**IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menguraikan mengenai : (1) Pembuatan Koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus*, (2) Fermentasi Biji Kopi, dan (3) Penyangraian Biji Kopi.

* 1. **Pembuatan Koji*****Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus***

Pembuatan koji digunakan untuk memperbanyak sel *Saccharomyces* yang digunakan pada fermentasi biji kopi. Koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* penggunaannya ditentukan dengan mencari konsentrasi yang dipilih setelah diadaptasi melalui penambahan bubuk kopi. Kondisi pembuatan koji, yaitu pada suhu 32 OC selama 24 jam. Indikator yang digunakan untuk memilih starter yang digunakan pada fermentasi adalah jumlah sel yang hidup dan banyaknya sel.

Media yang digunakan pada koji adalah beras yang telah ditanak menjadi nasi dan disterilkan. Proses adaptasi dilakukan dengan cara menambahkan bubuk kopi yang terukur secara bertahap dari 0% hingga 2% pada koji. Bubuk kopi yang ditambahkan merupakan bubuk kopi dari varietas robusta, hal ini dilakukan agar mikroorganisme dapat beradaptasi secara maksimal pada fermentasi kopi var robusta. Tumbuhnya sel pada koji ditandai dengan terbentuknya alkohol. Sel *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang tumbuh pada koji selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah sel.

* + 1. **Perhitungan Jumlah Sel Hidup**

Penentuan jumlah sel hidup *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang terdapat didalam koji dengan penambahan kopi pada konsentrasi 0% sampai dengan 2% bertujuan untuk penggunaan pada proses fermentasi kopi pada penelitian utama. Semakin banyak sel yang hidup akan memproduksi enzim semakin tinggi, hal ini memperlancar pada proses fermentasi biji kopi. Hasil perhitungan jumlah sel *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* hidup dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Jumlah Sel Hidup di Dalam Koji

| No. | Konsentrasi kopi yang ditambahkan pada pembuatan koji | Σ Sel hidup/ml |
| --- | --- | --- |
| 1 | 0 % | 30 x 105 |
| 2 | 0,1 % | 20,5 x 105 |
| 3 | 0,2 % | 34 x 105 |
| 4 | 0,3 % | 24 x 105 |
| 5 | 0,4 % | 11 x 105 |
| 6 | 0,5 % | 12,5 x 105 |
| 7 | 0,6 % | 10 x 105 |
| 8 | 0,7 % | 12 x 105 |
| 9 | 0,8 % | 6,5 x 105 |
| 10 | 0,9 % | 13,5 x 105 |
| 11 | 1 % | 11 x 105 |
| 12 | 1,1 % | 12 x 105 |
| 13 | 1,2 % | 9,5 x 105 |
| 14 | 1,3 % | 14,5 x 105 |
| 15 | 1,4 % | 10,5 x 105 |
| 16 | 1,5 % | 14,5 x 105 |
| 17 | 1,6 % | 15,5 x 105 |
| 18 | 1,7 % | 17,5 x 105 |
| 19 | 1,8 % | 21,5 x 105 |
| **20** | **1,9 %** | **35,5** x 105 |
| 21 | 2 % | 21,5 x 105 |

Koji yang dihasilkan setelah fermentasi kemudian dikeringkan pada suhu 50OC. Berdasarkan data pada Tabel 4 koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu koji yang dibuat dengan penambahan konsentrasi bubuk kopi sebanyak 1,9 %. Penambahan bubuk kopi pada pembuatan koji bertujuan untuk mengadaptasikan *Saccharomyces cereviseae* pada lingkungan fermentasi, sehingga pada saat dilakukan fermentasi biji kopi koji dapat hidup. Setelah koji mampu beradaptasi dengan medium yang difermentasi sel akan mengalami pertumbuhan dan perkembangbiakan karena adanya nutrisi yang terdapat pada media fermentasi (biji kopi). Selama fermentasi gula yang terdapat didalam biji kopi diuraikan oleh enzim yang dikeluarkan oleh *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* menghasilkan produk utama dan produk samping atau produk ikutan serta asam-asam organik lainnya.

Suhu fermentasi untuk perkembangbiakan *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yaitu 32OC dan waktu fermentasi selama 20 jam. Menurut Fardiaz (1989) faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme yaitu tersedianya nutrisi, air, suhu dan pH yang sesuai, tersedianya oksigen, dan adanya zat penghambat.

Pertumbuhan mikroba yang terjadi dalam suatu medium mengalami fase-fase yang berbeda, yang berturut-turut disebut dengan fase lag, fase *logaritmik*, fase stasioner dan fase kematian. Fase *lag* adalah fase dimana bakteri beradapatasi dengan lingkungannya dan mulai bertambah sedikit demi sedikit. Fase *logaritmik* adalah fase dimana pembiakan bakteri berlangsung paling cepat.  Jika ingin mengadakan piaraan yang cepat tumbuh, maka bakteri dalam fase ini baik sekali untuk dijadikan inokulum. Fase stasioner adalah fase dimana jumlah bakteri yang berkembang biak sama dengan jumlah bakteri yang mengalami kematian. Fase *autolisis* (kematian) adalah fase dimana jumlah bakteri yang mati semakin banyak, melebihi jumlah bakteri yang berkembang biak.

*Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* mengalami pertumbuhan naik turun yang tidak terkendali, hal ini dapat terjadi dikarenakan proses pengeringan dan penghancuran koji yang tidak terkendali. Suhu dan lama proses yang tidak terkendali dapat menyebabkan panas berlebih yang diterima oleh koji, sehingga mikroba mengalami kematian.

Sel yang tumbuh tidak merata dapat menjadi salah satu faktor hasil perhitungan sel mengalami perbedaan dengan pola pertumbuhan mikroba. Sampel yang didapatkan dari proses sampling bisa saja mendapatkan bagian yang tidak ditumbuhi oleh mikroba. Selain itu tidak adanya pengujian jenis mikroba menyebabkan jumlah mikroba yang tinggi tidak dapat dipastikan *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus.*

Koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* mengandung enzim *α-amilase, amiloglukosidase*, dan *protease* yang dapat digunakan untuk fermentasi *mucilage* pada biji kopi. Fungsi dari koji adalah untuk membuat budidaya ragi pada substrat padat agar menghasilkan enzim tertentu. Koji dapat dibuat dari beras atau pun biji-bijian yang mengandung pati seperti kedelai yang difermentasi dengan melakukan penambahan mikroba. Perlakuan khusus harus dilakukan sebagai pengontrolan koji seperti kadar air, kebersihan, dan suhu. Waktu fermentasi koji selesai jika telah terbentuknya alkohol ataupun etanol
(Rahman, 1992).

Koji mengandung enzim *α amilase* dan *amiloglukosidase.* Enzim – enzim ini akan menghidrolisa pati menjadi dekstrin, glukosa dan maltosa. Koji juga mengandung enzim protease yang akan memecah protein menjadi peptida dan asam – asam amino (Rahman, 1992).

* 1. **Fermentasi Biji Kopi**

Fermentasi pada biji kopi bertujuan untuk menguraikan lapisan *mucilage* yang terdapat pada permukaan biji kopi. *Mucilage* yang ada dipermukaan biji mengandung gula dan dapat didegradasi oleh enzim yang dikeluarkan mikroorganisme. Setelah *mucilage* diuraikan, biji kopi akan terus terfermentasi sampai ke bagian sitoplasma yang mengandung kafein. Kafein yang terdapat di dalam sitoplasma dalam keadaan bebas (Sivetz dan Desroiser, 1979).

Murthy (2011) menyatakan perubahan penting dan nyata terjadi selama fermentasi biji kopi adalah degradasi lapisan lendir yang mengelilingi permukaan biji yang disebut dengan *mucilage,* terdiri dari protopektin sebesar 30 %, gula sebanyak 40 %, serta sellulosa dan mineral sebanyak 17 %.

Fermentasi biji kopi dilakukan dengan menggunakan koji yang dihasilkan dengan jumlah sel hidup yang paling banyak. Fermentasi ini dilakukan dengan tujuan menurunkan kadar kafein yang terdapat didalam biji kopi dengan variasi penambahan koji dan suhu fermentasi. Analisis yang dilakukan terhadap biji kopi yang difermentasi meliputi kadar kafein, kadar air, dan kadar asam serta uji organoleptik dengan respon meliputi warna dan aroma kopi.

* + 1. **Kadar Kafein Biji Kopi var Robusta Setelah Fermentasi**

Biji kopi yang telah difermentasi selama 20 jam ditentukan kadar kafeinnya, hasil analisis kadar kafein biji kopi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Rata - Rata Kadar Kafein Biji Kopi Setelah Fermentasi Selama 20 Jam

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Perlakuan | Biji Kopi Tanpa Fermentasi | Rata-Rata Kadar Kafein Biji Kopi Fermentasi | Pengurangan Kafein |
| 1 | k1t1 | 2,73 % | 1,028 % | 1,702 % |
| 2 | k2t1 | 0,954 % | 1,776 % |
| 3 | k3t1 | 1,021 % | 1,709 % |
| 4 | k4t1 | 0,863 % | 1,867 % |
| 5 | k1t2 | 0,715 % | 2,015 % |
| 6 | k2t2 | 0,978 % | 1,752 % |
| 7 | k3t2 | 1,358 % | 1,372 % |
| 8 | k4t2 | 0,945 % | 1,785 % |
| 9 | k1t3 | 0,788 % | 1,942 % |
| 10 | k2t3 | 0,892 % | 1,838 % |
| 11 | k3t3 | 1,046 % | 1,684 % |
| 12 | k4t3 | 0,819 % | 1,911 % |
| 13 | k1t4 | 0,817 % | 1,913 % |
| 14 | k2t4 | 0,699 % | 2,031 % |
| 15 | k3t4 | 0,959 % | 1,771 % |
| 16 | k4t4 | 0,857 % | 1,873 % |

Data pada Tabel 5, menunjukkan rata-rata kadar kafein biji kopi setelah fermentasi dengan perlakuan tanpa penambahan koji dan penambahan koji dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 3%, serta suhu fermentasi 28OC, 30OC, 32OC, dan 34OC memperlihatkan kadar kafein biji kopi setelah fermentasi bervariasi.

Kadar kafein semula sebesar 2,73 %, mengalami penurunan setelah biji kopi difermentasi, hal ini dapat terjadi karena adanya perombakan kafein oleh enzim yang dihasilkan koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus*.

Fermentasi biji kopi yang dilakukan pada suhu 34°C dengan penambahan koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* pada konsentrasi yang berbeda memberikan rata-rata kadar kafein biji kopi hasil fermentasi lebih kecil dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan pada fermentasi suhu 34°C, pertumbuhan *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* lebih aktif sehingga aktivitas ragi dalam menghasilkan enzim lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Menurut Casida (1968) dan Frazier (1978) suhu pertumbuhan khamir *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideusi* adalah pada suhu 25-30OC dan maksimum pada 35-47OC.

Biji kopi yang telah difermentasi selama 20 jam pada suhu 34OC dan penambahan koji dengan konsentrasi 1% memperlihatkan kadar kafein rata-rata sebesar 0,699 %, sedangkan kadar rata-rata kafein tertinggi ditunjukkan oleh biji kopi yang telah difermentasi selama 20 jam pada suhu 30OC dengan penambahan koji sebanyak 2%, rata-rata kadar kafein 1,358.

Selama proses fermentasi akan terjadi hidrolisis asam klorogenat menjadi asam kafeat secara alami, hal ini terjadi karena ikatan asam klorogenat yang semula berikatan dengan kafein terputus akibat panas selama fermentasi. Poses hidrolisis asam klorogenat menjadi 3-4-5 asam kafeol quinat – asam kafeat – asam dehidrokafeat – asam sinamat. Berkurangnya asam klorogenat karena hidrolisis merupakan indikasi menurunnya jumlah kafein dalam biji kopi. Pada proses fermentasi biji kopi varietas Robusta yang terjadi selain penurunan kadar kafein, juga terbentuk asam – asam organik, air dan senyawa aromatik.

 Donangelo (2006) menjelaskan asam klorogenat merupakan komponen utama senyawa fenolik pada biji kopi, dengan kandunganya mencapai 14% berat kering dari biji kopi. Selama fermentasi asam klorogenat tersebut dihidrolisis menjadi asam dehidrokafeat menjadi asam kafeat. Selanjutnya dijelaskan pula penurunan asam klorogenat pada biji kopi diikuti oleh peningkatan asam kafeat. Sehingga berkurangnya asam klorogenat karena hidrolisis merupakan indikasi menurunnya jumlah kafein dalam biji kopi.

Hasil analisis pengaruh perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji memperlihatkan adanya korelasi terhadap penurunan rata-rata kadar kafein biji kopi setelah fermentasi selama 20 jam. Korelasi pengaruh suhu fermentasi dan penambahan konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.

0

Gambar 4. Regresi Linear Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Kadar Kafein Kopi Varietas Robusta Setelah Fermentasi

Gambar 4, menunjukkan suhu fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 28OC, 30OC, 32OC, dan 34OC dengan konsentrasi koji yang sama untuk setiap suhu fermentasi memperlihatkan kadar kafein biji kopi mengalami penurunan untuk seluruh kombinasi perlakuan. Pada Gambar 4. memperlihatkan pula hubungan suhu dengan konsentrasi koji pada fermentasi biji kopi, terjadi variasi penurunan kadar kafein biji kopi. Hubungan suhu fermentasi dan konsentrasi koji ini dapat dilihat dalam fungsi persamaan regresi yang dihasilkan. Untuk mengetahui seberapa besar intensitas hubungan antara variabel bebas (suhu fermentasi) pada konsentrasi koji yang sama untuk setiap perlakuan terhadap penurunan kadar kafein biji kopi dilakukan analisis korelasi. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Suhu Fermentasi | Nilai r |
| 0 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,455 |
| 1 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,869 |
| 2 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,659 |
| 3 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,650 |

 Perlakuan suhu 28OC, 30OC, 32OC, dan 34OC dengan konsentrasi koji 0% menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = - 0,455. Untuk perlakuan suhu yang sama seperti di atas dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 1%, 2% dan 3%, memperlihatkan nilai koefisien korelasi regresi linier untuk masing - masing perlakuan adalah r = - 0,869 , r = -0,659 dan r = - 0,650. Pada Tabel 6. memperlihatkan adanya hubungan suhu fermentasi terhadap penurunan kadar kafein biji kopi setelah fermentasi ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda negatif. Korelasi negatif ini menunjukkan adanya hubungan linear sempurna tidak langsung antara suhu fermentasi dan penurunan kadar kafein biji kopi Robusta. Perlakuan suhu fermentasi memberikan pengaruh yang tidak langsung terhadap penurunan kafein, karena sebenarnya suhu fermentasi mempengaruhi pertumbuhan dari *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* selama proses fermentasi, bukan mempengaruhi penurunan kadar kafein. Pada Tabel 6. dapat dilihat bahwa konsentrasi koji 1% diperoleh nilai r lebih besar daripada konsentrasi koji 2% dan 3%. Sehingga dapat diketahui penurunan kadar kafein yang paling maksimum adalah pada penambahan konsentrasi koji 1% dari pada yang lainnya, hal ini dikarenakan pada konsentrai 2% dan 3% enzim yang dihasilkan lebih banyak sehingga kecepatan metabolisme meningkat dan menghasilkan zat metabolit yang dapat bersifat toksik bagi mikroba itu sendiri.

Wang (1979), menjelaskan bahwa peningkatan produksi enzim dipengaruhi oleh konsentrasi inokulum yang sesuai. Penggunaan konsentrasi inokulum yang lebih kecil menyebabkan produksi enzim menurun, jika digunakan konsentrasi inokulum yang lebih kecil, menyebabkan jumlah enzim yang disekresikan juga berkurang. Konsentrasi inokulum yang lebih besar juga akan menyebabkan produksi enzim menurun. Konsentrasi inokulum yang lebih besar dapat mengakibatkan oksigen terlarut menjadi berkurang dan terjadinya peningkatan kompetisi akan nutrisi.

Mikroorganisme *Saccharomyces cereviceae* menghasilkan berbagai jenis enzim diantaranya enzim proteolitik dan amilolitik. Enzim amilolitik akan memecah karbohidrat pada mucilage biji kopi sehingga menghasilkan asam. Adanya asam akan menurunkan pH sampai mencapai titik isoelektrik protein sehingga protein akan terkoagulasi. Kemudian enzim proteolitik akan memecah protein yang terkoagulasi tersebut sehingga akan ikut menurunkan kadar kafein biji kopi (Rusmanto 2004).

Kafein termasuk alkaloid yang merupakan hasil samping dari pemecahan protein pada tumbuhan kopi. Enzim proteolitik yang dikeluarkan oleh mikroba akan menghidrolisis kafein menjadi 7 methylxanthine yang kemudian akan diurai kembali menjadi xanthine. Xanthine yang terbentuk akan disederhanakan menjadi urea sehingga gugus NH2 dapat dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber nitrogen (Mulato, 2001).

Kafein terdapat secara alami pada biji kopi yang berikatan dengan asam karogenat. Selama proses fermentasi akan timbul panas yang dapat menguraikan ikatan antara kafein dengan asam karogenat, sehingga kafein dalam keadaan bebas di sitoplasma. Lapisan lendir yang telah hilang akan memudahkan enzim proteolitik untuk masuk ke dalam sitoplasma dan menghidrolisis kafein pada biji kopi. (Ridwansyah, 2003).

Perlakuan pengaruh konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var. Ellipsoideus* yang berbeda dengan suhu fermentasi yang sama terhadap penurunan kadar kafein kopi varietas Robusta dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Kafein Kopi Varietas Robusta Setelah Fermentasi

Gambar 5, menunjukkan konsentrasi koji yang ditambahkan pada proses fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi yang sama untuk setiap konsentrasi koji memperlihatkan kadar kafein biji kopi mengalami penurunan setelah fermentasi selama 20 jam untuk seluruh kombinasi perlakuan. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Suhu Fermentasi | Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Nilai r |
| 28 OC | 0123 | - 0,721 |
| 30 OC | 0123 | - 0,956 |
| 32 OC | 0123 | - 0,881 |
| 34 OC | 0123 | - 0,775 |

Perlakuan konsentrasi koji 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi 280C menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = − 0,721. Untuk perlakuan konsentrasi koji yang sama seperti di atas dengan suhu fermentasi yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 30OC, 32OC, dan 34OC, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = - 0,956, r = - 0,881 dan r = - 0,775. Pada Tabel 7. memperlihatkan adanya hubungan konsentrasi koji terhadap penurunan kadar kafein biji kopi setelah fermentasi ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda negatif. Korelasi negatif ini menunjukkan adanya hubungan linear sempurna tidak langsung antara konsentrasi koji dan penurunan kadar kafein biji kopi Robusta. Perlakuan konsentrasi koji yang berbeda ini memberikan pengaruh yang tidak langsung terhadap penurunan kafein, karena proses penguraian kafein oleh *Saccharomyces cereviseae var. Ellipsoideus* itu sendiri dilakukan secara tidak langsung tetapi terlebih dahulu koji menghasilkan enzim proteolitik yang akan memecah protein menjadi senyawa yang lebih sederhana, dan keadaan ini menyebabkan kafein dalam biji kopi Robusta ikut diuraikan. Pada Tabel 7. dapat dilihat bahwa suhu fermentasi 300C diperoleh nilai r lebih besar dibandingkan dengan suhu 280C, 320C, dan 340C. Hal ini dikarenakan pada suhu ini merupakan pertumbuhan dari bakteri *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* lebih pesat, sehingga kadar kafein turun lebih banyak akibat enzim yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* selama fermentasi cukup tinggi. Suhu optimum adalah suhu paling baik untuk pertumbuhan suatu mikroorganisme. Enzim akan menguraikan komponen – komponen pada biji kopi Robusta salah satunya adalah kafein. Kerja enzim dipengaruhi oleh suhu, dengan semakin tinggi suhu menyebabkan meningkatnya energi kinetik molekul – molekul yang bereaksi, sehingga aktifitas enzim akan semakin meningkat. Tetapi karena enzim adalah protein semakin tinggi suhu maka proses inaktifasi enzim semakin meningkat. Selanjutnya sampai batas suhu tertentu atau suhu optimal, peningkatan suhu justru menurunkan aktifitas enzim.

Komponen terpenting dari kopi adalah kafein dan kafeol dimana kafein merupakan zat perangsang sedangkan kafeol merupakan salah satu pembentuk aroma dan organoleptik. Faktor fermentasi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada kafein yang terdapat pada kopi (Illy dan viani, 1995).

Suhu berfungsi sebagai pengatur aktivitas mikroba dalam merombak serta berkembangbiak. Saat mikroba mencapai pada suhu yang optimal, maka perkembangbiakan akan semakin tinggi. Proses perombakan sebagai pemenuhan kebutuhan akan terus meningkat hingga hasil metabolit berlebih dan menghambat siklus hidup dari mikroba tersebut (Fardiaz, 1992).

*Saccharomyces cereviseae var. Ellipsoideus* memerlukan nutrisi untuk berkembang biak salah satunya adalah karbohidrat serta protein. Sebagian nutrisi diambil dari koji yang berasal dari beras dan sisa pemenuhan nutrisi untuk berkembang biak berasal dari kopi. Enzim proteolitik dan amilolitik yang dihasilkan pada pembuatan koji dimanfaatkan untuk merombak komponen protein dan karbohidrat pada kopi.

Kafein pada biji kopi harus diturunkan kadarnya karena dapat membahayakan kesehatan jika dikonsumsi berlebih. Efek kelebihan kafein seperti pengerasan arteri jantung, depresi dan juga resiko stroke.

* + 1. **Kadar Air Biji Kopi var Robusta Setelah Fermentasi**

Kopi yang telah difermentasi ditentukan kadar airnya agar dapat diketahui perubahan kadar air yang terjadi. Air dalam bahan pangan terdiri atas air bebas dan air terikat dan air bebas terdapat di bagian permukaan bahan terletak diantara jaringan-jaringan sel bahan tersebut. Air ini mudah diuapkan pada pengeringan, jumlah air bebas ini juga dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhanya. Air terikat yaitu air yang terikat secara fisik melalui sistem kapiler dan secara kimia dalam bentuk dispersi koloid, air jenis ini sulit untuk diuapkan. Kandungan air dalam suatu bahan pangan dinyatakan dalam persentase perbandingan berat air dalam bahan tersebut dengan berat bahan keringnya (Winarno, 1992).

Penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar air setelah proses fermentasi pada kopi Robusta yang dilakukan dengan metode Gravimetri. Hasil analisis kadar air pada biji kopi varietas Robusta yang telah difermentasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kadar Air Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Fermentasi Selama 20 jam dan Dikeringkan

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Perlakuan | Rata-Rata Kadar Air Buah Kopi | Rata-Rata Kadar Air Biji Kopi Fermentasi | Pengurangan Kadar Air  |
| 1 | k1t1 | 12,73 % | 9,963 % | 2,767 % |
| 2 | k2t1 | 6,829 % | 5,901 % |
| 3 | k3t1 | 6,557 % | 6,173 % |
| 4 | k4t1 | 5,307 % | 7,423 % |
| 5 | k1t2 | 7,650 % | 5,080 % |
| 6 | k2t2 | 10,656 % | 2,074 % |
| 7 | k3t2 | 6,140 % | 6,590 % |
| 8 | k4t2 | 9,440 % | 3,290 % |
| 9 | k1t3 | 5,119 % | 7,611 % |
| 10 | k2t3 | 8,965 % | 3,765 % |
| 11 | k3t3 | 7,769 % | 4,961 % |
| 12 | k4t3 | 6,234 % | 6,496 % |
| 13 | k1t4 | 7,500 % | 5,230 % |
| 14 | k2t4 | 9,616 % | 3,114 % |
| 15 | k3t4 | 10,027 % | 2,703 % |
| 16 | k4t4 | 8,172 % | 4,558 % |

Data pada Tabel 8 menunjukkan rata-rata kadar air biji kopi varietas Robusta setelah fermentasi selama 20 jam dengan perlakuan suhu fermentasi dan penambahan koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* dengan konsentrasi yang berbeda memperlihatkan kadar air yang berbeda pula pada setiap perlakuan. Sedangkan kadar air biji kopi setelah difermentasi dan dikeringkan yaitu sebesar 12,73 %, kadar air ini merupakan kadar air biji kopi yang aman untuk disimpan tanpa dilakukan proses penyangraian. Menurut Najiyati dan Danarti (1997) tujuan pengeringan biji kopi setelah fermentasi untuk menurunkan kadar air sampai aman dari serangan jamur selama penyimpanan. Perlakuan pengeringan biji kopi setelah fermentasi memperlihatkan kadar air biji kopi yang diperoleh bervariasi, dipengaruhi konsentrasi koji yang digunakan dan suhu fermentasi.

Hasil analisis pengaruh perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji memperlihatkan adanya korelasi terhadap rata-rata kadar air biji kopi setelah fermentasi selama 20 jam. Korelasi pengaruh suhu fermentasi dan penambahan konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 6.

0

Gambar 6. Regresi Linear Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Kadar Air Kopi Varietas Robusta Setelah Fermentasi

Berdasarkan Gambar 6, menunjukkan suhu fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 28°C, 30°C, 32°C dan 34°C dengan konsentrasi koji yang sama untuk setiap suhu fermentasi memperlihatkan kadar air biji kopi yang berbeda setelah fermentasi dan setelah dikeringkan untuk seluruh kombinasi perlakuan. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Suhu Fermentasi | Nilai r |
| 0 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,891 |
| 1 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,969 |
| 2 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,773 |
| 3 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,816 |

Perlakuan fermentasi pada suhu 28°C, 30°C, 32°C dan 34°C dengan konsentrasi koji 0% menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = - 0,891. Untuk perlakuan suhu yang sama seperti di atas dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 1%, 2% dan 3%, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = - 0,969, r = - 0,773 dan r = - 0,816. Pada Tabel 13 memperlihatkan adanya hubungan suhu fermentasi terhadap kadar air biji kopi setelah fermentasi ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda negatif. Korelasi negatif ini menunjukkan adanya hubungan linear sempurna tak langsung antara suhu fermentasi dengan kadar air biji kopi Robusta. Perlakuan suhu fermentasi pada penelitian ini memberikan pengaruh yang tidak langsung terhadap kadar air, karena kehilangan air pada biji kopi merupakan hasil dari proses pengeringan yang dilakukan pada suhu 500C, sedangkan suhu fermentasi akan mempengaruhi pertumbuhan *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus*. Kadar air biji kopi dipengaruhi oleh kemampuan enzim yang dikeluarkan oleh mikroba dalam menghidrolisis senyawa-senyawa yang ada di dalam biji kopi. Salah satu hasil akhir dari penguraian senyawa-senyawa tersebut adalah air yang merupakan *by product*.

 Dalam proses pengolahan biji kopi kehilangan air paling banyak terjadi pada pengeringan dan penyangraian. Kadar air biji kopi yang dilakukan fermentasi pada suhu 28°C tanpa penambahan koji dan penambahan koji dengan konsentrasi 1%, 2% dan 3% memberikan kadar air biji kopi lebih tinggi dari pada biji kopi yang difermentasi pada suhu 30°C, 32°C dan 34°C setelah biji kopi dikeringkan. Hal ini dipengaruhi oleh konsentrasi koji, semakin banyak koji yang ditambahkan pada fermentasi akan memproduksi enzim yang banyak pula sehingga semakin banyak komponen-komponen yang terdapat di dalam biji kopi yang diuraikan selain menghasilkan produk utama juga dihasilkan produk samping yaitu berupa air. Pada suhu 28°C pertumbuhan *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* tidak optimum sehingga enzim yang dihasilkan lebih sedikit, hal ini menyebabkan penguraian komponen-komponen yang terdapat di dalam biji kopi lebih sedikit. Keadaan ini mengakibatkan air yang dibebaskan hasil dari metabolime tersebut juga semakin berkurang tetapi air yang terikat di dalam biji kopi masih banyak, sehingga pada saat dikeringkan air di dalam biji kopi kurang teruapkan dibandingkan dengan fermentasi pada suhu 30°C, 32°C dan 34°C.

Perlakuan pengaruh konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang berbeda dengan suhu fermentasi yang sama terhadap perubahan kadar air biji kopi varietas Robusta dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Air Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Fermentasi

Berdasarkan Gambar 8, menunjukkan konsentrasi koji yang ditambahkan pada proses fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi yang sama untuk setiap konsentrasi koji memperlihatkan kadar air biji kopi berbeda untuk seluruh kombinasi perlakuan. Pada Gambar 7 memperlihatkan hubungan suhu dengan konsentrasi koji pada fermentasi biji kopi terhadap kadar air biji kopi setelah fermentasi dan dikeringkan. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Suhu Fermentasi | Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Nilai r |
| 28 OC | 0123 | - 0,725 |
| 30 OC | 0123 | - 0,739 |
| 32 OC | 0123 | - 0,423 |
| 34 OC | 0123 | - 0,998 |

Perlakuan konsentrasi koji 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi 280C menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = - 0,725. Untuk perlakuan suhu yang sama seperti di atas dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 300C, 320C dan 340C, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = - 0,739, r = - 0,423 dan r = - 0,998. Pada Tabel 10 memperlihatkan adanya hubungan konsentrasi koji terhadap penurunan kadar air biji kopi setelah fermentasi ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda negatif. Korelasi negatif ini menunjukkan adanya hubungan linear sempurna tak langsung antara konsentrasi koji dengan kadar air biji kopi Robusta. Konsentrasi koji memberikan pengaruh secara tidak langsung terhadap kadar air biji kopi, karena kehilangan air pada biji kopi sebenarnya dipengaruhi oleh proses pengeringan yang dilakukan pada suhu 500C.

Sivetz dan Foote, (1963) menyampaikan bahwa kadar air bebas yang terdapat pada lendir kopi sekitar 55%, semakin tinggi konsentrasi ragi yang digunakan maka akan semakin banyak air hasil metabolit yang teruapkan akibat panas selama proses fermentasi sehingga kadar air pada biji kopi akan turun.

Hasil fermentasi diperoleh sebagai akibat metabolisme mikroba - mikroba pada suatu bahan pangan dalam keadaan aerob dan anaerob. Mikroba yang melakukan fermentasi membutuhkan energi yang umumnya diperoleh dari glukosa. Dalam keadaan aerob, mikroba mengubah glukosa menjadi air, CO2 dan energi (ATP). Beberapa mikroba hanya dapat melangsungkan metabolisme dalam keadaan anaerob dan hasilnya adalah substrat yang setengah terurai. Hasil penguraiannya adalah air, CO2, energi dan sejumlah asam organik lainnya, seperti asam laktat, asam asetat, etanol serta bahan-bahan organik yang mudah menguap (Maria, 2009).

* + 1. **Kadar Asam Biji Kopi var Robusta Setelah Fermentasi**

Fermentasi bertujuan untuk menghilangkan *mucilage* yang masih terdapat pada biji kopi. Selama fermentasi pektin yang terdapat di dalam *mucilage*  didegradasi oleh enzim pektinolitik menjadi asam pektinat, asam pektat serta asam galakturonat. Kandungan gula dalam *mucilage* juga ikut terdegradasi selama fermentasi menjadi asam laktat dan asam asetat. Asam–asam lain yang dihasilkan dari proses fermentasi ini adalah asam butirat, propionate serta etanol.

Penentuan kadar asam dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar asam setelah proses fermentasi pada kopi Robusta yang dilakukan dengan metode Titrasi Volumetri. Hasil analisis kadar asam pada kopi Robusta dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kadar Asam Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Fermentasi Selama 20 jam dan Dikeringkan

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kode | Kadar Asam Biji Kopi Tanpa Fermentasi | Kadar Asam Biji Kopi Fermentasi | Peningkatan Kadar Asam |
| 1 | k1t1 | 0,603 | 0,694 | 0,091 |
| 2 | k2t1 | 0,821 | 0,218 |
| 3 | k3t1 | 0,906 | 0,302 |
| 4 | k4t1 | 1,140 | 0,537 |
| 5 | k1t2 | 1,115 | 0,512 |
| 6 | k2t2 | 0,878 | 0,275 |
| 7 | k3t2 | 1,240 | 0,637 |
| 8 | k4t2 | 0,964 | 0,361 |
| 9 | k1t3 | 0,807 | 0,204 |
| 10 | k2t3 | 0,893 | 0,290 |
| 11 | k3t3 | 1,120 | 0,517 |
| 12 | k4t3 | 1,018 | 0,415 |
| 13 | k1t4 | 1,008 | 0,405 |
| 14 | k2t4 | 1,305 | 0,702 |
| 15 | k3t4 | 1,230 | 0,627 |
| 16 | k4t4 | 1,145 | 0,542 |

 Tabel 11. menunjukan bahwa pada masing – masing perlakuan terjadi peningkatan dari kadar asam biji kopi yang tanpa adanya perlakuan. Pada saat fermentasi selain zat metabolit dihasilkan juga asam asetat dan asam laktat yang dominan pada saat penguraian *mucilage*. Semakin tipisnya lapisan *mucilage* asam yang dihasilkan semakin banyak, dan terjadi penurunan pH yang akan merangsang kerja enzim pektinase untuk menguraikan pektin yang terkandung dalam *mucilage*. Menurut Avallone *et al.*, (2002) pH yang optimum pada fermentasi biji kopi adalah 4,5 – 4,8. Pektin yang terkandung dalam *mucilage* adalah protopektin sebesar 33% yang tidak mudah larut dalam air, dengan dihasilkannya enzim pektinase oleh koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus*, protopektin di dalam *mucilage* dihidrolisis menjadi asam pektinat yang bersifat larut dalam air sehingga dapat dihilangkan pada pencucian. (Avallone *et al.*, 2002).

Hasil analisis pengaruh perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji memperlihatkan adanya korelasi terhadap rata-rata kadar asam biji kopi setelah fermentasi selama 20 jam yang dapat dilihat pada Gambar 8.

0

Gambar 8. Regresi Linear Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Kadar Asam Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Fermentasi

Berdasarkan Gambar 8, menunjukkan suhu fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 28°C, 30°C, 32°C dan 34°C dengan konsentrasi koji yang sama untuk setiap suhu fermentasi memperlihatkan kadar asam biji kopi yang berbeda, setelah fermentasi dan setelah dikeringkan untuk seluruh kombinasi perlakuan biji kopi. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang digunakan pada fermentasi biji kopi yang dikeringkan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Suhu Fermentasi | Nilai r |
| 0 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,434 |
| 1 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,851 |
| 2 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,709 |
| 3 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,099 |

Perlakuan fermentasi pada suhu 28°C, 30°C, 32°C dan 34°C dengan konsentrasi koji 0% menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = 0,434. Untuk perlakuan suhu yang sama seperti di atas dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 1%, 2% dan 3%, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = 0,851, r = 0,709 dan r = 0,099. Pada Tabel 12 memperlihatkan adanya hubungan suhu fermentasi terhadap kadar asam biji kopi setelah fermentasi ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda positif. Korelasi positif ini menunjukkan adanya hubungan linear sempurna langsung antara suhu fermentasi dengan kadar asam biji kopi Robusta. Perlakuan suhu fermentasi pada penelitian ini memberikan pengaruh yang langsung terhadap kadar asam, karena meningkatnya kadar asam pada biji kopi terjadi akibat meningkatnya aktifitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba sehingga akan terbentuk asam dari penguraian senyawa-senyawa tersebut yang merupakan *by product*.

 Kadar asam biji kopi yang dilakukan fermentasi pada suhu 34°C tanpa penambahan koji dan penambahan koji dengan konsentrasi 1%, 2% dan 3% memberikan kadar asam biji kopi lebih tinggi dari pada biji kopi yang difermentasi pada suhu 28°C, 30°C dan 32°C setelah biji kopi dikeringkan. Hal ini dipengaruhi oleh konsentrasi koji, semakin banyak koji yang ditambahkan pada fermentasi akan memproduksi enzim yang banyak pula sehingga semakin banyak komponen-komponen yang terdapat di dalam biji kopi yang diuraikan selain menghasilkan produk utama juga dihasilkan produk samping yaitu berupa asam. Pada suhu 34°C pertumbuhan *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* mencapai maksimal sehingga enzim yang dihasilkan lebih banyak, hal ini mengakibatkan penguraian komponen-komponen yang terdapat di dalam biji kopi lebih banyak.

Perlakuan pengaruh konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang berbeda dengan suhu fermentasi yang sama terhadap perubahan kadar asam biji kopi varietas Robusta dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 9. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Asam Kopi Varietas Robusta Setelah Fermentasi

Berdasarkan Gambar 9, menunjukkan konsentrasi koji yang ditambahkan pada proses fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi yang sama untuk setiap konsentrasi koji memperlihatkan kadar asam biji kopi berbeda untuk seluruh kombinasi perlakuan. Pada Gambar 9 memperlihatkan hubungan suhu dengan konsentrasi koji pada fermentasi biji kopi terhadap kadar asam biji kopi setelah fermentasi dan dikeringkan. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang digunakan pada fermentasi biji kopi dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Suhu Fermentasi | Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Nilai r |
| 28 OC | 0123 | 0,978 |
| 30 OC | 0123 | 0,073 |
| 32 OC | 0123 | 0,806 |
| 34 OC | 0123 | 0,341 |

Perlakuan konsentrasi koji 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi 280C menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = 0,978. Untuk perlakuan suhu yang sama seperti di atas dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 300C, 320C dan 340C, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = 0,073, r = 0,806 dan r = 0,341. Pada Tabel 13 memperlihatkan adanya hubungan konsentrasi koji terhadap peningkatan kadar asam biji kopi setelah fermentasi ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda positif. Korelasi positif ini menunjukkan adanya hubungan linear sempurna langsung antara konsentrasi koji dengan kadar asam biji kopi Robusta. Konsentrasi koji memberikan pengaruh secara langsung terhadap kadar asam biji kopi, karena peningkatan asam pada biji kopi dipengaruhi oleh aktifitas enzim mikroba dalam merombak senyawa pada biji kopi yang akan menghasilkan *by product* berupa asam.

Jumlah inokulum mikroba yang tinggi akan menyebabkan semakin banyak mikroba yang bekerja dan membentuk komponen-komponen asam organik misalnya asam asetat selama proses fermentasi sehingga aroma kopi semakin meningkat (Clarke, R.J., and R.Macrae. 1985).

**4.3. Penyangraian Biji Kopi**

Perubahan sifat fisik dan kimia biji kopi dapat terjadi selama proses penyangraian, menurut Ukers dan Prescott dalam Ciptadi dan Nasution (1985) terjadi seperti penguapan air, karamelisasi karbohidrat, denaturasi protein, terbentuknya gas CO2 sebagai hasil oksidasi dan terbentuknya aroma yang spesifik pada kopi. Pembentukan aroma selama penyangraian disebabkan karena menguapnya asam yang ada dan terbentuknya gas-gas yang sebagian besar terdiri dari CO2 kemudian gas-gas ini mengisi ruang dalam sel atau pori-pori kopi.

Proses penyangraian merupakan tahapan pembentukan aroma dan citarasa khas kopi dengan perlakuan panas. Proses sangrai diawali dengan penguapan air yang ada di dalam biji kopi dengan memanfaatkan panas dari sumbernya kemudian diikuti dengan reaksi pirolisis. Reaksi ini merupakan reaksi dekomposisi senyawa hidrokarbon antara lain karbohidrat, hemiselulosa dan selulosa yang ada di dalam biji kopi. Secara kimiawi, proses ini ditandai dengan terbentuknya gas CO2 dalam jumlah banyak. Sedang secara fisik, pirolisis ditandai dengan perubahan warna biji kopi yang semula kehijauan menjadi kecoklatan (Pusat Penelitian Kopi Kakao Indonesia, 2007 )

* + 1. **Kadar Kafein Biji Kopi var Robusta Setelah Penyangraian**

Penentuan kadar kafein dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar kafein setelah proses penyangraian pada biji kopi Robusta yang dilakukan dengan metode *Bailey Andrew*. Hasil analisis kadar kafein biji kopi setelah penyangraian dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Kadar Kafein Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Penyangraian

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Perlakuan | Rata-Rata Kadar Kafein Biji Kopi Fermentasi | Rata-Rata Kadar Kafein Biji Kopi Setelah di Sangrai | Pengurangan Kafein |
| 1 | k1t1 | 1,028 % | 0,760 % | 0,268 % |
| 2 | k2t1 | 0,954 % | 0,839 % | 0,115 % |
| 3 | k3t1 | 1,021 % | 0,764 % | 0,257 % |
| 4 | k4t1 | 0,863 % | 0,720 % | 0,143 % |
| 5 | k1t2 | 0,715 % | 0,658 % | 0,057 % |
| 6 | k2t2 | 0,978 % | 0,863 % | 0,115 % |
| 7 | k3t2 | 1,358 % | 1,040 % | 0,318 % |
| 8 | k4t2 | 0,945 % | 0,891 % | 0,054 % |
| 9 | k1t3 | 0,788 % | 0,675 % | 0,113 % |
| 10 | k2t3 | 0,892 % | 0,825 % | 0,067 % |
| 11 | k3t3 | 1,046 % | 0,955 % | 0,091 % |
| 12 | k4t3 | 0,819 % | 0,702 % | 0,117 % |
| 13 | k1t4 | 0,817 % | 0,440 % | 0,377 % |
| 14 | k2t4 | 0,699 % | 0,689 % | 0,010 % |
| 15 | k3t4 | 0,959 % | 0,746 % | 0,213 % |
| 16 | k4t4 | 0,857 % | 0,594 % | 0,263 % |

 Data pada Tabel 14. menunjukkan rata-rata kadar kafein biji kopi varietas Robusta setelah penyangraian untuk biji kopi yang difermentasi pada suhu dan penambahan koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang berbeda, memberikan rata-rata kadar kafein biji kopi hasil penyangraian bervariasi. Biji kopi yang dilakukan fermentasi pada suhu 34°C dengan konsentrasi penambahan koji sebesar 1%, memperlihatkan rata-rata kadar kafein biji kopi setelah disangrai lebih kecil dari perlakuan lainnya. Hal ini dapat terjadi karena kafein telah menjadi senyawa bebas setelah proses fermentasi dengan koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* sehingga kafein akan mudah teruapkan pada saat penyangraian.

Proses penyangraian sebagian kecil dari kafein akan menguap dan terbentuk komponen-komponen lain yaitu aseton, furfural, amonia, trimethylamine, asam formiat dan asam asetat. Kafein dalam bentuk murni seperti kristal berbentuk tepung putih atau berbentuk seperti benang sutera yang panjang dan kusut, dapat mencair pada suhu 235-237°C dan akan mengalami sublimasi pada suhu 176oC. Kafein juga merupakan basa *monocidic* yang lemah dan dapat dipisahkan dengan penguapan, serta mudah diuraikan oleh alkalis yang panas (Ridwansyah, 2003).

Perlakuan pengaruh suhu fermentasi yang berbeda dengan konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang sama terhadap penurunan kadar kafein biji kopi setelah penyangraian varietas Robusta dapat dilihat pada Gambar 10.

0

Gambar 10. Regresi Linear Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Kadar Kafein Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Penyangraian

Berdasarkan Gambar 10, menunjukkan suhu fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 28°C, 30°C, 32°C dan 34°C dengan konsentrasi koji yang sama untuk setiap suhu fermentasi memperlihatkan kadar kafein biji kopi mengalami penurunan setelah penyangraian untuk seluruh kombinasi perlakuan. Pada Gambar 10, memperlihatkan adanya hubungan suhu fermentasi dengan konsentrasi koji terhadap rata-rata kadar kafein biji kopi setelah penyangraian. Hubungan ini ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi dari persamaan regresi linier. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi setelah dilakukan penyangraian dapat dilihat pada 15.

Tabel 15. Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Suhu Fermentasi | Nilai r |
| 0 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,893 |
| 1 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,805 |
| 2 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,124 |
| 3 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | - 0,596 |

Data pada Tabel 15. menunjukkan nilai koefisien korelasi pengaruh suhu fermentasi terhadap rata-rata kadar kafein biji kopi varietas Robusta setelah penyangraian dengan penambahan koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* pada konsentrasi yang berbeda memperlihatkan nilai koefisien korelasi mendekati -1. Hal ini menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara suhu fermentasi terhadap rata-rata kadar kafein biji kopi setelah disangrai. Pada fermentasi terjadi penguraian kafein biji kopi dan adanya panas yang diberikan pada saat penyangraian biji kopi menyebabkan kafein menjadi mudah bergerak, mudah berdifusi melalui dinding sel, dan selanjutnya akan mudah menguap.

Menurut Sivetz dan Desroiser (1979) di dalam Clifford, (1985) kafein yang terdapat di sitoplasma berada dalam keadaan bebas, sedang selebihnya terdapat dalam kondisi terikat sebagai senyawa alkaloid dalam bentuk senyawa garam kompleks kalium klorogenat dengan ikatan ionic. Selanjutnya Baumann *et al*., (1993) menjelaskan pula ikatan kompleks yang terbentuk menyebabkan kafein tidak dapat bergerak bebas di dalam jaringan biji kopi. Pengaruh energi panas dapat menyebabkan ikatan tersebut terputus sehingga mudah terlepas.

Perlakuan pengaruh konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang berbeda dengan suhu fermentasi yang sama terhadap penurunan kadar kafein kopi varietas Robusta setelah penyangraian dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 11. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Kafein Kopi Varietas Robusta Setelah Penyangraian

Gambar 11, memperlihatkan penambahan konsentrasi koji yang berbeda yaitu 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi yang sama untuk setiap konsentrasi koji memperlihatkan kadar rata-rata kafein biji kopi mengalami penurunan setelah dilakukan penyangraian untuk seluruh kombinasi perlakuan. Pada Gambar 11 memperlihatkan terdapat hubungan suhu fermentasi dengan konsentrasi koji terhadap rata-rata kadar kafein biji kopi setelah penyangraian, yang ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi persamaan regresi linier. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji terhadap rata-rata kadar kafein biji kopi dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Suhu Fermentasi | Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Nilai r |
| 28 OC | 0123 | - 0,507 |
| 30 OC | 0123 | - 0,719 |
| 32 OC | 0123 | - 0,914 |
| 34 OC | 0123 | - 0,403 |

Perlakuan konsentrasi koji 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi 280C menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = - 0,507. Untuk perlakuan suhu yang sama seperti di atas dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 300C, 320C dan 340C, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = - 0,719, r = - 0,914 dan r = - 0,403. Pada Tabel 16 nilai koefisien korelasi yang diperoleh memperlihatkan terdapat hubungan yang kuat antara konsentrasi koji terhadap penurunan kadar kafein biji kopi yang difermentasi yang dilakukan penyangraian. Korelasi ini menunjukkan nilai negatif artinya adanya hubungan linear sempurna tidak langsung antara konsentrasi koji terhadap penurunan kadar kafein biji kopi Robusta setelah disangrai. Penurunan kadar kafein setelah disangrai dikarenakan terjadinya penguraian komplek ikatan asam klorogenat dan kafein saat penyangraian sehingga kafein secara bebas akan mudah menguap.

Fermentasi yang dilakukan akan membantu pelepasan ikatan komplek kafein dengan senyawa asamnya. Kafein di dalam kopi terdapat baik sebagai senyawa bebas maupun dalam bentuk kombinasi dengan klorogenat sebagai senyawa kalium kafein klorogenat. Tingginya konsentrasi koji akan membantu mempercepat penguraian kafein pada sitoplasma biji kopi sehingga pada saat penyangraian yang tersisa merupakan kafein bebas yang dapat teruapkan.

Menurut Mahendradatta (2007) proses penyangraian biji kopi pada suhu tinggi menyebabkan mudah terlepasnya asam klorogenat yang berikatan dengan kafein. Perlakuan panas selama proses penyangraian mengakibatkan asam klorogenat mengalami hidrolisis menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah, kemudian diikuti dengan penguapan kafein pada biji kopi yang ditandai dengan pembentukan CO2. Proses penguapan akan lebih cepat dan memiliki hasil yang lebih baik jika dilakukan fermentasi terlebih dahulu pada biji kopi.

* + 1. **Kadar Air Biji Kopi var Robusta Setelah Penyangraian**

Kopi yang telah difermentasi dilakukan penyangraian dengan tujuan untuk meningkatkan cita rasa serta mengurangi beberapa kandungan kimia di dalam kopi, salah satunya adalah air. Penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar air setelah penyangraian pada kopi Robusta yang dilakukan dengan metode Gravimetri dan hasil analisis kadar air biji kopi dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Kadar Air Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Penyangraian

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Perlakuan | Rata-Rata Kadar Air Biji Kopi Fermentasi | Rata-Rata Kadar Air Biji Kopi Setelah di Sangrai | Pengurangan Kadar Air  |
| 1 | k1t1 | 9,963 % | 1,347 % | 8,616 % |
| 2 | k2t1 | 6,829 % | 1,413 % | 5,416 % |
| 3 | k3t1 | 6,557 % | 1,703 % | 4,854 % |
| 4 | k4t1 | 5,307 % | 1,668 % | 3,639 % |
| 5 | k1t2 | 7,650 % | 1,905 % | 5,745 % |
| 6 | k2t2 | 10,656 % | 2,965 % | 7,691 % |
| 7 | k3t2 | 6,140 % | 1,317 % | 4,823 % |
| 8 | k4t2 | 9,440 % | 2,041 % | 7,399 % |
| 9 | k1t3 | 5,119 % | 2,661 % | 2,458 % |
| 10 | k2t3 | 8,965 % | 2,158 % | 6,807 % |
| 11 | k3t3 | 7,769 % | 2,249 % | 5,520 % |
| 12 | k4t3 | 6,234 % | 3,500 % | 2,734 % |
| 13 | k1t4 | 7,500 % | 3,110 % | 4,390 % |
| 14 | k2t4 | 9,616 % | 2,477 % | 7,139 % |
| 15 | k3t4 | 10,027 % | 2,099 % | 7,928 % |
| 16 | k4t4 | 8,172 % | 1,790 % | 6,382 % |

Data pada Tabel 17. menunjukkan rata-rata kadar air biji kopi varietas Robusta setelah penyangraian untuk biji kopi yang difermentasi pada suhu dan penambahan koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang berbeda, memberikan rata-rata kadar kafein biji kopi hasil penyangraian bervariasi. Berbedanya kadar air biji kopi lebih dipengaruhi oleh panas pada saat penyangraian yang menyebabkan air menguap. Penguapan air pada penyangraian disebabkan energi panas yang diberikan selama proses ini, mengakibatkan energi kinetik molekul air pada kopi akan meningkat sehingga molekul-molekul air bergerak lebih cepat untuk melepaskan diri dari gaya tarik-menarik antar molekul air tersebut dan kemudian berubah menjadi gas atau menguap.

Penyangraian biji kopi akan menyebabkan penguapan air yang ada di dalam biji kopi dengan memanfaatkan panas yang tersedia dari kompor dan kemudian diikuti dengan reaksi dekomposisi senyawa hidrokarbon biji kopi antara lain karbohidrat, hemiselulosa dan selulosa yang ada di dalam biji kopi
(Pusat Penelitian Kopi Kakao Indonesia, 2007 ).

Hasil analisis pengaruh perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji memperlihatkan adanya korelasi terhadap penurunan rata-rata kadar air biji kopi setelah penyangraian. Hubungan pengaruh suhu fermentasi dan penambahan konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi dari persamaan regresi linier dapat dilihat pada Gambar 12.

0

Gambar 12. Regresi Linear Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Kadar Air Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Penyangraian

Berdasarkan Gambar 12, menunjukkan suhu fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 28°C, 30°C, 32°C dan 34°C dengan konsentrasi koji yang sama untuk setiap suhu fermentasi memperlihatkan kadar air biji kopi yang berbeda setelah penyangraian untuk seluruh kombinasi perlakuan. Pada gambar 12 memperlihatkan adanya hubungan suhu fermentasi dengan konsentrasi koji pada fermentasi biji kopi terhadap kadar air biji kopi setelah penyangraian. Hubungan suhu fermentasi dan konsentrasi koji terhadap kadar air biji kopi setelah penyangraian dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi dari persamaan regresi linier, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Suhu Fermentasi | Nilai r |
| 0 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,487 |
| 1 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,378 |
| 2 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,357 |
| 3 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,277 |

Perlakuan suhu 28°C, 30°C, 32°C dan 34°C dengan konsentrasi koji 0% menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = 0,487. Untuk perlakuan suhu yang sama seperti di atas dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 1%, 2% dan 3%, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = 0,378, r = 0,357 dan r = 0,277. Data pada Tabel 18 memperlihatkan adanya hubungan suhu fermentasi terhadap kadar air biji kopi setelah penyangraian yang ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda positif. Hal ini memperlihatkan adanya korelasi langsung antara suhu fermentasi dengan kadar air biji kopi Robusta setelah penyangraian. Perlakuan suhu fermentasi pada penelitian ini memberikan pengaruh yang langsung terhadap kadar air setelah penyangraian.

Menurut Ciptadi dan Nasution (1985) perubahan sifat fisik dan kimia biji kopi terjadi selama proses penyangraian, terjadi seperti pengembangan (*swelling*), penguapan air, terbentuknya senyawa *volatile,* karamelisasi karbohidrat, pengurangan serat kasar, denaturasi protein, terbentuknya gas CO2 sebagai hasil oksidasi dan terbentuknya aroma pada kopi.

Perlakuan pengaruh konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang berbeda dengan suhu fermentasi yang sama terhadap penurunan kadar air varietas Robusta setelah penyangraian dapat dilihat pada Gambar 13.

Gambar 13. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Air Kopi Varietas Robusta Setelah Penyangraian

Berdasarkan Gambar 14, menunjukkan konsentrasi koji yang ditambahkan pada fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi yang sama untuk setiap konsentrasi koji memperlihatkan kadar air biji kopi berbeda untuk seluruh kombinasi perlakuan. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Suhu Fermentasi | Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Nilai r |
| 28 OC | 0123 | 0,905 |
| 30 OC | 0123 | -0,432 |
| 32 OC | 0123 | 0,551 |
| 34 OC | 0123 | - 0,986 |

Perlakuan konsentrasi koji 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi 280C menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = 0,905. Untuk perlakuan suhu yang sama seperti di atas dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 300C, 320C dan 340C, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = -0,432, r = 0,551 dan r = - 0,986. Pada Tabel 19 memperlihatkan terdapat hubungan konsentrasi koji terhadap kadar air biji kopi setelah penyangraian ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda negatif pada suhu fermentasi 300C dan 340C sedangkan suhu fermentasi lainnya menunjukkan korelasi positif. Korelasi negatif ini menunjukkan adanya hubungan linear sempurna tak langsung antara konsentrasi koji dengan kadar air biji kopi Robusta, sedangkan korelasi positif sebaliknya. Konsentrasi koji memberikan pengaruh secara tidak langsung terhadap kadar air biji kopi setelah penyangraian pada suhu fermentasi 300C dan 340C, sedangkan pada suhu fermentasi lainnya konsentrasi koji memberikan pengaruh langsung terhadap kadar air.

Ragi yang memfermentasi kopi akan menyebabkan pergerakan air untuk menguap menjadi bebas. Hal ini terjadi akibat pori-pori kopi yang telah terbuka saat fermentasi akan mempercepat proses roasting karena tidak adanya hambatan untuk menguapnya air. Tingginya konsentrasi ragi yang digunakan pada biji kopi akan mempengaruhi banyaknya pori-pori biji kopi yang terbuka
(Pusat Penelitian Kopi Kakao Indonesia, 2007 ).

* + 1. **Kadar Asam Biji Kopi Setelah Penyangraian**

Kopi yang telah difermentasi dilakukan penyangraian dengan tujuan untuk meningkatkan cita rasa serta mengurangi beberapa kandungan kimia dalam kopi, salah satunya adalah asam-asam folatil yang mudah menguap. Panas yang timbul akibat penyangraian diharapkan mampu mengurangi kandungan asam dalam biji kopi dengan cara menguapkan atau mendenaturasi asam tersebut sehingga terbentuk aroma yang khas. Hasil analisis kadar asam biji kopi sangrai dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20. Kadar Asam Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Penyangraian

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kode | Kadar Asam Biji Kopi Fermentasi | Rata-Rata Kadar Asam Biji Kopi Setelah di Sangrai | Pengurangan Kadar Asam |
| 1 | k1t1 | 0,694 % | 0,015 % | 0,679 % |
| 2 | k2t1 | 0,821 % | 0,018 % | 0,803 % |
| 3 | k3t1 | 0,906 % | 0,0089 % | 0,897 % |
| 4 | k4t1 | 1,140 % | 0,016 % | 1,124 % |
| 5 | k1t2 | 1,115 % | 0,013 % | 1,102 % |
| 6 | k2t2 | 0,878 % | 0,017 % | 0,861 % |
| 7 | k3t2 | 1,240 % | 0,019 % | 1,221 % |
| 8 | k4t2 | 0,964 %  | 0,014 % | 0,950 % |
| 9 | k1t3 | 0,807 % | 0,017 % | 0,790 % |
| 10 | k2t3 | 0,893 % | 0,012 % | 0,881 % |
| 11 | k3t3 | 1,120 % | 0,023 % | 1,097 % |
| 12 | k4t3 | 1,018 % | 0,014 % | 1,004 % |
| 13 | k1t4 | 1,008 % | 0,014 % | 0,994 % |
| 14 | k2t4 | 1,305 % | 0,014 % | 1,291 % |
| 15 | k3t4 | 1,230 % | 0,019 % | 1,211 % |
| 16 | k4t4 | 1,145 % | 0,018 % | 1,127 % |

Data pada Tabel 20. menunjukkan rata-rata kadar asam biji kopi varietas Robusta setelah penyangraian untuk biji kopi yang difermentasi pada suhu dan penambahan koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang berbeda, memberikan rata-rata kadar kafein biji kopi hasil penyangraian bervariasi. Berbedanya kadar asam biji kopi lebih dipengaruhi oleh panas pada saat penyangraian yang menyebabkan asam folatil menguap dan sebagian terdekomposisi.

Asam-asam karbokasilat pada biji kopi antara lain asam format, asam asetat,asam oksalat, asam suksinat, asam sitrat, pimvic acid, asam laktat, asam malat,dan asam quinatberubah pada proses penyangraian menjadi asam asetat, asam malat,asam sitrat,dan asam phosporatsangat penting pada pembentukan komponen citarasa *acidity* (Velmourougane, 2011).

Hasil analisis pengaruh perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji memperlihatkan adanya korelasi terhadap penurunan rata-rata kadar asam biji kopi setelah penyangraian. Hubungan pengaruh suhu fermentasi dan penambahan konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi dari persamaan regresi linier dapat dilihat pada Gambar 14.

0

Gambar 14. Regresi Linear Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Kadar Asam Biji Kopi Varietas Robusta Setelah Penyangraian

Berdasarkan Gambar 14, menunjukkan suhu fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 28°C, 30°C, 32°C dan 34°C dengan konsentrasi koji yang sama untuk setiap suhu fermentasi memperlihatkan kadar asam biji kopi yang berbeda setelah penyangraian untuk seluruh kombinasi perlakuan. Hubungan suhu fermentasi dan konsentrasi koji terhadap kadar asam biji kopi setelah penyangraian dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi dari persamaan regresi linier, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 21.

Tabel 21. Pengaruh Suhu Fermentasi Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Suhu Fermentasi | Nilai r |
| 0 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,105 |
| 1 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | -0,827 |
| 2 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,751 |
| 3 | 28 OC30 OC32 OC34 OC | 0,407 |

Perlakuan suhu 28°C, 30°C, 32°C dan 34°C dengan konsentrasi koji 0% menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = 0,105. Untuk perlakuan suhu yang sama dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 1%, 2% dan 3%, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = -0,827, r = 0,751 dan r = 0,407. Data pada Tabel 21. memperlihatkan adanya hubungan suhu fermentasi terhadap kadar asam biji kopi setelah penyangraian yang ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda positif pada koji 2% dan 3%, yang lainnya bernilai negatif sedangkan pada koji 0% tidak terdapat korelasi. Hal ini memperlihatkan adanya korelasi langsung antara suhu fermentasi dengan kadar asam biji kopi Robusta setelah penyangraian, sedangkan korelasi negatif sebaliknya.

Perlakuan pengaruh konsentrasi koji *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* yang berbeda dengan suhu fermentasi yang sama terhadap penurunan kadar air varietas Robusta setelah penyangraian dapat dilihat pada Gambar 15.

Gambar 15. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Asam Kopi Varietas Robusta Setelah Penyangraian

Berdasarkan Gambar 15, menunjukkan konsentrasi koji yang ditambahkan pada fermentasi biji kopi yang bervariasi yaitu 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi yang sama untuk setiap konsentrasi koji memperlihatkan kadar asam biji kopi berbeda untuk seluruh kombinasi perlakuan. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing perlakuan suhu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Nilai Koefisien Korelasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Suhu Fermentasi | Konsentrasi Koji  *Saccharomyces cereviseae var Ellipsoideus* | Nilai r |
| 28 OC | 0123 | - 0,246 |
| 30 OC | 0123 | 0,3024 |
| 32 OC | 0123 | 0,0266 |
| 34 OC | 0123 | 0,7635 |

Perlakuan konsentrasi koji 0%, 1%, 2% dan 3% dengan suhu fermentasi 280C menunjukkan nilai koefisien korelasi dari regresi linier adalah r = - 0,246. Untuk perlakuan suhu yang sama seperti di atas dengan konsentrasi koji yang digunakan pada fermentasi biji kopi yaitu 300C, 320C dan 340C, memperlihatkan nilai koefisien regresi linier untuk masing-masing perlakuan adalah r = 0,3024, r = 0,0266 dan r = 0,7635. Pada Tabel 22 memperlihatkan terdapat hubungan konsentrasi koji terhadap kadar air biji kopi setelah penyangraian ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) bertanda positif pada suhu fermentasi 340C, sedangkan suhu fermentasi lainnya tidak memiliki korelasi. Korelasi positif ini menunjukkan adanya hubungan linear sempurna langsung antara konsentrasi koji dengan kadar asam biji kopi Robusta setelah penyangraian

Kadar asam kopi setelah proses penyangraian mengalami penurunan, hal ini dapat terjadi karena asam yang terdapat pada kopi menguap akibat proses pemanasan. Asam-asam yang bersifat volatile relative mudah menguap terutama pada suhu tinggi, akibatnya tercipta aroma khas pada kopi.

Fermentasi pada kopi dan kakao adalah mengubah gula yang terdapat pada lapisan mesocarp, menjadi alkohol, yang kemudian diubah menjadi asam asetat. Proses ini akan berlangsung sekitar 12 jam. Pembentukan asam-asam yang terjadi akan memberikan cita rasa khas pada kopi sehingga diperlukan pengaturan agar tidak mengalami cita rasa yang berlebih (Rahardi, 2009).

Cita rasa khas aroma pada kopi akan terbentuk dari menguapnya asam-asam yang terdapat pada kopi akibat proses penyangraian. Asam-asam seperti asam asetat, butirat dan volerat yang terbentuk dari pemecahan gula pada proses fermentasi bersifat mudah menguap dan menciptakan aroma khas pada kopi (Siswoputranto, 1992).

Senyawa yang membentuk aroma di dalam kopi menurut Mabrouk dan Deatherage dalam Ciptadi dan Nasution (1985) adalah :

1. Golongan fenol dan asam tidak mudah menguap yaitu asam kofeat, asam klorogenat, asam ginat dan riboflavin.

2. Golongan senyawa karbonil yaitu asetal dehid, propanon, alkohol, aldehid.

3. Golongan asam mudah menguap yaitu asam asetat, butirat dan volerat.

* + 1. **Uji Organoleptik Warna dan Aroma Kopi**

Uji ranking bertujuan untuk mengurutkan nilai aroma dan warna serta untuk memilih sampel terbaik pada kopi bubuk varietas Robusta. Uji ini dilakukan oleh 25 panelis, dalam uji ranking ini panelis diminta memberikan nilai pada masing – masing sampel kopi bubuk varietas Robusta terhadap warna dan aroma. Nilai sampel akan diurutkan untuk mendapatkan sampel terbaik. Hasil penelitian uji ranking terhadap aroma kopi varietas Robusta dapat dilihat pada Tabel 23.

Tabel 23. Hasil Nilai Ranking Organoleptik Warna Kopi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Sampel | Penilaian rangking |
| 1 | k1t1 | 16 |
| 2 | k2t1 | 2 |
| 3 | k3t1 | 8 |
| 4 | k4t1 | 13 |
| 5 | k1t2 | 15 |
| 6 | k2t2 | 14 |
| 7 | k3t2 | 7 |
| 8 | k4t2 | 6 |
| 9 | k1t3 | 12 |
| 10 | k2t3 | 10 |
| 11 | k3t3 | 4 |
| 12 | k4t3 | 3 |
| 13 | k1t4 | 5 |
| **14** | **k2t4** | **1** |
| 15 | k3t4 | 11 |
| 16 | k4t4 | 9 |

Dari hasil penilaian rangking uji organoleptik warna kopi yang memiliki nilai terbaik adalah sampel k2t4. Perbedaan tingkat kesukaan terhadap warna kopi dapat dipengaruhi oleh mutu kopi tersebut. Kopi dengan mutu baik akan dapat mempertahankan senyawa-senyawa pada kopi sehingga warna kopi akan lebih baik.

Perubahan warna disebabkan adanya reaksi maillard yang melibatkan senyawa bergugus karbonil (gula Reduksi) dan bergugus amino (asam amino). Reaksi maillard merupakan reaksi *browning* non enzimatik yang menghasilkan senyawa kompleks dengan berat molekul yang tinggi (Primadia, 2009). Lebih lanjut Winarno (1997) melaporkan bahwa reaksi Maillard merupakan reaksi *browning* non enzimatik yang manghasilkan senyawa komplek dengan berat molekul tinggi. Semakin meningkatnya asam amino bebas dan gula reduksi karena peningkatan suhu saat penyangraian, maka akan mempercepat terjadinya reaksi Maillard yang menyebabkan warna biji kopi semakin gelap.

Tabel 24. Hasil Nilai Ranking Organoleptik Aroma Kopi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No  | Sampel | Jumlah |
| 1 | k1t1 | 14 |
| **2** | **k2t1** | **1** |
| 3 | k3t1 | 11 |
| 4 | k4t1 | 2 |
| 5 | k1t2 | 16 |
| 6 | k2t2 | 6 |
| 7 | k3t2 | 5 |
| 8 | k4t2 | 10 |
| 9 | k1t3 | 7 |
| 10 | k2t3 | 8 |
| 11 | k3t3 | 4 |
| 12 | k4t3 | 12 |
| 13 | k1t4 | 13 |
| 14 | k2t4 | 15 |
| 15 | k3t4 | 9 |
| 16 | k4t4 | 3 |

Dari hasil penilaian rangking uji organoleptik aroma kopi yang memiliki nilai terbaik adalah sampel k2t1. Perbedaan tingkat kesukaan terhadap aroma biji kopi dapat dipengaruhi oleh mutu kopi tersebut. Biji kopi dengan mutu baik akan dapat mempertahankan senyawa-senyawa pada biji kopi sehingga aroma biji kopi akan lebih baik.

Aroma kopi muncul akibat dari senyawa volatil yang tertangkap oleh indera penciuman manusia. Senyawa volatil yang berpengaruh pada aroma kopi sangrai dibentuk dari reaksi Maillard atau reaksi browning non enzimatik, degradasi asam amino bebas, degradasi trigonelin, degradasi gula dan degradasi senyawa fenolik. Kafein tidak berpengaruh terhadap aroma kopi, tetapi sedikit memberikan rasa pahit. Selama penyangraian kopi Robusta, asam klorogenat terdekomposisi menjadi aroma volatil dan melanoidin. Asam klorogenat terdekomposisi bertahap seiring dengan pembentukan aroma volatile dan senyawa melanoidin, dan terlepas sebagai CO (Widyotomo dkk., 2009).