



## ARTIKEL PENELITIAN

# Pengaruh konsentrasi mikroorganisme lokal pada fermentasi biji kopi arabika menggunakan fermentor skala *pilot plant*

Tri Hariyadi<sup>1</sup>, Rispiandi<sup>1</sup>, Sudrajat Harris Abdulloh<sup>1</sup>, Rintis Manfaati<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir, Desa Ciwaruga, Kecamatan Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, 40559, Indonesia

Disubmit 12 Juli 2023; direvisi 28 Maret 2024; diterima 04 April 2024



**OBJECTIVES** Wine coffee is fermented coffee which has a distinctive brewed coffee taste resembling the aroma and taste of wine. The aroma and taste of wine in coffee wine is produced by the overhaul of pectin and sugar compounds due to the metabolism of microorganisms during the fermentation process. Arabica coffee bean fermentation was carried out using a wet, semi-anaerobic fermentation method in a simple reactor using local microorganisms (MOL) tapai cassava with a fermentation time of 54 hours. The purpose of this study was to study the effect of operating temperature on changes in caffeine content, ethanol content and the pH value of fermented Arabica coffee beans. **METHODS** The research data were processed using the Anova Two-Factor Without Replications method, with a significance level of  $P < 5\%$ . **RESULTS** This study shows that operating temperature has a significant effect on caffeine and ethanol levels but does not have a significant effect on pH values. Peeling has a significant effect on caffeine content, pH value, and ethanol content of fermented Arabica coffee beans. **CONCLUSIONS** Fermented Arabica coffee beans experienced a decrease in caffeine content of 86.4%, an increase in ethanol content 2.5 times higher and an increase in pH value from 4.34 to 5.33 at 30°C fermentation temperature.

**KEYWORDS** arabica coffee; fermentation, MOL; wine coffee

**TUJUAN** Kopi *wine* adalah kopi hasil fermentasi yang memiliki rasa seduhan kopi yang khas menyerupai aroma dan rasa *wine*. Aroma dan rasa *wine* pada kopi *wine* dihasilkan oleh

adanya perombakan senyawa pektin dan gula akibat metabolisme mikroorganisme selama proses fermentasi. Fermentasi biji kopi Arabika dilakukan dengan metode fermentasi basah, semi anaerob dalam reaktor sederhana menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL) tapai singkong dengan waktu fermentasi 54 jam. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh suhu operasi terhadap perubahan kadar kafein, kadar etanol dan nilai pH biji kopi Arabika hasil fermentasi. **METODE** Data hasil penelitian diolah menggunakan metode *Anova Two-Factor Without Replications*, dengan taraf signifikansi  $P < 5\%$ . **HASIL** Penelitian ini menunjukkan bahwa suhu operasi berpengaruh signifikan terhadap kadar kafein dan etanol tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai pH. Pengupasan berpengaruh signifikan terhadap kadar kafein, nilai pH, dan kadar etanol biji kopi Arabika hasil fermentasi. **KESIMPULAN** Biji kopi Arabika hasil fermentasi mengalami penurunan kadar kafein yaitu 86,4%, kenaikan kadar etanol 2,5 kali lebih tinggi dan kenaikan nilai pH dari 4,34 menjadi 5,33 pada suhu fermentasi 30°C. Fermentor skala pilot plant dibandingkan dengan fermentor skala lab memberikan pengaruh yang sama pada proses fermentasi kopi Arabika.

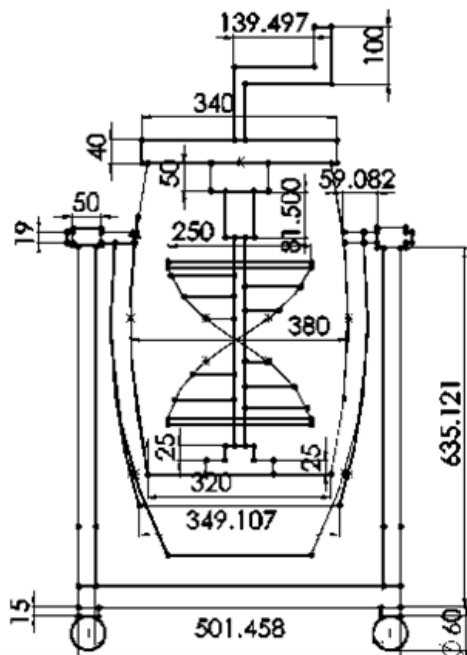
**KATA KUNCI** fermentasi; kopi arabika; kopi *wine*; MOL

## 1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu bahan pangan yang populer dan banyak diminati di dunia tak terkecuali di Indonesia. Jenis kopi yang paling sering dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis adalah jenis kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan kopi Robusta (*Coffea canephora*) (Mishra 2019; Davis dkk. 2021). Produksi kopi yang baik secara kualitas ataupun kuantitas salah satunya ditentukan oleh kegiatan panen dan pascapanen (Banti dan Abraham 2021).

Fermentasi pada kopi merupakan bagian dari proses pengolahan pasca panen dengan metode pengolahan basah yang bertujuan untuk menghilangkan lendir yang masih terdapat dalam biji kopi (Elhalis dkk. 2023). Lendir pada permukaan kulit tanduk biji kopi utamanya terdiri dari pektin dan gula, sehingga apabila dilakukan fermentasi dapat mempercepat proses pengeringan (Haile dan Kang 2019). Dekomposisi lapisan lendir (*mucilage*) selama fermentasi biji kopi terjadi karena adanya aktivitas metabolisme mikroorganism-

\*Korespondensi: tri.hariyadi@polban.ac.id



GAMBAR 1. Desain tangki fermentor dengan pengaduk khusus.

me yang berasal dari lingkungannya (de Carvalho Neto dkk. 2018).

Salah satu produk fermentasi kopi adalah jenis kopi wine. Istilah kopi wine diberikan berdasarkan adanya aroma dan rasa seduhan kopi menyerupai aroma dan rasa wine. Aroma buah pada kopi wine dihasilkan oleh adanya perombakan senyawa akibat metabolisme mikroorganisme pada proses fermentasi. Proses fermentasi kopi wine konvensional berkisar antara 7 – 10 hari, suhu natural pada ruang tertutup (Dairobbi dkk. 2018; Elhalis dkk. 2023). Penambahan mikroorganisme selama proses fermentasi kopi akan mempengaruhi keseimbangan populasi mikroorganisme, sehingga dapat mempercepat proses penghilangan lendir dan memperbaiki cita rasa seduhan kopi (Haile dan Kang 2019).

Fermentasi adalah salah satu upaya untuk menurunkan kadar kafein kopi. Kadar kafein pada kopi akan menurun seiring dengan lama waktu fermentasi (Kristiyanto dkk. 2013). Nilai pH akan semakin meningkat seiring lama waktu fer-

mentasi. Semakin rendah kadar kafein biji kopi maka tingkat keasaman (pH) akan semakin tinggi (Rao dan Fuller 2018). Selama fermentasi, gula pereduksi yang terdapat pada mucilage didegradasi oleh *Saccaromyces cerevisiae* menghasilkan enzim yang mengubah glukosa menjadi etanol, sehingga semakin lama waktu fermentasi kadar etanol akan mengalami kenaikan (Azizah dkk. 2019).

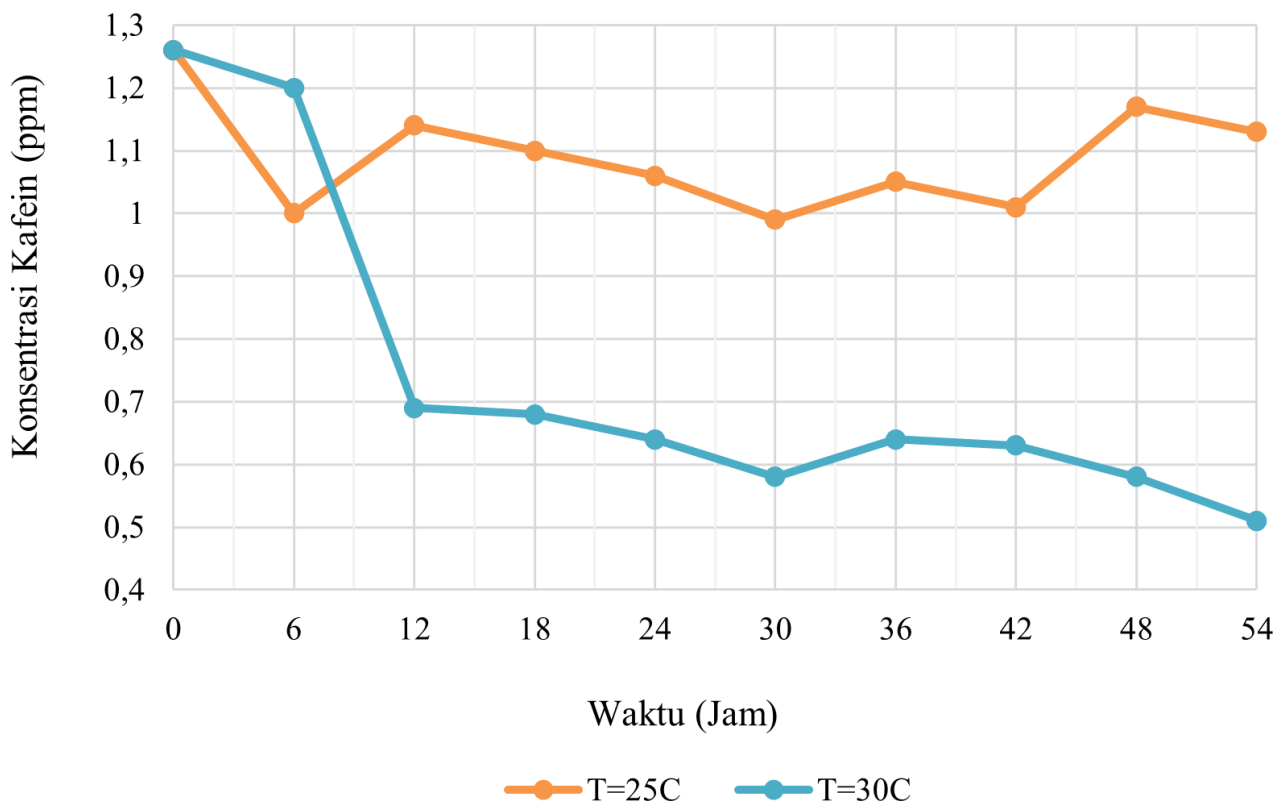
Kondisi terpenting dari fermentasi adalah suhu dan lamanya fermentasi. Suhu fermentasi kopi tidak berasal dari dalam, tetapi sangat tergantung pada kondisi lingkungannya (Yusianto dan Sukrisno Widyotomoukrisno 2013). Proses fermentasi dimulai dari permukaan kulit buah. Perlakuan pengupasan kulit buah kopi berpengaruh signifikan pada reaksi yang berlangsung pada pengolahan kopi. Pengupasan menyebabkan ketersediaan dan komposisi substrat berbeda. Buah kopi tanpa pengupasan mengandung substrat lebih banyak dari daging buah (pulp) dan mucilage (Heeger dkk. 2017).

Mikroorganisme yang terdapat di dalam ragi tapai antara lain khamir, kapang, dan bakteri. Khamir yang berperan yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, *Hansenula sp.* dan *Endomyco-opsis fibuliger*. Kapang yang berperan diantaranya yaitu *Rhizopus sp.*, *Mucor5*, dan *Amylomyces*. Bakteri yang sering ditemukan dalam MOL berasal dari genus *Basillus*. dan *Pediococcus* (Royaeni dkk. 2014).

Hasil proses fermentasi kopi Arabika selain dipengaruhi oleh kondisi operasi fermentasi seperti pengupasan dan suhu operasi juga dipengaruhi oleh pemilihan jenis mikroorganisme yang digunakan. Penggunaan MOL tapai singkong merupakan alternatif sumber mikroba yang beragam dan unggul sehingga mampu memetabolisme substrat yang ada dalam biji kopi menjadi senyawa-senyawa organik yang akan memberikan aroma dan rasa yang khas pada biji kopi Arabika hasil fermentasi. Hasil proses fermentasi menggunakan fermentor skala lab menunjukkan bahwa waktu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar etanol tetapi tidak berpengaruh terhadap nilai pH dan kadar kafein, sedangkan suhu lingkungan fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar etanol dan kadar kafein tetapi tidak berpengaruh terhadap nilai pH (Saripah dkk. 2021).

TABEL 1. Spesifikasi fermentor dan pengaduk.

Dimensi	Besaran	Besaran
Tangki reaktor	Tinggi tangki	± 65 cm
	Diameter tangki	± 30 cm
	Kapasitas total	± 50 liter
	Kapasitas biji kopi	± 25 kg
Pengaduk	Panjang pengaduk	± 70 cm
	Tinggi dari dasar	± 5 cm
Tangki sistem pendingin	Tinggi	± 60 cm
	Diameter	± 50 cm



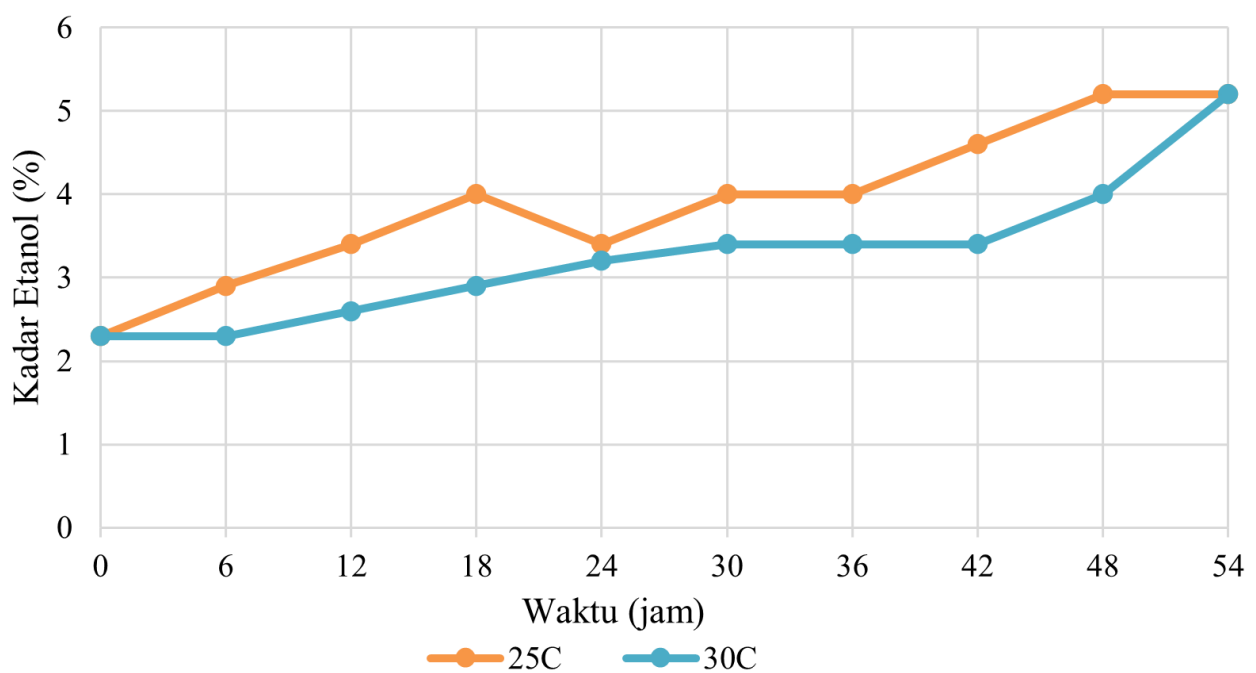
GAMBAR 2. Perubahan kadar kafein selama proses fermentasi.

## 2. METODE PENELITIAN

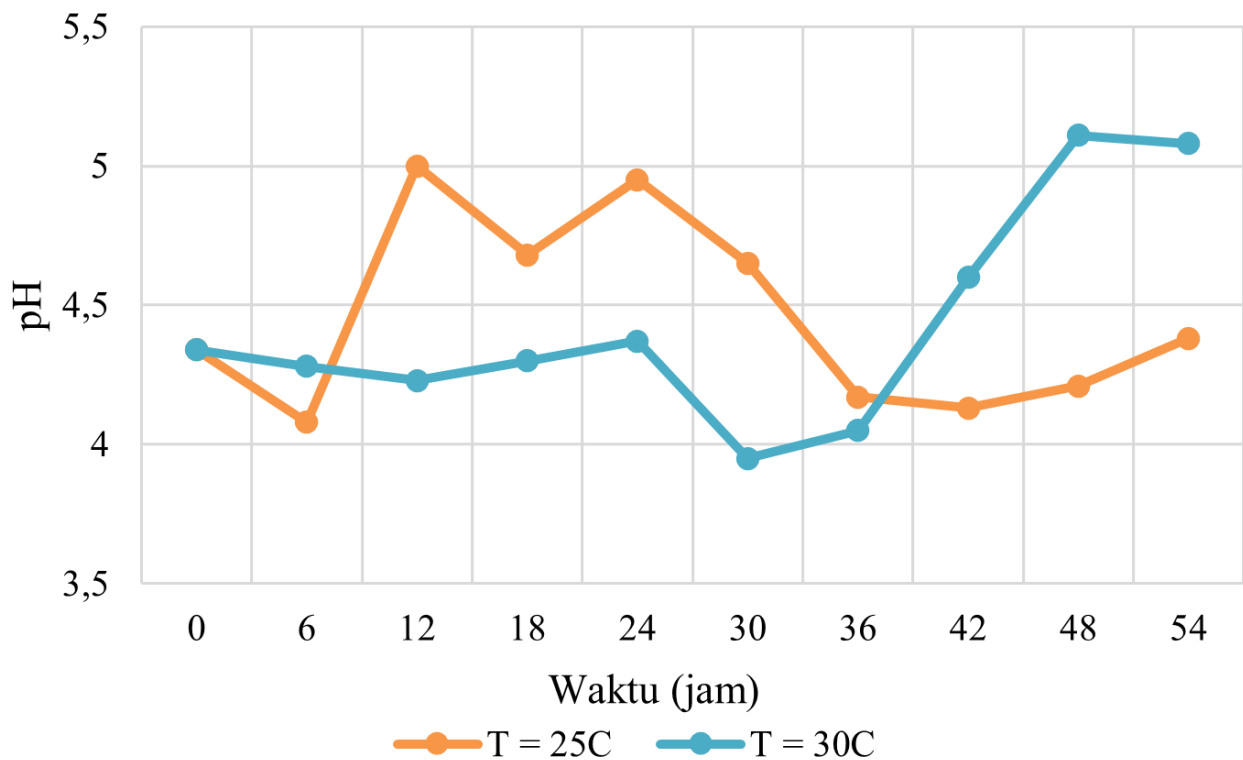
### 2.1 Bahan penelitian

Buah kopi Arabika diperoleh dari perkebunan kopi Gunung Malabar, Kampung Babakan, Desa Margamulya, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung dengan tingkat kematangan *ripe* (merah). *Pretreatment* yang dilakukan sebelum

proses fermentasi adalah penyortiran, pengupasan (*pulping*) dan pencucian awal. Pembuatan MOL tapai singkong yang diperlukan adalah 3,5 liter. Untuk membuat 3,5 liter MOL tapai dibutuhkan 3,5 liter air cucian beras, 700 gram tapai singkong, dan 140 gram gula merah. MOL tapai ini difermentasikan secara aerob selama 5 hari pada suhu 25-27°C dalam wadah berukuran 10 liter.



GAMBAR 3. Perubahan kadar etanol selama proses fermentasi.



GAMBAR 4. Perubahan nilai pH selama proses fermentasi pada suhu fermentasi 25°C dan 30°C.

### 2.2 Cara penelitian

Biji kopi *pulper* basah atau biji kopi utuh yang tidak dikupas hasil pencucian awal sebanyak 12 kg dimasukkan kedalam fermentor kapasitas ± 50 Liter, kemudian ditambahkan air 24 liter dan MOL 3,5 liter. Fermentasi dilakukan secara semi anaerob. Fermentasi dilakukan pada suhu 25°C dan 30°C dengan waktu fermentasi 54 jam. Pengambilan sampel dan pengadukan setiap 6 jam sekali dengan pengadukan menggunakan pengaduk khusus yang ada pada fermentor sebanyak 5 kali putaran. Kadar kafein, pH, dan kadar etanol diamati selama proses fermentasi berlangsung. Desain dan spesifikasi reaktor disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1.

Kafein dalam biji kopi diekstrak dengan menggunakan pelarut kloroform. Kadar kafein diukur nilai Absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-VIS, pada panjang gelombang maksimum 276 nm. Kadar kafein dihitung dari persamaan dibawah ini:

$$\text{kadar kafein} = \frac{C \times V \times FP}{10xm} \times 100\% \tag{1}$$

1. C = konsentrasi sampel (ppm)
2. V = volume total sampel (L)
3. FP = faktor pengencer
4. m = massa sampel (gram)

Kadar etanol diukur indeks biasanya menggunakan refractometer. Pengukuran nilai Absorbansi dan indeks bias memerlukan kurva standar. Nilai pH larutan kopi diukur dengan menggunakan pH meter.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengaruh suhu fermentasi terhadap kadar kafein, kadar etanol dan pH

Hasil penelitian perubahan konsentrasi kafein selama proses fermentasi dengan suhu fermentasi 25°C dan 30°C disajikan pada Gambar 2. Kadar kafein dengan suhu fermentasi 25°C mengalami penurunan yang tidak signifikan, yaitu dari 1,258 ppm ke 1,129 ppm, karena pada suhu 25°C mikroorganisme dalam MOL tidak bekerja secara maksimal, suhu tersebut bukan suhu optimal untuk pertumbuhan maupun pembentukan metabolit. Pada suhu fermentasi 30°C, kadar kafein mengalami penurunan yang signifikan yaitu dari 1,258 ppm ke 0,513 ppm. Penurunan kadar kafein terjadi karena lapisan lendir (*mucilage*) yang telah lepas selama proses fermentasi mempermudah masuknya enzim proteolitik (enzim protease) yang dihasilkan khamir *Saccharomyces cerevisiae* ke dalam sitoplasma sehingga dapat menguraikan kafein biji kopi (Elhalis dkk. 2023). Kafein memiliki salah satu gugus fungsi yang mirip dengan protein yaitu gugus amida, sehingga enzim proteolitik dapat memecah senyawa kafein (Drefin Oktadina dkk. 2013). Pemecahan senyawa kafein menyebabkan ukuran dan berat molekul senyawa kafein menjadi kecil dan lebih mudah berdifusi melewati dinding sel sehingga larut dalam air (Tawali dkk. 2018).

Berdasarkan analisis statistik menggunakan metode *Anova Two-Factor Without Replications*, waktu fermentasi memiliki nilai F = 1.368118 lebih kecil dari nilai  $F_{crit} = 3.178893$  dan variasi suhu lingkungan memiliki nilai F = 18.89784 lebih besar dari nilai  $F_{crit} = 5.11735$ . Dapat disimpulkan bahwa waktu fermentasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan kadar kafein biji kopi Arabika, sedangkan suhu lingkungan berpengaruh secara signifikan terhadap kadar kafein biji kopi Arabika hasil fermentasi.

Perubahan kadar etanol selama proses fermentasi pada

suhu fermentasi 25°C dan 30°C disajikan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 terlihat bahwa terjadi kenaikan kadar etanol pada biji kopi hasil fermentasi. Suhu fermentasi mempengaruhi lama fermentasi karena pertumbuhan mikroba dipengaruhi suhu lingkungan fermentasi. Mikroba memiliki kriteria pertumbuhan yang berbeda-beda. Menurut Parapouli dkk. (2020), *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kisaran suhu pertumbuhan antara 20–30°C. Tetapi Almeida dkk. (2022), menyatakan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* akan tumbuh optimal dalam kisaran suhu 30–35°C dan puncak produksi alkohol dicapai pada suhu 33°C. Jika suhu terlalu rendah, maka fermentasi akan berlangsung secara lambat dan sebaliknya jika suhu terlalu tinggi maka *Saccharomyces cerevisiae* akan mati sehingga proses fermentasi tidak akan berlangsung. Terlihat dari gambar bahwa pada suhu ruang 30 °C kenaikan kadar etanol cenderung stabil.

Kadar etanol juga mengalami kenaikan seiring dengan lama waktu fermentasi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Subrimobdi (2016), bahwa semakin lama waktu fermentasi maka terjadi kenaikan kadar etanol hingga penguraian gula menjadi etanol sudah maksimal. Menurut penelitian Mohd Azhar dkk. (2017), semakin lama waktu proses fermentasi, maka aktivitas khamir akan berkurang seiring berkurangnya substrat dan nutrisi yang ada sehingga penguraian gula menjadi etanol menurun. Selain itu, adanya penurunan kadar etanol salah satunya disebabkan karena sebagian produk etanol yang dihasilkan diubah menjadi asam organik seperti asam cuka dan ester (Dan dkk. 2013). Kadar etanol sebelum fermentasi pada biji kopi Arabika yaitu sebesar 2.3%, kemudian setelah dilakukan fermentasi didapatkan kadar etanol akhir sebesar 5.2%.

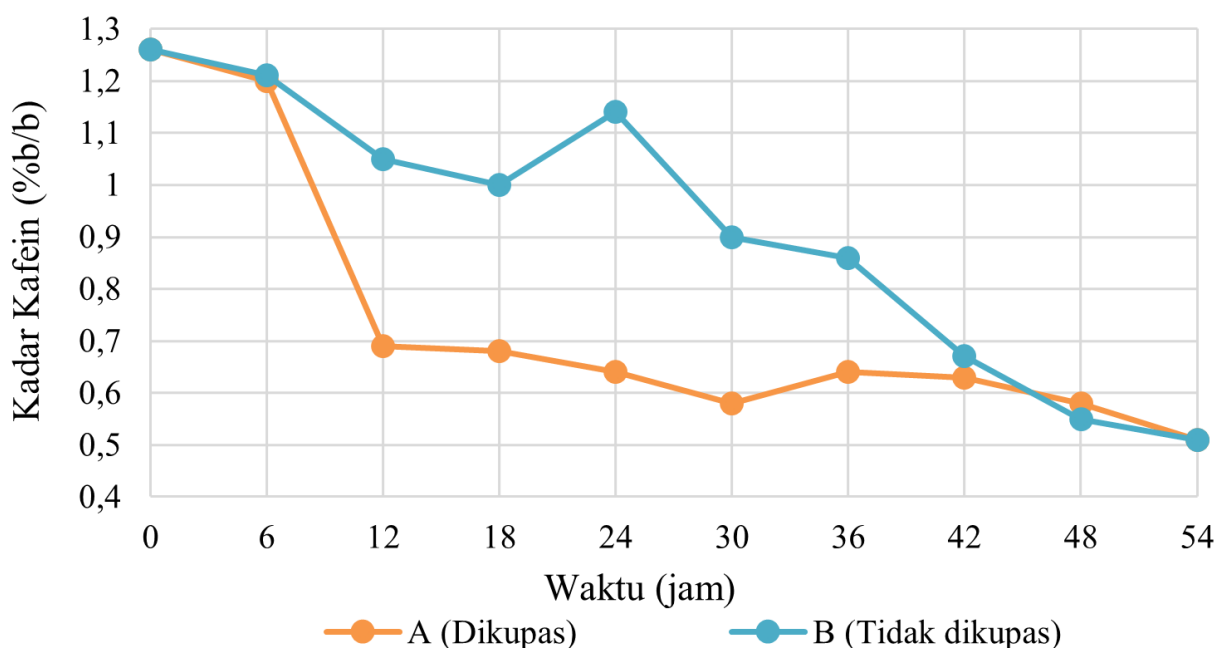
Berdasarkan analisis statistik metode *Anova Two-Factors Without Replications*, variasi suhu ruangan memiliki nilai  $F = 18.99043$  lebih besar dari nilai  $F_{crit} = 5.117355$  dan waktu memiliki nilai  $F = 14.67358$  lebih besar dari nilai  $F_{crit} = 3.178893$ . Dapat disimpulkan bahwa waktu dan suhu fermentasi berpengaruh secara signifikan terhadap kadar

etanol biji kopi Arabika hasil fermentasi.

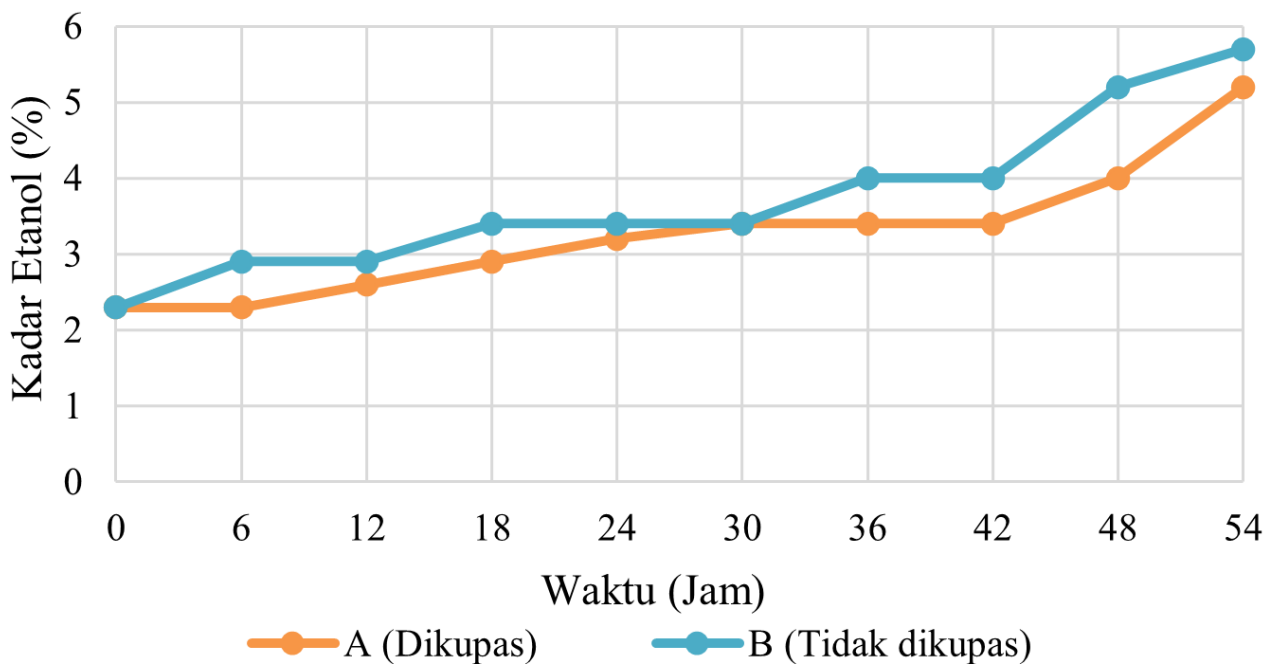
Perubahan nilai pH selama proses fermentasi pada suhu fermentasi 25°C dan 30°C disajikan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa perbedaan suhu lingkungan fermentasi menghasilkan data nilai pH yang berbeda antara fermentasi dengan suhu lingkungan 25–27°C dan 30°C. Untuk fermentasi pada suhu fermentasi 25°C didapat nilai pH yang cenderung fluktuatif. Sedangkan untuk fermentasi pada suhu fermentasi 30°C didapat nilai pH yang cenderung meningkat seiring berjalannya waktu fermentasi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Elhalis dkk. (2020) dimana semakin lama waktu fermentasi maka pH biji kopi cenderung meningkat disebabkan karena selama proses fermentasi berlangsung *S. cerevisiae* melakukan metabolisme terhadap sukrosa dan menghasilkan sejumlah asam-asam organik sebagai produk utama yang menyebabkan terjadinya peningkatan kadar asam. Begitupun dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Elhalis dkk. (2023) dimana suhu fermentasi kopi arabika adalah 30°C, bila suhu kurang dari 30°C pertumbuhan mikroorganisme penghasil asam akan lambat sehingga mempengaruhi kualitas produk dan nilai pH dalam kopi dibentuk dari kandungan asam yang dalam kopi.

Nilai pH biji kopi arabika hasil fermentasi yang telah dilakukan berkisar antara 3,95–5,11. Dengan kisaran nilai pH tersebut biji kopi hasil fermentasi ini dapat dikatakan layak untuk dikonsumsi. Hal ini juga sesuai dengan pendapat Liu dkk. (2015), dimana kisaran pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah pada pH 3,5 – 6,5. Nilai pH sebelum fermentasi pada biji kopi Arabika yaitu sebesar 4.34 kemudian setelah dilakukan fermentasi didapatkan nilai pH akhir sebesar 4.38 pada suhu 25–27°C dan 5.08 pada suhu 30°C. Kopi hasil fermentasi masih layak dikonsumsi jika memiliki nilai pH kopi di atas 4 (Elhalis dkk. 2023).

Berdasarkan analisis statistik menggunakan metode *Anova Two-Factor Without Replications*, variasi suhu lingkungan memiliki nilai  $F = 0.02253$  lebih kecil dari nilai  $F_{crit} = 5.11736$  dan waktu fermentasi memiliki nilai  $F = 0.54357$  le-



GAMBAR 5. Perubahan kadar kafein selama proses fermentasi pada kopi yang dikupas dan tidak.



GAMBAR 6. Perubahan kadar etanol selama proses fermentasi pada kopi yang dikupas dan tidak dikupas.

bih kecil dari nilai  $F_{crit} = 3.17889$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi suhu fermentasi dan waktu fermentasi tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai pH biji kopi Arabika

### 3.2 Pengaruh Pengupasan terhadap Kadar Kafein, Kadar Etanol dan pH

Perubahan kadar kafein selama proses fermentasi pada kopi yang dikupas dan tidak dikupas disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, menunjukkan bahwa fermentasi biji kopi yang telah dikupas mengalami penurunan kadar kafein secara signifikan. Hal ini disebabkan karena pada kopi yang telah dikupas *mucilage* sudah pada posisi terbuka tanpa pelindung kulit buah sehingga mudah berinteraksi dengan sumber mikroba di sekelilingnya (Heeger dkk. 2017) menyebabkan proses dekafeinasi cenderung lebih mudah karena kandungan gula lebih sedikit dan mudah terdegradasi.

Pada fermentasi buah kopi tanpa pengupasan menunjukkan bahwa kadar kafein mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu fermentasi, namun pada waktu ke 24 jam terjadi kenaikan kadar kafein. Hal ini bisa disebabkan oleh ketidakseimbangan mikroba dalam fermentor yang mengakibatkan perubahan metabolisme mikroba membentuk senyawa alkaloid lain yang terdeteksi sebagai kafein sebagai respon perbedaan kondisi lingkungan (Ashihara dkk. 2008). Ketidakseimbangan mikroba diakibatkan suhu lingkungan yang tidak stabil sehingga mempengaruhi kinerja mikroba (Kristiyanto dkk. 2013). Dikupas penurunan kadar kafein terjadi dari sebelum fermentasi 1,26% menjadi 0,513% untuk fermentasi dengan pengupasan dan tanpa pengupasan.

Berdasarkan analisis statistik menggunakan metode *Anova Two-Factor Without Replications*, variasi pengupasan memiliki nilai  $F = 6.617484$  lebih besar dari nilai  $F_{crit} = 3.17889$ , sedangkan waktu fermentasi memiliki nilai  $F = 8.191558$  lebih kecil dari nilai  $F_{crit} = 5.11736$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi pengupasan berpengaruh signifikan terhadap

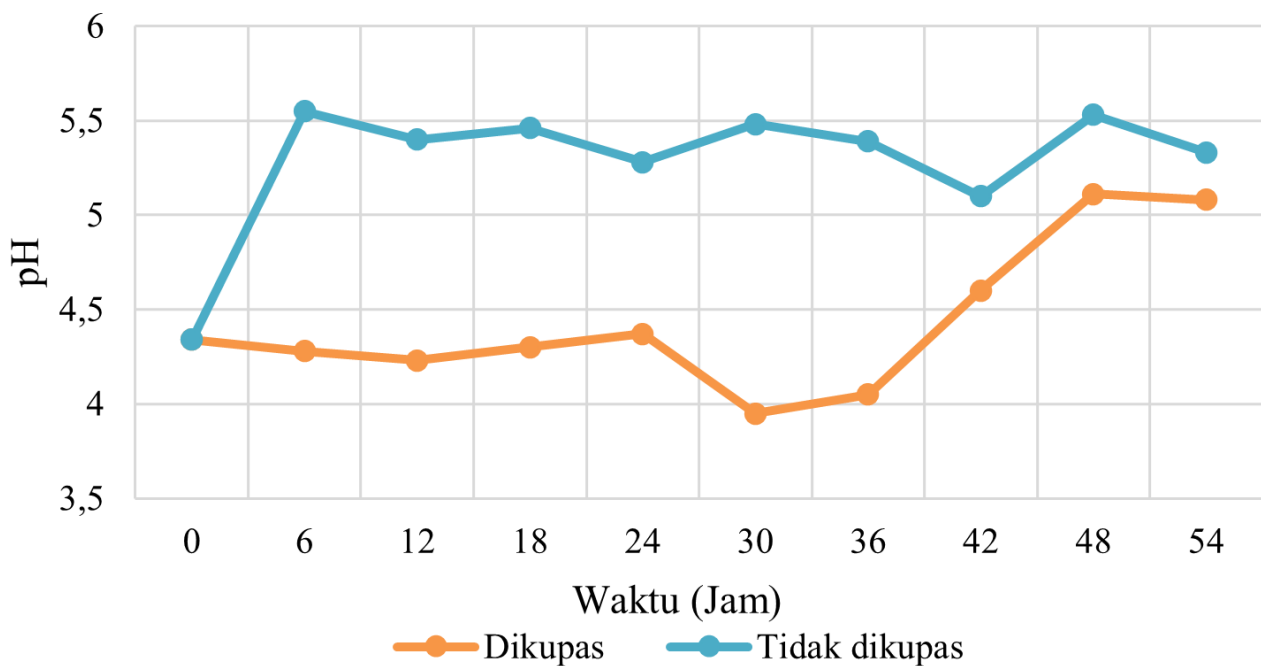
kadar kafein biji kopi Arabika, sedangkan waktu fermentasi tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar kafein biji kopi Arabika.

Perubahan kadar etanol selama proses fermentasi pada kopi yang dikupas dan tidak dikupas disajikan pada Gambar 6. Menurut penelitian Subrimobdi (2016) menyatakan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka terjadi kenaikan kadar etanol hingga penguraian gula menjadi etanol sudah maksimal. Selama fermentasi, gula pereduksi yang terdapat pada *mucilage* didegradasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* yang terdapat pada MOL tapai singkong menghasilkan enzim yang mengubah glukosa menjadi etanol, sehingga semakin lama waktu fermentasi kadar etanol akan mengalami kenaikan.

Kadar etanol yang didapatkan dari proses fermentasi biji kopi tanpa pengupasan lebih tinggi dari fermentasi kopi dengan pengupasan. Hal ini karena kandungan glukosa yang akan dikonversi pada substrat berbeda (Heeger dkk. 2017). Kandungan substrat pada buah kopi tanpa pengupasan berjumlah cukup banyak dengan komposisi glukosa dari daging buah dan lendir (*mucilage*). Sedangkan pada fermentasi biji kopi yang telah dikupas hanya mengandalkan komposisi kimia dari *mucilage* saja, sehingga jumlah gula yang dikonversi menjadi etanol yang dihasilkan cenderung lebih rendah. Dari penelitian didapat kenaikan kadar etanol dari 2,3% menjadi 5,2% untuk fermentasi biji kopi dengan pengupasan dan 5,7% untuk fermentasi biji kopi tanpa pengupasan.

Berdasarkan analisis statistik metode *Anova Two-Factors Without Replications*, variasi pengupasan memiliki nilai  $F = 16,2$  lebih besar dari nilai  $F_{crit} = 5,117355$  dan waktu fermentasi memiliki nilai  $F = 28,71911$  lebih besar dari nilai  $F_{crit} = 3,178893$ . Hal ini menunjukkan bahwa waktu maupun pengupasan berpengaruh secara signifikan terhadap kadar etanol biji kopi Arabika hasil fermentasi.

Perubahan nilai pH selama proses fermentasi pada kopi yang dikupas dan tidak dikupas disajikan pada Gambar 7. Ni-



GAMBAR 7. Perubahan nilai pH selama proses fermentasi pada kopi yang dikupas dan tidak dikupas.

lai kelayakan bahwa kopi aman untuk dikonsumsi dapat ditunjukkan dengan tingkat keasaman (*acidity*) atau pH. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi pH seduhan kopi bubuk adalah proses fermentasi biji kopi (Azizah dkk. 2019). Dalam proses fermentasi, aktifitas mikroba dapat meningkatkan derajat keasaman (pH) biji kopi. Kondisi asam merupakan hasil dari proses pemecahan gula. Dengan terbentuknya asam maka pH akan menurun, namun pada akhir fermentasi asam akan dikonsumsi bakteri sehingga terjadi kenaikan pH lagi (Elhalis dkk. 2023).

Berdasarkan Gambar 7. terlihat bahwa derajat keasaman fermentasi biji kopi yang telah dikupas cenderung mengalami peningkatan yang disebabkan oleh pemecahan komponen *mucilage* dan penguraian asam klorogenat akibat proses dekafeinasi (Ashihara dkk. 2008; Mohd Azhar dkk. 2017). Fermentasi biji kopi yang tidak dikupas memiliki nilai pH yang fluktuatif dan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan nilai pH biji kopi yang telah dikupas. Hal ini dikarenakan pada fermentasi biji kopi tanpa pengupasan adanya daging buah kopi yang mengandung banyak gula bisa memperlambat proses degradasi asam pada biji kopi sehingga derajat keasaman cenderung lebih tinggi.

Nilai pH biji kopi Arabika sebelum fermentasi adalah sebesar 4,34 kemudian setelah dilakukan fermentasi didapatkan nilai pH akhir fermentasi biji kopi yang telah dikupas adalah 5,08 sedangkan nilai pH akhir fermentasi biji kopi yang tidak mengalami pengupasan adalah 5,33. Terjadi peningkatan nilai pH pada kedua perlakuan fermentasi dan masih tergolong layak dikonsumsi karena kopi hasil fermentasi masih layak dikonsumsi jika memiliki pH di atas 4 (Elhalis dkk. 2023).

Berdasarkan analisis statistik menggunakan metode *Anova Two-Factor Without Replications*, variasi pengupasan memiliki nilai  $F = 26,6295$  lebih besar dari nilai  $F_{crit} = 3,17889$  sedangkan waktu fermentasi memiliki nilai  $F = 1,04977$  lebih kecil dari nilai  $F_{crit} = 5,11736$ . Dapat disimpulkan bahwa pe-

ngupasan berpengaruh signifikan terhadap nilai pH biji kopi arabika sedangkan waktu tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai pH biji kopi arabika hasil fermentasi.

#### 4. KESIMPULAN

Proses fermentasi skala pilot plant kopi Arabika menghasilkan kadar kafein mengalami penurunan dari 1,26% menjadi 1.13%, 0,513%, dan 0.513%, sesuai dengan SNI 01-3542-2004 yaitu 0.455% - 2% b/b. Kenaikan terjadi pada nilai pH yaitu dari nilai pH 4,34 menjadi 4.38, 5.08, dan 5.33 memenuhi syarat aman konsumsi kopi dengan nilai pH diatas 4. Kenaikan kadar etanol terjadi dari kadar etanol 2.3% menjadi 5.2%, 5.2%, dan 5.7%.

Suhu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar etanol dan kadar kafein tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai pH. Pada variasi pengupasan berpengaruh signifikan terhadap kadar kafein, nilai pH, dan kadar etanol biji kopi Arabika hasil fermentasi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa fermentor skala pilot plant dibandingkan dengan fermentor skala lab memberikan pengaruh yang sama pada proses fermentasi kopi Arabika.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah membantu biaya penelitian dengan dana DIPA Politeknik Negeri Bandung sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian skema Penelitian Terapan (PT) Nomor: B/92.39/PL1.R7/PG.00.03/2023, tanggal 27 Maret 2023

#### DAFTAR PUSTAKA

Almeida IC, Pacheco TF, Machado F, Gonçalves SB. 2022. Evaluation of different strains of *Saccharomyces cerevisiae* for ethanol production from high-amylopectin BRS AG rice (*Oryza sativa* L.). *Scientific reports*. 12(1):2122. doi: 10.1038/s41598-022-06245-0.

- Ashihara H, Sano H, Crozier A. 2008. Caffeine and related purine alkaloids: Biosynthesis, catabolism, function and genetic engineering. *Phytochemistry*. 69(4):841–856. doi:[10.1016/j.phytochem.2007.10.029](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.10.029).
- Azizah M, Sutamihardja RTM, Wijaya N. 2019. Karakteristik kopi bubuk arabika (*Coffea arabica* L) terfermentasi *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Sains Natural*. 9(1):37. doi:[10.31938/jasn.v9i1.173](https://doi.org/10.31938/jasn.v9i1.173).
- Banti M, Abraham E. 2021. Coffee processing methods, coffee quality and related environmental issues. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 9(6):144. doi:[10.11648/j.jfns.20210906.12](https://doi.org/10.11648/j.jfns.20210906.12).
- Dairobbi A, Irfan I, Sulaiman I. 2018. Kajian mutu wine coffee arabika gayo. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 3(4):822–829. doi:[10.17969/jimfp.v3i4.5426](https://doi.org/10.17969/jimfp.v3i4.5426).
- Dan C, Reni S, Laboratorium Y, Bioproses T, Kimia JT, Teknik F, Kampus R, Widya B, Raya J, Subrantas Km HR, Riau P. 2013. Pembuatan bioetanol dari nira nipah menggunakan *Sacharomyces cereviceae*. *Jurnal Teknobiologi*, IV. (2):105–108. <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/JPHH/article/view/1656>.
- Davis AP, Mieulet D, Moat J, Sarmu D, Hagggar J. 2021. Arabica-like flavour in a heat-tolerant wild coffee species. *Nature Plants*. 7(4):413–418. doi:[10.1038/s41477-021-00891-4](https://doi.org/10.1038/s41477-021-00891-4).
- de Carvalho Neto DP, de Melo Pereira GV, Finco AMO, Letti LAJ, da Silva BJB, Vandenberghe LPS, Soccol CR. 2018. Efficient coffee beans mucilage layer removal using lactic acid fermentation in a stirred-tank bioreactor: Kinetic, metabolic and sensorial studies. *Food Bioscience*. 26:80–87. doi:[10.1016/j.fbio.2018.10.005](https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.10.005).
- Drefin Oktadina F, Dwi Argo B, Bagus Hermanto M, Kunci K. 2013. Pemanfaatan nanas (*Ananas Comosus* L. Merr) untuk penurunan kadar kafein dan perbaikan citarasa kopi (*Coffea* Sp) dalam pembuatan kopi bubuk. *Jurnal Teknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 1(3):265–273. [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=309172&val=7352&title=PemanfaatanNanas\(AnanasComosusL.Merr\)untukPenurunanKadarKafeindanPerbaikanCitarasaKopi\(CoffeaSp\)dalamPembuatanKopiBubuk](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=309172&val=7352&title=PemanfaatanNanas(AnanasComosusL.Merr)untukPenurunanKadarKafeindanPerbaikanCitarasaKopi(CoffeaSp)dalamPembuatanKopiBubuk).
- Elhalis H, Cox J, Frank D, Zhao J. 2020. The role of wet fermentation in enhancing coffee flavor, aroma and sensory quality. *European Food Research and Technology*. 247(2):485–498. doi:[10.1007/s00217-020-03641-6](https://doi.org/10.1007/s00217-020-03641-6).
- Elhalis H, Cox J, Zhao J. 2023. Coffee fermentation: Expedition from traditional to controlled process and perspectives for industrialization. *Applied Food Research*. 3(1):100253. doi:[10.1016/j.afres.2022.100253](https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100253).
- Haile M, Kang WH. 2019. The role of microbes in coffee fermentation and their impact on coffee quality. *Journal of Food Quality*. 2019:1–6. doi:[10.1155/2019/4836709](https://doi.org/10.1155/2019/4836709).
- Heeger A, Kosińska-Cagnazzo A, Cantergiani E, Andlauer W. 2017. Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage. *Food Chemistry*. 221:969–975. doi:[10.1016/j.foodchem.2016.11.067](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067).
- Kristiyanto D, Pranoto BDH, Abdullah. 2013. Penurunan kadar kafein fermentasi menggunakan penurunan kadar kafein kopi arabika dengan proses fermentasi menggunakan nopkor mz dengan proses nopkor mz-15. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(4):170–176. <https://ejournal3.unidip.ac.id/index.php/jtki/article/view/4041/3934>.
- Liu X, Jia B, Sun X, Ai J, Wang L, Wang C, Zhao F, Zhan J, Huang W. 2015. Effect of initial ph on growth characteristics and fermentation properties of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Science*. 80(4). doi:[10.1111/1750-3841.12813](https://doi.org/10.1111/1750-3841.12813).
- Mishra MK. 2019. Genetic resources and breeding of coffee (*Coffea* spp.). In: *Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops*. Cham: Springer International Publishing. p. 475–515. doi:[10.1007/978-3-030-23112-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5_12).
- Mohd Azhar SH, Abdulla R, Jambo SA, Marbawi H, Gansau JA, Mohd Faik AA, Rodrigues KF. 2017. Yeasts in sustainable bioethanol production: A review. *Biochemistry and biophysics reports*. 10:52–61. doi:[10.1016/j.bbrep.2017.03.003](https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2017.03.003).
- Parapouli M, Vasileiadis A, Afendra AS, Hatziloukas E. 2020. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS microbiology*. 6(1):1–31. doi:[10.3934/microbiol.2020001](https://doi.org/10.3934/microbiol.2020001).
- Rao NZ, Fuller M. 2018. Acidity and antioxidant activity of cold brew coffee. *Scientific reports*. 8(1):16030. doi:[10.1038/s41598-018-34392-w](https://doi.org/10.1038/s41598-018-34392-w).
- Royaeni, Pujiono, Pudjowati DT. 2014. Pengaruh penggunaan bioaktivator mol nasi dan mol tapai terhadap lama waktu pengomposan sampah organik pada tingkat rumah tangga. *VisiKes*. 13(1):1–102. <https://publikasi.dinus.ac.id/index.php/visikes/article/view/1112>.
- Saripah, Aini AF, Manfaati R, Hariyadi T. 2021. Pengaruh suhu lingkungan dan waktu fermentasi biji kopi arabika terhadap kadar kafein, etanol, dan pH. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*. 12:124–128. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/2673>.
- Subrimobdi WB. 2016. Studi eksperimental pengaruh penggunaan *saccharomyces cerevisiae* terhadap tingkat produksi bioetanol dengan bahan baku nira siwalan. [Tugas akhir]: UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA.
- Tawali AB, Abdullah N, Wiranata BS. 2018. Pengaruh fermentasi menggunakan bakteri asam laktat yoghurt terhadap citarasa kopi robusta (*Coffea robusta*). *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*:90–97. doi:[10.20956/canrea.v1i1.26](https://doi.org/10.20956/canrea.v1i1.26).
- Yusianto, Sukrisno Widyotomoukrisno. 2013. Mutu dan citarasa kopi arabika hasil beberapa perlakuan fermentasi: suhu, jenis wadah, dan penambahan agens fermentasi quality and flavor profiles of arabica coffee processed by some fermentation treatments: temperature, containers, and fermentation agent. *Jurnal Pelita Perkebunan*. 29(3):220–239. <https://mail.ccrjournal.com/index.php/ccrj/article/download/14/11>.