

4. PEMBAHASAN

Minuman serbuk instan merupakan minuman yang berbentuk serbuk halus umumnya terbuat dari bahan rempah, buah, biji-bijian atau daun-daunan. Minuman ini dapat disajikan secara cepat (instan) dengan cara diseduh dengan air hangat maupun dingin (Saparianti & Hawa, 2017). Pembuatan minuman serbuk instan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain penggunaan bahan, proses pemasakan, dan pengkristalan (Desnita et al., 2019).

Jahe instan merupakan salah satu produk olahan dari rimpang jahe yang dapat diseduh dengan air sebagai minuman penyegar. Jahe instan dapat diolah dengan mengekstraksi rimpang jahe dengan menggunakan pelarut air, kemudian ditambahkan gula pasir lalu dipanaskan sampai mengental, sehingga terbentuk kristal secara spontan ketika didinginkan (Gafar et al., 2018). Gula pasir sebagai bahan pengisi berfungsi untuk memberikan rasa manis, mempercepat proses kristalisasi dan sebagai bahan pengawet pada produk jahe instan.

Kristalisasi merupakan proses pembentukan kristal padat dari suatu larutan induk yang homogen (Christianty et al., 2015). Metode ini memanfaatkan sifat sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) yaitu apabila dicairkan dapat membentuk kristal kembali. Secara umum mekanisme terjadinya kristalisasi yaitu saat sukrosa dipanaskan maka akan mencair dan bercampur dengan bahan-bahan lainnya. Saat air mulai menguap, sukrosa tersebut akan kembali membentuk kristal atau butiran padat (Khan et al., 2016 dalam Desnita et al., 2019). Beberapa faktor penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan minuman serbuk instan metode kristalisasi gula yaitu keberadaan pati, tingkat keasaman dari bahan yang digunakan, suhu pemanasan serta pengadukan.

Dalam proses kristalisasi, data-data kinetika kristalisasi merupakan hal yang penting untuk mendesain alat kristalisator/*crystallizer* yang optimal atau mengevaluasi unjuk kerja (*performance*) dari kristalisator. Data-data tersebut dapat dipergunakan dalam menentukan desain dan kondisi operasi dari kristalisator (Jumari et al., 2003). Dalam penelitian ini terdapat 2 variabel yang diamati yakni konsentrasi penambahan ekstrak sambiloto dengan 3 tingkat perlakuan (0,5%, 1%, 1,5% b/b) serta kecepatan agitasi dari proses kristalisasi dengan 3 tingkat perlakuan (60 rpm, 80 rpm, 100 rpm). Parameter dianalisis mencakup kecepatan pembentukan kristal serta karakteristik fisik dan kimia dari minuman serbuk jahe instan (kadar air, kadar abu, waktu larut, *bulk density*, pH, dan aktivitas antioksidan).

4.1. Rendemen

Rendemen merupakan keseluruhan *output* hasil dari proses produksi yang dihasilkan. Dimana dalam hal ini rendemen yang dimaksud adalah kristal serbuk hasil proses kristalisasi larutan ekstrak jahe, gula, dan ekstrak daun sambiloto. Rendemen dihitung sebagai persentase massa produk yang dihasilkan dari total jumlah input yang digunakan. Semakin banyak rendemen atau output dari proses produksi yang dihasilkan maka semakin efisien prosesnya. Gambar 2 menunjukkan profil serta tren data dari hasil rendemen pada setiap perlakuan. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai rendemen berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan agitasi yang digunakan. Dalam hal ini semakin cepat kecepatan agitasi yang digunakan, maka rendemen yang dihasilkan semakin besar, hal ini dapat dilihat dari tren peningkatan nilai rendemen pada grafik Gambar 2. Hal ini sesuai dengan teori dimana kecepatan pengadukan yang semakin tinggi akan meningkatkan persentase rendemen hasil dari proses kristalisasi (Khairunisa et al., 2019).

Dalam penelitian kali ini, rendemen hasil dari proses kristalisasi diukur pada 3 tahapan yang berbeda. Rendemen yang pertama diukur setelah proses pembentukan serbuk melalui kristalisasi selesai. Rendemen yang kedua merupakan hasil penghalusan kristal menggunakan blender kering. Sedangkan rendemen yang ketiga merupakan hasil pengayakan, dimana ukuran partikel rendemen yang ketiga adalah lolos ayakan ukuran 100 mesh.



Gambar 12. Rendemen hasil kristalisasi (I), Hasil Blender (II), dan Hasil Pengayakan (III).

Berdasarkan data hasil analisa rendemen sampel, dapat dilihat bahwa perubahan kecepatan agitasi/pengadukan memberikan pengaruh terhadap persentase rendemen yang didapatkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Widyanto dan Nugroho (2010) yang dimuat dalam Khairunisa et al., (2019) menyatakan bahwa penggunaan kecepatan pengadukan

yang semakin tinggi dapat meningkatkan kemurnian dan rendemen dari kristal yang dihasilkan. Meningkatnya nilai persentase rendemen hasil kristalisasi seiring dengan kecepatan agitasi yang semakin cepat erat kaitannya dengan karakteristik serta ukuran partikel kristal serbuk yang dihasilkan. Berdasarkan data persentase rendemen pada proses pengayakan pada *sieve shaker*, dapat diketahui persentase rendemen dari setiap sampel yang lolos dari ayakan 100 mesh, yang dalam hal ini dapat diinterpretasikan sebagai *particle size* dari sampel terkait. Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa peningkatan kecepatan agitasi berpengaruh pada *particle size* dari produk yang dihasilkan. Perlakuan kecepatan agitasi 100 rpm memberikan produk dengan persentase serbuk lolos 100 mesh terbanyak. Serbuk hasil kristalisasi dengan kecepatan agitasi 100 rpm merupakan serbuk dengan ukuran partikel yang paling homogen. Hal ini menunjukkan bahwa data hasil penelitian sudah sesuai dengan teori dimana adanya pengadukan akan memberikan bentuk dan ukuran kristal yang lebih homogen. Kristal hasil kristalisasi yang tidak disertai dengan pengadukan akan memberikan bentuk serta ukuran kristal yang cenderung heterogen (Khairunisa et al., 2019). Hal ini juga didukung oleh Mullin, (2001), yang menyatakan bahwa kecepatan pengadukan yang tepat dapat memberikan hasil kristalisasi dengan ukuran yang lebih homogen.



Gambar 13. Rendemen kristal serbuk perlakuan 60 rpm (I), 80 rpm (II), 100 rpm (III)

Berdasarkan penampakan serbuk kristal yang dihasilkan, dapat dilihat perbedaan warna serbuk yang dihasilkan pada perlakuan kecepatan agitasi yang berbeda. Serbuk yang diperoleh dari kristalisasi dengan kecepatan agitasi 80 dan 100 rpm cenderung memiliki warna lebih gelap dan berwarna coklat muda dibandingkan dengan serbuk hasil kristalisasi kecepatan 60 rpm dengan warna cenderung putih dan lebih cerah. Penampakan warna serbuk diatas menunjukkan bahwa panas pada perlakuan kecepatan 80 rpm serta 100 rpm dapat tersebar secara merata. Hal ini sesuai dengan teori Mursalin et al., (2019) yang menyatakan bahwa pengadukan intensif diperlukan supaya panas yang diberikan dapat tersebar secara merata pada bahan. Pengadukan yang kuat dibutuhkan saat larutan mulai mengeras, agar kristal yang terbentuk tidak bergumpal sehingga sulit dihaluskan menjadi serbuk. Hasil rendemen yang semakin tinggi seiring

meningkatnya kecepatan agitasi juga berhubungan dengan suhu *glass transition* dari gula. Dikarenakan adanya penggunaan gula sebagai bahan pengisi, maka kecepatan agitasi yang semakin cepat akan menunjang penyebaran panas yang semakin optimal dan secara berkesinambungan akan mempercepat perubahan fase atau wujud dari gula sehingga semakin banyak produk yang dihasilkan dan tidak terbuang karena gosong dikarenakan menempel pada wajan karena tidak mendapatkan kontak secara intens pada suhu tinggi. Hal ini dapat dibuktikan melalui hasil pengamatan, dimana pada perlakuan kecepatan agitasi yang semakin rendah, semakin banyak sisa hasil pengolahan yang menempel pada wajan kristalisator.

Penggunaan gula pasir sebagai bahan pengisi berpengaruh dalam proses pembentukan kristal pada penelitian kali ini. Penggunaan bahan pengisi pada proses pengolahan produk pangan akan mengakibatkan peningkatan total padatan sehingga diperoleh rendemen yang lebih besar (Kim et al., 2011).

4.2. Waktu Kristalisasi

Waktu kristalisasi merupakan waktu yang dibutuhkan dalam satu kali proses pengolahan serbuk (kristalisasi). Waktu kristalisasi didefinisikan sebagai waktu pembentukan kristal serbuk dari larutan bahan yang digunakan. Waktu kristalisasi mulai diukur pada saat larutan bahan dimasukkan ke dalam kristalisator hingga terbentuk kristal serbuk. Larutan yang akan dikristalisasi harus dibuat hingga mencapai kondisi lewat jenuh terlebih dahulu melalui penguapan. Kristalisasi tidak dapat terjadi tanpa tercapainya kondisi supersaturasi serta bergantung dari kelarutan bahan yang digunakan (Khairunisa et al., 2019).

Berdasarkan profil data serta grafik hasil penelitian, diperoleh tren penurunan waktu kristalisasi seiring dengan meningkatnya kecepatan agitasi dari kristalisator. Tren penurunan waktu kristalisasi dapat dilihat pada grafik gambar 3. Dalam hal ini, data waktu kristalisasi hasil penelitian sudah sesuai dengan teori, dimana kecepatan pengadukan yang tepat dapat memberikan hasil kristalisasi dengan ukuran yang cenderung homogen serta dapat mempercepat laju pembentukan kristal (Mullin, 2001). Untuk tren penurunan yang terjadi, terjadi penurunan yang signifikan ketika kecepatan agitasi kristalisator meningkat dari 60 rpm menjadi 80 rpm. Sedangkan saat kecepatan agitasi kristalisator meningkat dari 80 rpm menjadi 100 rpm, penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Secara umum, waktu kristalisasi pada perlakuan 100 rpm merupakan proses kristalisasi yang paling singkat.

Berdasarkan data hasil pengukuran waktu kristalisasi proses produksi minuman serbuk pada setiap perlakuan, diperoleh waktu tercepat untuk membentuk kristal pada perlakuan kecepatan agitasi 100 rpm, dengan rata-rata waktu 109 menit. Dalam hal ini waktu untuk 1 kali proses produksi dengan waktu tersebut dapat dianggap cukup lama. Hal ini dapat terjadi diakibatkan oleh pati dari rimpang jahe yang telah tergelatinisasi selama proses perebusan pada pembuatan ekstrak. Kandungan pati atau amilum pada tanaman jenis rimpang seperti jahe dapat mengakibatkan proses kristalisasi pada gula berlangsung lebih lama bahkan dapat menyebabkan karamelisasi dikarenakan terjadinya gelatinisasi yang dapat meningkatkan viskositas larutan pada saat proses pemanasan (Desnita et al., 2019). Pemanasan menyebabkan energi kinetik antar molekul air lebih kuat dibandingkan daya tarik antar molekul pati, yang menyebabkan masuknya air ke dalam pati kemudian pati mengembang (Krisna, 2011). Meningkatnya viskositas serta mengembangnya pati mengakibatkan waktu yang dibutuhkan untuk pemecahan adonan menjadi serbuk kristal bertambah. Oleh karena itu, pembuatan minuman serbuk instan memerlukan dekantasi atau pengendapan pati sebelum proses pemanasan (Desnita et al., 2019). Dekantasi perlu untuk dilakukan sebelum perebusan ekstrak.

4.3. Kadar Air

Kadar air merupakan sifat bahan yang menyatakan dalam jumlah air yang terkandung didalam suatu bahan yang dinyatakan dalam persen. Berdasarkan SNI Minuman serbuk tradisional (SNI. 01-4320-1996), kandungan maksimum kadar air pada produk minuman serbuk tradisional adalah sebanyak 3%. Kadar air memiliki hubungan dengan faktor penyimpanan dan kelembaban uap air. Dalam penelitian ini, produk minuman serbuk instan dikemas menggunakan kemasan *pouch zip lock* untuk menjaga kelembaban produk. Berdasarkan data hasil pengamatan kadar air produk minuman serbuk jahe instan, dapat diketahui bahwa rata – rata persentase kadar air dari sampel minuman serbuk pada setiap perlakuan sudah sesuai dengan standar dari SNI, dimana tidak ada nilai yang berada diatas 3%. Berdasarkan hasil penelitian Arizka & Daryatmo, (2015) proses penyimpanan serta kelembaban udara di sekitar produk menjadi faktor yang berpengaruh terhadap besarnya kadar air dari produk.

Berdasarkan hasil uji statistik *two way ANOVA*, perubahan kecepatan agitasi yang digunakan memberikan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) pada nilai persentase kadar air dari produk minuman serbuk jahe instan. Hal ini membuktikan bahwa data hasil penelitian sudah sesuai dengan teori. Kecepatan agitasi pada kristalisator yang digunakan pada proses kristalisasi erat kaitannya dengan proses pemanasan larutan. Pengadukan intensif pada proses kristalisasi

diperlukan agar panas dapat tersebar secara merata (Mursalin et al., 2019). Dengan kecepatan agitasi yang tepat, maka bahan akan menyerap panas secara merata, yang dalam kaitannya dengan kandungan kadar air akan semakin menurunkan kandungan air pada produk akhir yang dihasilkan. Sedangkan perubahan konsentrasi penambahan ekstrak sambiloto tidak memberikan perbedaan yang nyata ($p>0.05$) pada persentase kadar air dari minuman serbuk jahe instan.

Dari data hasil pengukuran persentase kadar air, didapati bahwa terdapat data yang kurang sesuai dengan teori. Minuman serbuk jahe instan dengan konsentrasi ekstrak sambiloto 0,5% dan 1% justru mengalami peningkatan persentase kadar air seiring meningkatnya kecepatan agitasi. Sementara itu untuk sampel dengan perlakuan konsentrasi ekstrak sambiloto 1,5% sudah sesuai dengan teori. Ketidaksesuaian antara data hasil pengamatan dengan teori dapat disebabkan oleh penyerapan uap air dari lingkungan sekitar oleh sampel yang dikarenakan kurang rapatnya penutup pada kemasan *zip lock pouch*. Produk minuman serbuk jahe instan yang bersifat higroskopis menyerap uap air dari lingkungan luar dikarenakan adanya bagian yang terbuka pada kemasan. Secara alami, produk minuman serbuk baik sebelum serta sesudah diolah bersifat higroskopis atau memiliki sifat - sifat hidratisasi. Sifat-sifat hidratisasi ini menunjukkan adanya hubungan antara kadar air bahan dengan kelembaban relatif keseimbangan ruang atau aktivitas air (a_w) (Jamaluddin et al., 2014).

4.4. Kadar Abu

Kadar abu suatu produk dipengaruhi oleh kandungan mineral yang terdapat pada bahan pangan. Pengukuran kadar abu dari bahan dapat diukur menggunakan metode pengabuan langsung yaitu menggunakan panas yang tinggi serta oksigen sebagai oksidator. Bahan – bahan organik yang terkandung dalam bahan akan terbakar dikarenakan penggunaan suhu tinggi dan menyisakan residu berupa zat anorganik atau mineral. Persentase kadar abu dihitung dengan mengukur massa residu pembakaran bahan pada suhu tinggi ($550\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Meldayanoor et al., 2019).

Dalam penelitian kali ini, dilakukan pengujian kadar abu pada minuman serbuk sesuai dengan standar SNI. Berdasarkan standar SNI 01-4320-1996, nilai kadar abu minuman serbuk instan tradisional yang diperbolehkan adalah maksimal 1,5%. Kandungan mineral dalam rimpang jahe serta ekstrak sambiloto berpengaruh terhadap kadar abu dari produk yang dihasilkan. Untuk kandungan mineral yang terkandung pada rimpang jahe dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kandungan Mineral Rimpang Jahe

Elemen	Berat Kering	Elemen	Berat Kering
Cr	0,89	Hg	6
Ma	358	Sb	39
Fe	145	Cl	579
Co	18	Br	2,1
Zn	28,2	F	0,07
Na	443	Rb	2,7
K	12.900	Cs	24
As	12	Sc	42
Se	0,31	Eu	44

(Ravindran et al., 1994)

Berdasarkan hasil pengukuran kadar abu pada sampel minuman serbuk instan pada setiap perlakuan, didapati sampel dengan kadar abu yang melebihi batas yang diperbolehkan SNI. Sampel minuman serbuk jahe instan dengan kombinasi perlakuan kecepatan agitasi 60 rpm dan konsentrasi penambahan ekstrak sambiloto 0,5% memiliki rata – rata kadar abu sebesar 1,53%, dimana salah satu data hasil percobaan mencapai angka 1,70%. Sedangkan untuk minuman serbuk jahe instan dengan kombinasi perlakuan lainnya memiliki rata – rata persentase kadar abu di bawah 1,5% yang dalam hal ini sudah sesuai dengan standar SNI.

Berdasarkan hasil uji statistik *two way ANOVA*, didapati bahwa kecepatan agitasi memberikan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) pada hasil persentase kadar abu dari produk minuman serbuk jahe instan. Perubahan kecepatan agitasi pada kristalisator memberikan pengaruh secara tidak langsung terhadap persentase kadar abu dari sampel minuman serbuk jahe instan. Dimana dalam hal ini memiliki konteks yang hampir sama dengan kadar air sampel. Pengadukan intensif dengan kecepatan yang tepat saat proses kristalisasi mulai terjadi akan menyebabkan panas dapat tersebar secara merata (Mursalin et al., 2019). Bahan yang menyerap panas secara lebih merata akan menghasilkan produk dengan kadar abu yang semakin rendah. Sedangkan untuk perlakuan penambahan ekstrak sambiloto tidak memberikan pengaruh/perbedaan yang nyata ($p > 0.05$) pada nilai kadar abu minuman serbuk jahe instan.

Berdasarkan data hasil pengamatan, dapat diketahui bahwa terdapat data yang kurang sesuai dengan teori. Nilai kadar abu justru mengalami kenaikan pada perlakuan kecepatan agitasi yang lebih tinggi. Hal ini mungkin dikarenakan kandungan abu tumbuhan berkaitan erat dengan keberadaan mineral dari lingkungan sehingga besarnya persentase kandungan abu yang diperoleh mungkin beragam oleh faktor – faktor eksternal seperti curah hujan, pupuk, kondisi tanah, dll. (Demam, 1997).

4.5. Waktu Larut

Dalam penelitian kali ini dilakukan pengukuran waktu larut produk minuman jahe instan pada pelarut aquades dengan suhu ruang/*ambient* (*dispersibility in water*). Berdasarkan hasil uji statistik *two way ANOVA*, perubahan kecepatan agitasi memberikan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) pada waktu larut dari minuman serbuk jahe instan. Sedangkan perubahan konsentrasi penambahan ekstrak sambiloto tidak memberikan pengaruh atau perbedaan yang nyata ($p > 0.05$) pada waktu larut dari minuman serbuk jahe instan. Apabila ditinjau dari data hasil pengukuran waktu larut pada setiap sampel, terdapat penurunan waktu larut yang berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan agitasi dari mesin kristalisator. Semakin tinggi kecepatan agitasi yang digunakan, waktu larut dari serbuk yang dihasilkan semakin singkat. Hal ini berkaitan dengan kerataan atau *uniformity* dari sampel terkait. Adanya kecepatan pengadukan yang konstan dan semakin intensif akan menyebarkan panas secara merata pada sampel yang diolah (Mursalin et al., 2019). Kecepatan yang semakin intensif akan meningkatkan *uniformity* untuk parameter *moisture content* atau kadar air dari produk itu sendiri.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi waktu larut dari produk adalah kadar air dari produk terkait, dimana semakin rendah kadar air minuman serbuk instan maka semakin singkat waktu larut yang dibutuhkan bagi produk untuk larut (Fennema, 1985 dalam Permata & Sayuti, 2016). Peningkatan kadar air dalam produk pangan menyebabkan terbentuknya ikatan yang menyebabkan pembentukan gumpalan yang akan menambah durasi waktu yang dibutuhkan untuk memecah ikatan antar partikel tersebut. Minuman serbuk jahe instan merupakan produk pangan yang bersifat higroskopis. Kadar air dalam bahan yang bersifat higroskopis merupakan air yang terikat tetap dalam bahan karena tertutup oleh adanya kapiler (Winarno, 1997). Hatasura (2004) dalam Permata & Sayuti, (2016) menyatakan bahwa kandungan air yang tinggi pada bahan dapat menurunkan tingkat kelarutan dari produk. Keberadaan air akan mengganggu jalannya proses rekonstitusi, yang akan mengakibatkan penggumpalan pada saat penambahan air sebelum dikonsumsi. Hal ini dapat mempengaruhi kerataan atau *uniformity* untuk parameter kadar air dari produk yang mengakibatkan tidak adanya korelasi antara nilai persentase kadar air dengan waktu larut dari produk.

Penggunaan gula sebagai bahan enkapsulan atau bahan pengisi juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi waktu larut dari produk minuman serbuk jahe instan. Buckle et al., (1987) dalam Haryanto (2018) menyatakan bahwa sukrosa memiliki daya larut yang tinggi terhadap air. Apabila konsentrasi sukrosa semakin tinggi, maka daya larut dari produk minuman serbuk

dalam air akan semakin tinggi. Dalam penelitian ini, digunakan perlakuan penggunaan gula yang sama pada setiap sampel, sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu larut dari produk minuman serbuk jahe instan.

4.6. *Bulk Density*

Densitas kamba atau *bulk density* merupakan perbandingan bobot bahan dengan volume ruang yang ditempatinya, termasuk rongga atau ruang kosong yang berada diantara butiran bahan (Syarief, 1988 dalam Andriani et al., 2013). *Bulk density* merupakan sifat fisik bahan yang dipengaruhi oleh kadar air dan ukuran bahan (Andriani et al., 2013).

Peningkatan nilai *bulk density* dari minuman serbuk dikarenakan kadar air minuman serbuk meningkat pula. Karena kadar air yang tinggi dapat menyebabkan berat minuman serbuk menjadi lebih tinggi dalam volume yang sama, sehingga *bulk density* minuman serbuk meningkat seiring dengan suhu kristalisasi yang semakin tinggi (Apriliyanti, 2010 dalam Andriani et al., 2013). Dengan adanya pengadukan yang semakin cepat maka panas yang tersebar semakin merata, kadar air akan semakin rendah, dan menyebabkan *bulk density* semakin rendah pula.

Berdasarkan hasil uji statistik *two way ANOVA*, dapat diketahui bahwa data analisis *bulk density* memiliki persebaran data yang tidak homogen. Dalam hal ini data hasil analisis tidak dapat diuji lebih lanjut menggunakan uji *two-way ANOVA*. Apabila ditinjau berdasarkan profil data serta grafik data analisis *bulk density* sampel, kecepatan agitasi memberikan pengaruh pada nilai *bulk density* produk minuman jahe instan pada 3 tingkat perlakuan kosentrasi. Hal ini dikarenakan adanya keterkaitan antara kadar air bahan dengan *bulk density* dari produk. Dimana nilai *bulk density* akan semakin tinggi apabila kadar air bahan semakin tinggi (Andriani et al., 2013). Adanya kecepatan pengadukan yang konstan dan semakin intensif akan menyebarkan panas secara merata pada sampel yang diolah (Mursalin et al., 2019). Dengan begitu kecepatan agitasi yang semakin tinggi akan memberikan produk dengan kadar air yang semakin rendah serta nilai *bulk density* yang semakin rendah pula.

Data hasil penelitian pengukuran *bulk density* minuman serbuk jahe instan pada setiap perlakuan masih sesuai dengan teori. Dimana tidak ada sampel dengan nilai *bulk density* diatas 0,8 g/ml. Hal ini sudah sesuai dengan teori Wirakartakusumah (1992) dalam Andriani et al., (2013) yang menyatakan bahwa *bulk density* bubuk umumnya berkisar antara 0,3-0,8 g/ml. Sebagian besar data *bulk density* sudah sesuai dengan teori apabila melihat kesesuaian data

dengan peningkatan kecepatan agitasi. Pada sampel dengan konsentrasi penambahan ekstrak sambiloto 0,5% dan 1,5%, nilai *bulk density* mengalami penurunan seiring meningkatnya kecepatan agitasi kristalisator. Hal ini membuktikan bahwa data sudah sesuai dengan teori. Namun apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran kadar air sampel, terdapat beberapa data yang kurang sesuai dengan teori. Ketidaksesuaian ini yaitu penurunan nilai *bulk density* tidak berbanding lurus dengan nilai kadar air dari produk yang seharusnya semakin rendah, dan sebaliknya. Adanya ketidaksesuaian data dengan teori ini dapat dikarenakan oleh selang waktu antar analisa yang terlalu jauh, yang mengakibatkan timbulnya perbedaan karakteristik pada sampel.

4.7. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan fungsi dari konsentrasi ion hidrogen dalam produk makanan. Nilai ini menunjukkan ukuran keasaman atau alkalinitas yang dapat mempengaruhi lingkungan di dalam suatu produk. Salah satu karakteristik penting dari produk pangan adalah kapasitas penyangga dari produk itu sendiri (*buffering*), yaitu kemampuan produk untuk melawan perubahan pH. Produk pangan dengan kapasitas penyangga yang rendah pH - nya akan mudah berubah dengan cepat sebagai bentuk respon terhadap senyawa asam atau basa, sedangkan makanan dengan kapasitas penyangga tinggi memiliki kemampuan untuk bertahan terhadap perubahan tersebut secara lebih baik. Mikroorganisme juga dapat diidentifikasi dari derajat keasamannya, dimana bakteri umumnya tumbuh lebih cepat pada kisaran pH 6.0 - 8.0, yeast antara 4.5 - 6.0 dan jamur antara 3.5 - 4.0 (Asiah et al., 2018). Derajat keasaman dalam produk pangan perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi kualitas secara kimiawi produk. Derajat keasaman produk juga digunakan sebagai indikator pertumbuhan mikroorganisme dalam produk pangan selama proses penyimpanan. Pengukuran pH dilakukan menggunakan alat pH meter.

Tingkat keasaman dari bahan yang digunakan menjadi hal yang perlu diperhatikan sebelum pembuatan minuman serbuk instan dengan metode kristalisasi. Bahan tidak boleh memiliki pH yang terlalu rendah, karena pada kondisi pH rendah akan terjadi reaksi inversi sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa yang dapat menyebabkan terjadinya karamelisasi (Desnita et al., 2019). Sebelum pengukuran pH dari produk minuman serbuk jahe instan, dilakukan pengukuran pH pada ekstrak sambiloto yang digunakan. Dari pengukuran pH ekstrak sambiloto yang telah dilakukan, diperoleh data pH ekstrak sambiloto sebesar 9,87. Pengukuran pH dari ekstrak sambiloto ini dilakukan pada ekstrak yang sudah cukup lama berada di penyimpanan yakni \pm

1 bulan, sehingga kemungkinan terdapat peningkatan pH larutan selama masa penyimpanan. Sedangkan ekstrak rimpang jahe sendiri memiliki sifat yang cenderung asam (± 6).

Berdasarkan hasil uji statistik, dapat diketahui bahwa data hasil pengamatan tidak memiliki persebaran data yang tidak homogen. Oleh karena itu, data hasil pengamatan tidak dapat diuji secara statistik melalui SPSS. Berdasarkan data hasil penelitian yang telah didapatkan, dapat dilihat tren peningkatan nilai pH yang berbanding lurus dengan peningkatan nilai konsentrasi penambahan ekstrak sambiloto. Dimana pada sampel dengan perlakuan penambahan ekstrak sambiloto 0,5% rata – rata pH produk yang diperoleh adalah sebesar 6,79 yang kemudian meningkat menjadi 6,91 pada konsentrasi 1,0% dan 7,0 pada konsentrasi 1,5%. Peningkatan konsentrasi ekstrak dapat meningkatkan nilai pH dari produk akhir minuman serbuk. Namun demikian, peningkatan ini tidak terlalu signifikan karena perbedaan penambahan ekstrak antar konsentrasi yang tidak terlalu jauh. Nilai pH dari produk minuman serbuk jahe instan pada penelitian kali ini berada pada kisaran pH 6 – 7. Nilai pH tersebut memungkinkan bakteri untuk tumbuh, sebab bakteri dapat tumbuh dengan cepat pada produk pangan dengan pH 6 – 8 (Asiah *et al*, 2018). Oleh karena itu diperlukan adanya pengemasan yang baik yang dapat melindungi produk dari bahaya kontaminasi. Pada penelitian ini, kemasan yang digunakan adalah kemasan *zip lock standing pouch* dengan lapisan *aluminium foil* pada bagian dalamnya.

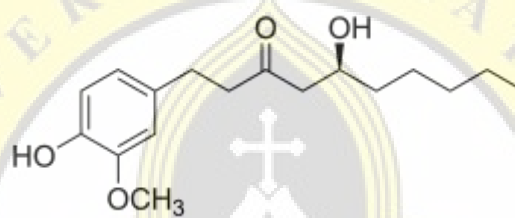
Nilai pH dari bahan yang digunakan dapat mempengaruhi laju kristalisasi. Laju karamelisasi dapat dipercepat dalam kondisi asam. Pada pH yang rendah, gerakan molekul reaktan akan semakin kuat yang akan meningkatkan laju reaksi (Khan *et al.*, 2016 dalam Desnita *et al.*, 2019). Perbedaan antar konsentrasi yang tidak terlalu jauh tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju kristalisasi dikarenakan *range* pH yang terlalu rapat.

4.8. Aktivitas Antioksidan

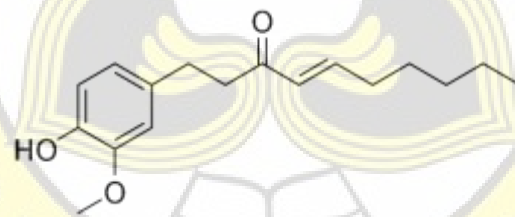
Antioksidan merupakan senyawa yang memiliki kemampuan untuk menghalau pembentukan dan menangkap radikal bebas di dalam tubuh. Senyawa antioksidan sangat berguna bagi tubuh karena dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh serta dapat menghambat timbulnya penyakit degeneratif dikarenakan penuaan sel (Edam *et al.*, 2016). Pengukuran aktivitas antioksidan (*% inhibition*) dilakukan menggunakan metode *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil* (DPPH). Metode ini dipilih karena merupakan metode yang cepat dan sederhana namun memiliki sensitivitas tinggi (Setyowati & Damayanti, 2015).

Pada penelitian ini, minuman serbuk jahe instan dilarutkan menggunakan metanol kemudian dicampur dengan larutan DPPH lalu didiamkan selama 30 menit dalam kondisi gelap supaya interaksi antara larutan DPPH sebagai radikal bebas dengan larutan dapat terjadi (Nurhasnawati et al., 2017). Perubahan warna yang terjadi dihitung nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 517 nm.

Senyawa antioksidan yang terkandung pada jahe adalah *gingerol* dan *shogaol* (Embuscado, 2015). Kandungan *gingerol* dalam *oleoresin* berkisar antara 14%-25% sedangkan *shogaol* 2,8%- 7,0% (Srinivasan, 2017). Senyawa *gingerol* memiliki sifat antikoagulan, dimana senyawa ini dapat mencegah terjadinya pengumpulan darah serta melancarkan peredaran darah sehingga dapat mencegah timbulnya penyakit jantung, stroke serta berbagai penyakit degeneratif (Stoilova et al., 2007).

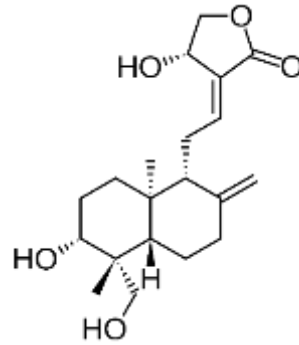


Gambar 14. Struktur Molekul Senyawa *Gingerol*



Gambar 15. Struktur Molekul Senyawa *Shogaol*

Sambiloto merupakan salah satu tanaman herbal yang dikenal memiliki kandungan senyawa antioksidan. Senyawa antioksidan yang terkandung dalam tanaman sambiloto adalah senyawa andrografolid dan flavonoid. *Andrografolid* ($C_{20}H_{30}O_5$) merupakan senyawa tak berwarna yang memiliki sifat anti-HIV, anti-inflamasi dan antineoplastik yang banyak ditemui pada daun dengan konsentrasi 0,054 - 4,686% (Sharma et al., 2018). Senyawa *andrografolid* memberikan karakteristik pahit pada sambiloto (Thakur et al., 2015) serta memiliki efek farmakologis sebagai antivirus terhadap beberapa kelompok virus seperti *influenza* A, Hepatitis B, Hepatitis C, *Human Papilloma* dan *Epstein-Barr* (Gupta et al., 2017). Senyawa *andrografolid* secara signifikan dapat melawan COVID-19 dengan menghambat enzim protease utama SARS CoV-2 (Rajagopal et al., 2020).



Gambar 16. Struktur Molekul Senyawa Andrografolid

Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran aktivitas antioksidan dari ekstrak rimpang jahe dan ekstrak sambiloto yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan minuman serbuk jahe instan. Berdasarkan uji antioksidan yang telah dilakukan pada masing – masing bahan diperoleh kadar aktivitas antioksidan dari ekstrak rimpang jahe dengan rata rata sebesar 17,77 % dan ekstrak sambiloto dengan rata – rata aktivitas antioksidan 63,32 %. Persentase aktivitas antioksidan dari ekstrak rimpang jahe tergolong rendah karena niainya kurang dari 20% (Wulansari, 2011 dalam Saefudin et al., 2013). Hal tersebut bertentangan dengan teori Tsushida et al., (1994) yang dalam hasil penelitiannya menyatakan bahwa salah satu komponen fenolik dari jahe yaitu shogaol adalah komponen dengan aktivitas antioksidan yang tinggi. Selain itu juga dikatakan bahwa senyawa gingerol sangat mempengaruhi aktivitas antioksidan pada jahe.

Rendahnya aktivitas antioksidan dari ekstrak rimpang jahe ini dikarenakan adanya proses perebusan dalam pembuatan ekstrak. Proses perebusan dilakukan selama 15 menit. Sedangkan senyawa aktioksidan sendiri merupakan senyawa yang mudah rusak apabila terpapar suhu tinggi (Wulansari, 2011 dalam Saefudin et al., 2013). Proses perebusan ini menyebabkan terjadinya degradasi senyawa antioksidan dari rimpang jahe. Oleh karena itu perlu adanya kontrol suhu pada saat proses perebusan untuk menjaga agar senyawa antioksidan dalam rimpang jahe tidak rusak. Jahe merupakan tanaman herbal yang mayoritas terdiri atas senyawa oleoresin, sedangkan kandungan senyawa terbesar pada sambiloto adalah andrografolid, yang dalam hal ini memiliki berat molekul yang berbeda. Adanya proses pengolahan serta pencampuran dari 2 komponen yang berbeda ini bersamaan dengan penggunaan gula menyebabkan berat bahan menjadi seragam. Sehingga dapat terbentuk produk minuman serbuk hasil pencampuran bahan yang digunakan.

Berdasarkan hasil uji statistik *two way ANOVA*, perubahan konsentrasi penambahan ekstrak sambiloto memberikan pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai persentase aktivitas

antioksidan dari minuman serbuk jahe instan. Sedangkan perubahan kecepatan agitasi dari kristalisator tidak memberikan pengaruh/perbedaan yang nyata ($p > 0,05$) pada nilai persentase aktivitas antioksidan dari minuman serbuk jahe instan. Hal ini sesuai dengan teori dari Herold (2007) dalam Herdiana et al., (2014), yang menyatakan bahwa pencampuran rempah-rempah dalam formulasi minuman dapat dilakukan untuk memperoleh suatu kombinasi antioksidan dengan aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan jika hanya digunakan secara terpisah atau tunggal.

Aktivitas antioksidan dari minuman serbuk jahe instan hasil penelitian memiliki rata – rata aktivitas antioksidan lebih dari 50%. Hal ini menunjukkan bahwa produk minuman serbuk jahe instan memiliki aktivitas antioksidan yang tergolong tinggi. Menurut Wulansari (2011) dalam Saefudin et al., (2013), bahan pangan dengan persentase lebih dari 50% tergolong tinggi, aktivitas antioksidan dengan persentase 20-50 % tergolong sedang, dan persentase kurang dari 20 % tergolong rendah.

Berdasarkan data hasil penelitian, peningkatan kecepatan agitasi justru berpengaruh terhadap penurunan aktivitas antioksidan dari produk. Grafik hasil analisis aktivitas menunjukkan adanya tren penurunan terhadap nilai aktivitas antioksidan seiring meningkatnya kecepatan agitasi kristalisator. Mesin kristalisator yang digunakan sendiri bukan merupakan mesin yang berbentuk seperti tanki yang tertutup. Hal ini memungkinkan adanya kontak dengan lingkungan sekitar selama proses pengolahan. Selain itu kecepatan agitasi yang semakin cepat menyebabkan bahan lebih cepat bereaksi karena kontak dengan sumber panas yang semakin intens. Kedua hal tersebut yang dapat menjadi faktor turunnya nilai aktivitas antioksidan dikarenakan senyawa antioksidan sudah digunakan untuk menangkal radikal bebas serta reaksi oksidasi selama proses pengolahan. Suryaningrum et al., 2006 dalam Adi et al., (2016) menyatakan bahwa kelemahan dari senyawa antioksidan diantaranya adalah mudah rusak apabila terpapar oleh oksigen, cahaya, suhu tinggi dan pengeringan. Hasil penelitian Ramdhani et al., (2013), menyatakan bahwa semakin tinggi suhu pengolahan suatu produk, maka semakin kecil aktivitas antioksidannya. Senyawa andrografolid memiliki titik didih sekitar $557.3 \pm 50.0^{\circ}\text{C}$ (Brahmachari, 2017). Dalam penelitian kali ini, suhu yang digunakan dalam proses kristalisasi adalah 80.0°C . Dimana suhu ini lebih tinggi dibandingkan titik didih dari senyawa andrografolid. Namun demikian, aktivitas antioksidan yang dihasilkan dari produk minuman serbuk jahe instan kali ini cukup tinggi dan tidak terdapat penurunan aktivitas antioksidan yang signifikan apabila dibandingkan dengan aktivitas antioksidan dari bahan yang digunakan. Hal

ini disebabkan oleh penggunaan gula sebagai bahan pengisi yang dapat digunakan untuk mengkristalkan kembali suatu bahan pangan, memberikan kestabilan bahan pangan dan memberikan cita rasa yang lebih baik (Gaman & Sherrington, 1994 dalam Haryanto, 2018). Gula pasir sebagai bahan pengisi berfungsi untuk memberikan rasa manis, mempercepat proses kristalisasi dan sebagai bahan pengawet pada produk jahe instan (Gafar et al., 2018). Gula pasir berperan sebagai agen enkapsulasi pada proses kristalisasi. Idham et al., (2012), menyebutkan bahwa teknik enkapsulasi digunakan untuk mengurangi interaksi bahan pangan dengan faktor lingkungan, seperti suhu, cahaya, kelembaban, dan oksigen. Hal ini menyebabkan kandungan senyawa antioksidan pada produk dapat terlindungi selama proses kristalisasi dengan pemanasan suhu tinggi, sehingga persentase aktivitas antioksidan yang diinginkan dapat tetap tercapai.

