

OPTIMASI STABILITAS DAN KECERAHAN WARNA PADA PEMBUATAN NANOEMULASI OLEORESIN JAHE MERAH

Abdi Redha¹⁾, Iwan Rusiardy²⁾, Ragil Putri Widyastuti³⁾

^{1) 2) 3)}Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Politeknik Negeri Pontianak
email : abdiredha@gmail.com

Abstract

The limitation of synthetic emulsifiers intake and a strong preference of consumer for natural foods has prompted many researchers to use natural emulsifiers such as lecithin to produce nanoemulsions. This study aims to obtain concentrations of lecithin, Tween 80, and Virgin Coconut Oil (VCO) which are able to provide optimal emulsion stability and color brightness in red ginger oleoresin nanoemulsion. The optimum formula for red ginger oleoresin nanoemulsion resulted by using lecithin composition of 9.54% , which replace part of the role of Tween-80. The prediction values for emulsion stability and color brightness were 95.99% and 35.82, respectively.

Keywords: *lecithin, nanoemulsions, optimization, non-simplex lattice, Tween 80*

1. PENDAHULUAN

Secara umum, oleoresin merupakan produk turunan rempah dengan kandungan minyak atsiri dan senyawa non volatil lain dengan karakteristik flavour, warna dan aspek lain yang menyerupai bahan bakunya (Manheimer dalam Samuel, 2004) dengan peran utama sebagai pemberi cita rasa. Industri pangan seperti pengalengan daging, saos, minuman ringan, kembang gula dan roti, serta industri obat-obatan, kosmetik dan parfum banyak menggunakan oleoresin sebagai bahan baku.

Produk oleoresin jahe merah diperoleh dari ekstraksi rimpang jahe merah dengan menggunakan pelarut organik (umumnya etanol) sehingga didapatkan ekstrak kental. Dalam bentuk tersebut, oleoresin jahe merah akan memiliki masa simpan yang relatif singkat jika terpapar oleh cahaya, panas, dan oksigen selama pengolahan, penyimpanan, dan distribusi. Demikian pula, ekstrak kentalnya akan membuat oleoresin menjadi tidak aplikatif dalam proses penanganan dan pengolahan.

Perkembangan teknologi pangan dewasa ini menuntut pemanfaatan oleoresin jahe dalam berbagai sistem pangan berbasis air karena berkembangnya pangan dalam kategori tersebut. Penggunaan oleoresin jahe secara langsung ke dalam pangan berbasis air akan mengalami hambatan karena

ketidakmampuannya untuk terdispersi secara merata karena oleoresin bersifat non polar sehingga hal ini akan mengurangi kemampuannya sebagai agensia cita rasa. Salah satu alternatif untuk mengatasi hal itu, yaitu dengan mengolah oleoresin dalam bentuk sistem pembawa (*delivery system*) berupa nanoemulsi. Nanoemulsi merupakan campuran dari fase minyak, air dan surfaktan dan memiliki ukuran partikel yang kecil (jari-jari partikel < 100 nm) sehingga hal ini membuat nanoemulsi cenderung tampak transparan atau sedikit agak keruh (Mason dkk., 2004; Sonnevile-Aubrun dkk, 2004; Tadros dkk., 2004).

Pembuatan nanoemulsi dapat dilakukan dengan metode *emulsifikasi energi rendah*, yaitu dengan memanfaatkan emulsifier. Emulsifier berperan memfasilitasi terjadinya emulsifikasi dan mendorong terbentuknya stabilitas fisik (Krstonošić dkk., 2009) dengan cara mengadsorpsi pada antar muka minyak-air, menurunkan tegangan antar muka dan meningkatkan ketahanan droplet terhadap agregasi (Bai dkk., 2016). Emulsifier sintesis seperti Tween 80 sering diaplikasikan karena efektivitasnya yang tinggi (McClements, 2015; Raikos dkk., 2016) dan banyak digunakan pada sistem emulsi minyak dalam air karena memiliki toksisitas paling rendah dibandingkan dengan emulsifier sintesis yang lain. Walaupun demikian Tween 80 hanya

dapat dikonsumsi dengan nilai ADI (*Acceptable Daily Intake*) yang sangat terbatas yaitu 25 mg/kg berat badan (McClements, 2015). Penggunaan emulsifier yang bersifat alami menjadi pilihan utama untuk menggantikan sebagian peran emulsifier sintetis karena keterbatasan asupan emulsifier sintetis dan kecenderungan konsumen terhadap bahan alam. Emulsifier alami seperti lesitin, banyak digunakan oleh industri pangan (Klang dan Valenta, 2011), larut dalam air, mudah terdispersi membentuk suspensi koloidal, dan mampu meningkatkan stabilitas emulsi karena mengandung gugus hidrofilik dan hidrofobik yang mudah terorientasi pada antar muka minyak-air (Mezdour *dkk.*, 2011). Redha *dkk.* (2018, 2019) mendapatkan sistem nanoemulsi stabil yang mengandung oleoresin jahe merah, namun masih mengandalkan secara penuh kinerja campuran emulsifier sintetis (salah satunya Tween 80) yang dibutuhkan dalam jumlah yang relatif besar yaitu 8,33% (b/b). Rasio lesitin-Tween 80, proporsi air, jenis minyak nabati, dan konsentrasi emulsifier berpengaruh nyata terhadap stabilitas nanoemulsi oleoresin jahe merah Redha dan Susilo (2020). Walaupun demikian, sejauh ini belum didapatkan stabilitas nanoemulsi oleoresin jahe merah yang optimal. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan konsentrasi lesitin, Tween 80, dan VCO yang mampu memberikan stabilitas emulsi dan kecerahan warna yang optimal pada nanoemulsi oleoresin jahe merah.

2. METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan nanoemulsi dan pengujian respon stabilitas emulsi dan kecerahan warna dilakukan di laboratorium Kimia, Politeknik Negeri Pontianak. Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan, dimulai dari bulan Juli 2020 - November 2020.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan optimasi *non-simplex lattice*. Analisis data menggunakan *Design eXpert* 11.0.2 (DX-11) (Stat-Ease Inc., 2018). Alur perancangan penelitian optimasi disajikan pada Gambar 1.

Bahan dan Alat

1. Bahan

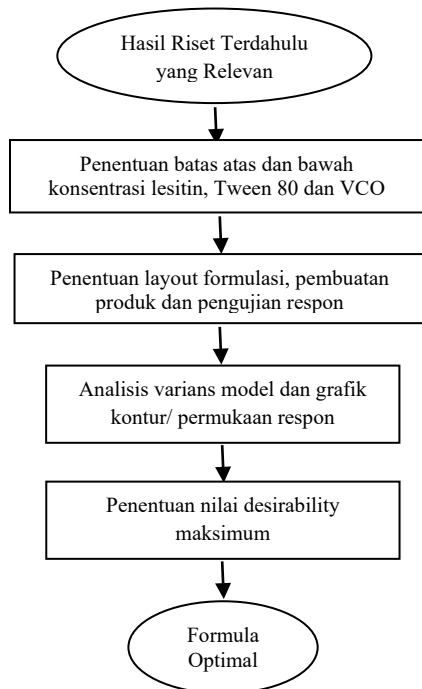
Bahan yang digunakan adalah oleoresin jahe merah, Virgin Coconut Oil (VCO), etanol, lesitin, Tween 80, dan air.

2. Alat

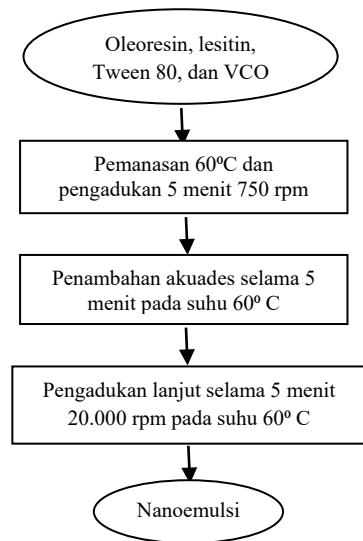
Peralatan yang digunakan dalam ekstraksi oleoresin, pembuatan serbuk nanoemulsi dan analisisnya adalah spektrofotometer UV-Vis, vacuum rotary evaporator, hot plate magnetic stirrer, sentrifuge, kolorimeter, dan homogenizer.

Pembuatan Nanoemulsi

Pembuatan nanoemulsi menggunakan metode *Emulsion Phase Inversion* (Ostertag *dkk.*, 2012 dimodifikasi) dengan cara: menambahkan air secara perlahan menggunakan buret ke dalam fase non polar yang diaduk. Setelah semua air ditambahkan, pengadukan dilanjutkan kembali pada waktu dan suhu yang sama menggunakan *homogenizer*. Fase minyak terdiri dari lesitin, Tween 80, VCO dan oleoresin diaduk sebelum ditambahkan air. Proses pembuatan nanoemulsi dapat dilihat pada Gambar 2. Penentuan kisaran konsentrasi lesitin, Tween 80, dan VCO berdasarkan hasil penelitian Redha dan Susilo (2020) yaitu terbentuknya nanoemulsi stabil teramati pada konsentrasi lesitin, Tween 80, dan VCO berturut-turut pada kisaran 6–10%, 12–16%, dan 2–3%, oleoresin jahe merah 1% dan proporsi air 75%. Semua formula nanoemulsi dibuat dengan persyaratan berat total lesitin, Tween 80, dan VCO sebesar 24% dari berat nanoemulsi. Pengujian nanoemulsi meliputi stabilitas emulsi (Yasumatsu *dkk.*, 1972 dimodifikasi) dan tingkat kecerahan warna (Hutcing, 1999).



Gambar 1. Diagram Alir Optimasi



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Nanoemulsi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN Optimasi Stabilitas Nanoemulsi

Hasil uji stabilitas emulsi dapat dilihat pada tabel 1, berada pada kisaran 93,75% - 100,00%. Nilai stabilitas terendah yaitu 93,75% berasal dari formula 2 dengan konsentrasi lesitin 8,00%, Tween-80 14,00%, dan VCO 2,00%, sedangkan stabilitas emulsi tertinggi (100%) dihasilkan dari formula 14, 15, dan 16 yang ditandai dengan tidak

terjadinya pemisahan setelah dilakukannya proses pemanasan dan sentrifugasi pada emulsi. Nilloud dan Mestres (2000) menyatakan bahwa emulsi dengan nilai stabilitas minimal 95% bersifat stabil dan mampu bertahan hingga satu tahun.

Tabel 1. Hasil Pengujian Stabilitas Emulsi

| Formula | A: Lesitin (%) | B: Tween 80 (%) | C: VCO (%) | Oleoresin (%) | Air (%) | Stabilitas Emulsi (%) |
|---------|----------------|-----------------|------------|---------------|---------|-----------------------|
| 1 | 10,00 | 12,00 | 2,00 | 1,00 | 75,00 | 97,92 |
| 2 | 8,00 | 14,00 | 2,00 | 1,00 | 75,00 | 93,75 |
| 3 | 8,00 | 14,00 | 2,00 | 1,00 | 75,00 | 95,83 |
| 4 | 6,88 | 14,88 | 2,24 | 1,00 | 75,00 | 100,00 |
| 5 | 7,33 | 14,33 | 2,34 | 1,00 | 75,00 | 95,83 |
| 6 | 6,00 | 15,67 | 2,33 | 1,00 | 75,00 | 100,00 |
| 7 | 8,00 | 15,67 | 0,33 | 1,00 | 75,00 | 89,58 |
| 8 | 9,50 | 12,00 | 2,50 | 1,00 | 75,00 | 95,83 |
| 9 | 8,63 | 12,88 | 2,49 | 1,00 | 75,00 | 95,83 |
| 10 | 8,63 | 12,88 | 2,49 | 1,00 | 75,00 | 100,00 |
| 11 | 7,75 | 13,75 | 2,50 | 1,00 | 75,00 | 95,83 |
| 12 | 7,75 | 13,75 | 2,50 | 1,00 | 75,00 | 95,83 |
| 13 | 9,00 | 12,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 100,00 |
| 14 | 8,00 | 13,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 100,00 |
| 15 | 7,00 | 14,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 100,00 |
| 16 | 6,00 | 15,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 95,83 |
| 17 | 6,00 | 15,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 95,83 |

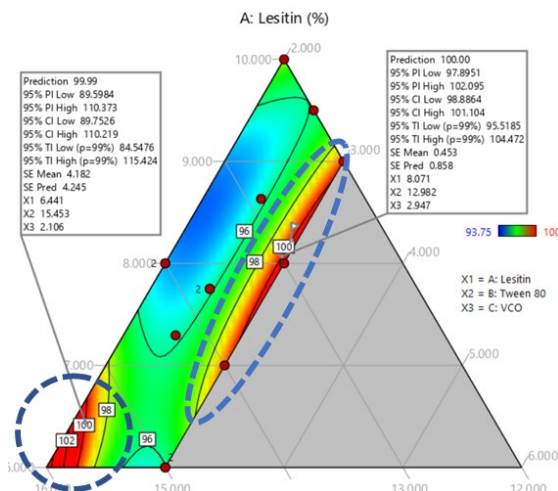
Berdasarkan hasil analisis varians, model polinomial dari stabilitas nanoemulsi adalah spesial kubik dengan persamaan: $Stabilitas\ Emulsi = 97,84A + 104,92B - 232,972C - 26,18AB - 170,47AC - 218,73BC + 178,01ABC$. Kesesuaian data respon stabilitas emulsi dengan model polinomial tersebut ditunjukkan oleh nilai *Lack of fit* (LOF) yang tidak signifikan (Tabel 2). *Adequate precision* untuk respon stabilitas ini adalah 10,9723 yang menunjukkan besarnya *ratio* sinyal terhadap *noise*. Nilai *adequate precision* yang lebih besar dari 4 tersebut mengindikasikan sinyal yang memadai sehingga model ini dapat digunakan untuk memprediksi turbiditas nanoemulsi (Anderson dkk, 2018).

Tabel 2. Hasil Analisis Varians Model Respon Stabilitas

| Sumber variasi | Jumlah Kuadrat | db | Kuadrat Tengah | Nilai F | Nilai p | |
|-------------------------------|----------------|----|----------------|---------|---------|------------------|
| Model | 45.56 | 6 | 7.59 | 14.29 | 0.0025 | signifikan |
| ⁽⁰⁾ Linear Mixture | 28.30 | 2 | 14.15 | 26.63 | 0.0010 | |
| AB | 1.66 | 1 | 1.66 | 3.13 | 0.1274 | |
| AC | 14.70 | 1 | 14.70 | 27.66 | 0.0019 | |
| BC | 9.94 | 1 | 9.94 | 18.71 | 0.0050 | |
| ABC | 4.67 | 1 | 4.67 | 8.80 | 0.0251 | |
| Residual | 3.19 | 6 | 0.5313 | | | |
| Lack of Fit | 1.02 | 3 | 0.3392 | 0.4689 | 0.7250 | tidak signifikan |
| Pure Error | 2.17 | 3 | 0.7234 | | | |
| Cor Total | 48.74 | 12 | | | | |

Titik optimasi stabilitas emulsi yaitu sebesar 100% ditunjukkan oleh garis kontur 100% pada Gambar 3 dan terfokus pada dua area yang terpisah. Pada area yang pertama, titik optimasi berada hampir disepanjang titik konsentrasi VCO mendekati 3% dengan penggunaan lesitin pada kisaran 7 - 10%. Sebagai contoh, salah satu titik optimasi

stabilitas emulsi tersebut dihasilkan pada pencampuran antara lesitin 8,07%, Tween-80 12,98%, dan VCO 2,95%. Selanjutnya kontur optimasi kedua dari stabilitas emulsi terdapat pada konsentrasi Tween-80 15,3– 15,7% dan salah satu titik optimasi stabilitas emulsinya terletak pada konsentrasi lesitin 6,44%, Tween-80 15,45%, dan VCO 2,11%. Distribusi kontur optimasi ini terjadi diduga karena adanya efek *non-linier blending* akibat pencampuran dua komponen (-26,18AB, -170,47AC, dan -218,73BC) dan pencampuran tiga komponen (178,01ABC).



Gambar 3. Kontur Model Prediksi Stabilitas Nanoemulsi

Optimasi Kecerahan Warna Nanoemulsi

Hasil uji kecerahan warna nanoemulsi dapat dilihat pada Tabel 3, menunjukkan kecerahan warna berada pada kisaran 32,42 - 36,73. Nilai kecerahan terendah yaitu 32,42 berasal dari formula 5 dengan konsentrasi lesitin 7,33%, Tween-80 14,33%, dan VCO 2,34%, sedangkan kecerahan warna tertinggi (36,73) dihasilkan dari formula 1 dengan konsentrasi lesitin 10,00%, Tween-80 12,00%, dan VCO 2,00%.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kecerahan Warna

| Formula | Lesitin (%) | Tween 80 (%) | VCO (%) | Oleoresin (%) | Air (%) | Kecerahan |
|---------|-------------|--------------|---------|---------------|---------|-----------|
| 1 | 10,00 | 12,00 | 2,00 | 1,00 | 75,00 | 36,73 |
| 2 | 8,00 | 14,00 | 2,00 | 1,00 | 75,00 | 32,88 |
| 3 | 8,00 | 14,00 | 2,00 | 1,00 | 75,00 | 33,44 |
| 4 | 6,88 | 14,88 | 2,24 | 1,00 | 75,00 | * |
| 5 | 7,33 | 14,33 | 2,34 | 1,00 | 75,00 | 32,42 |
| 6 | 6,00 | 15,67 | 2,33 | 1,00 | 75,00 | 35,67 |
| 7 | 8,00 | 15,67 | 0,33 | 1,00 | 75,00 | * |
| 8 | 9,50 | 12,00 | 2,50 | 1,00 | 75,00 | 33,69 |
| 9 | 8,63 | 12,88 | 2,49 | 1,00 | 75,00 | 34,52 |
| 10 | 8,63 | 12,88 | 2,49 | 1,00 | 75,00 | 33,30 |
| 11 | 7,75 | 13,75 | 2,50 | 1,00 | 75,00 | 33,87 |
| 12 | 7,75 | 13,75 | 2,50 | 1,00 | 75,00 | 33,03 |
| 13 | 9,00 | 12,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 32,87 |
| 14 | 8,00 | 13,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 33,14 |
| 15 | 7,00 | 14,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 33,74 |
| 16 | 6,00 | 15,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 36,02 |
| 17 | 6,00 | 15,00 | 3,00 | 1,00 | 75,00 | 35,21 |

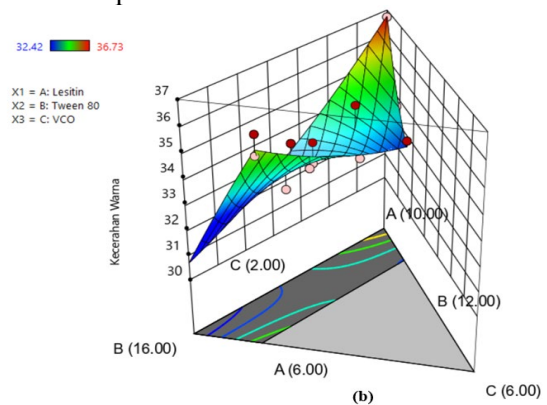
Keterangan: *Hasil uji outlier dan tidak digunakan dalam perhitungan model prediksi

Berdasarkan hasil analisis varians, model polinomial kecerahan adalah $Kecerahan = 36,74A + 30,69B + 45,01C - 2,30AB - 32,97AC + 6,27BC$. Nilai *lack of fit* tidak signifikan, menunjukkan adanya kesesuaian data respon kecerahan dengan model (Tabel 4). *Adequate precision* untuk respon kecerahan warna adalah 10,5867, yang menunjukkan besarnya rasio sinyal terhadap *noise*. Nilai *adequate precision* tersebut mendukung dalam penggunaan model tersebut karena nilainya lebih besar dari 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Varians Model Respon Kecerahan Warna

| Sumber Variasi | Jumlah Kuadrat | db | Kuadrat Tengah | Nilai F | Nilai p |
|----------------|----------------|----|----------------|---------|-------------------------|
| Model | 18.05 | 5 | 3.61 | 10.24 | 0.0025 signifikan |
| Linear | | | | | |
| Mixture | 0.0694 | 2 | 0.0347 | 0.0984 | 0.9074 |
| AB | 0.1351 | 1 | 0.1351 | 0.3833 | 0.5531 |
| AC | 0.7332 | 1 | 0.7332 | 2.08 | 0.1873 |
| BC | 0.0266 | 1 | 0.0266 | 0.0753 | 0.7907 |
| Residual | 2.82 | 8 | 0.3526 | | |
| Lack of Fit | 1.24 | 4 | 0.3097 | 0.7832 | 0.5907 tidak signifikan |
| Pure Error | 1.58 | 4 | 0.3955 | | |
| Cor Total | 20.87 | 13 | | | |

Warna merupakan karakteristik intrinsik makanan. Perubahan warna makanan sering kali dikaitkan dengan perubahan mutu dan konsumen akan tertarik dengan warna produk makanan (Diehl, 2008). Dari sekian banyak parameter warna, kecerahan warna (L) merupakan parameter penting yang menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna akromatik putih, abu-abu dan berkisar antara 0 (warna hitam) hingga 100 (warna putih). Berdasarkan Gambar 4, dapat dikatakan bahwa penggunaan lesitin dengan konsentrasi maksimal (10%) akan mampu mendorong terbentuknya nanoemulsi dengan kecenderungan kecerahan warna yang maksimal pula.



Gambar 4. Model Prediksi Permukaan Respon Kecerahan Warna Nanoemulsi

Formula Optimum Nanoemulsi Berdasarkan Stabilitas Emulsi dan Kecerahan Warna

Proses optimasi dilakukan untuk mendapatkan suatu formula dengan respon-respon yang optimal. Respon optimal diperoleh jika nilai *desirability* mendekati satu. *Desirability* merupakan nilai yang menyatakan kemungkinan diperolehnya formula sesuai dengan kriteria atau persyaratan yang diinginkan. Pembobotan kepentingan (*importance*) tiap komponen dan respon yang dioptimasi bertujuan untuk mencapai tujuan yang diinginkan mulai dari nilai 1 (+) hingga 5 (+++++) tergantung pada tingkatan kepentingan komponen dan variabel respon yang bersangkutan. Kriteria penentuan formula optimal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Kriteria Penentuan Formula Optimal pada Nanoemulsi

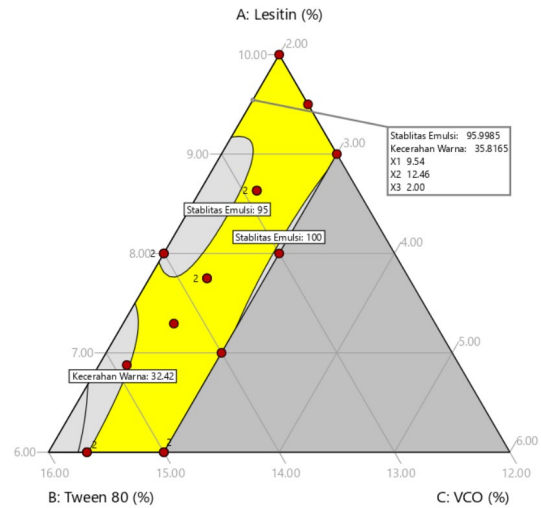
| Komponen/Respon | Tujuan Optimasi | Batas Bawah | Batas Atas | Importance |
|-------------------|-----------------|-------------|------------|------------|
| Lesitin | dalam kisaran | 6 | 10 | 3 (+++) |
| Tween-80 | dalam kisaran | 12 | 16 | 3 (+++) |
| VCO | dalam kisaran | 2 | 3 | 3 (+++) |
| Stabilitas Emulsi | mentargetkan-96 | 95 | 100 | 4 (++++) |
| Kecerahan Warna | memaksimalkan | 32,42 | 36,73 | 3 (+++) |

Dari tahap optimasi yang dilakukan, software *Design Expert 11.0* menentukan solusi formula optimum yang didapatkan dari 112 *starting point formula* dan memberikan lima solusi formula optimum (Tabel 6) dengan nilai *desirability* yang tinggi.

Tabel 6. Solusi Formula Optimum Nanoemulsi

| Number | Lesitin | Tween 80 | VCO | Turbiditas | Transmittansi | Stabilitas Emulsi | Kecerahan Warna | Hue | Desirability |
|--------|---------|----------|-------|------------|---------------|-------------------|-----------------|--------|--------------|
| 1 | 9.544 | 12.456 | 2.000 | 5.730 | 3.573 | 96.000 | 35.818 | 57.553 | 0.903 |
| 2 | 6.016 | 14.984 | 3.000 | 2.713 | 29.954 | 96.000 | 35.422 | 56.518 | 0.856 |
| 3 | 9.796 | 12.000 | 2.204 | 5.748 | 3.553 | 96.476 | 35.564 | 58.449 | 0.813 |
| 4 | 10.000 | 12.000 | 2.000 | 6.027 | 3.156 | 97.836 | 36.740 | 59.628 | 0.704 |
| 5 | 7.665 | 14.335 | 2.000 | 4.504 | 6.595 | 95.612 | 32.647 | 53.076 | 0.214 |

Semakin tinggi nilai *desirability* menunjukkan semakin tingginya kesesuaian formula produk untuk mencapai formula optimal dengan variabel respon yang ditentukan. Berdasarkan rekomendasi yang diberikan pada Tabel 6, formula 1 (pertama) dipilih sebagai formula optimum karena memiliki nilai *desirability* tertinggi yaitu 0,903. Berdasarkan hal ini, formula optimum yang didapatkan adalah produk nanoemulsi yang dihasilkan dengan konsentrasi lesitin 9,54%, Tween-80 12,46%, dan VCO 2,00% dengan nilai prediksi stabilitas emulsi dan kecerahan warna berturut-turut adalah 95,99% dan 35,82 (Gambar 5).



Gambar 5. Overlay Plot Optimasi Nanoemulsi

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah formula optimum nanoemulsi oleoresin jahe merah dihasilkan dari komposisi lesitin 9,54% (b/b), Tween-80 12,46% (b/b), dan VCO 2,00% (b/b) dengan nilai prediksi stabilitas emulsi dan kecerahan warna berturut-turut adalah 95,99% dan 35,82

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan Politeknik Negeri Pontianak atas bantuan dana penelitian melalui DIPA Politeknik Negeri Pontianak No SP DIPA-023.18.2.677609/2020 tanggal 27 Desember 2019 dan Revisinya.

6. REFERENSI

Anderson, MJ., Whitcomb, PJ. dan Bezener, MA., 2018. *Formulation Simplified-Finding the Sweet Spot Through Design and Analysis of Experiments with Mixtures*. New York: Productivity Press.

Bai, L., Huan, S., Gu, J., & McClements, D. J., 2016. Fabrication of oil-in-water nanoemulsions by dual-channel microfluidization using natural emulsifiers: Saponins, phospholipids, proteins, and polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 61(1), 703-711.

Diehl, HA., 2008. *Food Colorants, Chemical and Functional Properties dalam Socaciu, C. (Ed), New York: CRC Press, Taylor & Francis Group.*

- Hutchings JB. 1999. Food Color and Appearance 2nd edition A Chapman and Hall Food Science Book. Maryland: Aspen Publition
- Klang, V. dan Valenta, C., 2011. Lecithin-based nanoemulsions. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 21(1), 55-76.
- Krstonošić, V., Dokić, L., Dokić, P. Dapčević, T., 2009. Effects of xanthan gum on physicochemical properties and stability of corn oil-in-water emulsions stabilized by polyoxyethylene sorbitan monooleate. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2212-2218.
- McClements, DJ., 2015. Food emulsions principles, practice and techniques. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group
- Mason, T. G., Wilking, J. N., Meleson, K., Chang, C. B., dan Graves, S. M., 2006. Nanoemulsions: formation, structure, and physical properties. *Journal of Physics-Condensed Matter*, 18(41), R635-R666.
- Mezdour, S., Desplanques, S., Relkin, P., 2011. Effects of residual phospholipids on surface properties of a soft-refined sunflower oil: application to stabilization of sauce type emulsions. *Food Hydrocolloids*, 25(4), 613-619.
- Nielloud F dan Mestres GM. 2000. *Pharmaceutical Emulsions and Suspensions*. New York (US): Marcel Dekker, Inc.
- Ostertag F, Weiss J, McClements DJ. 2012. Low-energy formation of edible nanoemulsions: factors influencing droplet size produced by emulsion phase inversion. *J Colloid Interface Sci* 388:95–102
- Raikos, V., Duthie, G., Ranawana, V., 2016. Comparing the efficiency of different food-grade emulsifiers to form and stabilize orange oil-in-water beverage emulsions: influence of emulsifier concentration and storage time. *International Journal of Food Science & Technology*, doi:10.1111/ijfs.13286
- Redha, A., Saniah, dan Achmad, DI., 2018. Pemanfaatan Oleoresin Jahe Merah dalam Bentuk Serbuk Nanoemulsi Sebagai Antioksidan. *Jurnal Vokasi* 1:17-21
- Redha, A., Saniah, dan Achmad, DI., 2019. Stabilitas Nano-Edible Coating Oleoresin Jahe Merah Berbasis Kitosan Selama Penyimpanan. *Jurnal Vokasi* 2:75-79
- Redha, A dan Susilo, DUM. 2020. Formulasi Nanoemulsi Oleoresin Jahe Merah Berbasis Lesitin dan Stabilitasnya Selama Penyimpanan. *Agrofood* 2(2), 1-8.
- Samuel, W. 2004. Pengaruh Jenis Pelarut dan Suhu terhadap Rendemen Oleoresin Temu Hitam. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Sonneville-Aubrun, O., Simonnet, J. T., dan L'Alloret, F., 2004. Nanoemulsions: a new vehicle for skincare products. *Advances in Colloid and Interface Science*, 108, 145-149.
- Tadros, T., Izquierdo, R., Esquena, J., dan Solans, C, 2004. Formation and stability of nano-emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science*, 108-09, 303-318.
- Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, Wada T, dan Ishi K. 1972. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural and Biological Chemistry* 36(5):719-727.