai hari 1 kemudian menuju kondisi optimum pada hari ke 3 fermentasi.

Jenis dan populasi bakteri dalam suatu fermentasi berkaitan erat dengan kondisi ekstrinsik dan intrinsik. Dalam hal fermentasi kakao, tempat fermentasi, jenis kakao, dan

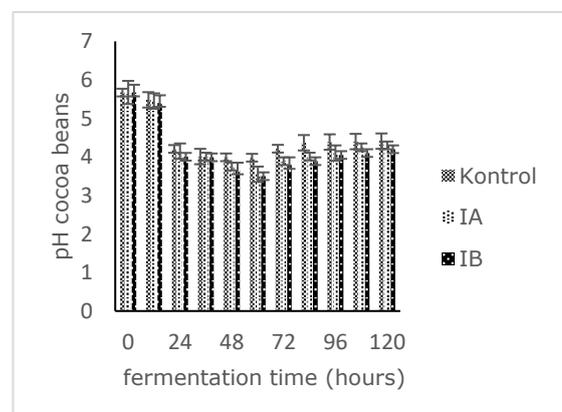
kondisi geografis tempat tumbuh kakao mempunyai pengaruh terhadap ekologi mikrobia yang terlibat dalam fermentasi. Dengan alasan tersebut, maka jumlah bakteri asam laktat pada penelitian ini lebih rendah dibanding sejumlah bakteri tersebut ( $10^9$  -  $10^{10}$  cfu/g pada 36 jam fermentasi) pada penelitian [23].

Populasi *S. cerevisiae*, *L. lactis* dan *A. aceti* serta jumlah etanol, asam laktat dan asam asetat yang dihasilkan serta didukung oleh perubahan suhu yang terjadi selama fermentasi maka dapat dikatakan bahwa proses fermentasi yang berjalan baik terjadi pada perlakuan penambahan inokulum secara bertahap. Proses fermentasi selain mendegradasi gula menjadi senyawa asam-asam organik, juga terjadi proses oksidasi polifenol karena panas dan difusi asam kedalam keping biji.

#### 4.2. pH biji kakao

Selama fermentasi mikrobia mendegradasi gula pada pulp sehingga menghasilkan alkohol dan asam organik yang terdifusi kedalam biji. Produksi asam dari degradasi pulp sangat penting dalam fermentasi, dengan terdifusinya asam kedalam biji menjadi awal reaksi biokimia dalam biji dimulai yang akan menghasilkan biji kakao fermentasi yang baik.

Diawal fermentasi keasaman biji meningkat hingga hari ketiga fermentasi kemudian menurun hingga akhir fermentasi. Hal ini karena diawal fermentasi belum terjadi difusi asam kedalam biji sehingga nilai keasaman biji rendah dengan pH biji kakao tinggi antara 5 - 6. Setelah hari ke tiga terjadi difusi asam mengakibatkan nilai keasaman biji menurun karena beberapa asam yang terdifusi menguap sehingga keasaman biji rendah.



**Gambar 4.** Perubahan pH biji selama fermentasi

Antara pH dan keasaman biji saling

berhubungan dimana pH menunjukkan nilai yang rendah maka nilai keasaman biji meningkat. Pengolahan kakao menghendaki pH biji antara 5,2 - 5,8 untuk menghasilkan cocoa butter yang berkualitas (Wood dan Lass, 2001). Data pengamatan pH biji selama fermentasi tersaji dalam gambar 4.

Biji kakao kering jemur pH awal 5.7 kemudian mengalami penurunan hingga 3.8 di jam ke 48. Hal ini disebabkan oleh asam organik hasil fermentasi mengalami difusi kedalam biji kemudian meningkat sampai pH 4.4 karena beberapa asam organik mulai menguap dan sebagian tertinggal dalam biji. Kualitas mutu fermentasi juga diukur melalui nilai indeks fermentasi.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Biji kakao kering jemur dapat perbaiki mutunya melalui perendaman selanjutnya difermentasi dengan perlakuan kontrol, penambahan inokulum diawal fermentasi dan penambahan inokulum secara bertahap. Perbaikan mutu biji kakao kering jemur terlihat dari perubahan kimia pada biji kakao kering jemur pasca fermentasi dengan parameter diatas..

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Apriyanto, Y. Riono, and R. Rujiah, "Pengaruh Populasi Mikroba pada Re-fermentasi terhadap Kualitas Biji Kakao Tanpa Fermentasi," *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 9, no. 2, pp. 64-71, Oct. 2020, doi: 10.30598/jagritekno.2020.9.2.64.
- [2] M. Apriyanto, H. Mardesci, and Rujiah, "PERUBAHAN ASAM ASETAT, TOTAL POLIFENOL DAN WARNA BIJI KAKAO ASALAN SELAMA FERMENTASI Change of Acetic Acid, Total Polifenol and Color of Coconut Origin During Fermentation," *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, vol. 15, no. 1, pp. 10-16, 2020.
- [3] M. Apriyanto, "Latar Belakang Masalah Penelitian," in *Metodologi Penelitian Pertanian*, Nuta Media, 2021.
- [4] P. M. Etaware, "The effects of the phytochemistry of cocoa on the food chemistry of chocolate(s) and how disease resistance in cocoa can be improved using CRISPR/Cas9 technology," *Food Chemistry: Molecular Sciences*, vol. 3, p. 100043, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.fochms.2021.100043.
- [5] M. Kahala, S. Mäkinen, and A. Pihlanto, "Impact of Fermentation on Antinutritional Factors," in *Bioactive Compounds in Fermented Foods*, New York: CRC Press, 2021, pp. 185-206. doi: 10.1201/9780429027413-10.
- [6] R. Chourasia, C. L. Phukon, and M. M. Abedin, "Microbial Transformation during Gut Fermentation," in *Bioactive Compounds in Fermented Foods: Health Aspects*, books.google.com, 2021.
- [7] W. Haliza, E. Y. Purwani, Fardiaz Dedi, and M. T. Suhartono, "KAKAO FERMENTASI: PELEPASAN PEPTIDA BIOAKTIF DAN MANFAATNYA BAGI KESEHATAN," *Perspektif*, vol. 18, no. 2, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.21082/psp.v18n2.2019.104-119>.
- [8] M. M. Oliveira, B. V. Cerqueira, S. Barbon, and D. F. Barbin, "Classification of fermented cocoa beans (cut test) using computer vision," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 97, no. 1, p. 103771, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jfca.2020.103771.
- [9] R. Gupta and M. Meghwal, "Fermented Food Based on Cereal and Pulses," in *Advances in Cereals Processing Technologies*, books.google.com, 2021.
- [10] A. H. Lee *et al.*, "A laboratory-scale model cocoa fermentation using dried, unfermented beans and artificial pulp can simulate the microbial and chemical changes of on-farm cocoa fermentation," *European Food Research and Technology*, vol. 245, no. 2, pp. 511-519, Feb. 2019, doi: 10.1007/s00217-018-3171-8.
- [11] E. O. Afoakwa, J. Quao, J. Takrama, A. S. Budu, and F. K. Saalia, "Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 50, no. 6, pp. 1097-1105, 2013, doi: 10.1007/s13197-011-0446-5.
- [12] H. Mardesci, R. R. Utami, and M. Apriyanto, "IMPACT OF ADDING NKL AND FERMIPAN YEAST: MICROBIAL POPULATION AND DISCOLORATION OF COCOA BEAN 'ASALAN' CHIPS DURING FERMENTATION," *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, vol. 18, no. 1, pp. 13-23, 2023.
- [13] A. Rahmadi, Y. Yunus, M. Ulfah, K. P. Candra, and S. Suwasono, "Fermentasi Terinduksi Acetobacter aceti dan Saccharomyces cerevisiae untuk Industri Kakao di Kalimantan Timur," *Jurnal Riset Teknologi Industri*, vol. 15, no. 2, p. 327, Dec. 2021, doi: 10.26578/jrti.v15i2.6997.
- [14] M. Apriyanto and R. Novitasari, "During

- Fermentation, Microbiology and Biochemistry of the Cocoa Bean," *International Journal of Food Science and Agriculture*, vol. 5, no. 4, pp. 688–691, Nov. 2021, doi: 10.26855/ijfsa.2021.12.016.
- [15] S. Ramlah, W. Wahyuni, A. N. Amalia, and D. Indriana, "KARAKTERISTIK KIMIA, SENSORI DAN MIKROBIOLOGI COKELAT DENGAN CAMPURAN SAWI HIJAU DAN JAGUNG MANIS (*Zea mays*, L.) MENGGUNAKAN BIJI KAKAO FERMENTASI," *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, vol. 17, no. 2, p. 14, Dec. 2022, doi: 10.33104/jihp.v17i2.7825.
- [16] N. Luh, P. Novi, A. Aryani, N. L. Yulianti, and G. Arda, "Karakteristik Biji Kakao Hasil Fermentasi Kapasitas Kecil dengan Jenis Wadah dan Lama Fermentasi yang Berbeda," *JURNAL BETA (BIOSISTEM DAN TEKNIK PERTANIAN)*, vol. 6, no. 1, pp. 17–24, 2018.
- [17] H. A. Sigalingging, S. H. Putri, and T. Iflah, "PERUBAHAN FISIK DAN KIMIA BIJI KAKAO SELAMA FERMENTASI," *Jurnal Industri Pertanian*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [18] N. C. Misbakh, L. Cempaka, W. David, and N. Asiah, "Studi Meta-analisis: Pengaruh Penambahan Kultur Starter pada Profil Fermentasi, Mikroorganisme, dan Metabolit Hasil Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.)," *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, vol. 10, no. 2, pp. 77–96, Oct. 2022, doi: 10.25181/jaip.v10i2.2545.
- [19] R. Marpaung and S. N. Putri, "KARAKTERISTIK MUTU ORGANOLEPTIK OLAHAN COKLAT DENGAN LAMA FERMENTASI YANG BERBEDA PADA BIJI KAKAO LINDAK (*Theobroma cacao* L.).," *Jurnal Media Pertanian*, vol. 4, no. 2, p. 64, Nov. 2019, doi: 10.33087/jagro.v4i2.83.
- [20] N. L. M. PRADNYAWATHI, I. K. A. WIJAYA, I. N. SUTEDJA, and A. A. M. ASTININGSIH, "Kajian Beberapa Cara Fermentasi yang Dilakukan oleh Petani terhadap Mutu Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.)," *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, vol. 8, no. 2, p. 189, Jul. 2019, doi: 10.24843/AJoAS.2018.v08.i02.p10.
- [21] M. Apriyanto and R. Rujiah, "Penurunan total polifenol, etanol, asam laktat, asam asetat, dan asam amino selama fermentasi biji kakao asalan dengan penambahan inokulum," *Jurnal Gizi dan Dietetik Indonesia (Indonesian Journal of Nutrition and Dietetics)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2018, doi: 10.21927/ijnd.2017.5(1).1-8.
- [22] D. Nurhayati, Y. S. Mulia, and A. F. Azhiima, "PENGARUH INHIBITOR SISTEIN PADA FERMENTASI BIJI KAKAO TERHADAP KANDUNGAN POLIFENOL," *JURNAL RISET KESEHATAN POLTEKKES DEPKES BANDUNG*, vol. 14, no. 1, pp. 191–196, May 2022, doi: 10.34011/juriskesbdg.v14i1.2021.
- [23] N. Alam et al., "PENGEMBANGAN TEKNIK FERMENTASI DALAM MENINGKATKAN MUTU BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.)," *e.j. Agrotekbis*, vol. 10, no. 6, 2022.