

4. PEMBAHASAN

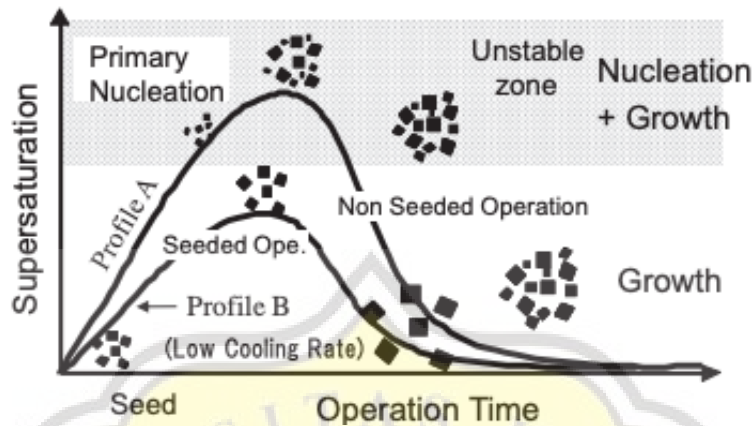
Rimpang tumbuhan *Zingiberaceae*, termasuk di dalamnya ada jahe, kunyit, kencur, dan temulawak mengandung berbagai macam senyawa bioaktif sehingga memiliki potensi bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Oleh sebab itu, minuman yang berbahan dasar rimpang jahe, kunyit, kencur, dan temulawak dapat disebut sebagai minuman fungsional. Untuk memudahkan konsumsi minuman fungsional berbahan rempah-rempah tersebut, maka salah satu alternatifnya adalah dengan mengolah minuman fungsional tersebut menjadi sediaan serbuk instan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh minuman dalam bentuk serbuk instan adalah dengan metode kristalisasi (Fortin et al., 2021). Keberhasilan proses kristalisasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor baik internal maupun eksternal dan dapat berpengaruh pula terhadap karakteristik serta kualitas di produk akhirnya.

Jahe, kunyit, kencur, dan temulawak sebagai bahan dari minuman serbuk instan dapat mempengaruhi proses kristalisasi dan karakteristik produk akhirnya. Hal ini disebabkan jumlah dan kandungan senyawa bioaktif yang berbeda-beda dalam masing-masing rimpang tersebut. Sebelum mengetahui pengaruh dari kondisi proses dan perlakuan terhadap proses kristalisasi dan juga kualitas produk akhir dari minuman serbuk instan, kajian dan analisis mengenai faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses kristalisasi minuman serbuk instan berbahan rimpang tumbuhan *Zingiberaceae* perlu dilakukan. Dengan demikian dapat diketahui kondisi proses dan perlakuan yang paling efektif untuk pengolahan ekstrak rimpang famili *Zingiberaceae* menjadi minuman serbuk dengan metode kristalisasi.

4.1. Proses Kristalisasi Minuman Serbuk Ekstrak Famili *Zingiberaceae*

Proses kristalisasi terbagi menjadi tiga tahap yaitu, nukleasi, pertumbuhan kristal, dan aglomerasi. Pada fase nukleasi, diperoleh benih kristal atau inti kristal (nukleus) pada larutan yang lewat jenuh (*unstable zone*). Berikutnya adalah fase pertumbuhan kristal, dimana nukleus yang telah terbentuk kemudian mengalami pertumbuhan dan bertambah banyak. Ketika air dalam larutan menguap, maka konsentrasi gula dalam sisa larutan akan meningkat yang memicu pertumbuhan kristal. Pada fase ini suhu pemanasan dikurangi, bahkan dihentikan. Namun, pengadukan tetap berlanjut hingga diperoleh serbuk kristal yang seragam (Anastasia et al., 2022). Kristal-kristal yang terbentuk kemudian memasuki

fase aglomerasi, dimana kristal-kristal saling berikatan satu sama lain membentuk partikel padat yang lebih besar (*tightening*) (Estiasih et al., 2017).

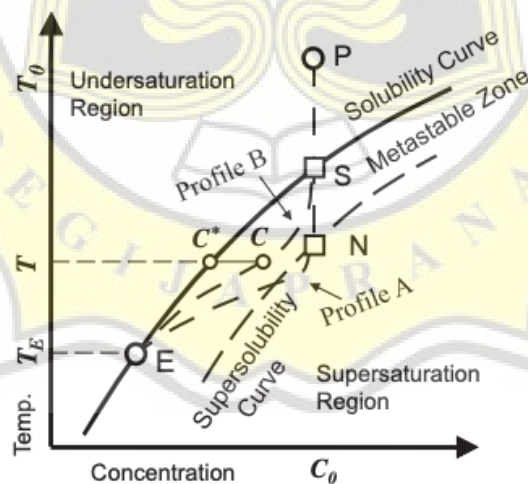


Gambar 24. Proses terbentuknya kristal (Takiyama, 2012)

Penguapan merupakan salah satu unit operasi yang paling sering digunakan untuk menciptakan kondisi lewat jenuh (supersaturasi) pada larutan yang akan dikristalisasi. Proses kristalisasi tidak dapat terjadi sebelum kondisi supersaturasi tercapai. Penulis menggunakan lama waktu yang dibutuhkan hingga kristal terbentuk untuk mengetahui kelancaran dan keberhasilan proses kristalisasi. Berdasarkan data yang diperoleh, proses kristalisasi yang paling cepat terjadi pada pembuatan minuman serbuk jahe yang dilakukan oleh Siswanto & Triana (2018) yaitu, selama 25 menit dengan volume filtrat 2.800 ml. Larutan jahe dapat diuapkan airnya pada suhu 80°C saja. Berbeda dengan penelitian Saraswati et al. (2019) yang memerlukan suhu di kisaran 95-110°C untuk proses penguapan sekaligus kristalisasinya, serta waktu yang diperlukan hingga terbentuk kristal lebih lama yaitu, 60 menit untuk 1.000 ml filtrat jahe dan kencur. Penggunaan suhu yang lebih rendah disebabkan kondisi vakum selama penguapan mampu menurunkan titik didih pelarut (air), sehingga air dalam larutan dapat menguap di bawah titik didih pada kondisi tekanan atmosfer (Syakdani et al., 2019).

Kondisi vakum dapat diciptakan dengan menggunakan mesin evaporator yang telah dilengkapi pompa vakum, sehingga tekanan pada tangki penguapan dapat diatur secara otomatis. Penggunaan mesin evaporator vakum dapat menurunkan suhu penguapan 2.200 cc air dari 100°C menjadi 80°C karena adanya penurunan tekanan dari tekanan atmosfer (760 mmHg) menjadi 380 mmHg (Siswanto & Triana, 2018). Titik didih pelarut (air)

dalam larutan akan menurun seiring dengan penurunan tekanan (Kerr, 2019). Ketika air dalam larutan telah menguap, maka konsentrasi larutan akan meningkat dan kondisi supersaturasi dapat tercapai, yang membuat larutan berada dalam kondisi tidak stabil. Kelabilan zat terlarut inilah yang memicu terjadinya penggabungan molekul-molekul zat terlarut menjadi kristal yang bersifat lebih stabil dengan keberadaan gula. Hubungan tekanan dan titik didih ini juga dibuktikan melalui penelitian yang dilakukan oleh Ismiyati & Sari (2020). Dengan lama dan suhu penguapan yang sama, tekanan penguapan berbanding terbalik dengan konsentrasi larutan, dimana semakin rendah tekanan penguapan, semakin tinggi konsentrasi larutan tersebut (Ismiyati & Sari, 2020). Ketika tekanan diturunkan, titik didih suatu larutan akan menurun, sehingga ketika dipanaskan menggunakan suhu yang sama seperti ketika pada tekanan atmosfer, jumlah air yang teruapkan akan semakin banyak dan konsentrasi larutan meningkat. Selain itu, volume larutan akan menurun selama proses penguapan berlangsung. Semakin rendah volume filtrat, maka proses pembentukan kristal dapat berlangsung dengan lebih cepat (Pudiastutiningtyas et al., 2015). Dengan demikian, penggunaan tekanan lebih rendah (Siswanto & Triana, 2018) dapat menurunkan suhu penguapan dan mempercepat proses kristalisasi.



Gambar 25. Diagram fase solubilitas (Takiyama, 2012)

Estiasih et al. (2017) melakukan penelitian pembuatan minuman serbuk jahe dengan variasi konsentrasi gula pasir yang berbeda. Jumlah gula pasir yang digunakan berkisar dari 500 hingga 1.250 gram. Proses kristalisasi 1.000 ml filtrat jahe dengan kombinasi jumlah gula 500 gram, 750 gram, 1.000 gram, dan 1.250 gram berturut-turut memerlukan

waktu selama kurang lebih 31 menit, 34 menit, 45 menit, dan 25 menit hingga diperoleh sediaan serbuk. Pembuatan minuman serbuk kencur dan kunyit dilakukan oleh Pudiastutiningtyas et al. (2015) dengan berat bahan berturut-turut adalah 800 gram dan 750 gram. Rimpang tersebut masing-masing ditambahkan dengan 500 ml air untuk selanjutnya diblender dan disaring hingga diperoleh filtrat. Sebanyak 900 ml filtrat kencur dan 1.000 ml filtrat kunyit yang diperoleh kemudian dilakukan proses kristalisasi menggunakan alat *crystallizer* dengan penambahan 10 gram gula pasir dan pengaturan suhu sebesar 100°C. Minuman serbuk kencur dihasilkan pada menit ke-115, sedangkan minuman serbuk kunyit diperoleh pada menit ke-130. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa semakin besar jumlah gula yang digunakan, semakin cepat proses kristalisasinya. Hal ini karena semakin tinggi konsentrasi gula maka kondisi lewat jenuh pada larutan dapat lebih cepat dicapai, sehingga dapat segera terbentuk nukleus. Selain itu, penggunaan gula yang lebih tinggi mampu mempermudah dan mempercepat proses pertumbuhan kristal karena adanya perpindahan massa yang lebih besar. Meski begitu, terdapat anomali hasil penelitian yang dilakukan oleh Estiasi et al. (2017), dimana waktu kristalisasi meningkat terlebih dahulu sebelum akhirnya menjadi yang paling singkat, seiring peningkatan konsentrasi gula. Perubahan waktu yang tidak terlalu jauh ini kemungkinan dapat disebabkan karena analisis dilakukan secara visual, dimana proses kristalisasi dianggap selesai ketika produk sudah berubah menjadi serbuk.

Penggunaan variasi jenis gula juga berpengaruh pada laju proses kristalisasi seperti penelitian yang dilakukan oleh Anastasia et al. (2022). Jenis gula yang digunakan untuk pembuatan minuman serbuk jahe dan temu putih adalah gula pasir dan gula merah. Untuk 300 gram jahe dan 100 gram temu putih yang ditambah dengan 400 ml air, dilakukan penambahan 800 gram gula pasir sebagai formula 1 dan penambahan gula pasir (600 gram) dikombinasi gula merah (200 gram) sebagai formula 2. Sebelum dilakukan penambahan gula untuk proses kristalisasi, filtrat diberi perlakuan penguapan di ruang terbuka selama kurang lebih 15 menit terlebih dahulu. Setelah diperoleh filtrat yang lebih kental dan volumenya lebih kecil, gula ditambahkan ke larutan sesuai formula yang telah ditetapkan. Suhu yang digunakan untuk proses kristalisasi kurang lebih 100°C. Pada filtrat formula 1, pembentukan kristal membutuhkan waktu selama 30 menit, sedangkan pembentukan kristal pada filtrat formula 2 membutuhkan waktu selama 35 menit. Perbedaan laju proses kristalisasi disebabkan oleh penggunaan jenis gula yang berbeda.

Penggunaan gula pasir saja lebih cepat dibandingkan penggunaan kombinasi gula pasir dan gula merah. Hal ini disebabkan kadar air pada gula merah lebih tinggi yaitu, sekitar 10,86% dibandingkan gula pasir yang hanya sebesar 5,99% (Widyastuti et al., 2017).

Dengan demikian, kondisi penguapan dan penambahan gula dapat berpengaruh terhadap lama proses kristalisasi. Proses kristalisasi yang berlangsung lebih cepat dapat berpotensi meminimalisir terjadinya kerusakan dan perubahan kandungan senyawa bioaktif yang bersifat sensitif terhadap panas pada produk minuman serbuk instan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Minah & Astuti (2018) dimana kandungan vitamin C dan antioksidan pada minuman serbuk tomat lebih rendah pada waktu pemanasan yang lebih lama. Namun masih tidak ditemukan penelitian terkait yang menggunakan bahan famili *Zingiberaceae*, sehingga masih diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh lama kristalisasi terhadap kandungan senyawa bioaktif dalam produk minuman serbuk ekstrak famili *Zingiberaceae*.

4.2. Karakteristik Produk Minuman Serbuk Ekstrak Famili *Zingiberaceae*

Karakteristik produk minuman serbuk instan dari ekstrak famili *Zingiberaceae*, termasuk di dalamnya ada jahe, kunyit, kencur, dan temulawak dapat dipengaruhi oleh proses kristalisasi dan bahan-bahan yang digunakan. Analisis karakteristik produk minuman serbuk instan tersebut meliputi, kadar air dan aktivitas antioksidan. Selain itu, Apriyana et al. (2017) dan Firdausni et al. (2017) juga melakukan analisis terhadap kandungan senyawa kimia yang terdapat pada minuman serbuk instan jahe.

4.2.1. Kadar Air

Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung dalam suatu bahan dan dinyatakan dalam persen. Pengukuran kadar air menjadi sangat penting dalam produk pangan karena kadar air memiliki hubungan erat terhadap mutu suatu produk, salah satunya adalah daya simpan. Batas kadar air pada minuman serbuk tradisional menurut SNI 01-4320-1996 adalah sebesar 3% (Badan Standarisasi Nasional, 1996). Analisis kadar air terhadap produk minuman serbuk tumbuhan *Zingiberaceae* telah dilakukan. Pada produk minuman serbuk jahe yang melalui proses kristalisasi dengan gula pasir, diperoleh kadar air sebesar kurang lebih 1,4% (Husni et al., 2015); 0,82% (Afriani et al., 2022); dan 0,48% (Firdausni et al., 2017). Perbedaan hasil kadar air yang diperoleh meski menggunakan

bahan yang sama dapat disebabkan karena adanya perbedaan kondisi geografis, kondisi dan perlakuan selama proses penanaman, serta genetik masing-masing rimpang yang digunakan (Muflihah et al., 2021). Selain itu, perbedaan hasil kadar air produk dapat disebabkan oleh kondisi proses kristalisasi yang berbeda-beda, contohnya seperti suhu, waktu, dan kecepatan pengadukan yang berbeda.

Analisis kadar air juga dilakukan pada minuman serbuk instan kunyit, kencur, dan temulawak, dan diperoleh hasil kadar air berturut-turut sebesar 0,63%; 0,86%; dan 1,19% (Afriani et al., 2022). Kadar air paling tinggi pada produk minuman serbuk instan hasil kristalisasi dengan gula pasir terdapat di minuman serbuk instan jahe hasil penelitian Husni et al. (2015) dan diikuti dengan minuman serbuk instan temulawak hasil penelitian Afriani et al. (2022). Perbedaan hasil kadar air yang diperoleh dapat terjadi karena kandungan spesifik pada setiap bahan yang digunakan dapat berbeda-beda seperti, jahe memiliki kadar air sekitar 9-12% (Jafarzadeh et al., 2021), kunyit mengandung kadar air sebesar 13,1% (Kusbiantoro & Purwaningrum, 2018), sedangkan kencur dan temulawak tersusun dari 11,08% dan 75,18% kadar air secara berturut-turut (Sari Putri, 2013; Srivastava et al., 2019). Semakin banyak kandungan air dalam rimpang, semakin banyak pula air yang dapat diikat oleh gula sehingga meningkatkan kadar air produk akhirnya. Kandungan rimpang yang sama dapat berbeda juga, tergantung pada tempat dan kondisi pertumbuhannya, proses pemanenan, serta umur rimpang itu sendiri. Proses pemasakan juga dapat mempengaruhi hasil kadar air minuman serbuk, yang meliputi pengaturan suhu pengolahan dan lama waktu kristalisasi. Semakin tinggi suhu yang digunakan selama proses kristalisasi dan semakin lama waktu pemasakannya, semakin tinggi pula jumlah air yang teruapkan.

Penggunaan variasi jenis gula juga dapat mempengaruhi nilai kadar air pada minuman serbuk. Penelitian yang dilakukan Anastasia et al. (2022) pada minuman serbuk jahe dan temu putih menggunakan variasi gula pasir dan gula merah. Pada penggunaan gula pasir 100%, kadar air minuman serbuknya sebesar 0,26% sedangkan pada penggunaan kombinasi gula pasir (600 gram) dan gula merah (200 gram) menghasilkan produk minuman serbuk dengan kadar air 1,04%. Hasil yang serupa juga diperoleh Nisfiah et al. (2022), dimana penggunaan gula pasir saja menghasilkan produk minuman serbuk jahe dan kunyit dengan kadar air 0,39% sedangkan penggunaan kombinasi gula pasir dan gula merah dengan rasio 3:1 diperoleh minuman serbuk berkadar air 1,61%. Dengan

demikian dapat diketahui bahwa penggunaan gula merah mampu meningkatkan kadar air pada produk akhir minuman serbuk instan.

Firdausni et al. (2017) menggunakan variasi jenis gula yang berbeda yaitu, gula pasir dan gula aren. Minuman serbuk instan jahe dengan kombinasi gula pasir dan gula aren (3:1) memiliki kadar air sebesar 0,65% sedangkan rasio jumlah gula pasir 1:1 dengan gula aren menghasilkan minuman serbuk berkadar air 0,86%. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi jumlah gula aren yang digunakan, semakin tinggi pula kadar air produk akhir minuman serbuknya.

Kenaikan kadar air produk karena penggunaan gula merah maupun gula aren dapat disebabkan karena adanya jenis gula glukosa dan fruktosa yang terkandung di dalamnya. Berbeda dengan gula pasir yang hanya mengandung sukrosa murni. Fruktosa merupakan jenis gula yang memiliki tingkat higroskopisitas yang paling tinggi dibandingkan jenis gula lainnya. Erlienawati et al. (2017) juga mengemukakan bahwa adanya komposisi gula invert yaitu, glukosa dan fruktosa, menyebabkan gula aren memiliki sifat lebih higroskopis dan mampu meningkatkan kadar air produk dengan mengikat air dari lingkungan. Berdasarkan data yang diperoleh, produk minuman serbuk yang dihasilkan pada semua penelitian masih masuk ke dalam kriteria SNI yaitu, memiliki kadar air di bawah 3%.

4.2.2. Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan merupakan tingkat kemampuan senyawa antioksidan dalam suatu bahan untuk menangkal radikal bebas yang dinyatakan dalam persen maupun IC_{50} . Rimpang famili *Zingiberaceae* memiliki aktivitas antioksidan yang disebabkan adanya senyawa metabolit sekunder. Metabolit sekunder merupakan komponen organik yang tidak memiliki fungsi langsung pada pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, yang dapat dibagi menjadi 3 kelompok utama yaitu, terpenoid, fenolik, dan senyawa yang mengandung nitrogen (Taiz & Zeiger, 2010). Metabolit sekunder utama yang banyak berperan sebagai antioksidan dalam rimpang famili *Zingiberaceae* diantaranya, fenolik, flavonoid, terpenoid, alkaloid, dan asam-asam organik lainnya (Muflihah et al., 2021). Total kandungan flavonoid dari yang paling tinggi adalah kunyit, temulawak, kencur, lalu jahe, sedangkan total kandungan fenolik berurutan dari yang paling tinggi adalah kunyit,

temulawak, kencur, dan jahe (Akinola et al., 2014; Muflihah et al., 2021). Semakin tinggi kandungan flavonoid dan fenoliknya, semakin tinggi pula aktivitas antioksidannya.

Analisis aktivitas antioksidan pada minuman serbuk instan tumbuhan *Zingiberaceae* bertujuan untuk mengetahui khasiatnya bagi kesehatan tubuh. Septiana et al. (2017) telah melakukan analisis aktivitas antioksidan pada minuman serbuk instan jahe, kunyit, kencur, dan temulawak. Metode yang digunakan untuk mengetahui aktivitas antioksidan dari produk adalah metode DPPH. DPPH atau *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* merupakan radikal bebas berwarna ungu dan bersifat stabil pada panjang gelombang 517 nm. Pengujian dengan larutan DPPH bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari minuman serbuk dalam menangkap radikal bebas DPPH yang dinyatakan dalam persen kapasitas penangkapan radikal bebas. Semakin berkurang intensitas warna ungu dari DPPH dan menjadi warna kuning, menandakan bahwa kapasitas produk menangkap radikal bebas semakin tinggi (Lung & Destiani, 2017).

Aktivitas antioksidan pada produk minuman serbuk dari yang paling tinggi berturut-turut sebesar 55% (temulawak), 47% (kunyit), 45% (jahe), dan 35% (kencur) (Septiana et al., 2017). Hasil kajian yang diperoleh sedikit berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Muflihah et al. (2021) dan Akinola et al. (2014). Urutan aktivitas antioksidan dari yang paling tinggi adalah kunyit, jahe, lalu temulawak (Akinola et al., 2014). Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Muflihah et al. (2021) urutan aktivitas antioksidan dari yang paling tinggi adalah kunyit, temulawak, kencur, lalu jahe. Perbedaan aktivitas antioksidan tersebut dapat disebabkan oleh kandungan senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan, seperti flavonoid dan fenolik, dalam bahan yang berbeda-beda, juga kondisi geografis wilayah asal, kondisi penanaman, dan genetik yang berbeda antar rimpang famili *Zingiberaceae*.

Husni et al. (2015) juga melakukan analisis aktivitas antioksidan terhadap minuman serbuk jahe, dan diperoleh hasil sebesar 25,7%. Dengan asumsi suhu kristalisasi yang tidak jauh berbeda (>100°C, sesuai titik didih gula), perbedaan aktivitas antioksidan minuman jahe dari kedua penelitian tersebut dapat disebabkan oleh kandungan spesifik pada jahe yang berbeda antara satu sama lain, juga perbedaan jenis gula yang digunakan, dimana nira kelapa yang digunakan dalam penelitian Septiana et al. (2017) sendiri sudah memiliki aktivitas antioksidan karena adanya senyawa fenol yang mampu menangkap

radikal bebas (Jagadhita et al., 2022). Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Rum et al. (2016) yang membuktikan bahwa urutan aktivitas antioksidan gula dari yang paling tinggi adalah gula merah, lalu gula aren, dan yang paling lemah adalah gula pasir.

Proses pembuatan gula pasir dengan bahan baku nira tebu terdiri dari dua tahap pemurnian yang dapat menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan dibandingkan nira kelapa. Pemurnian tahap pertama berlangsung pada saat pembentukan gula mentah (*raw sugar*) yaitu, dengan penambahan kapur dan larutan asam fosfat. Pada tahap berikutnya dilakukan penambahan karbon teraktivasi sehingga warna gula pasir menjadi putih karena terjadi kehilangan warna (Rum et al., 2016). Berbeda dengan perlakuan yang diterima nira kelapa pada percobaan Septiana et al. (2017) yang hanya melalui proses pemanasan dan evaporasi dengan suhu 110°C. Menurut Rum et al. (2016), tahap pemurnian pada gula pasir menyebabkan penurunan pigmen melanoidin, pigmen coklat yang terbentuk sebagai hasil reaksi *Maillard*, yang memiliki kapasitas sebagai antioksidan. Oleh sebab itu, produk minuman serbuk dengan gula pasir memiliki aktivitas antioksidan yang lebih rendah daripada minuman serbuk dengan nira kelapa. Tingginya aktivitas antioksidan pada produk akhir minuman serbuk dengan agen pengkristal nira kelapa juga disebabkan nira kelapa sendiri memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi yaitu, 23,42% dibandingkan sari tebu (12,4%) (Asghar et al., 2020).

4.2.3. Kandungan Senyawa Kimia Minuman Serbuk Instan Jahe

Apriyana et al. (2017) dan Firdausni et al. (2017) telah melakukan analisis komponen kimia dalam minuman serbuk instan jahe. Metode kristalisasi dilakukan secara tradisional dan mekanis dengan bantuan mesin. Metode kristalisasi secara tradisional menggunakan wajan dan pengaduk, sedangkan metode mekanis menggunakan bantuan mesin evaporator yang dilengkapi dengan pengaduk di dalam tabungnya. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa metode kristalisasi dapat berpengaruh pada komponen kimia dalam produk akhir minuman serbuk. Minuman serbuk instan jahe yang diproduksi dengan metode tradisional terdiri atas komponen bioaktif utamanya adalah *alpha-pinene* (11,02%), *zingiberene* (10,82%), *hexadecane* (7,31%) dan *citral* (5%), *beta-bisabolene* (2,29%), *beta-sesquipedriline* (2,26%) dan *beta-pelladrine* (2,06%), sedangkan pada minuman serbuk instan jahe yang diproduksi dengan bantuan mesin tersusun dari

komponen utamanya yaitu, *Zingiberene* (17,46%), *Citral* (17,05%), *Camphene* (6,93%), *Curcumene* (6,18%), *beta-sesquepelladrine* (5,88%), 1,8-sineol (5,61%), dan Borneol (4,3%). Dengan demikian dapat diketahui bahwa metode kristalisasi yang berbeda menghasilkan kandungan kimia yang berbeda pada produk minuman serbuk.

Senyawa kimia dalam minuman serbuk instan jahe yang berperan dalam pemberi flavor terdiri dari, α -pinene, camphene, β -phellandrene, dan curcumene (Purnomo et al., 2010). Aroma khas pada minuman serbuk instan dapat disebabkan oleh keberadaan senyawa seskuiterpen, sedangkan rasa dari produk ini berasal dari senyawa monoterpen yang meliputi camphene, α -pinene, limonene, β -phellandrene, mycrene, borneol, 1,8-sineol, citronellol, linalool, geraniol, neral, geranial, dan lain-lain (Chrubasik et al. , 2005). Komponen senyawa penyumbang flavor, aroma, dan rasa tersebut masih ditemukan dalam minuman serbuk instan jahe, baik dengan metode tradisional, maupun mekanis. Hal ini berarti flavor khas dari jahe masih dapat diperoleh dengan kedua metode kristalisasi, namun sedikit lebih baik pada metode mekanis karena senyawa penyumbang flavor tersebut lebih banyak ditemukan.

Senyawa gingerol dan shogaol merupakan komponen penyumbang rasa pedas atau *pungent* pada jahe (Srinivasan, 2017). Apriyana et al. (2017) telah melakukan analisis senyawa 6-gingerol pada produk minuman serbuknya menggunakan metode GC-MS atau *Gas Chromatography-Mass Spectrometry*. Namun, senyawa 6-gingerol tersebut tidak dapat terdeteksi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sifat 6-gingerol yang tidak stabil terhadap panas dan mampu terkonversi menjadi senyawa 6-shogaol (Jafarzadeh et al., 2021). Hal ini selaras dengan pendapat Kou et al. (2018) bahwa semakin banyak input panas ke dalam sistem, semakin berkurang senyawa 6-gingerol, dan 6-shogaol semakin bertambah. Berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Firdausni et al. (2017) yang berhasil mendeteksi adanya senyawa 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, dan 6-shogaol berturut-turut sebanyak 0,186 mg/g; 0,034 mg/g; 0,106 mg/g; dan 0,053 mg/g dengan metode pengujian HPLC atau *High Performance Liquid Chromatography*. Perbedaan hasil deteksi ini dapat disebabkan oleh perbedaan bahan dan metode kristalisasi yang digunakan, juga perbedaan metode analisis yang digunakan.

Rimpang jahe yang berbeda dapat mempengaruhi kandungan komponen kimia di dalam minuman serbuk jahe karena kandungan dalam jahe dapat dipengaruhi oleh tempat

tumbuh, cara budidaya, hingga umur panen dari jahe itu sendiri. Semakin tinggi umur panennya, kandungan gingerol dalam jahe dapat bertambah (Chrubasik et al., 2005). Selain itu, analisis senyawa bioaktif gingerol menggunakan GC-MS kurang direkomendasikan karena gingerol bersifat tidak stabil terhadap panas, sedangkan temperatur yang tinggi pada kolom GC dapat menyebabkan senyawa 6-gingerol terkonversi menjadi senyawa 6-shogaol (Abdo et al., 2018; Kubra & Rao, 2012; Shao et al., 2010). Metode HPLC lebih cocok digunakan untuk menganalisis komponen gingerol dan shogaol dalam berbagai produk yang berasal dari jahe misalnya, suplemen, bumbu, teh, dan minuman karena tidak ditemukan adanya degradasi senyawa 6-gingerol selama proses pengujian berlangsung (Schwertner & Rios, 2007). Perolehan hasil jumlah 6-gingerol yang lebih tinggi daripada 6-shogaol pada minuman serbuk jahe (Firdausni et al., 2017) dimungkinkan karena suhu yang digunakan belum terlalu tinggi untuk mengkonversi lebih banyak 6-gingerol menjadi 6-shogaol. Selain itu, proses pemanasan tidak hanya menyebabkan terjadinya dehidrasi yang mengkonversi 6-gingerol menjadi 6-shogaol, tetapi juga dapat terjadi reaksi lain yang perlu diteliti lebih lanjut. Hal ini dinyatakan oleh Kou et al. (2018) bahwa jumlah hilangnya gingerol selalu lebih banyak atau tidak sebanding dengan peningkatan jumlah shogaol.

4.3. Faktor yang Mempengaruhi Proses Kristalisasi dan Karakteristik Minuman Serbuk Ekstrak Rimpang Famili *Zingiberaceae* serta Optimasinya

Setelah diketahui proses kristalisasi dan karakteristik produk akhir minuman serbuk dari ekstrak famili *Zingiberaceae* beserta faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya, maka dilakukan analisis lebih lanjut dan mendalam untuk mengetahui kondisi proses kristalisasi dan perlakuan yang paling efektif dan memberikan karakteristik serta manfaat minuman serbuk yang maksimal. Berdasarkan studi yang telah dilakukan, proses kristalisasi dapat diawali dengan proses penguapan, sebelum dicampur dengan gula, untuk mempercepat waktu terbentuknya kristal. Evaporasi bertujuan untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan konsentrasi larutan, sehingga tercipta kondisi supersaturasi sebelum proses kristalisasi dapat berlangsung. Untuk menguapkan air dibutuhkan suhu yang tinggi yakni, 100°C sesuai dengan titik didih air. Namun dalam proses evaporasi larutan ekstrak rimpang famili *Zingiberaceae* dibutuhkan suhu yang lebih tinggi karena terdapat komponen lain selain air dan konsentrasi larutan menjadi lebih tinggi. Semakin tinggi konsentrasi suatu larutan, semakin tinggi titik didihnya (Brennan, 2006).

Kebanyakan bahan pangan sensitif terhadap suhu tinggi sehingga ketika terpapar panas terlalu lama dapat menurunkan kualitas produk, seperti hilangnya flavor hingga perubahan warna (Heldman & Lund, 2007).

Pengaruh kondisi dan proses evaporasi larutan jahe telah diteliti oleh Phoungchandang et al. (2009) yang menggunakan tiga macam evaporator yakni, *pan evaporator*, *natural circulation evaporator*, dan *agitated vacuum evaporator*. Proses evaporasi dengan *pan evaporator* dilakukan bersamaan dengan proses kristalisasi yang artinya gula sudah ditambahkan ke larutan sejak pemanasan dimulai. Proses evaporasi dan kristalisasi berlangsung selama 30 menit dengan suhu sekitar 100-105°C. Sedangkan *natural circulation evaporator* dan *agitated vacuum evaporator* hanya digunakan untuk untuk proses evaporasi saja, lalu dilanjutkan proses kristalisasi yang dilakukan di panci terpisah. Lama proses, suhu, dan tekanan yang digunakan dalam proses evaporasi dengan *natural circulation evaporator* dan *agitated vacuum evaporator* berturut-turut adalah 5 menit dengan suhu 85°C dalam tekanan -33,86 kPa, dan 25 menit dengan suhu 54°C dalam tekanan -88,05 kPa. Parameter produk yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antar evaporator adalah kadar air, tingkat kecerahan, dan kadar 6-gingerol dalam minuman serbuk jahe. Kadar air produk terendah diperoleh melalui evaporasi dengan *pan evaporator* dikarenakan suhu yang digunakan paling tinggi dan prosesnya berlangsung paling lama. Urutan tingkat kecerahan produk dari yang paling cerah dan kadar 6-gingerol yang paling tinggi diperoleh pada produk hasil evaporasi dengan *agitated vacuum evaporator*, *natural circulation evaporator*, lalu *pan evaporator*. Hal ini disebabkan kondisi vakum (tekanan rendah) dapat menurunkan titik didih larutan, sehingga suhu penguapan tidak perlu terlalu tinggi dan komponen dalam produk dapat lebih dipertahankan, termasuk pigmen warna dan 6-gingerol.

Pemanasan juga dapat meningkatkan kecerahan dan warna kekuningan pada kunyit karena suhu yang tinggi dapat menonaktifkan enzim oksidatif yaitu, *polyphenol oxidase* (PPO). PPO dapat menyebabkan reaksi pencoklatan (*browning*) sehingga apabila aktivitasnya terhambat, proses pencoklatan juga terhambat dan tingkat kecerahan produk dapat dipertahankan bahkan ditingkatkan (Prathapan et al., 2009). Akan tetapi Nurhadi et al. (2019) justru mengemukakan hal yang berbeda yakni, suhu yang tinggi selama pemanasan dapat menurunkan tingkat kecerahan oleoresin temulawak karena kadar kurkumin yang menyumbang warna temulawak terdekomposisi dan mengalami

penurunan. Oleh sebab itu, efek evaporasi terhadap warna produk minuman serbuk ekstrak rimpang famili *Zingiberaceae* masih perlu diteliti lebih lanjut.

Kaitan kondisi proses kristalisasi dan evaporasi juga dapat berpengaruh pada komponen antioksidan minuman serbuk ekstrak famili *Zingiberaceae*. Senyawa antioksidan juga dapat mengalami oksidasi secara bertahap dengan keberadaan cahaya, panas, logam peroksida, atau bereaksi langsung dengan oksigen (Listiana & Herlina, 2015). Aktivitas antioksidan dalam rimpang famili *Zingiberaceae* kebanyakan berasal dari senyawa fenolik, flavonoid, dan terpenoid. Dalam jahe terdapat senyawa fenolik gingerol, shogaol, dan zingerone yang memiliki aktivitas antioksidan (Jafarzadeh et al., 2021). Kurkuminoid yang tersusun dari kurkumin (CUR), demetoksikurkumin (DCM), dan bisdemetoksikurkumin (BDCM) juga memiliki kapasitas antioksidan yang tinggi yang terdapat dalam kunyit dan temulawak (Silalahi, 2018). Senyawa antioksidan yang terdapat pada kencur berasal dari senyawa flavonoid dan fenolik, juga minyak esensial yang terkandung di dalamnya (Silalahi, 2019). Pemanasan selama proses kristalisasi dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan minuman serbuk ekstrak rimpang famili *Zingiberaceae*.

Aktivitas antioksidan berkaitan dengan total fenolik dalam rimpang famili *Zingiberaceae*, sehingga ketika total fenolik menurun, maka aktivitas antioksidan juga menurun dan berlaku sebaliknya. Proses pemanasan pada saat evaporasi dan kristalisasi dapat merusak komponen yang sensitif terhadap panas, termasuk di dalamnya senyawa fenolik (Dusun et al., 2020). Untuk meminimalisir perubahan komponen fenolik tersebut, kristalisasi dan evaporasi dengan kondisi vakum dapat dilakukan karena suhu yang digunakan tidak perlu terlalu tinggi.

Senyawa fenol utama dalam jahe yang memiliki kapasitas antioksidan adalah gingerol. Gingerol memiliki sifat *thermo-labile* sehingga apabila terpapar suhu tinggi dapat terkonversi menjadi shogaol (Srikandi et al., 2020). Hal ini disebabkan oleh struktur molekul gingerol yang terdiri dari gugus fungsi β -hidroksil keto yang tidak stabil terhadap panas (Purnomo et al., 2010). Gingerol juga memiliki *acidic methylene protons* yang dapat dengan mudah terdehidrasi menjadi shogaol, sedangkan melalui reaksi retro-aldol, gingerol dapat berubah menjadi zingerone dan aldehid. Namun zingerone dan aldehid tersebut dapat terkondensasi membentuk gingerol kembali dalam

kondisi asam (Hawlder et al., 2006). Dengan begitu, ketahanan gingerol dapat lebih ditingkatkan dalam kondisi vakum. Potensi ini telah dibuktikan pada penelitian yang dilakukan Hawlder et al. (2006), dimana jumlah gingerol dengan perlakuan vakum memiliki jumlah yang paling tinggi dibandingkan perlakuan panas yang lainnya. Perlakuan vakum dilakukan dalam tabung aluminium yang tertutup dan terlindung dari cahaya luar, sehingga gingerol yang bersifat tidak stabil, mudah teroksidasi di udara, dan sensitif terhadap cahaya dapat lebih bertahan (Hawlder et al., 2006).

Hasil yang sedikit berbeda ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh Purnomo et al. (2010) dimana aktivitas antioksidan jahe meningkat dengan pemanasan selama 2 hingga 6 menit, namun kemudian menurun ketika pemanasan terus berlanjut. Hal tersebut dapat terjadi karena pemanasan dalam waktu singkat menyebabkan dinding sel terdekomposisi dan meningkatkan kelarutan komponen aktif dalam pelarutnya. Sesuai dengan pendapat (Shobana & Naidu, 2000) bahwa pemanasan dapat melepaskan antioksidan terikat sehingga aktivitas antioksidan menjadi lebih tinggi. Namun pemanasan lebih lanjut dapat menurunkan aktivitas antioksidan karena komponen aktif tersebut mengalami dekomposisi dan terjadi koagulasi. Koagulasi dapat menyebabkan kemampuan ekstraksi komponen aktif menurun, diikuti penurunan aktivitas antioksidan (Khatun et al., 2006). Selain aktivitas antioksidan, hasil yang serupa juga ditunjukkan pada total fenolik dan total 6-gingerol. Peningkatan total fenol pada 2-6 menit pertama disebabkan adanya reaksi hidrolisis glikosida membentuk aglikonnya (Khatun et al., 2006). Beberapa aglikon menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi daripada bentuk glikosidanya (Purnomo et al., 2010).

Pada kunyit dan temulawak, senyawa fenolik utama yang berperan sebagai antioksidan adalah kurkuminoid. Kurkuminoid terdiri dari kurkumin (CUR), demetoksikurkumin (DCM), dan bisdemetoksikurkumin (BDCM). CUR merupakan senyawa paling banyak menyusun kurkuminoid dan paling sensitif terhadap panas, diikuti dengan DCM lalu BDCM. Sifat kurkuminoid sensitif terhadap kombinasi cahaya dan udara, serta cahaya UV (Chumroenphat et al., 2021). Perlakuan suhu yang tidak terlalu tinggi dan dalam kondisi vakum berpotensi menjaga ketahanan kurkuminoid. Hal ini didukung dengan penelitian Chumroenphat et al. (2021), dimana enzim PPO dapat dihambat dengan kondisi rendah dan kondisi vakum (kekurangan oksigen) karena aktivitasnya berkaitan dengan keberadaan oksigen. Selain perannya dalam reaksi *browning*, PPO juga dapat

mendegradasi kurkuminoid, sehingga penghambatan aktivitas PPO berpotensi meningkatkan aktivitas antioksidan pada kunyit dan temulawak. Menurut Hirun et al. (2012) PPO bersifat tidak stabil pada suhu di atas 60°C dan terdenaturasi pada suhu 70°C. Hal ini dibuktikan melalui tingginya total fenolik kunyit dengan perlakuan suhu 60-100°C karena tidak terdegradasi oleh PPO, dan kemudian fenolik menurun di atas suhu 100°C karena teroksidasi non-enzimatis (Hirun et al., 2012). Dilengkapi oleh Chumroenphat et al. (2021), PPO memiliki suhu optimum pada 35-40°C yang dibuktikan dengan menurunnya jumlah kurkuminoid secara drastis pada suhu tersebut dan sedikit menurun pada suhu 50°C. Selain kurkuminoid, PPO juga berpengaruh pada penurunan senyawa kaempferol, yang merupakan senyawa fenolik berkapasitas antioksidan pada kencur. Kaempferol juga bersifat sensitif terhadap panas (Chumroenphat et al., 2021).

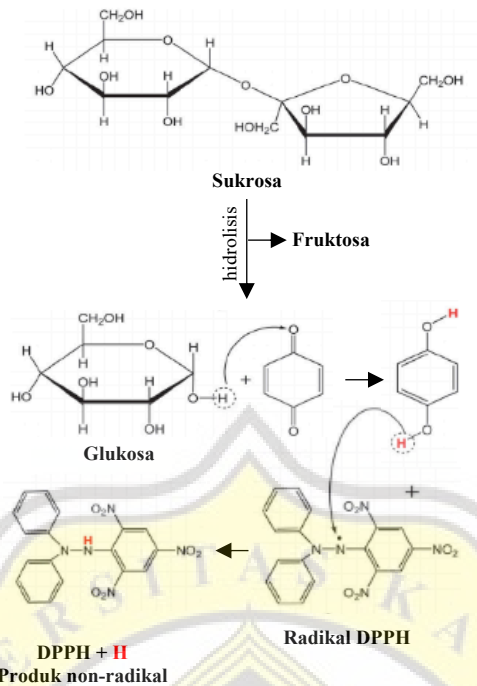
Aplikasi penggunaan gula dalam jumlah dan konsentrasi yang tinggi mampu mempercepat proses kristalisasi karena sifat gula yang higroskopis yaitu, memiliki sifat mengikat air. Selama proses penguapan, semakin banyak gula yang digunakan, semakin cepat proses pengeluaran air dari bahan dan makin banyak air yang terikat, sehingga proses penguapan juga dapat berlangsung dengan lebih cepat. Sifatnya yang mengikat air menyebabkan kadar air pada bahan juga akan berkurang seiring dengan peningkatan konsentrasi gula. Kadar air yang rendah dapat meningkatkan kemampuan produk minuman serbuk untuk larut. Kemampuan minuman serbuk untuk larut dalam air juga dapat diketahui melalui waktu rehidrasi yang diperlukan, dimana semakin tinggi konsentrasi gula yang digunakan, semakin singkat waktu yang diperlukan untuk seluruh serbuk terhidrasi ulang dan larut dalam air (Wahyuningsih et al., 2018). Selanjutnya, kadar air yang rendah dapat meningkatkan daya simpan produk minuman serbuk. Aktivitas mikroba memerlukan kadar air yang cukup, sedangkan rendahnya kadar air pada minuman serbuk menyebabkan mikroba tidak dapat berkembang dan terhambat aktivitasnya sehingga minuman serbuk dapat disimpan dalam waktu yang lama. Ketika proses kristalisasi dapat berlangsung dengan cepat, maka bahan tidak akan terpapar panas terlalu lama yang dapat menyebabkan komponen dalam bahan banyak berubah bahkan hilang karena bersifat tidak stabil terhadap panas. Dari segi organoleptik, peningkatan konsentrasi gula yang digunakan tentu saja meningkatkan rasa manis pada produk karena manfaat gula sebagai pemanis. Tingginya tingkat kemanisan mampu menutupi rasa getir dan pahit khas rimpang jahe, kunyit, kencur, dan temulawak pada minuman serbuk.

Kombinasi jenis gula yang digunakan pada minuman serbuk juga dapat berpengaruh pada laju proses dan kualitas minuman serbuk tumbuhan *Zingiberaceae* dengan metode kristalisasi. Gula yang digunakan dapat berupa kombinasi gula pasir dengan gula merah atau gula aren. Tingginya kadar air pada gula merah dan gula aren menyebabkan laju proses kristalisasi lebih lambat karena membutuhkan lebih banyak waktu untuk mengurangi lebih banyak air dalam bahan. Kadar air pada produk akhir minuman serbuk pun dapat menjadi lebih tinggi dibandingkan produk dengan penggunaan gula pasir saja. Kadar air produk kemudian mengacu pada daya larut minuman serbuk tersebut. Semakin tinggi kadar airnya, semakin menurun daya larutnya. Hal ini dikarenakan, tingginya kadar air akan menyebabkan terbentuknya gumpalan-gumpalan pada serbuk, sehingga dibutuhkan waktu untuk memecah ikatan antar partikel tersebut yang mempengaruhi kelarutan produk menjadi menurun (Haryanto, 2018). Namun berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan, kadar air minuman serbuk dengan kombinasi gula pasir dan gula aren atau gula merah masih dalam batas yang telah ditetapkan (Badan Standarisasi Nasional, 1996).

Pada uji hedonik yang dilakukan oleh Anastasia et al. (2022), Firdausni et al. (2017), dan Nisfiah et al. (2022), penggunaan kombinasi gula merah atau gula aren dengan gula pasir mampu meningkatkan tingkat kesukaan panelis dari parameter rasa, warna, dan aroma. Gula aren terasa lebih manis karena kadar sukrosanya lebih tinggi dari gula lainnya, yaitu mencapai 84%, sedangkan kadar sukrosa gula merah dan gula pasir berturut-turut sekitar 75% dan 72% (Sumardianto et al., 2019; Yudho, 2021). Tingkat kemanisan gula merah tetap lebih tinggi dibandingkan gula pasir sehingga kombinasi kedua jenis gula tersebut dapat meningkatkan rasa manis. Gula aren dan gula merah yang memiliki warna khas merah kecoklatan juga dapat memberikan warna khas merah kecoklatan pada produk akhir minuman serbuk jahe dibandingkan hanya gula pasir yang berwarna putih. Hal ini dikarenakan adanya pigmen melanoidin sebagai hasil reaksi pencoklatan selama pembuatan gula merah dan aren (Pelealu et al., 2011; Wilberta et al., 2021). Selain itu, gula aren dan gula merah juga memberikan aroma yang khas, berbeda dari penggunaan gula pasir saja. Senyawa volatil paling banyak dalam gula aren adalah 2-butanol dan asam asetat yang berperan sebagai pemberi sensasi aroma dan kesan di awal (*top notes*) (Barlina, 2016).

Penggunaan gula juga dapat berperan pada aktivitas antioksidan minuman serbuk ekstrak famili *Zingiberaceae*. Senyawa bioaktif dalam gula yang memiliki kapasitas antioksidan diduga adalah flavonoid dan *benzoquinon*. Aktivitas antioksidan yang telah dimiliki masing-masing rimpang dapat kemudian bersinergis dengan antioksidan dari gula untuk kemudian memberikan aktivitas antioksidan lebih tinggi lagi. Aktivitas antioksidan yang dimiliki gula merah lebih tinggi dari gula aren, sedangkan gula aren memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dari gula pasir. Sehingga kombinasi jenis-jenis gula tersebut berpotensi memberikan aktivitas antioksidan yang lebih baik pada minuman serbuk (Rum et al., 2016). Menurut Septiana et al. (2017) keberadaan gula juga dapat menjadi pelindung bagi komponen bioaktif dalam minuman serbuk sehingga tidak mudah mengalami kerusakan karena panas.

Efek penambahan gula pada aktivitas antioksidan juga diteliti oleh (Shalaby et al., 2016). Penambahan gula atau sukrosa dapat membantu meningkatkan aktivitas antioksidan dengan berikatan dengan fenol yang telah teroksidasi. Oksidasi pada fenol dapat disebabkan oleh keberadaan enzim PPO dan reaksi langsung antara senyawa fenol dengan oksigen. Kemungkinan reaksi yang terjadi antara sukrosa dengan fenol teroksidasi dapat dilihat pada Gambar 26. dimana glukosa sebagai hasil hidrolisis sukrosa menyumbangkan hidrogennya dan membentuk senyawa antioksidan. Senyawa antioksidan tersebut kemudian menyumbangkan hidrogennya pada senyawa radikal bebas. Dengan demikian senyawa fenolik berkapasitas antioksidan yang sempat mengalami oksidasi selama proses pemanasan dapat kembali bermanfaat sebagai antioksidan.



Gambar 26. Reaksi yang mungkin terjadi antara sukrosa dan fenol teroksidasi (Shalaby et al., 2016)

Berdasarkan hasil kajian data dan analisis yang telah dilakukan, maka penerapan evaporasi dalam kondisi vakum sebelum proses kristalisasi dilakukan dapat berpotensi meningkatkan proses kristalisasi dan karakteristik minuman serbuk ekstrak rimpang famili *Zingiberaceae*. Proses evaporasi dapat menciptakan kondisi supersaturasi larutan sehingga proses kristalisasi dapat segera berlangsung saat penambahan gula dan pembentukan kristal dapat terjadi lebih cepat. Kondisi vakum mampu mempertahankan senyawa antioksidan yang kebanyakan sensitif terhadap panas dengan menurunkan suhu pemanasan. Selain itu, penggunaan variasi gula berpotensi menjaga komponen aktif dalam minuman serbuk dari kerusakan akibat pemanasan dan meningkatkan aktivitas antioksidannya. Peralihan metode kristalisasi dari tradisional menjadi mekanikal juga berpotensi meningkatkan proses dan karakteristik minuman serbuk. Dengan bantuan mesin, maka suhu dan kecepatan pengadukan dapat lebih stabil dengan pengaturan dan kontrol, dibandingkan metode tradisional yang masih mengandalkan tenaga manusia. Hal tersebut menyebabkan proses kristalisasi dapat berlangsung lebih cepat dan diikuti dengan minimnya perubahan serta kehilangan komponen-komponen penting dalam bahan akibat panas (Apriyana et al., 2017).