

**EVALUASI KARAKTERISTIK *FOAM* DAN FISIK-KIMIA *FOAM-MAT*
FREEZE DRIED YOGURT PROBIOTIK DENGAN PENAMBAHAN
PROBIOTIC *CULTURE Bifidobacteria***

ARTIKEL

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Kelulusan
Program Studi Magister Teknologi Pangan

Oleh :
Ahmad Gunardi Rahman
198050002



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI PANGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2022**

STUDI KARAKTERISTIK FOAM DAN FISIK-KIMIA FOAM-MAT FREEZE DRIED YOGURT PROBIOTIK DENGAN PENAMBAHAN PROBIOTIC CULTURE *Bifidobacteria*

Ahmad Gunardi Rahman, Tien Muchtadi¹, dan Sandi Darniadi^{1,2*})

¹ Magister Teknologi Pangan, Universitas Pasundan, Bandung, Indonesia

² Bada Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Subang, Indonesia

ABSTRACT

Yoghurt powder is commonly utilised in the confectionery and baking sectors. Yoghurt powder can be produced using a variety of drying technologies, including freeze, spray, microwave vacuum, convective, and foam-mat drying. In this study, the effect of the concentration of egg albumin (EA) and maltodextrin (MD) on foam characteristics and the physical properties of powder was investigated. The flowability and cohesiveness of the powders were indicated in terms of the Carr Index (CI) and Hausner Ratio (HR). A mixture design of experiments was used to optimise the foaming process. The optimum conditions for the foaming process were found to be 16.082% EA and 3.918% MD. The yoghurt foamed at optimum conditions was lyophilised using a laboratory-scale freeze-dryer at -55 °C and a pressure of 0.04 mbar for 24 h. The foam density and foam expansion were 0.66 g/ml, and 50.69%, respectively. As for powder properties, the optimum concentration yielded 84.4% of powder with an L (brightness) value of 94.50 and moisture content of 3.46%. Bulk density and tapped density values were 0.34 g/ml and 0.38 g/ml, respectively. The CI and HR of optimum treatment were 7.30 and 1.08, respectively. Yoghurt powder showed mostly excellent flow characteristics. Based on result of hedonic test powder of color, odor, taste, and texture the reconstituted yogurt powder was significantly different for all formula. The yogurt rehydrated with 75% the amount of water lost during the process was more acceptable than the other formula.*

Keywords: yoghurt, foam, powder, foam-mat freeze-drying

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini kesadaran konsumen tentang kesehatan dan keamanan pangan semakin meningkat karena semakin meningkat pula jenis – jenis penyakit degeneratif seperti obesitas, diabetes, hipertensi dan jantung koroner yang menyebabkan peran pangan fungsional menjadi sangat penting (Pratiwi *et al.*, 2018). Kemajuan teknologi dan peningkatan kesejahteraan cenderung merubah pola hidup masyarakat yang mendorong pada rendahnya aktivitas fisik dan pola konsumsi pangan yang buruk. Salah satu cara untuk mengatasi atau mencegah peningkatan penyakit degeneratif adalah

dengan cara mengonsumsi pangan fungsional (Suciati *et al.*, 2019).

Yogurt merupakan salah satu produk fermentasi berbasis susu dengan bantuan bakteri asam laktat seperti *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus species*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium species*, dan *Leuconostoc species* yang mengubah laktosa menjadi asam laktat dan dipengaruhi oleh kontrol waktu, suhu, dan lingkungan (Smid & Kleerebezem, 2014). Yogurt mengandung komponen biopeptida β -laktoglobulin yang merupakan prekursor dari β -laktorpin sebagai antioksidan (Mohamed *et al.*, 2014). Yogurt memiliki tingkat pencernaan yang tinggi dan bioavailabilitas nutrisi yang dapat

dianjurkan bagi orang-orang dengan intoleransi laktosa, gangguan pencernaan (iritasi usus dan radang usus), membantu fungsi kekebalan tubuh serta untuk mengendalikan berat badan (Garba, 2014). Yoghurt merupakan minuman probiotik yang memberikan manfaat kesehatan sehingga banyak dikonsumsi karena nilai gizinya (Hnin *et al.*, 2020). Di sisi lain, umur simpannya sekitar 1 hari pada 25-30 °C, 5 hari pada 7 °C dan 10 hari pada 4 °C (Kumar & Mishra 2004), oleh karena itu, beberapa metode digunakan untuk memperpanjang umur simpannya. seperti menyaring yogurt untuk menghilangkan air, mengeringkan yoghurt, dll. (Say *et al.*, 2015).

Yogurt powder dapat digunakan dalam berbagai aplikasi makanan, termasuk yogurt instan dan pengganti yogurt segar sebagai minuman atau saus. Ini juga dapat digunakan pada makanan ringan, permen, roti dan sereal sarapan, es krim, dan kacang berlapis yogurt. Setelah dilarutkan, bubuk yogurt tidak terasa seperti yogurt (*off-flavor*). Namun, *yogurt powder* memberikan umur simpan yang lebih lama dan lebih stabil daripada yogurt biasa. Selain itu, pengurangan berat dan air dari produk dehidrasi ini menurunkan biaya pengemasan, penanganan, dan transportasi. Produk ini sangat baik untuk konsumen, karena dapat disimpan pada suhu kamar untuk masa simpan yang lama. Secara internasional, konsumen tidak selalu memiliki akses untuk membeli yogurt alami di supermarket. Versi bubuk juga dapat dikirim ke daerah bencana alam atau untuk bantuan makanan ke negara-negara yang kurang beruntung. Selain memberikan nutrisi, produk pangan juga memberikan kemudahan dalam penyimpanan dan konsumsi akan menjadi nilai tambah. Untuk yogurt yang dilarutkan, konsumen hanya perlu menambahkan bubuk ke dalam air dan mengaduknya agar tercampur rata. Pasar yogurt dan minuman yogurt telah mendapat banyak manfaat karena

konsumen lebih memperhatikan makanan sehat. Dalam industri makanan, penting untuk menghasilkan produk makanan berkualitas tinggi dengan biaya rendah. Setelah rekonstitusi, memiliki produk dengan kualitas yang lebih baik daripada yang tersedia saat ini diinginkan dan akan bermanfaat baik bagi industri makanan maupun konsumen. Studi lebih lanjut tentang parameter jenis yogurt yang dilarutkan ini juga menjadi penting. Industri memproduksi dan menjual susu bubuk tetapi pembuatan susu yang direkonstitusi merupakan produk yang diaplikasikan oleh konsumen/rumah tangga (Song *et al.*, 2014).

Freeze drying merupakan proses pengeringan dengan cara mengeluarkan air dari produk yang sudah dibekukan. Umumnya, *freeze drying* dilakukan untuk pembuatan obat-obatan dan reaksi biologis tertentu yang termolabil atau tidak stabil dalam larutan air untuk memperpanjang umur simpan, dengan menjaga kestabilan produk dalam kondisi kering (kadar air rendah yaitu <1%). Metode *freeze drying* berguna untuk stabilisasi kultur mikroba pada produk yang dikeringkan (Harwalkar, 2015). Viabilitas bakteri asam laktat produk *yogurt* dengan metode *freeze drying* menunjukkan hasil yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya (Kumar & Mishra, 2004).

Dalam *foam-mat drying* produk yang akan dikeringkan diubah menjadi busa sebelum dikeringkan. Hal ini memberikan keuntungan meningkatkan luas permukaan total yang tersedia untuk pengeringan, sehingga meningkatkan laju pengeringan juga. Keuntungan lain dengan metode ini adalah bahwa suhu pengeringan bisa lebih rendah daripada metode pengeringan konvensional dan ini membantu mengurangi hilangnya rasa dan komponen yang mudah menguap. Pengeringan *foam-mat* dipelajari oleh Rao *et al.* (1987) untuk dehidrasi telur utuh. Dalam penelitiannya mereka

membandingkan *freeze drying* telur dengan metode *foam-mat drying* dan menyimpulkan bahwa *foam-mat drying* menghasilkan produk mempunyai kualitas yang lebih tinggi. Pengerinan busa juga dicoba untuk pengerinan kacang tunggak, (Falade *et al.*, 2003) belimbing, (Karim *et al.*, 1999) dan mangga (Jaya *et al.*, 2004).

Pembuatan *powder yogurt* pada umumnya menggunakan teknik *spray drying*, *freeze drying*, *foam-mat drying*. Ketiga teknik tersebut mempunyai kekurangan dan kelebihan. Metode lain yang sering digunakan juga adalah metode kombinasi *foam-mat freeze drying*. Pengerinan metode *foam-mat freeze drying* adalah suatu teknik pengerinan dengan pembentukan busa pada bahan cair atau semi cair yaitu dengan penambahan bahan pembusa (*foaming agent*) dan bahan penstabil (*stabilizer*), kemudian dilakukan pengerinan pada suhu rendah. Pengerinan kombinasi dengan metode *foam-mat freeze drying* bisa memberikan efisiensi terhadap proses pengerinan karena produk yang akan dikeringkan diubah menjadi busa sebelum dikeringkan, hal ini memberikan keuntungan meningkatkan luas permukaan total yang tersedia untuk pengerinan, sehingga meningkatkan laju pengerinan dan dapat berguna untuk stabilisasi kultur mikroba pada produk yang dikeringkan. Dengan demikian, kombinasi metode pengerinan ini dapat menghemat waktu, dan biaya operasional. Bahan yang dibutuhkan dalam pengerinan busa adalah bahan pembusanya dan pengisi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui formula optimum dari yogurt berdasarkan karakteristik fisik *foam* yogurt.
2. Untuk mengetahui pengaruh *pretreatment* dengan penambahan

foaming agent dan *foaming stabilizer* dengan konsentrasi yang berbeda terhadap karakteristik fisika, kimia dari *yogurt powder* dengan metode *foam-mat freeze drying*.

3. Untuk mengetahui karakteristik organoleptik dari hasil rehidrasi *yogurt powder*.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah menentukan formulasi optimal untuk tipe yogurt yang akan di-*foaming*, koenstrasi optimal dari *egg albumin* sebagai *foaming agent* dan maltodextrin sebagai *foaming stabilizer* dengan metode *foam-mat freeze-drying* terhadap karakteristik dari *yogurt powder* menggunakan program *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* dan menentukan konsentrasi air yang ditambahkan pada *yogurt powder* yang direhidrasi terhadap karekateristik organoleptik.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui formulasi optimal untuk tipe yogurt yang di-*foaming*, mengetahui konsentrasi optimal dari *egg albumin* sebagai *foaming agent* dan maltodextrin sebagai *foaming stabilizer* dengan metode *foam-mat freeze-drying* pada *yogurt powder* menggunakan program *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* dan mengetahui karakteristik organoleptic yang disukai panelis terhadap konsentrasi air yang ditambahkan pada *yogurt powder* yang direhidrasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan ini adalah :

1. Menyediakan informasi terkait formulasi yang optimal dari *yogurt powder* dengan metode *foam-mat freeze drying*.
2. Meningkatkan efisiensi dalam proses distribusi produk yogurt khususnya penyimpanan dan transportasi.

3. Meningkatkan pemanfaatan yogurt probiotik dalam bentuk *powder* untuk menunjang diversifikasi produk susu.

1.5 Kerangka Pemikiran dan Hipotesis

1.5.1 Kerangka Pemikiran

Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang bisa bertahan melalui bagian atas pencernaan, lingkungan asam pada lambung dan melekat dan berkoloni di usus dimana dapat menyeimbangkan mikroflora dalam pencernaan. Sebagian besar probiotik adalah bakteri asam laktat yang memproduksi asam laktat sebagai produk akhir dari fermentasi karbohidrat. Bakteri Asam Laktat (BAL) yang termasuk probiotik adalah kelompok *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* dan beberapa *Streptococcus*. Berikut ini merupakan manfaat probiotik: (1) memberikan keuntungan kesehatan bagi inangnya, (2) dapat menanggulangi penyakit gastroenteritis, (3) menstimulasi Sistem Imun, (4) menurunkan kolesterol, (5) mengurangi resiko kanker kolon, dan (6) mencegah dermatitis atopik pada anak (Antarini, 2011).

Menurut O'Rell and Chandan, (2013); Chandan (2014) yoghurt komersial dengan tipe *yogurt drink* adalah yogurt yang mempunyai kadar lemak yang rendah (<2,0% lemak) yang mengandung *milk solid nonfat* 8,0%-9,5% dan 8% -12% gula. pH-nya bervariasi dari 4,0 hingga 4,5.

Dengan riset model *in vivo* menunjukkan sekitar 80% pengurangan volume tumor pada tikus yang diberi makan dengan bakteri hidup *L. casei* selama 13 hari.

Sebelum digunakan sebagai probiotik, bakteri mungkin perlu disimpan waktu yang lama. Dua metode utama untuk mempersiapkan penyimpanan dalam jangka panjang adalah dengan melakukan *freeze drying* dan *spray drying*. Selama *freeze drying*, sel mengalami tekanan fisik yang

disebabkan oleh pembentukan kristal, dehidrasi dan tekanan osmotik (Broecx *et al.*, 2016).

Penelitian Harmayani *et al.*, (2001) menunjukkan viabilitas bakteri asam laktat yang lebih tinggi setelah *yogurt* melewati proses *freeze drying* dibandingkan dengan metode *spray drying*. Viabilitas bakteri asam laktat produk *yogurt* dengan metode *freeze drying* menunjukkan hasil yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya (Kumar & Mishra, 2004).

Menurut Krasaekoopt dan Bhatia (2012) density dari *foam* lebih tinggi, mereka memperoleh 0,69 g/cm³ sebagai *foam density* terendah ketika menggunakan 3% *egg albumin* dengan waktu pencampuran 12 menit dan *egg albumin* 4% dengan waktu pencampuran 5 menit tetapi ada *foam expansion* maksimum dengan 3%/12 menit.

Maltodekstrin tidak mempunyai sifat lipofilik. Oleh sebab itu, maltodekstrin pada proses enkapsulasi menyebabkan stabilitas emulsi dan retensi minyak rendah, namun minyak yang terenkapsulasi memiliki daya tahan terhadap oksidasi (Westing *et al.*, 1988).

Yogurt bubuk kacang koro pedang dengan metode pengeringan beku membutuhkan bahan penyalut. Bahan penyalut yang sering digunakan dalam pembuatan bahan pangan yang dikeringkan adalah maltodekstrin. Maltodekstrin adalah produk hasil hidrolisis enzim atau asam yang merupakan polimer dari sakarida, bergizi, tidak manis, tersusun atas unit polimer glukosa yang terikat dengan ikatan α -1,4 glukosida dengan nilai DE kurang dari 20 (Lambri *et al.*, 2014; Anwar *et al.*, 2007).

Penambahan maltodekstrin dengan konsentrasi yang rendah menghasilkan yogurt yang memiliki nilai kadar air dan aktivitas air yang lebih tinggi serta rendemen yang dihasilkan sedikit. Sebaliknya, penambahan maltodekstrin dengan konsentrasi yang terlalu tinggi

akan menghasilkan yogurt dengan nilai kadar air dan aktivitas air yang lebih rendah serta rendemennya lebih tinggi, akan tetapi sifat organoleptic yang dihasilkan tidak memenuhi persyaratan SNI 2981:2009 karena memiliki rasa yang kurang asam serta tekstur yang cair (Yana dkk., 2015; Nurlailiyah, 2014).

Menurut Djali (2016), hasil penelitian pembuatan soyyogurt dengan penambahan konsentrasi maltodextrin 5% memiliki kadar air 3,89 % bb; waktu larut 47,07 detik; tingkat higroskopisitas 16%, water holding capacity 1,44 g/g; pH 3,7; titas asam tertitrasi 1,24%; viskositas 297, 50 cP; serta penilaian organoleptic meliputi kesukaan warna bernilai 4,05; kesukaan kekentalan (penglihatan) bernilai 3, 90; kesukaan kekentalan (mulut) bernilai 3, 59 dan kesukaan kenampakan keseluruhan bernilai 3,85 yang artinya disukai panelis, serta kesukaan rasa bernilai 2,90 dan kesukaan aroma bernilai 3,29 yang artinya agak disukai panelis, rendemen 19, 05% (b/v), kadar protein 22,84% bb dan TPC $1,34 \times 10^9$ cfu/ml.

Menurut Djali (2017), yogurt bubuk kacang koro pedang dengan penambahan maltodextrin 5 % (b/v) menghasilkan karakteristik terbaik dan sifat organoleptik yang disukai panelis. Hasil analisis karakteristik kimia dan fisik yogurt bubuk kacang koro pedang perlakuan terbaik adalah nilai kadar air 3,47 % bb, waktu larut 31,71 detik, nilai tingkat higroskopisitas 14,82 %, total asam tertitrasi 0,69 %, dan viskositas 277,50 cP. Hasil sifat organoleptik pada yogurt bubuk kacang koro pedang perlakuan terbaik adalah kesukaan warna 4,03 (suka), kesukaan aroma 3,15 (agak suka), kesukaan rasa 3,42 (agak suka), kesukaan kekentalan berdasarkan penglihatan 3,80 (suka), kesukaan kekentalan indera mulut 3,42 (agak suka) dan kesukaan kenampakan keseluruhan 3,87 (suka). Yogurt bubuk kacang koro pedang perlakuan terbaik memiliki rendemen 18,33 % (b/v), kadar protein

14,15 % bb, dan jumlah total bakteri asam laktat sebanyak $2,34 \times 10^{10}$ cfu/ml.

Yogurt dengan kekentalan tertinggi (89,50 Pa.s) diperoleh dengan menggunakan campuran maltodextrin, pektin dan guar gum sebesar 1,2% (Yamaguchi *et al.*, 2020). Teles dan Flôres (2007) menemukan nilai yang sama (91,62 Pa.s) menggunakan 1% susu bubuk, 0,8% gelatin, 0,21% xanthan gum dan 0,21% guar gum dalam total 2,2% pengental. Untuk penulis yang sama, perlakuan dengan viskositas terendah (5,38 Pa.s) diperoleh ketika 1,5% susu bubuk, 0,6% gelatin, 0,14% gum xanthan dan tanpa penambahan guar gum.

1.5.2 Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah serta didukung oleh kerangka pikiran di atas, dapat ditarik hipotesis :

1. Terdapat perbedaan karakteristik yogurt dari *foam* yang dihasilkan.
2. Terdapat pengaruh variasi dari *egg albumin* sebagai *foaming agent* dan maltodextrin sebagai *foaming stabilizer* terhadap karakteristik fisik dari *foam-mat freeze drying* dari *yogurt powder*.
3. Terdapat pengaruh variasi dari air yang ditambahkan pada saat proses rehidrasi terhadap karakteristik organoleptik *yogurt powder* dari formula terpilih.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah komersial Susu Pasteurisasi A2 (KIN), sukrosa, GENU® pektin tipe YM-115-H (CP Kelco), *skim milk powder* (NZMP), maltodextrin (DE 10 - 12), komersial *egg albumin* pasteurisasi dan komersial *culture* ABT-7 *L. bulgaricus*, *S. aureus*, *Bifidobacteria* (CHR Hansen).

Bahan kimia yang digunakan untuk digunakan untuk analisis total asam tertitrasi adalah NaOH 0,1N dan indikator fenoltalein 0,1%. Bahan yang digunakan untuk analisis pH adalah *buffer* pH 4 dan pH 7. Bahan yang digunakan untuk analisis protein larutan NaOH 40%, HCL 0.2N, Asam Borat 4%, larutan indikator MM 0.1% dan larutan indikator PP 1%, selenium, dan H₂SO₄. Bahan yang digunakan untuk analisis lemak adalah HCL 25%, hexana, air deslitasi. Bahan yang digunakan untuk analisa mikrobiologi bakteri asam laktat yaitu media MRS deMan Rogosa Sharpe) Agar.

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan *freeze-dried* yogurt adalah timbangan analitik digital, *freeze dryer* (Buchi Lyovapor-200 Infinite Control), mixer, *freezer* GEA, *beaker glass*, *flat plate*, incubator, *hot plate*, dan *mini chopper food processor*.

Alat yang digunakan untuk analisis kimia adalah Velp Protein Automatic Distillation, batu didih, labu takar, pipet ukur, labu erlenmeyer, buret, gelas piala, kaca arloji, kertas saring bebas lemak, oven, penjepit cawan, desikator, *soxhlet*, penangas air, cawan porselen, pemanas destruksi, tanur listrik, tabung reaksi, *waterbath*, inkubator, tabung durham, *autoclave* dan cawan petri.

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Penelitian Tahap Pertama

Penelitian tahap pertama melakukan optimalisasi formula yogurt terhadap karekteristik dari *foam* yang dihasilkan setelah itu dilakukan analisa fisik untuk karakteristik *foam* yaitu *foam density* (Ng & Sulaiman, 2018), *foam expansion* (Durian, 1995).

2.2.2 Penelitian Tahap Kedua

Penelitian tahap kedua dilakukan pembuatan rancangan dan respon yang akan diformulasikan menggunakan *Design Expert* 11.0 metode *Mixture D-Optimal* sebagai variabel berubah dan

variabel tetap terlebih dahulu. Setelah dilakukan perancangan, program *Design Expert* kemudian akan menyajikan *output* berupa beberapa formulasi *foaming agent* dan *foaming stabilizer* yang ditambahkan pada *yogurt powder* dengan metode *foam-mat freeze drying* untuk kemudian dilakukan pembuatan produk berdasarkan formulasi tersebut dan dilanjutkan dengan pengujian pada setiap responnya.

Rancangan batas atas dan bawah variabel berubah disajikan pada Tabel 1.

Tabel.1 Rancangan Batas Atas dan Bawah Variable Berubah

Variabel Berubah	Batas Bawah (Low)	Batas Atas (High)
Egg Albumin	10	20
Maltodextrin	0	10

Berikut ini tahapan dalam penentuan formulasi dengan *Design Expert* Metode *Mixture D-Optimal*:

1. *Egg albumin* sebagai *foaming agent* dan maltodextrin sebagai *foaming stabilizer* yang telah ditentukan sebagai variabel berubah dengan satuan persen dan dimasukkan pada program *Design Expert Mixture D-Optimal*.
2. Kemudian dimasukkan batasan-batasan bahan baku yang ditentukan pada kolom *low* dan *high*.

2.2.2.1 Rancangan Percobaan

Setiap variabel respon akan dianalisis oleh *Design Expert* 11.0 untuk mendapatkan persamaan *D-Optimal* dengan ordo yang cocok (*linear*, *quadratic*, dan *cubic*) yang sesuai dengan pengukuran tiap respon. Persamaan *D-Optimal* bisa didapatkan dari tiga proses yaitu berdasarkan *sequential model sum of squares (Type 1)* untuk model yang mempunyai nilai “Prob<F” lebih kecil atau sama dengan 0,05 (*Significant*), *lack of fit test* untuk model yang mempunyai nilai “Prob>F” lebih besar atau sama dengan 0,1 (*Not significant*), dan model

summary statistic. Model terbaik dapat ditentukan dengan parameter *adjust R-squares* dan *Predicted R-squared* maksimum. Program *Design Expert* menggunakan kolom *summary* untuk memilih model terbaik.

2.2.2.2 Rancangan Analisis

Design Expert menyajikan hasil analisis ragam ANOVA. Suatu variabel respon dinyatakan berbeda signifikan pada taraf signifikansi 5% jika nilai “Prob<F” hasil analisis lebih kecil atau sama dengan 0,05 sedangkan jika nilai “Prob>F” hasil analisis lebih besar dari 0,05 maka variabel respon dinyatakan tidak berbeda signifikan. Selanjutnya variabel-variabel respon ini digunakan sebagai model prediksi untuk menentukan formula optimal.

Design Expert 11.0 akan mengolah semua variabel respon berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan serta memberi solusi beberapa formula optimal yang terpilih. Nilai target optimasi yang dapat dicapai dikenal dengan istilah nilai *desirability*, yang ditunjukkan dengan nilai 0-1. Semakin mendekati 1, semakin mudah suatu formula mencapai titik formula optimal berdasarkan variabel responnya. Hal ini dapat dicapai dengan memilih variabel uji, nilai target optimasi variabel respon. Nilai *desirability* yang mendekati 1 akan semakin sulit dicapai apabila kompleksitas variabel uji dan nilai target optimasi semakin tinggi. Optimalisasi dilakukan untuk mencapai nilai *desirability* maksimum. Meskipun demikian, tujuan utama optimasi bukan untuk mencari nilai *desirability* sebesar 1, melainkan untuk mencari kombinasi yang tepat dari berbagai komposisi bahan (Amelia, 2018).

2.2.2.3 Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan untuk menentukan optimasi dari perlakuan-perlakuan yaitu respon kimia, fisik, dan organoleptik.

Adapun respon yang digunakan adalah respon fisik untuk karakteristik

foam yaitu Pengujian fisik yaitu untuk karakteristik *foam* yaitu *foam density* (Ng & Sulaiman, 2018), *foam expansion* (Durian, 1995), *foam stability* (Ng & Sulaiman, 2018). Respon fisik untuk *foam-mat freeze-dried* yogurt yaitu ruang warna L*(*lightness*), kadar air, *powder recovery*, *bulk* dan *tapped density* (Asokapandian *et al.*, 2016), *flowability* dan *cohesiveness*

Hasil analisis nantinya akan dimasukkan ke dalam tabel data program *Design Expert* 11.0 metode *Mixture D-Optimal*.

2.2.2.4 Analisis Formulasi Terpilih

Formulasi terpilih hasil optimasi menggunakan *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* kemudian dilakukan analisis pada respon kimia dan fisik. Respon kimia meliputi analisis kadar air, analisis total asam (AOAC, 2010), pengukuran pH (SNI 01-3554-2006), lemak (SNI 01- 2981-2009), protein (SNI 01- 2981-2009). Respon fisik meliputi pengukuran ruang warna L* (*lightness*) (Hutching, 1999), *powder recovery*, *bulk and tapped density* (Asokapandian *et al.*, 2016), *flowability* dan *cohesiveness*. Respon mikrobiologi yaitu total bakteri asam laktat (Pelczar *et al.*, 2007)

2.2.3. Penelitian Tahap Ketiga

Formula terbaik berdasarkan karakteristik fisik dan kimia akan dilanjutkan untuk dilakukan rehidrasi dengan penambahan kosentrasi air yang akan direhidrasi 95%, 85% dan 75% dengan suhu air 23 - 27°C kemudian dilakukan analisa fisik yaitu organoleptik (Stone *et al.*, 2008) menggunakan program IBM SPSS 25 menggunakan metode Kruskal Wallis. Jika data menunjukkan ada pengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut Mann-Whitney.

2.2.4. Deskripsi Percobaan

2.2.4.1 Pembuatan yogurt

Pembuatan *Freeze-dried* yogurt berdasarkan hasil penelitian O'Rell and

Chandan, (2013); Chandan (2014) yang dimodifikasi

Pembuatan *freeze dried* yogurt, dilakukan dengan tahapan pembuatan yogurt terlebih dahulu dengan mencampur susu pasteurisasi 60%, air 30%, gula 8%, *skim milk powder* 2% kemudian diaduk hingga homogen dan dipanaskan sampai dengan suhu 55°C selama 15 – 30 menit kemudian dipasteurisasi pada suhu 70°C selama 20 menit menggunakan *waterbath*. Susu yang sudah dipasteurisasi didinginkan sampai dengan suhu 42°C ±1°C kemudian masukan *culture* bakteri ABT-7 *L. bulgaricus*, *S. aureus*, *Bfidobacteria* (CHR Hansen) 0.8 gram/1.000 g berdasarkan rekomendasi dari *manufacturer* secara aseptis selama 12 jam. Setelah pH tercapai dilakukan pencampuran 80% yogurt dengan 20% larutan stabilizer yang terdiri dari 5% gula, 1.9% Genu pektin tipe 115H (CP Kelco) dilarutkan dengan 93.1% air pada suhu 65 - 70°C selama 30 menit (sampai dengan larut) kemudain masukan yogurt kedalam lemari pendingin simpan pada suhu < 4°C sampai dengan sampel tersebut ke tahap selanjutnya. Pembuatan *foam* yogurt dengan penambahan *egg albumin* dan maltodextrin berdasarkan penelitian Yuksel (2021) dengan beberapa modifikasi. Yogurt dicampurkan dengan *egg albumin* dan maltodextrin dengan variasi konsentrasi yang sudah ditetapkan, kemudian dicampur menggunakan mixer dengan kecepatan maksimum selama 3 menit. *Foam* dituangkan ke plate dengan ketebalan 5 mm kemudian bekukan

sampai dengan suhu -40°C selama 24 jam didalam *freezer* kemudian setelah itu dilakukan *freeze drying* menggunakan alat Buchi Lyovapor-200 Infinite Control. Yogurt yang sudah kering dihancurkan menggunakan *mini chopper food processor* dan *yogurt powder* dikemas pada kemasan *aluminium bag*.

3. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengamatan dan Pembahasan Penelitian Tahap 1

Tahap awal penelitian adalah membuat yogurt dengan penambahan *egg albumin* 15% dan *maltodextrin* 5% sebagai *foaming agent* dan *foaming stabilizer* kemudian dilakukan *foaming* dengan cara diaduk menggunakan mixer dengan kecepatan tinggi. Namun, hasil dari *foaming* tersebut kurang memuaskan karena produk tersebut tidak membentuk *foam* dengan baik karena terjadi sineresis pada yogurt, secara visual *foam* pecah. Pembentukan *foam* tergantung berbagai parameter, seperti komposisi dari cairan, metode *foaming* yang digunakan, suhu dan waktu *foaming*. Hasil analisa yogurt tanpa penambahan stabilizer memiliki nilai viskositas yang tinggi yaitu 1.812 cPs. Pada pH dibawah 5,3 terjadi peningkatan viskositas karena menurunnya kelarutan kasein (Manab, 2008), pada pH 4,8-4,7 kasein akan terpresipitasi sempurna (Suprihana, 2012). Kasein yang terpresipitasi mempunyai sifat hidrofilik yang menyebabkan viskositas meningkat (Sunarlimi *et al.* 2010).

Tabel 2. Hasil Penelitian Tahap 1

No.	Respon	Perlakuan	
		Tanpa Penambahan Stabilizer	Penambahan Stabilizer
1	<i>Foam Density</i>	-	0,67 g/cm ³
2	<i>Foam Expansion</i>	-	45,21%
3	Viskositas	1.812 cPs	124,5 cPs

Perlakuan panas, pengadukan dan tekanan akan menyebabkan kasein mengalami agresi, disagregasi, menyebabkan *cross-linking* misalnya dengan isopeptida yang bisa menyebabkan peningkatan ukuran misel dan juga menyebabkan denaturasi *whey* protein yang juga bisa meningkatkan ukuran misel. Sineresis pada yoghurt merupakan fenomena pemisahan *whey* dari koagulan yoghurt (Tamime & Robinson, 2007). Sineresis terjadi karena adanya penyusutan struktur tiga dimensi dari jaringan protein yang menyebabkan turunnya kekuatan ikatan *whey* protein sehingga terpisah dari yoghurt (Djali, 2018).

Manab (2008), menjelaskan bahwa terjadinya sineresis kemungkinan disebabkan oleh perubahan kelarutan kasein dan pengerutan partikel kasein. Seperti yang telah dijelaskan, pada pH yang lebih rendah kelarutan protein dan kasein akan berkurang yang menyebabkan terjadinya interaksi protein-protein yang lebih banyak dan interaksi protein-air lebih rendah. Rendahnya interaksi protein-air akan mengakibatkan terjadinya presipitasi sehingga jaringan protein mempunyai kecenderungan untuk melepas air. Peningkatan interaksi protein-protein dan menurunnya interaksi protein-air menyebabkan pengerutan atau kontaksi gel protein yang memacu pembentukan curd bersamaan dengan terjadinya pemisahan *whey*. Apabila *building block* dari jaringan protein mengkerut, maka semua jaringan akan mengkerut secara

proporsional sehingga kemampuan protein untuk mengikat atau memerangkap air bisa hilang (Sahana, 2007).

Hasil analisa optimalisasi formula yogurt berdasarkan Tabel 2. dengan tipe *drink yogurt* dilakukan dengan penambahan stabilizer dan air menunjukkan nilai viskositas lebih rendah yaitu 124,5 cPs, *foam density* 0.67 g/cm³ dan *foam expansion* 45,21% dari hasil tersebut menunjukkan hasil analisa karakteristik *foam* terhadap formula yogurt sangat baik. Hasil analisa komposisi yogurt berdasarkan tabel 3. sudah sesuai dengan regulasi di Indonesia meliputi nilai lemak, protein, kadar abu, dan total padatan susu bukan lemak.

Stabilizer mempunyai kemampuannya untuk membentuk struktur gel dalam air, sehingga hanya menyisakan lebih sedikit air bebas untuk mencegah terjadinya sineresis. *High-metohoxy pectin* berfungsi dalam memberikan viskositas yang diinginkan dan interaksi protein yang diperlukan untuk mencegah sineresis pada tipe *drinkable yogurt*. Campuran hidrokoloid dalam kisaran 0,01%–0,50% biasanya digunakan untuk menstabilkan produk dari sineresis (Chandan *et al.*, 2016; Chandan *et al.*, 2013). Yoghurt komersial yang dengan tipe *yogurt drink* adalah yogurt yang mempunyai kadar lemak yang rendah (< 2,0% lemak) yang mengandung *milk solid non fat* 8,0%-9,5% dan 8% -12% gula. pH-nya bervariasi dari 4,0 hingga 4,5 (O'Rell and Chandan, 2013a).

Tabel 3. Hasil Analisa Optimalisasi Formula Yogurt

No.	Respon	Yogurt Rendah Lemak ^a	Yogurt ^b	Yogurt Drink ^c
1	Lemak	0.6 – 2.9 %	-	1.84%
2	Protein	Min. 2.7 %	Min. 2.3 %	2.06%
3	Kadar Abu	Maks. 1 %	-	0.94%
4	Total Padatan Susu Bukan Lemak	Min. 8.2%	Min. 6.6%	11,66%

^aSyarat Mutu Yogurt SNI 01-2981:2009

^bPerka BPOM No. 34 Tahun 2019

^cHasil penelitian formula optimal

Tabel 4. Formulasi Foam-Mat Frezze Drying Yogurt Berdasarkan Rancangan *Design Expert*

Run	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉
1	10	10	0.71	32.22	3.44	79.53	94.22	0.47	0.51	9.24	1.10
2	12.5	7.5	0.68	34.41	3.51	80.42	94.70	0.42	0.45	8.22	1.09
3	15	5	0.69	45.79	3.48	84.07	94.30	0.36	0.38	3.53	1.04
4	20	0	0.64	57.05	3.52	88.63	94.39	0.41	0.47	13.28	1.15
5	20	0	0.61	57.82	3.55	88.57	94.28	0.40	0.46	11.86	1.13
6	15	5	0.67	45.21	3.46	84.13	94.48	0.35	0.38	6.90	1.07
7	10	10	0.76	32.20	3.42	70.64	94.86	0.48	0.53	9.52	1.11
8	10	10	0.72	32.88	3.45	79.68	94.59	0.47	0.50	6.17	1.07
9	10	10	0.74	32.44	3.45	79.64	94.74	0.49	0.53	8.02	1.09
10	17.5	2.5	0.62	56.67	3.49	87.87	94.54	0.35	0.39	10.59	1.12
11	20	0	0.60	57.73	3.51	88.43	94.59	0.41	0.47	13.37	1.15
12	20	0	0.61	57.33	3.53	88.65	94.79	0.41	0.46	12.00	1.14
13	15	5	0.67	45.52	3.44	84.03	94.41	0.35	0.37	6.82	1.07

Keterangan: X₁, Egg albumin (%); X₂, Maltodextrin (%); Y₁, Foam density; Y₂, Foam expansion; Y₃, Moisture; Y₄, Yield; Y₅, Color (lightness); Y₆, Bulk density; Y₇, Tapped density; Y₈, Carr index and Y₉, Hausner ratio.

3.2 Hasil Pengamatan dan Pembahasan Penelitian Tahap 2

Penelitian tahap 2 dilakukan untuk memperoleh formula optimum dari *foam-mat freeze-drying* yogurt dengan menggunakan program *Design Expert* versi 11.0 *Mixture Design* dengan metode *Mixture D-Optimal*. *Output* desain penelitian tersebut berupa 13 formulasi yang berbeda. Ketigabelas formulasi tersebut disajikan pada Tabel 4. Program *Design Expert* akan melakukan optimasi

berdasarkan data analisis respon yang telah dilakukan dan di-*input* pada program.

3.2.1 Respon Fisik Terhadap Karakteristik Foam

3.2.1.1 Foam Density dan Foam Expansion

Hasil analisis statistik terhadap respon *foam density* dan *foam expansion* dapat dilihat pada tabel 5.

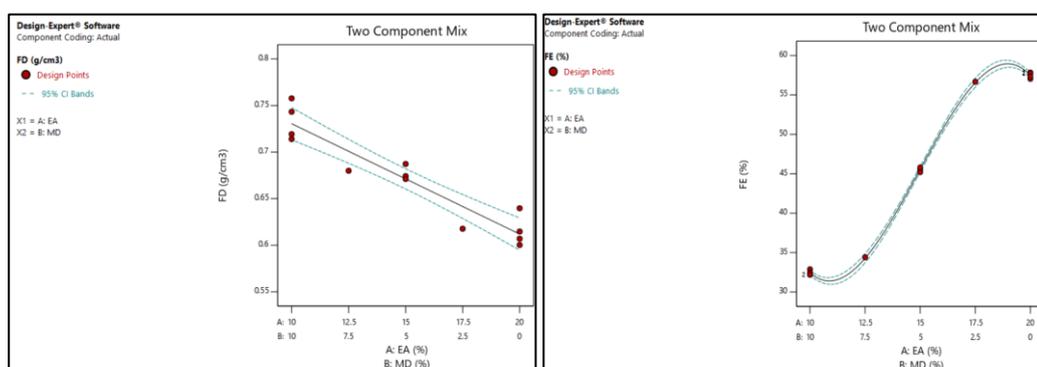
Tabel 5. Ringkasan Hasil Analisis Statistik pada Respon *Foam Density* dan *Foam Expansion*

Response	Sum of square	df	Mean square	F-value	p-value	R ²	Adjusted R ²	Predicted R ²
<i>Foam Density</i>	0.0298	1	0.0298	93.45	<0.0001	0.8947	0.8851	0.8493
<i>Foam Expansion</i>	1503.83	3	501.28	5058.74	<0.0001	0.9994	0.9992	0.9998

Tabel 4 menunjukkan hasil uji respon *foam density* dan *foam expansion* sedangkan Tabel 5 menunjukkan ringkasan hasil analisa statistik dari respon *foam density*. Nilai kisaran *foam density* dari *yogurt foam* yang diperoleh sekitar 0,61 – 0,74%. Penelitian Yuksel, (2021), mendapatkan hasil *foam density* 0,76 – 0,91%. Nilai kisaran *foam expansion* dari *yogurt foam* yang diperoleh sekitar 32,22 – 57,73%. Penelitian Yuksel, (2021), mendapatkan hasil *foam density* 17,82 – 35,83%. Nilai *foam density* hasil penelitian sebelumnya

masih lebih rendah dikarekenakan pembentukan *foam* tergantung berbagai parameter, seperti komposisi dari cairan, metode *foaming* yang digunakan, suhu dan waktu *foaming*.

Taraf signifikansi yang digunakan pada pengujian ANOVA adalah 5%. Hasil yang didapatkan tersebut signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan tabel 5 dan diperoleh nilai p "prob>F". Suatu variabel respon dapat dikatakan berbeda nyata atau signifikan pada taraf signifikansi 5% apabila nilai p "prob>F" hasil analisis ragam lebih kecil dari 0,05.



Gambar 1. Grafik *Contour Plot* Respon *Foam Density* dan *Foam Expansion*

Respon hasil analisa *foam density* secara visual dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai *foam density* terendah yaitu pada konsentrasi 20% EA dan 0% MD dan nilai *foam density* tertinggi yaitu pada konsentrasi 10% EA dan 10% MD. Grafik *Contour Plot* respon *foam density* dengan model ordo *linier* menunjukkan semakin rendah persentasi *foaming agent* yaitu *egg albumin* maka semakin rendah nilai *foam density*. Respon hasil analisa *foam expansion* secara visual dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai *foam expansion* terendah yaitu pada konsentrasi 10% EA dan 10% MD dan nilai *foam expansion* tertinggi yaitu pada konsentrasi 20% EA dan 0% MD. Grafik *Contour Plot* respon *foam density* dengan model ordo *cubic* menunjukkan semakin tinggi persentasi *foaming agent* dan *foam stabilizer* yaitu *egg albumin* dan maltodextrin maka semakin tinggi nilai *foam expansion*.

Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yuksel (2021), menyatakan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi *egg albumin* maka *foam density* yang dihasilkan akan semakin rendah. Nilai densitas perlu dilakukan untuk mengetahui *foam expansion*. Semakin rendah nilai *foam density* yang dihasilkan maka *foam expansion* akan semakin tinggi karena *foam expansion* membuat semakin banyak udara yang terperangkap pada *foam* sehingga waktu untuk proses pengeringan semakin sedikit. (Balasubramanian *et al.*, 2012).

3.2.2 Respon Fisik Terhadap Karakteristik *Yogurt Powder*

Hasil analisa statistik terhadap respok fiski dari *yogurt powder* dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Ringkasan Hasil Analisis Statistik pada Respon Fisik Yogurt Powder

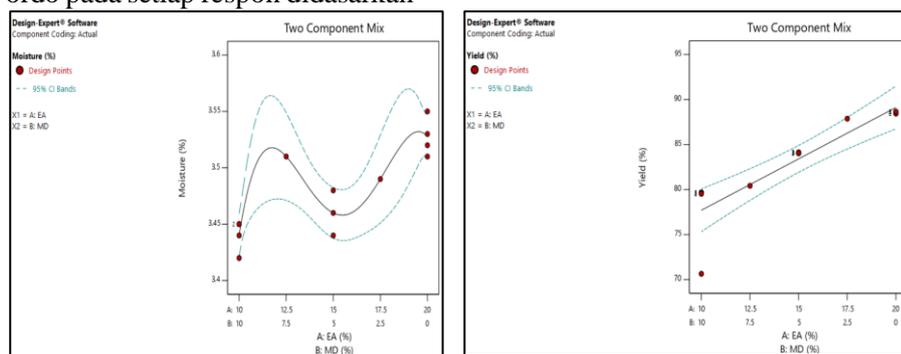
Response	Sum of square	df	Mean square	F-value	p-value	R ²	Adjusted R ²	Predicted R ²
Kadar Air	0.0176	4	0.0044	15.49	0.0008	0.8856	0.8285	NA
Powder recovery	276.91	1	276.91	46.12	<0.0001	0.8074	0.7899	0.7068
Color (L*)	0.0460	1	0.0460	1.09	0.3192	0.0900	0.0073	-
Bulk Density	0.0313	3	0.0104	173.09	<0.0001	0.9830	0.9773	0.9529
Tapped Density	0.0373	2	0.0187	106.35	<0.0001	0.9551	0.9461	0.9270
Carr Index	80.42	2	40.21	15.91	0.0008	0.7609	0.7131	0.6011
Hausner Ratio	0.0121	2	0.0060	17.76	0.0005	0.7803	0.7364	0.6337

3.2.2.1. Kadar Air dan Powder Recovery

Tabel 4 menunjukkan hasil uji respon kadar air dan powder recovery sedangkan Tabel 6 menunjukkan ringkasan hasil analisa statistik dari karakteristik yogurt powder. Nilai kisaran kadar air dari yogurt powder yang diperoleh sekitar 3,42 – 3,55%. Pada respon kadar air model prediksi yang digunakan adalah quartic. Nilai kisaran powder recovery dari yogurt powder yang diperoleh sekitar 79,63 – 88,65%. Pada respon powder recovery model prediksi yang digunakan adalah linier. Penentuan model ordo pada setiap respon didasarkan

da nilai sequential p value paling rendah. Namun pada kondisi tertentu, model ordo juga ditentukan berdasarkan nilai adjusted R², predicted R², dan model dengan polinomial yang lebih tinggi.

Taraf signifikansi yang digunakan pada pengujian ANOVA adalah 5%. Hasil yang direkomendasikan tersebut signifikan (p<0,05) diperoleh nilai p "prob>F". Suatu variabel respon dapat dikatakan berbeda nyata atau signifikan pada taraf signifikansi 5% apabila nilai p "prob>F" hasil analisis ragam lebih kecil dari 0,05.



Gambar 2. Grafik Contour Plot Respon Kadar Air dan Powder Recovery

Respon hasil analisa kadar air secara visual dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai kadar air terendah yaitu pada konsentrasi 10% EA dan 10% MD. Grafik Contour Plot respon dengan model ordo quartic menunjukkan semakin

rendah konsentrasi foaming agent dan tinggi persentasi foam stabilizer yaitu egg albumin dan maltodextrin maka semakin rendah nilai kadar air. Nilai powder recovery tertinggi yaitu pada konsentrasi 20% EA dan 0% MD. Grafik Contour

Plot respon *powder recovery* dengan model ordo linier menunjukkan semakin tinggi konsentrasi *foaming agent* dan semakin rendah persentasi *foam stabilizer* yaitu *egg albumin* dan maltodextrin maka semakin tinggi nilai *powder recovery*.

Menurut SNI, standard kadar air untuk produk kering maksimal 4% per 100 g bahan. Dari hasil tersebut dapat terlihat semua perlakuan mempunyai hasil analisa kadar air yang memenuhi syarat. Tabel 15 menunjukkan perubahan kadar air dengan berbagai perlakuan. Dari hasil tersebut terlihat bahwa nilai kadar air terendah pada konsentrasi *foam stabilizer* tertinggi. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian Djali, (2017) *soyghurt powder* dengan metode *freeze drying*, dalam hasil penelitiannya semakin tinggi konsentrasi maltodextrin yang ditambahkan maka semakin rendah kadar air *soyghurt powder* yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan penambahan maltodekstrin dapat meningkatkan jumlah total padatan dalam bahan, sehingga jumlah air pada bahan yang akan dikeringkan akan semakin sedikit (Utoma, 2013).

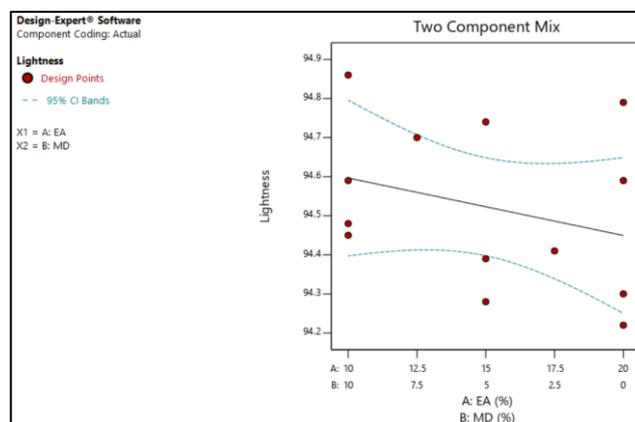
Warsiki et al., (1995) menambahkan bahwa bahan yang memiliki total padatan tinggi menyebabkan proses pengeringan berlangsung cepat sehingga produk yang dihasilkan memiliki kadar air rendah. Hasil penelitian sebelumnya Darniadi et al., (2017) evaluasi foam dan

karakteristik powder dari *blueberry juice powder* dengan metode *foam-mat freeze drying* menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi maltodextrin dan *whey protein isolate* hasil analisa *yield* semakin rendah.

3.2.2.2 Warna L* (Lightness)

Berdasarkan tabel 4 Nilai kisaran warna L* (lightness) dari *yogurt powder* yang diperoleh sekitar 94,22 – 94,79%. Pada respon warna L* (lightness) model prediksi yang digunakan adalah linier. Penentuan model ordo pada setiap respon didasarkan pada nilai sequential p value paling rendah. Namun pada kondisi tertentu, model ordo juga ditentukan berdasarkan nilai adjusted R², predicted R², dan model dengan polinomial yang lebih tinggi. Berdasarkan Tabel 6 nilai *sequential p value* paling rendah terdapat pada model ordo linier (0,3192) dan *adjusted R²*, *perdicted R²* dan model dengan polinomial yang lebih tinggi.

Taraf signifikansi yang digunakan pada pengujian ANOVA adalah 5%. Hasil yang didapatkan adalah model linier yang direkomendasikan tersebut tidak signifikan (lebih besar dari 0,05) berdasarkan tabel 20 dan diperoleh nilai p "prob>F" pada model linier yaitu 0,3192. Suatu variabel respon dapat dikatakan berbeda nyata atau signifikan pada taraf signifikansi 5% apabila nilai p "prob>F" hasil analisis ragam lebih besar dari 0,05.



Gambar 3. Grafik Contour Plot Respon Warna L* (Lightness)

Respon hasil analisa warna L^* (*lightness*) secara visual dapat dilihat pada Gambar 3. Grafik *Contour Plot* respon warna L^* (*lightness*) dengan model ordo *linier*. Dari grafik secara visual bahwa peningkatan jumlah maltodextrin dapat meningkatkan intensitas warna L^* (*Lightness*) pada produk *yogurt powder*. Hasil tersebut sama dengan trend dari produk *sumac extract*, *mountain tea*, bubuk ubi ungu dan *instant soluble sage* setelah ditambahkan maltodextrin pada saat proses pengeringan (Ahmed *et al.*, 2010; Caliskan & Nur Dirim, 2013; Şahin Nadeem *et al.*, 2011; Şahin-Nadeem *et al.*, 2013; Fauziah N *et al.*, 2022)

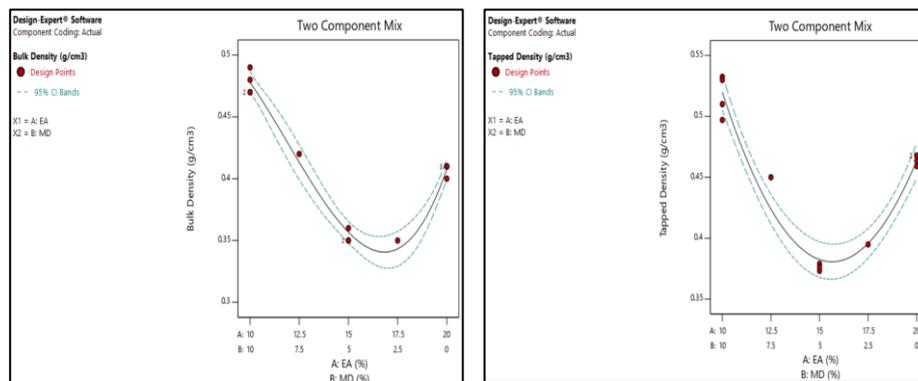
3.2.2.3 Bulk Density dan Tapped Density

Berdasarkan tabel 4. nilai kisaran *bulk density* dari *yogurt powder* yang diperoleh sekitar $0,35 - 0,49 \text{ g/cm}^3$. Nilai kisaran *tapped density* dari *yogurt powder* yang diperoleh sekitar $0,37 - 0,53 \text{ g/cm}^3$. Hasil studi Yuksel (2021), pengaruh penambahan *egg albumin* dengan konsentrasi 0 – 15% sebagai *foaming agent* terhadap karakteristik *powder yogurt* dengan metode *foam-mat microwave drying*. Hasil analisa *tapped density* yaitu $0,44 - 0,71 \text{ g/cm}^3$. Hasil studi Malik dan Sharma (2019) pengaruh penambahan lesitin kedelai sebagai *foaming agent* terhadap karakteristik dan efisiensi proses *foam-mat drying yogurt powder*. Hasil analisa *loose bulk density yogurt powder* yaitu $0,572 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$ dan $0,574 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ untuk sample *yogurt powder* kontrol (tanpa

penambahan lesitin) dan sampel *yogurt powder* dengan penambahn lesitin 4%. Sedangkan hasil studi Yuksel (2021), pengaruh penambahan *egg albumin* dengan konsentrasi 0 – 15% sebagai *foaming agent* terhadap karekateristik *powder yogurt* dengan metode *foam-mat microwave drying*. Hasil analisa *bulk density* yaitu $0,44 - 0,63 \text{ g/cm}^3$

Penentuan model ordo pada setiap respon didasarkan pada nilai *sequential p value* paling rendah. Namun pada kondisi tertentu, model ordo juga ditentukan berdasarkan nilai *adjusted R²*, *predicted R²*, dan model dengan polinomial yang lebih tinggi. Berdasarkan Tabel 6 nilai *sequential p value bulk density* paling rendah terdapat pada model ordo *cubic* (0,0129) dan *adjusted R²*, *perdicted R²* dan model dengan polinomial yang lebih tinggi dan, nilai *sequential p value tapeed density* paling rendah terdapat pada model ordo *quadratic* (<0,0001) dan *adjusted R²*, *perdicted R²* dan model dengan polinomial yang lebih tinggi.

Taraf signifikansi yang digunakan pada pengujian ANOVA adalah 5%. Hasil yang didapatkan dari respon *bulk density* dan *tapped desnity* tersebut signifikan (lebih besar dari 0,05) berdasarkan tabel 6 diperoleh nilai p "prob>F" pada model *cubic* yaitu <0,0001. Suatu variabel respon dapat dikatakan berbeda nyata atau signifikan pada taraf signifikansi 5% apabila nilai p "prob>F" hasil analisis ragam lebih besar dari 0,05.



Gambar 4. Grafik Contour Plot Respon Bulk dan Tapped Density

Pada gambar 4. grafik *contour plot* respon *bulk density* dengan model ordo *cubic* dan pada respon *tapped density* model ordo *quadratic*. Dari grafik secara visual bahwa peningkatan jumlah *egg albumin* menurunkan nilai *bulk density* tetapi pada konsentrasi *egg albumin* 20% dan maltodextrin 0% nilai *bulk density* kembali naik tapi lebih rendah dari hasil *bulk density* dengan konsentrasi *egg albumin* 10 - 12,5% dan maltodextrin 7,5 - 10%. Hasil penelitian dari Deghanna *et al.*, (2018), *lime juice powder* dengan metode *foam-mat drying* menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *ovalbumin* dapat menurunkan nilai *bulk* dan *tapped density*. Sedangkan hasil penelitian Affandi *et al.*, (2017) menunjukkan semakin rendah nilai kadar air maka akan berpengaruh terhadap nilai *bulk density* yang semakin rendah. Hasil analisa kadar air pada tabel 15 dengan konsentrasi *egg albumin* 20% dan 0% maltodextrin menunjukkan nilai kadar air tertinggi yaitu 3,51 - 3,55% lebih tinggi dari pada kadar air dengan dengan konsentrasi *egg albumin* 15% dan 5% maltodextrin yaitu 3,44 - 3,48%. Hal tersebut dikarenakan penambahan maltodekstrin dapat meningkatkan jumlah total padatan dalam bahan, sehingga jumlah air pada bahan yang akan dikeringkan akan semakin sedikit (Utoma, 2013).

Menurut hasil penelitian Yuksel (2021), *yogurt powder* dengan konsentrasi *egg albumin* 15% dan

dikeringkan menggunakan *microwave* dengan tegangan sebesar 100 W menghasilkan karakteristik *flow* dan *powder* terbaik. *Bulk density* adalah parameter penting pada makanan atau minuman bubuk dan *spray dried product*. *Bulk density* dapat memberikan konsistensi berat selama proses pengemasan, penyimpanan dan transportasi (Darniadi *et al.*, 2017)

3.2.2.4 Flowability dan Cohesiveness

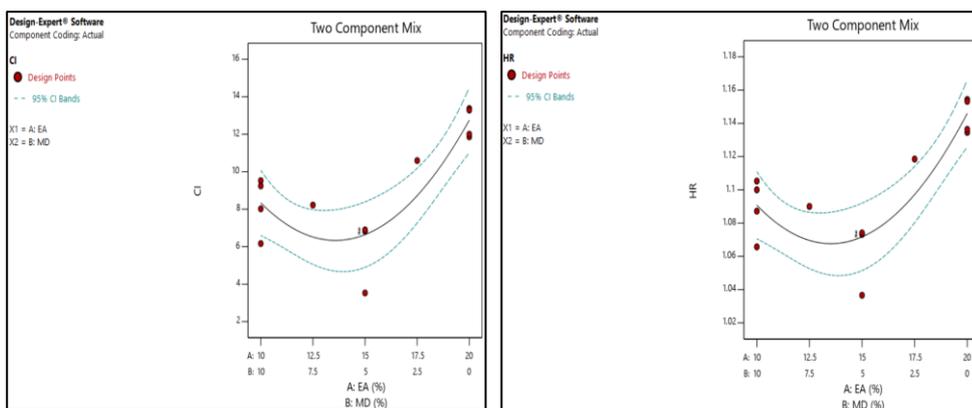
Berdasarkan tabel 4. nilai kisaran *flowability* dari *yogurt powder* yang diperoleh sekitar 3,53 - 13,57 dan nilai kisaran *cohesiveness* dari *yogurt powder* yang diperoleh sekitar 1,04 - 1,15.

Penentuan model ordo pada setiap respon didasarkan pada nilai *sequential p value* paling rendah. Namun pada kondisi tertentu, model ordo juga ditentukan berdasarkan nilai *adjusted R²*, *predicted R²*, dan model dengan polinomial yang lebih tinggi. Berdasarkan Tabel 6 nilai *sequential p value flowability* paling rendah terdapat pada model ordo *quadratic* (0,0028) dan *adjusted R²*, *predicted R²* dan model dengan polinomial yang lebih tinggi dan , nilai *sequential p value cohesiveness* paling rendah terdapat pada model ordo *quadratic* (0,0023) dan *adjusted R²*, *predicted R²* dan model dengan polinomial yang lebih tinggi.

Taraf signifikansi yang digunakan pada pengujian ANOVA adalah 5%. Hasil yang didapatkan dari respon *flowability* dan *cohesiveness*

model *quadratic* yang direkomendasikan tersebut signifikan (lebih besar dari 0,05) berdasarkan tabel 6 diperoleh nilai p "prob>F" pada model *quadratic*. Suatu

variabel respon dapat dikatakan berbeda nyata atau signifikan pada taraf signifikansi 5% apabila nilai p "prob>F" hasil analisis ragam lebih besar dari 0,05.



Gambar 5. Grafik *Contour Plot* Respon *Flowability* dan *Cohesiveness*

Pada gambar 5 Grafik *Contour Plot* respon *flowability* dan *cohesiveness* dengan model ordo *quadratic*. Dari grafik secara visual bahwa konsentrasi *egg albumin* 15% dan 5% *malrodextrin* mempunyai nilai *flowability* dan *cohesiveness* yang baik. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian Yuksel (2021), *yogurt powder* dengan konsentrasi *egg albumin* 15% memberikan hasil *flow characteristic* terbaik.

Flowability dan *Cohesiveness* menjadi salah satu parameter penting karena dapat memberikan indikasi kualitas karakteristik *flow* pada partikel *powder* yang dikeringkan. *Flowability* dan *cohesiveness* *yogurt powder* dievaluasi berdasarkan nilai *carr index* dan *hausner ratio*.

3.2.3 Penetapan dan Verifikasi Formula Optimal

Pada Tabel 30 dapat dilihat hasil pengolahan data untuk solusi formula optimal *powder yogurt*. Berdasarkan hasil tersebut ditunjukkan bahwa respon nilai *Desirability* yang dimiliki sebesar 0,701. Formula yang diperoleh dari aplikasi *Design Expert 11* adalah satu solusi.

Dalam mendapatkan formula optimal, rentang, kompleksitas, dan jumlah komponen serta respon dapat memengaruhi nilai *desirability*. Rendahnya nilai *desirability* disebabkan karena semakin banyaknya komponen dan respon sehingga keadaan optimal tidak bisa tercapai. Formula optimal dengan nilai *desirability* yang tinggi sulit untuk diperoleh karena semakin besar tingkat *importance* dari suatu komponen atau respon (Natabirwa *et al.*, 2018).

Tabel 7. Solusi Formula dan Formula Terpilih Hasil Optimasi *Design Expert*

Solusi	Proporsi (%)		<i>Desirability</i>
	<i>Egg Albumin</i>	<i>Maltodextrin</i>	
1	16.082	3.918	0.701*
2	10.000	10.000	0.203

Keterangan: *Formula terpilih

3.2.3.1 Verifikasi Respon

Program *Design Expert* akan memberikan prediksi nilai respon dari solusi formula optimum yang kemudian dilakukan verifikasi terhadap prediksi nilai respon tersebut. Nilai prediksi respon dan hasil verifikasi disajikan pada Tabel 8.

Program *Design Expert* akan memberikan *confident interval* (CI) dan *prediction interval* (PI) untuk setiap nilai prediksi respon pada taraf signifikansi

5%. Perkiraan rata-rata hasil pengukuran pada taraf signifikansi 5% dapat ditunjukkan dengan parameter *Confident Interval* (CI). Pada taraf signifikansi 5%, ekspektasi hasil pengukuran respon berikutnya dengan kondisi sama dapat ditunjukkan oleh parameter yang disebut *Prediction Interval* (PI) (Lins *et al.*, 2015). Berdasarkan Tabel 31, hasil verifikasi pada semua respon masih sesuai dengan prediksi yang telah dibuat oleh program.

Tabel 8. Hasil Verifikasi Respon Yogurt Powder

Respon	Hasil		95% CI		95% PI	
	Prediksi	Verifikasi	Low	High	Low	High
<i>Foam Density</i>	0,66	0,65	0,65	0,68	0,58	0,74
<i>Foam Expansion</i>	48,53	50,69	48,15	48,91	46,89	50,18
Kadar Air	3,46	3,44	3,44	3,48	3,37	3,55
<i>Powder Recovery</i>	84,08	84,14	82,57	85,59	73,06	95,10
<i>Lightness L*</i>	94,51	94,50	94,39	94,64	93,59	95,44
<i>Bulk Density</i>	0,35	0,35	0,34	0,36	0,31	0,39
<i>Tapped Density</i>	0,38	0,38	0,37	0,40	0,31	0,45
<i>Flowability</i>	6,96	5,79	5,23	8,68	-0,97	14,89
<i>Cohesiveness</i>	1,08	1,06	1,06	1,10	0,98	1,17

Berdasarkan hasil analisa verifikasi didapatkan hasil *analisa foam expansion* tertinggi yaitu 50,69% dan *foam density* 0,65 g/cm³. Penelitian juga telah dilakukan pada pembuatan minuman serbuk pepaya dan menghasilkan nilai stabilitas busa 100% pada konsentrasi putih telur tertinggi yaitu 20% (Dev, 2013). Dari hasil penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi *foaming agent* akan menghasilkan nilai stabilitas yang semakin besar. Menurut Ramadhia *et al.* (2012), pengeringan dengan menggunakan bahan pembusa akan memiliki densitas busa yang rendah. Penelitian yang dilakukan oleh Thuwapanichayanan *et al.* (2008) menyatakan bahwa konsentrasi putih

telur mempengaruhi densitas busa. Semakin meningkatnya konsentrasi putih telur maka densitas busa yang dihasilkan akan semakin rendah. Nilai densitas perlu dilakukan untuk mengetahui pengembangan busa. Semakin rendah nilai densitas busa yang dihasilkan maka pengembangan busa akan semakin tinggi karena pengembangan busa membuat semakin banyak udara yang terperap pada busa sehingga waktu untuk proses pengeringan semakin sedikit (Balasubramanian *et al.* 2012).

Hasil analisa karakteristik fisik *yogurt powder* menghasilkan *flow* karakteristik terbaik dan karekteristik fisik *powder* yang baik (menunjukkan tinggi nilai *powder recvovery*, *lightness*, dan menunjukkan nilai rendah pada kadar air, *bulk* dan *tapped density*).

Tabel 9. Hasil Analisa Sampel Dengan Formula Terbaik

Parameter Analisa	Yogurt Rendah Lemak ^a	Yogurt ^b	Yogurt Powder ^c
Protein	Min. 2,7%	Min. 2.3 %	16,45%
Bakteri Starter	Min. 10 ⁷ cfu/ml	-	9,8 x 10 ⁷ cfu/ml

^aSyarat Mutu Yogurt SNI 01-2981:2009

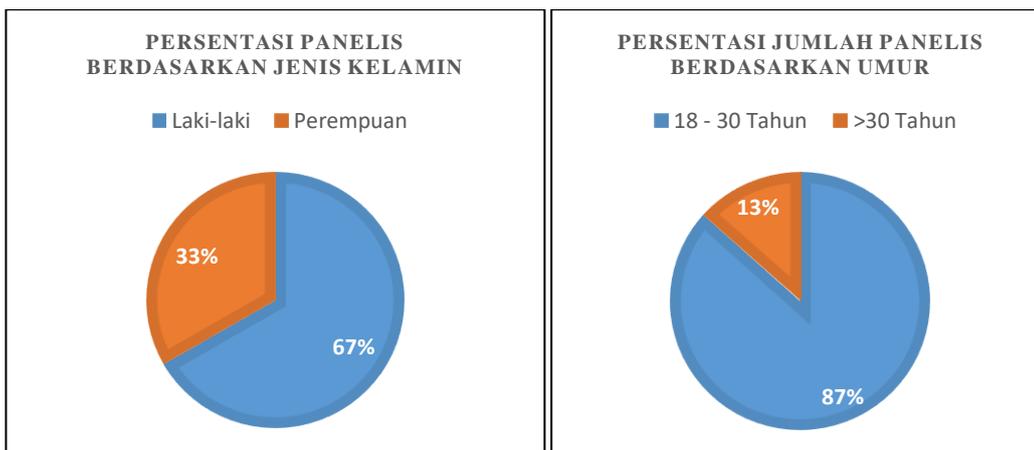
^bPerka BPOM No. 34 Tahun 2019

^cHasil penelitian formula optimal yogurt powder

3.3 Hasil Pengamatan dan Pembahasan Penelitian Tahap 3

Penelitian tahap 3 dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui daya terima yogurt powder setelah rehidrasi dengan penambahan tiga konsentrasi air yang berbeda yaitu 95% (F1), 85% (F2) dan 75% (F3) yang akan dilakukan

pengujian hedonik pada atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur dengan skala hedonis 1 – 9 (amat sangat tidak suka – amat sangat suka). Jumlah panelis dalam pengujian ini sebanyak 30 orang dengan persentasi umur dan jenis kelamin (laki-laki dan perempuan) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Persentasi Panelis Jumlah Panelis Berdasarkan Jenis Kelamin dan Umur

3.3.1 Hasil Uji Hedonik

Hasil analisis organoleptik pengukuran warna yang telah dilakukan terhadap ke 3 formulasi dari hasil rehidrasi yogurt powder bisa dilihat pada Tabel 10.

Hasil uji Kruskal Wallis semua parameter warna, aroma, rasa dan tesktur menunjukkan $p < 0,05$ sehingga ada perbedaan nyata pada pelakuan (F1, F2, dan F3) terhadap warna, aroma, rasa dan

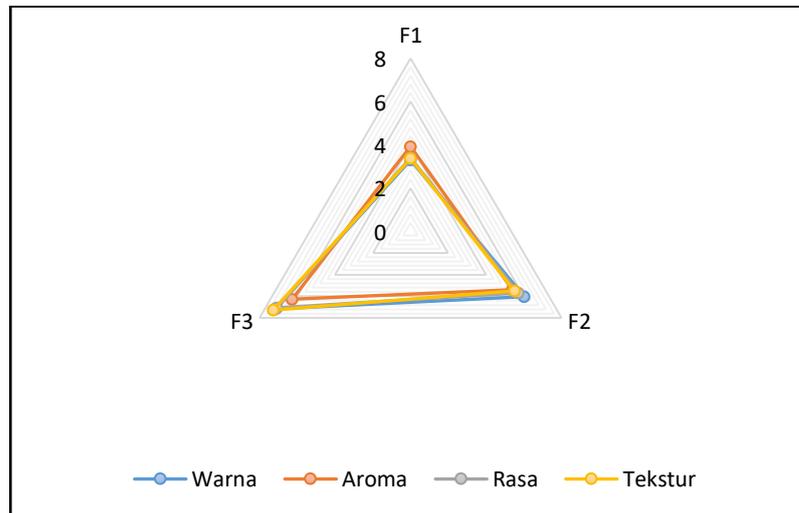
tesktur dari hasil rehidrasi yogurt powder yang ditambahkan air dengan konsentrasi yang berbeda. Untuk melihat kelompok mana yang berbeda dilakukan uji Mann-Whitney.

Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa tingkat kesukaan warna, aroma, rasa dan terksstur pada yogurt powder yang direhidrasi terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$) pada semua formula F1, F2, dan F3.

Tabel 10. Hasil Analisis Organoleptik Pengukuran Warna, Aroma, Rasa dan Tekstur

Parameter	Nilai Mean Uji Hedonik		
	F1	F2	F3
Warna	3,30 ± 1,208 ^a	6,03 ± 1,098 ^b	7,17 ± 0,592 ^c
Aroma	3,93 ± 1,574 ^a	5,40 ± 1,453 ^b	6,27 ± 1,388 ^c
Rasa	3,40 ± 1,453 ^a	5,70 ± 1,418 ^b	7,07 ± 1,388 ^c
Tekstur	3,37 ± 1,402 ^a	5,50 ± 1,480 ^b	7,27 ± 0,828 ^c

Keterangan : 1 = Amat sangat tidak suka, 2 = Sangat tidak suka, 3 = Tidak suka, 4 = Agak tidak suka, 5 = Netral, 6 = Agak suka, 7 = Suka, 8 = Sangat suka, 9 = Amat sangat suka
 a,b,c = notasi huruf serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada taraf uji Mean-Whitney memiliki nilai 5%



Gambar 7. Hasil Uji Hedonik Yogurt Powder

Berdasarkan Gambar 7. nilai rata-rata kesukaan terhadap warna, aroma, rasa dan tekstur hasil rehidrasi *yogurt powder* memiliki nilai tertinggi pada formulasi F3 dengan tingkat kesukaan tertinggi dibandingkan formulasi lainnya. Dapat dikatakan bahwa hasil rehidrasi *yogurt powder* dengan komposisi air terendah adalah yang paling disukai. Hasil rehidrasi *yogurt powder* dengan komposisi air terendah memiliki warna, aroma, rasa dan tekstur yang lebih baik karena memiliki warna putih yang lebih pekat, aroma yang lebih kuat, rasa khas yogurt yang lebih terasa dan tekstur yang lebih kental hal

tersebut dipengaruhi oleh komposisi air yang ditambahkan lebih sedikit dan *powder yogurt* yang ditambahkan lebih banyak.

Warna merupakan atribut untuk mengetahui suatu produk disukai atau tidak oleh konsumen. Hal ini dikarenakan respon utama fisiologis dan stimulus objektif indera penghilatan lebih refleks dalam menentukan (Clark *et al.* 2009). Sedangkan pada yogurt tanpa lemak menghasilkan warna yang lebih putih yaitu putih susu (Djali *et al.*, 2018).

Aroma hasil rehidrasi *yogurt powder* memiliki tingkat kesukaan paling rendah dibandingkan dengan atribut lain

karena memiliki salah satu komponen volatil yang mengandung sulfur. Aroma yogurt terbentuk dari komponen-komponen volatil yang terdiri atas komponen karbonil (terutama esters dan asam organik), alkohol, heterosiklik dan komponen mengandung sulfur (Corrieu & Béal, 2016).

Selama proses fermentasi yogurt, dapat terjadi reaksi metabolisme homofermentatif pada bakteri asam laktat (*L. delbrueckii subsp. Bulgaricus* dan *S. thermophilus*) yogurt dengan menghasilkan asam laktat melalui hidrolisis laktosa menjadi glukosa dan galaktosa oleh bantuan enzim *α*-galactosidase. Selanjutnya, glukosa dikatabolisme menjadi piruvat, sedangkan galaktosa diekresi keluar sel. Enzim dehidrogenase laktat dan NADH yang terbentuk mengubah piruvat menjadi asam laktat. Pada bakteri *Lactobacilli* dan *Bifidobacteria* memungkinkan untuk melakukan metabolisme heterofermentatif untuk menghasilkan energi intraseluler bersama dengan asam laktat. *L. rhamnosus*, *L. casei*, dan *L. paracasei* dapat menghasilkan masing-masing satu mol asam laktat, etanol, CO₂, dan ATP dari satu mol glukosa yang merupakan hidrolisis dari laktosa. Sedangkan *Bifidobacteria sp* dapat menghasilkan tiga mol asam asetat dan dua mol asam laktat serta ATP. Perbedaan jenis metabolisme dari masing-masing bakteri dapat menyebabkan perbedaan sensori dan perbedaan tingkat keasaman pada produk akhir yogurt (Lahtinen, 2012).

Waktu fermentasi juga berpengaruh terhadap mutu dan citarasa selama proses fermentasi. Semakin lama proses fermentasi, maka semakin tinggi jumlah metabolit yang dihasilkan, semakin rendah pH, dan semakin rendah kadar gula (Rosiana & Amareta 2016).

Hasil penelitian Santos *et al.* (2018), hasil analisa organoleptik dari rehidrasi *freeze dried yogurt powder* dengan konsentrasi air 70% menunjukkan

hasil yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan tradisional yogurt (*non freeze-dried yogurt*) untuk atribut *appearance*, aroma, and tekstur dengan tingkat kesukaan 8 (Sangat Suka). Menurut Sakin-Yilmazer *et al.*, (2014), setelah rekonstitusi *yoghurt powder*, mungkin memiliki reologi yang sama dengan *yogurt drink*, karena sifat reologi dan struktural yoghurt terkait erat dengan kriteria kualitas sensori sebagai *softness* dan *consistency*, yang secara langsung mempengaruhi penerimaan konsumen.

Konsistensi yogurt sangat penting untuk pilihan konsumen, dan hasil ini memungkinkan penetapan jumlah air yang akan ditambahkan ke yogurt rehidrasi untuk mendapatkan produk yang dilarutkan dengan profil tekstur yang mirip dengan yang tradisional. Dalam penelitian ini, yoghurt rehidrasi dengan 70% air dihilangkan dengan pengeringan beku menunjukkan profil tekstur yang mendekati yoghurt tradisional, sehingga tingkat rehidrasi ini digunakan untuk menyusun kembali yoghurt untuk evaluasi sensorik. Namun, ketika produk tersedia di pasar, jumlah air yang digunakan untuk rekonstitusi tergantung pada keputusan konsumen. Jumlah air yang tinggi menyebabkan viskositas yang lebih rendah dan hasil yang lebih tinggi dari produk yang dilarutkan (Santos *et al.*, 2018)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa *foam properties* terbaik didapatkan formula optimal yogurt dengan tipe *yogurt drink* yang ditambahkan stabilizer. Hasil penelitian menggunakan program *Design Expert* versi 11.0 metode *Mixture D-Optimal* dapat menentukan formulasi optimal terhadap karakteristik *foam-mat freeze-dried yogurt powder*. Respon yang berpengaruh terhadap 13 formulasi yang dijadikan model awal yaitu *foam density*, *foam expansion*, kadar air, *powder*

recovery, warna (*lightness*), *bulk density*, *tapped density*, *flowability*, dan *cohesiveness*. Hasil optimasi, diperoleh satu formulasi optimal yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* ver. 11 metode *Mixture D-Optimal* pada *egg albumin* 16.082% dan maltodextrin 3.918% dengan nilai *desirability* 0,701. Hasil metode uji hedonik menggunakan program IBM SPSS 25 dengan metode Krukal Waliss dan Mann Whitney oleh 30 orang panelis menunjukan nilai berbeda nyata ($p < 0,05$) pada semua atribut mutu warna, aroma, rasa, dan tekstur. Tingkat kesukaan panelis pada respon warna, aroma, rasa dan tekstur terhadap hasil rehidrasi *yogurt powder* pada tingkat konsentrasi air yang direkomendasikan yaitu 70% (F3). Berdasarkan karakteristik fisik, kimia, mikrobiologi dan organoleptik hasil penelitian *yogurt powder* dengan metode *foam-mat freeze drying* ini menjadi alternatif sebagai salah satu inovasi probiotik *yogurt powder* yang bisa disimpan pada suhu ruang dengan jumlah bakteri asam laktat sesuai dengan SNI, sehingga memiliki nilai fungsional.

4.2 Saran

Perlu adanya kajian terhadap jenis yogurt yang sesuai dengan berbagai metode *foam-mat drying* (*spray drying*, *microwave drying*, *conventional drying*) untuk menghasilkan proses pengeringan *yogurt powder* yang optimal dan kajian terhadap kinetika proses pengeringan yang efisien dengan metode *foam-mat drying* dengan berbagai jenis proses pengeringan *spray drying*, *microwave drying*, *conventional drying*, dan *freeze drying*. Perlu adanya kajian efisiensi dari sisi ekonomi untuk mendapatkan kualitas *yogurt powder* yang optimal dan terjangkau.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, M., Akter, M. S., Lee, J. C., & Eun, J. B. 2010. **Encapsulation**

by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. *LWT -Food Science and Technology*, 43(9), 1307–1312.

AOAC. 2010. **Official Methods of Analysis of The Association of The Official Analytical Chemist.** Washington D. C., USA.

Antarini, A, A. N. 2011. **Sinbiotik Antara Prebiotik dan Probiotik.** *Jurnal Ilmu Gizi*, 2(2), 148–155.

Anwar E, Arsyadi, Kardono, LBS. 2007. **Study of coating tablet extract Noni Fruit (*Morinda citrifolia*, L.) with maltodextrin as a subcoating material.** *Journal of Medical Sciences*. 7(5):762-768.

Asokapandian S, Venkatachalam S, Swamy GJ, Kuppusamy K. 2016. **Optimization of Foaming Properties And Foam Mat Drying of Muskmelon Using Soy Protein.** *J Food Process Eng* 39:692–701.

Balasubramanian S, Paridhi G, Bosco JD, Kadam DM. 2012. **Optimization of process conditions for the development of tomato foam by Box-Behnken design.** *Food and Nutrition Science*.3: 925-930.

Broeckx, G., Vandenhoevel, D., Claes, I. J. J., Lebeer, S., and Kiekens, F. (2016). **Drying techniques of probiotic bacteria as an important step towards the development of novel pharmabiotics.** *Int. J. Pharm.* 505, 303–318. doi: 10.1016/j.ijpharm.2016.04.002

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI. 01-2981-2009: **Yogurt**. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2006. SNI. 01-3554-2006: **Cara Uji Air Minum Dalam Kemasan**. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- Caliskan, G., & Nur Dirim, S. 2013. **The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract**. Food and Bioproducts Processing, 91(4), 539–548.
- Chandan, R.C., 2014. **Dairy-fermented products**. In: Clark, S., Jung, S., Lamsal, B. (Eds.), **Food Processing: Principles and Applications, second ed.** John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, UK, pp. 405–436.
- Chandan, R.C. 2016a. **Role of milk and dairy foods in nutrition and health**. In: Chandan, R.C., Kilara, A., Shah, N.P. (Eds.), **Dairy Processing and Quality Assurance**, second ed. John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, UK, pp. 428–466.
- Clark, S., M. Castello, A. Drake, dan F. Bodyfelt. 2009. **The Sensory Evaluation of Dairy Product**. New York (US): Springer.
- Corrieu, G., and Béal, C. (2016). **Yogurt: The Product and its Manufacture**. In Encyclopedia of Food and Health (1st ed., Vol. 5, pp. 617–624). Elsevier Ltd.
- Darniadi, S., Ho, P., & Murray, B. S. (2017). **Comparison of blueberry powder produced via foam-mat freeze-drying versus spray-drying: Evaluation of foam and powder properties**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98, 2002–2010.
- Dev, N. (2013). **Preparation and quality evaluation of functional drink based on papaya (*Carica papaya* L.) leaf and pulp**. [Thesis]. Bangladesh (BD): Department of Food Technology and Rural Industries Bangladesh Agricultural University.
- Djali, M., Marta, H., dan Harnah, S. 2016. **Karakteristik Yogurt Bubuk Kacang Koro Pedang Dengan Bahan Penyalut Maltodextrin**. Jurnal Penelitian Pasca Panen Pertanian. Vol. 13(1): 28-35.
- Djali, M., Indiarso, R., dan Avila, V. 2017. **Kajian Penggunaan Maltodextrin pada Pembuatan Soyghurt Bubuk dengan Metode Pengeringan Beku**. Jurnal Penelitian Pasca Panen Pertanian. Vol. 2.1: P-ISSN: 2528-3537; E-ISSN: 2528 - 5157.
- Djali, M., Huda, S., & Andriani, L. (2018). **Karakteristik Fisikokimia Yogurt Tanpa Lemak dengan Penambahan Whey Protein Concentrate Dan Gum Xanthan**. Agritech, 38 (2):178-186.
- Djaeni M, Triyastuti MS, Rahardjo HS.2016. **Pengaruh pengeringan dengan metode gelembung terhadap sifat fisik produk ekstrak bunga rosella**. *Jurnal Reaktor*.16(2): 96-102.

- Durian, D, J. 1995. **Foam mechanics at the bubble scale.** *Phys Rev Lett* 75:4780–4783.
- Falade, K.O.; Adeyanju, K.I.; Uzo-Peters, P.I. **Foam-mat drying of cowpea (*Vigna unguiculata*) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agents.** *European Food Research and Technology* 2003, V217 (6), 486–491.
- Fauziah, N., Ifie, I., Syarif, O., and Darniadi, S. (2022). **Impact of hydrocolloid and foaming agent on the physicochemical, microstructural and bioactive characteristics of foam-mat freeze-dried tapai (fermented black glutinous rice) powder.**
- Garba, R., Ndife, J., and Idoko, F. 2014. **Production And Quality Assessment Of Functional Yoghurt Enriched With Coconut.** *International Journal of Nutrition and Food Sciences.* 3(6): 545-550.
- Harwalkar, M., Bhambere, D., Gaidhani, K. A., and Nirgude, P. S. 2015. **Lyophilization/Freeze Drying.** *World Journal of Pharmaceutical Research.* 4(8): 516-543.
- Hnin KK, Zhang M, Devahastin S, Wang B. 2020. **Combined Infrared Freeze Drying And Infrared Drying of Rose-Flavored Yogurt Melts-Effect on Product Quality.** *Food Bioprocess Tech* 13:1356–1367.
- Hutching, John. B. 1999. **Food Color and Appearance.** Second Edition. Aspen Publishers, Inc. Maryland.
- Jaya, S.; Das, H. **Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties.** *Journal of Food Engineering* 2004, 63 (2), 125–134.
- Karim, A.A.; Wai, C.C. **Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree. Stability and air drying characteristics.** *Food Chemistry* 1999, 64 (3), 337–343.
- Kumar, P. and Mishra, H. N. 2004. **Yoghurt Powder—A Review of Process Technology, Storage and Utilization.** *Food and Bioproducts Processing* 82(2): 133-142.
- Lahtinen, S., Ouwehand, A. C., Salminen, S., Wright, A. V. 2012. **Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects.** 4th Edition. CRC Press. USA.
- Lambri M, Dordoni R, Roda A, De Faveri DM. 2014. **Process development for maltodextrins and glucose syrup from cassava.** *Chemical Engineering Transactions.* 38:469-474.
- Lins, I. D., Droguett, E. L., Moura, M. das C., Zio, E., & Jacinto, C. M. (2015). **Computing confidence and prediction intervals of industrial equipment degradation by bootstrapped support vector regression.** *Reliability Engineering & System Safety, 137,* 120–128.
- Malik M, Sharma A .2019. **Optimization of Foam-Mat Drying of Yoghurt And Properties of Powdered Yoghurt.**

- International J. Dairy Technology 72:381–387.
- Manab, A. (2008). **Kajian Sifat Fisik Yogurt Selama Penyimpanan Pada Suhu 4°C.** Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak, 3(1): 52-58.
- Mohamed, A.G., A. F. Zayan and Nadia, M. Shahein. 2014. **Physiochemical and sensory evaluation of Yogurt fortified with dietary fiber and phenolic compounds.** *Life Science Journal.* 11(9):816-822.
- Natabirwa, H., Nakimbugwe, D., Lung'aho, M., & Muyonga, J. H. (2018). **Optimization of Robal extrusion conditions and bean extrudate properties using response surface methodology and multi-response desirability function.** *LWT*, 96, 411–418.
- Ng M, L., Sulaiman R. 2018. **Development of beetroot (Beta vulgaris) powder using foam mat drying.** *Lwt-Food Sci Technol* 88:80–86.
- Nulailiyah. 2014. **Pengaruh jumlah maltodekstrin dan lama pengeringan terhadap sifat organoleptik yoghurt susu kedelai bubuk.** e-journal boga, Vol :03, No: 1, edisi Yudisium, periode Pebruari, Hal: 67-78.
- O'Rell, K.R., Chandan, R.C., 2013a. **Yogurt: fruit preparations and flavoring materials.** In: Chandan, R.C., Kilara, A. (Eds.), **Manufacturing Yogurt and Fermented Milks**, second ed. John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, UK, pp. 196–215.
- O'Rell, K.R., Chandan, R.C., 2013b. **Manufacture of various types of yogurt.** In: Chandan, R.C., Kilara, A. (Eds.), **Manufacturing Yogurt and Fermented Milks**, second ed. John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, UK, pp. 263–295.
- Pelczar MJ, Chan ECS. 2007. **Dasar-dasar mikrobiologi Jilid I.** Terjemahan Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Jakarta (ID): Indonesia Pr.
- Pratiwi, D., R. Efendi, dan E. Rossi. 2018. **Penambahan Inulin Umbi Dahlia Pada Pembuatan Es Krim.** Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Pertanian 5: 1-14.
- Ramadhia M, Kumalaningsih S, Santot I. (2012). **Pembuatan tepung lidah buaya (Aloe vera l.) dengan metode foam-mat drying.** *Jurnal Teknologi Pertanian.*13(2): 125-137.
- Rao, T.S.S.; Murali, H.S.; Rao, K.R.G. **Preparation of foam-mat dried and freeze dried whole egg powder (hen's).** *Journal of Food Science and Technology* 1987, 24, 23–26.
- Rosiana, N. M., dan Amareta D. I. 2016. **Karakteristik Yogurt Edamame Hasil Fermentasi Kultur Campuran Bakteri Asam Laktat Komersial Sebagai**

- Pangan Fungsional Berbasis Biji-Bijian.** Jurnal Ilmiah Inovasi. 1(2) : 84-88.
- Sahana, N., Yasarb, K., & Hayalogluc, A. (2007). **Physical, Chemical And Flavour Quality Of Non-Fat Yogurt As Affected By A B-Glucan Hydrocolloidal Composite During Storage.** Food Hydrocolloids, 22: 1291-1297.
- Şahin-Nadeem, H., Torun, M., & Özdemir, F. (2011). **Spray drying of the mountain tea (*Sideritis stricta*) water extract by using different hydrocolloid carriers.** LWT-Food Science and Technology, 44(7), 1626–1635.
- Şahin-Nadeem, H., Dinger, C., Torun, M., Topuz, A., & Özdemir, F. (2013). **Influence of inlet air temperature and carrier material on the production of instant soluble sage (*Salvia fruticosa* Miller) by spray drying.** LWT -Food Science and Technology, 52(1), 31–38.
- Sakin-yilmazer, M., Koç, B., Balkir, P. and Kaymak-ertekin, F. (2014). **Rheological behavior of reconstituted yoghurt powder—An optimization study.** Powder Technology 266: 433-439.
- Santos, G., Nunes, T. P., Sivia, M.A.A.P., Rosenthal, A., Pagani, A.A.C. 2018. **Development And Acceptance Of Freeze Dried Yogurt “Powder Yogurt”.** Internation of Food Research Journal 25(3): 1159 – 1165.
- Sarah H. 2013. **Goat Milk’s Immune Enchancing Properties.** Happy Days Dairies Series.
- Say D, Soltani M, Guzeler N. 2015. **Dried Yogurt: Kurut and Kashk.** Pamukkale U J Eng Sc 21:428–432.
- Sunarlim, R., Setiyanto, H., & Poeloengan, M. (2010). **Pengaruh Kombinasi Starter Bakteri Lactobacillus Bulgaricus, Streptococcus Thermophilus Dan Lactobacillus Plantarum Terhadap Sifat Mutu Susu Fermentasi.** Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner, 270-278.
- Suprihana. (2012). **Pengaruh Lama Penundaan Dan Suhu Inkubasi Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Yoghurt Dari Susu Sapi Kadaluwarsa.** *Agrika, Volume 6*, 94-102.
- Smid, E.J., and Kleerebezem, M. 2014. **Production of Aroma Compounds in Lactic Fermentations.** Annual Review of Food Science and Technology. 5: 313–326.
- Song, L and Aryana, J, K., 2014. **Reconstituted Yogurt From Yogurt Cultured Milk Powder Mix Has Better Overall Characteristics Than Reconstituted Yogurt From Commercial Yogurt Powder.** J. Dairy Sci. 97 :6007–6015.
- Suciati, F. dan Safitri, L. S. 2021. **Pangan Fungsional Berbasis Susu dan Produk Turunannya.** Journal of Surimi (Susitainable Research In Management of Agroindustry Vol 01 No. 01.

- Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. 2007. **Yoghurt: Science And Technology.** Woodhead Publishing. Oxford, UK.
- Utomo, D. (2013). **Pembuatan Serbuk Effervescent Murbei (Morus Alba L) Dengan Kajian Konsentrasi Maltodextrin dan Suhu Pengering,** Jurnal Teknologi Pangan. (5)1: 49-69
- Wariski, E., Hambali, E dan Nasution, M. Z. (1995). **Pengaruh Jenis Bahan Pengisi Terhadap Rancangan Produk Tepung Instan Sari Buah Nanas (Ananas Comasis(L) Merr).**[Skripsi]. Bogor: Jurusan Teknologi Industri Pertanian IPB.
- Westing, L. L ; Rennecius, F. (1988). **Shelf Life of Storage Oil :Effect of Encapsulation by Spray Drying, Extrusion, and Molecular Inclusion. In Flavor Encapsulation ;** ACS Symposium Series 370 ; Risch, S. J, Rennecius GA. Eds ; American Chen/mica. Society, Washington DC.
- Yamaguchi, S. K. F., Krebs, C. S., Bertolli, S. L., Carvalho, L.F. 2017. **Freeze Dairy Products: A Review.** *Revista Espacios*, 38(22), 1-12.
- Yana MF, Kusnadi J. 2015. **Pembuatan yogurt berbasis kacang tunggak (Vigna unguiculata) dengan metode Freeze Drying (kajian jenis dan konsentrasi bahan pengisi).** J.Pangan dan Agroindustri. 3(3):1203-1213.
- Yüksel, A, N. 2021. **Development of Yogurt Powder Using Micorwave assisted Foam-mat Drying.** J Food Sci Technol 58: 2834–2841.