

4. PEMBAHASAN

4.1. Model Persamaan Tingkat Kelarutan

Menurut Purnawijaya (2019), nilai *R-squared* yang mendekati satu menunjukkan variabel independennya memiliki kemampuan untuk memprediksi variabel dependennya. Persamaan regresi yaitu salah satu *tools* untuk membuat hipotesis yang digunakan dalam model matematis (Malensang *et al.*, 2012). Persamaan regresi bisa digunakan untuk mengetahui atau memprediksi pengaruh variabel bebas terhadap terikat dan mengukur hubungan antar variabel. Persamaan regresi linier adalah model perhitungan statistik yang digunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu variabel dengan variabel lainnya sehingga didapatkan prediksi nilai yang lebih akurat (Syilfi *et al.*, 2012). Menurut Suyono (2015), semakin banyak variabel bebas di model regresi maka semakin banyak hipotesis. Regresi linear dibagi menjadi dua yaitu sederhana dan berganda (Wohon *et al.*, 2017). Regresi linear berganda merupakan salah satu jenis regresi linear yang mempunyai satu variabel terikat dan dua atau lebih variabel bebas. Menurut Sungkawa (2015), regresi linear berganda bertujuan untuk menghipotesis nilai variabel terikat jika nilai dari variabel bebas sudah diketahui. Pada optimasi uji kelarutan ini terdapat beberapa variabel bebas (bahan baku) yang sudah diketahui nilainya. Maka dari itu, didapatkan model prediksi persamaan kelarutan dengan regresi linier berganda. Menurut Syilfi *et al.*, (2012), analisis regresi linier dapat menjadi prediksi yang akurat. Maka dari itu, berdasarkan pemodelan yang didapatkan regresi linier dapat menjadi model persamaan prediksi kelarutan produk akhir.

4.2. Deskripsi Tingkat Kelarutan dan Kebasahan Bahan Baku

Kelarutan merupakan salah satu kualitas fisik dalam susu bubuk (Widodo *et al.*, 2012). Analisis kelarutan dibagi menjadi 2 yaitu menghitung waktunya (Aliyah, 2019) dan menghitung total residu. Kelarutan pada bubuk

dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi pengeringan, komposisi bahan, proses dan metode pencampuran, dan suhu pelarut (Astuti & Wijaya, 2016). PT. Sanghiang Perkasa membuat susu bubuk menggunakan beberapa jenis protein yang berbeda. Kelarutan protein merupakan salah satu parameter penting untuk diuji karena menyangkut struktur biologi serta kebutuhan dibidang industri (Kramer *et al.*, 2012). Kelarutan protein dipengaruhi oleh suhu pengadukan, kecepatan pengadukan, pelarut, pH isoelektrik, dan jenis bahan (Kramer *et al.*, 2012).

Amfoter merupakan sifat dari protein yang menyebabkan daya larut protein berbeda-beda (Anna, 2018). Hal ini disebabkan oleh gugus amin dan karboksil di asam amino. Selain itu, gugus tersebut menyebabkan protein memiliki sifat basa serta asam (Kusnandar, 2019). Menurut Kramer *et al.*, (2012), kelarutan protein di dalam air berbeda-beda dari tidak larut sepenuhnya hingga larut sempurna. Total titik isoelektrik muatan protein yang nol menyebabkan kelarutan pada protein tersebut di nilai minimum (Kusnandar, 2019). Menurut Kusnandar (2019), kelarutan pada protein akan meningkat jika nilai pH pada protein tersebut jauh dari titik isoelektriknya.

Skim milk merupakan salah satu jenis susu yang mengandung sebagian besar dari protein susu kecuali lemak serta vitamin larut lemak (A dan D) (Hafiizha *et al.*, 2020). Hal ini dikarenakan susu skim telah mengalami pemisahan lemak susu sehingga kandungan lemak yang terkandung dalam *skim milk* maksimal 1,5%. Penggunaan susu skim dalam pembuatan susu bubuk bertujuan untuk menambah kandungan protein pada susu yang berpengaruh terhadap dapat kekentalan produk susu. Selain kandungan protein yang tinggi, susu skim mengandung mineral yang cukup dan laktosa yang tinggi. Susu skim bubuk biasa digunakan dalam pembuatan es krim, makanan balita, dan roti (Soeparno, 2021). Pembuatan susu skim menggunakan *spray dried* dengan skala besar sehingga beberapa pabrik dapat menghasilkan lebih dari 1 juta liter susu skim per harinya (Brennan, 2003). *Spray dried* merupakan salah satu metode pengeringan yang tepat

untuk produk susu skim karena susu skim tidak higroskopis dan tidak mudah menempel pada dinding tabung. Terdapat dua jenis susu skim yang terdapat di PT. Sanghiang Perkasa yaitu susu skim 1 dan susu skim 2. Keduanya memiliki kandungan protein yang sama yaitu 32.5%. Serta kelarutan yang mirip yaitu sekitar 111,7 detik (susu skim 1) dan 72,7 (susu skim 2). Perbedaan dari kedua susu skim yaitu susu skim 1 infant, sedangkan susu skim 2 untuk non infant. Menurut Livana *et al.*, (2019), infant merupakan fase pertumbuhan anak mulai dari 0-18 bulan. Masa ini merupakan salah satu masa pertumbuhan yang sangat penting untuk diperhatikan karena terjadi peningkatan yang pesat pada perkembangan anak (Livana *et al.*, 2019). Oleh karena itu, susu skim 1 mengalami proses pemanasan dalam waktu tertentu untuk membunuh semua mikroba dan bakteri patogen sehingga produk dapat dikonsumsi secara aman oleh anak-anak (Soekarto, 2020). Susu skim 1 dan susu skim 2 memiliki pH yang hampir sama yaitu 6,31 dan 6,34. Susu memiliki nilai pH sekitar 6,5 hingga 6,7 (Marouf dan Sara, 2017). Selain pH yang hampir sama, susu skim 1 dan susu skim 2 memiliki tingkat kelarutan dan tingkat kebasahan yang tidak jauh berbeda. Tingkat kelarutan yang dimiliki yaitu 111,67 dan 72,67, sedangkan tingkat kebasahannya yaitu 3,67 dan 5,33. Kedua susu skim yang digunakan dalam penelitian memiliki tingkat kelarutan yang baik karena di bawah batas kelarutan (standard) perusahaan yaitu 10 menit.

Whole milk atau susu *full cream* merupakan salah satu jenis susu yang mengandung lemak yang tinggi yaitu sekitar 26% hingga 40%. Protein yang terkandung dalam susu murni yaitu sekitar 34%. Susu *full cream* mudah larut karena susu *full cream* merupakan susu yang mengandung 87% air karena sudah melalui proses pasteurisasi (Masruroh *et al.*, 2018). Kadar air yang tinggi menyebabkan produk mudah larut.

Base GUM (Growing Up Milk) merupakan susu untuk anak berusia 1 tahun hingga 3 tahun yang sudah ditambahkan vitamin dan mineral (Walton & Flynn, 2013). GUM memiliki total energi dan kandungan lemak yang sama dengan susu sapi. Tetapi, kandungan karbohidratnya lebih tinggi. *Growing*

Up Milk memiliki kandungan protein sekitar 33%. *Base GUM* yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu *Base GUM 1* dan *Base GUM 2*. Nilai pH dari keduanya hampir sama yaitu 6,52 dan 6,53. Selain pH yang hampir serupa, nilai kelarutan dan kebasahan yang dimiliki hampir sama dan sesuai dengan standar perusahaan yaitu dibawah 10 menit. Tetapi, yang membedakan keduanya adalah terdapat *canola oil* di *Base GUM 2*. *Canola oil* memiliki dampak untuk kesehatan karena lemak tak jenuhnya sekitar 31%.

Kasein merupakan komponen protein paling penting dalam susu karena memiliki fungsi biologis sebagai nutrisi (Thorn *et al.*, 2014). Kasein mengandung banyak asam amino esensial (Sarode *et al.*, 2016). Kasein dalam susu sekitar 70-80% dari total protein susu (Ho, 1979). Kasein diendapkan dari susu skim menggunakan asam atau enzim (Picchio *et al.*, 2018). Menurut Sarode *et al.*, (2016), turunan dari kasein asam direaksikan dengan basa sehingga menghasilkan kaseinat. Beberapa kaseinat sering dihidrolisis untuk meningkatkan kelarutan sehingga dapat digunakan dalam bidang medis dan fungsional (O'Regan & Mulvihill, 2010). Kasein mudah mengendap dan mempunyai titik kelarutan yang rendah (Shah *et al.*, 2010). Kasein akan menggumpal di pH isoelektriknya yaitu 4,6 (Bouزيد *et al.*, 2008).

Kasein yang dimiliki PT. Sanghiang Perkasa dan digunakan dalam penelitian ini ada 2 jenis yaitu *Sodium Caseinate* dan *Calcium Caseinate*. *Sodium caseinate* merupakan kaseinat yang paling banyak digunakan dalam industri pangan karena mempunyai sifat fungsional yang serbaguna, stabil dalam panas, dan sebagai pengemulsi (Zhang *et al.*, 2017). Menurut O'Regan & Mulvihill (2010), *sodium caseinate* memiliki protein sekitar 90,4%, sedangkan *sodium caseinate* yang digunakan dalam penelitian ini mengandung protein sekitar 92%. *Sodium caseinate* diproduksi dengan cara presipitasi dengan asam pada *skim milk* dan resuspensi dengan *sodium hydroxide* (Felix *et al.*, 2018) atau presipitasi dibawah kondisi alkalin.

Sodium hidroksida disebut juga natrium hidroksida (Amin, 2019). Sodium hidroksida berbentuk padatan kristal putih dan menyerap uap air di udara. Sodium hidroksida mudah larut dalam air (Amin, 2019). Sodium kaseinat memiliki ikatan ionik yang rendah. Menurut Pitkowski (2008), sodium kaseinat biasanya digunakan sebagai pengemulsi dalam pembuatan produk susu seperti mentega, keju, susu, dan sebagainya. Menurut Felix *et al.*, (2018), kasein stabil pada suhu 50°C. Tetapi, akan terbentuk agregat yang bersifat *irreversible* pada suhu 70°C. Menurut Fitzpatrick *et al.*, (2016), sodium kaseinat akan mencapai faktor batas laju reaksinya ketika sudah mengapung. Bubuk sodium kaseinat yang bercampur dengan air atau pelarut lainnya akan membentuk gumpalan dan mengalami dispersi dalam waktu yang cukup lama. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan pada sodium kaseinat (kasein 2), kaseinat tersebut ketika bercampur dengan air menjadi berbentuk bulat, lengket seperti gel, dan permukaan atasnya keras. Dispersi merupakan kemampuan penyebaran benda padat (bubuk) didalam air (Lalel *et al.*, 2009).

Nilai dispersi yang tinggi pada suatu bubuk menunjukkan bahwa bubuk tersebut mudah larut dalam air. Bubuk yang memiliki nilai dispersi tinggi dan tingkat keterbasahan yang kecil (lebih cepat basah) merupakan produk yang baik. Gumpalan yang terbentuk memiliki ukuran yang besar, lengket (berlendir), dan permukaannya agak keras (Fitzpatrick *et al.*, 2016). Tetapi, ketika gumpalan tersebut dibelah terdapat bubuk kering didalamnya. Hal ini juga mempengaruhi tingkat kebasahan pada sodium kaseinat. Pengukuran waktu untuk keterbasahan pada kasein 2 lebih lama dibandingkan kasein 1, hal ini disebabkan oleh permukaan kaseinat yang hidrofobik menyebabkan sodium kaseinat mempunyai sifat keterbasahan yang buruk (Fitzpatrick *et al.*, 2016).

Pada sampel ini, kelarutan memiliki hubungan yang erat dengan kebasahan. Tetapi, hal ini dapat diperbaiki dengan proses aglomerasi. Gel yang terbentuk oleh sodium kaseinat disebabkan oleh pH (Lindriati *et al.*, 2014).

Semakin kecil nilai pH maka jumlah ion hidrogen akan semakin banyak dan menjadi mudah larut. Selain itu, pH bisa mempengaruhi tingkat kelarutan sodium kaseinat. Menurut Kusnandar (2019), semakin besar nilai pH dibandingkan titik isoelektriknya maka semakin meningkat kelarutan pada protein tersebut. Titik isoelektrik kasein yaitu pH 4,6 (Bouzid *et al.*, 2008). Berdasarkan teori diatas, kasein 1 lebih mudah larut dibandingkan kasein 2 karena nilai pH dari kasein 1 sekitar 6,65 dan kasein 2 sekitar 6,43.

Kalsium kaseinat merupakan kaseinat yang diproduksi dari presipitasi susu skim dengan asam dan resuspensi dengan *calcium hydroxide* ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Kalsium kaseinat dapat larut sebagian didalam air. Kalsium hidroksida sering disebut sebagai kapur. Pada penelitian pengukuran kelarutan kalsium kaseinat, larutan tersebut berwarna putih pekat seperti susu karena bubuk kalsium kaseinat berwarna putih susu (Arifiansyah, 2015). Air kapur memiliki warna yang putih dan agak keruh. Pada kalsium kaseinat, hampir semua kalsium memiliki ikatan anion pada protein yang erat sehingga kalsium kaseinat memiliki sifat hidrofobik atau sukar air (Felix *et al.*, 2018). Hal ini menyebabkan kalsium kaseinat sukar larut.

Menurut Apriastuti *et al.*, (2017), kalsium hidroksida susah larut dibandingkan natrium hidroksida atau sodium hidroksida. Penggunaan kalsium kaseinat dalam industri pangan agak sulit karena membutuhkan pelarut protein yang baik. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya agregat yang kuat. Menurut Felix *et al.*, (2018), hal ini menyebabkan proses pelarutan pada kalsium kaseinat membutuhkan waktu yang lama. Selain itu, kalsium kaseinat menghasilkan dispersi koloid berwarna putih tipis (Southward, 2003). Hal ini sesuai dengan penelitian pada *calcium caseinate* bahwa ditemukan koloid berwarna putih dalam jumlah yang lumayan banyak. Berdasarkan penelitian tingkat kelarutan, kasein 1 lebih cepat larut dalam air dibandingkan kasein 2, hal ini tidak sesuai dengan teori diatas bahwa *sodium caseinate* (kasein 2) lebih cepat larut dibandingkan *calcium caseinate* (Apriastuti *et al.*, 2017). Hipotesis tersebut tidak sesuai karena warna dari *calcium caseinate* yaitu putih susu menyebabkan pengamatan

secara visual kurang efektif. Maka dari itu, seharusnya dibutuhkan alat untuk menunjang pengamatan tersebut seperti sendok atau spatula untuk melihat koloid tersebut masih ada atau sudah larut sempurna.

Whey protein merupakan protein dari susu yang mudah larut dan memiliki kualitas yang tinggi (Gangurde *et al.*, 2011). Hal ini disebabkan *whey* dapat mengikat air dalam jumlah yang lumayan besar (Sawitri *et al.*, 2010). *Whey* mengandung sekitar 20% total protein (Susanti & Hidayat, 2016). *Whey protein* juga memiliki BCAA (*Branched Chain Amino Acid*) yang berfungsi untuk metabolisme energi di otot (Septinina & Ani, 2020). *Whey protein* sering dikonsumsi oleh para atlet karena meningkatkan fungsi dan massa otot. *Whey protein* juga digunakan beberapa industri pangan untuk meningkat nilai gizi produk dan fungsionalitas pada produk (Felix *et al.*, 2018). *Whey* memiliki kandungan nutrisi yang hampir sama dengan *skim milk* (Sawitri *et al.*, 2010). Dampak dari kemajuan teknologi, *whey* yang dijual dipasaran sudah mengalami perkembangan yaitu dalam bentuk *whey protein isolate* (WPI) dan *whey protein concentrate* (WPC). *Whey protein* tidak tahan panas (Garba & Kaur, 2014). Tetapi, hal ini bisa diatasi dengan penambahan gula kedalam produk sehingga tidak terbentuk agregat yang besar. Pada penelitian ini menggunakan dua jenis *whey protein* yaitu *whey protein isolate* (WPI) dan *whey protein concentrate* (WPC).

Whey protein isolate (WPI) merupakan olahan dari *whey protein* yang mengandung 90% protein bahkan lebih dan laktosa maksimal 1% (Gangurde *et al.*, 2011). Selain itu, WPI tidak mengandung lemak dan memiliki harga yang lumayan mahal. Proses isolat bertujuan untuk menghilangkan laktosa dan lemak. Hal ini berdampak baik terhadap penderita *lactose intolerant*.

Whey protein concentrate (WPC) merupakan *whey protein* yang mengandung protein sekitar 29% hingga 89% (Gomo, 2021). Berbeda dengan WPI, WPC mengandung laktosa sekitar 6%, rendah lemak serta kolesterol, dan senyawa bioaktif yang lebih tinggi (Gangurde *et al.*, 2011).

Proses pengeringan untuk produk WPC bisa menyebabkan menurunnya kelarutan dan kemampuan rehidrasi pada bubuk (Felix *et al.*, 2018). Pada penelitian ini WPC yang digunakan yaitu WPC *Instant* dan WPC 35 (protein 35%) dan WPI. WPC *instant* memiliki kelarutan paling tinggi hal ini disebabkan karena produk *instant* memiliki standar bahwa mudah mengikat air (mudah larut), tidak menggumpal, dan tidak membentuk gel (Jumiono & Kaniawati, 2021). Selain itu metode pengeringan dan alat yang digunakan mempengaruhi kelarutan (Adhayanti & Ahmad, 2021). Menurut Hartomo & Widiatmoko (1993), pada proses instanisasi dilakukan pelapisan dengan menggunakan zat penginstan. Lesitin merupakan zat penginstan yang digunakan dalam proses tersebut. Lesitin biasanya ditambahkan dalam produksi susu bubuk instan dengan tujuan produk dapat larut di dalam air dingin ataupun panas (Kumalaningsih, 2014). *Whey protein 2* memiliki kelarutan yang tinggi dibandingkan WPI karena *whey protein 2* (WPC) ditambahkan emulsifier lesitin didalam produk tersebut. Sedangkan, WPI memiliki kelarutan rendah disebabkan oleh tanpa emulsifier (komposisi bahan) dan proses pembuatan (Al Awway, 2017). Berdasarkan pH dari ketiga *whey protein* ini *whey protein 1* memiliki pH paling tinggi yakni 7,56 dan pH paling rendah yaitu 6,1 yang dimiliki oleh *whey protein 3*. Hal ini berbanding lurus dengan kelarutan karena menurut Kusnandar (2019), semakin jauh pH dari titik isoelektriknya maka kelarutan akan meningkat atau cepat. Menurut Pelegrine & Gasparetto (2005), *whey protein* memiliki titik isoelektrik pada pH 4,5.

Penggunaan maltodekstrin dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh terhadap kelarutan dari protein ini. Maltodekstrin merupakan hasil dari hidrolisis parsial pati yang terdiri dari gula sederhana, oligosakarida rantai pendek, dan oligosakarida rantai panjang dengan nilai DE < 20 (Krisnitya *et al.*, 2020). Maltodekstrin biasanya digunakan atau ditambahkan dalam produk bubuk karena mudah larut dalam air, tidak manis, rendah kalori, dan menjadi bahan pengisi dalam produk (Paramita *et al.*, 2015). Tetapi, maltodekstrin dengan DE 20 biasanya memberikan rasa

manis (Jenie, 2018). Oleh karena itu, maltodekstrin digunakan untuk membantu melarutkan protein yang susah larut seperti kasein. Maltodekstrin bisa larut dengan sempurna dalam air tergantung dari tinggi rendahnya DE (*Dextrose Equivalency*) (Khasanah *et al.*, 2015). Maltodekstrin yang digunakan dalam penelitian ini memiliki DE 18 sehingga bisa larut sempurna. Kelarutan yang baik dalam air disebabkan oleh tingginya DE dalam maltodekstrin. Menurut Paramita *et al.*, (2015), maltodekstrin dapat menyerap air (higroskopis) sehingga kandungan maltodekstrin yang tinggi didalam produk memiliki umur simpan yang panjang.

