

**OPTIMALISASI FORMULASI BAHAN PENYALUT DAN MADU TRIGONA
TERHADAP ANTIOKSIDAN DAN SIFAT FISIK PADA
MIKROENKAPSULASI EKSTRAK BIJI KETUMBAR MENGGUNAKAN
METODE *MIXTURE D-OPTIMAL***

ARTIKEL

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Penelitian
Program Studi Magister Teknologi Pangan

Oleh :
Irfan Muttaqin
198050009



**PROGRAM MAGISTER TEKNOLOGI PANGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2023**

**OPTIMALISASI FORMULASI BAHAN PENYALUT DAN MADU TRIGONA
TERHADAP ANTIOKSIDAN DAN SIFAT FISIK PADA
MIKROENKAPSULASI EKSTRAK BIJI KETUMBAR MENGGUNAKAN
METODE *MIXTURE D-OPTIMAL***

Irfan Muttaqin^{*)}
Yusman Taufik^{**)}, dan Yusep Ikrawan^{i***)}

^{*)}Mahasiswa Magister Teknologi Pangan Universitas Pasundan, Bandung
^{**)}Dosen Pembimbing Utama, ^{***)}Dosen Pembimbing Pendamping

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan formulasi yang optimal pada produk mikroenkapsulasi ekstrak biji ketumbar dengan menggunakan program *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal*.

Penelitian ini terdiri dari dua tahap. Tahap 1 yaitu analisis serbuk ekstrak biji ketumbar menggunakan metode *spray drying* tanpa menggunakan bahan penyalut dan madu. Tahap 2 yaitu penetapan formula optimal dengan menggunakan program *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* melalui pengukuran respon kimia (kadar antioksidan dan kadar air), dan respon fisik (ukuran partikel). Formula optimum yang diperoleh berdasarkan program *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* memiliki nilai *desirability* 1 dengan prediksi nilai respon kadar antioksidan 395,124 ppm, kadar air 2,329 %, dan ukuran partikel 2,967 μm .

Kata kunci : ekstrak biji, ketumbar, madu, bahan penyalut, *spray drying*, *Design Expert*, antioksidan, mikroenkapsulasi

OPTIMIZATION FORMULA USING *DESIGN EXPERT MIXTURE D-OPTIMAL* METHOD AND SHELF LIFE TEST OF BLACK MULBERRY AND CANISTEL MIXED FRUIT JUICE

Irfan Muttaqin^{*)}
Yusman Taufik^{**)}, dan Yusep Ikrawan^{***)}

^{*)}Mahasiswa Magister Teknologi Pangan Universitas Pasundan, Bandung

^{**)}Dosen Pembimbing Utama, ^{***)}Dosen Pembimbing Pendamping

ABSTRACT

The purpose of this study was to produce an optimal formulation of coriander seed extract microencapsulation products using the Mixture D-Optimal Design Expert program.

The study consists of two stages. The first stage was the analysis of the coriander seed extract powder using the spray drying method without the use of coating materials and honey. The second stage was to determine the optimal formula using the D-Optimal Mixture method of Design Expert program through measurement of chemical responses (antioxidant activity, and water content), physical response. (particle size). The optimum formula obtained based on the Design Expert program with the D-Optimal Mixture method has a value of desirability 1 with prediction value of each responses was 395,124 ppm antioxidant activity, 2,329 % water content, and 2,967 μm particle size.

Keywords : seed extract, coriander, honey, coating agent, spray drying, Design Expert, antioxidant, microencapsulation

PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan senyawa yang reaktif dihasilkan dari proses metabolisme tubuh dan mampu bereaksi dengan molekul yang kontak langsung dengan menarik elektronnya, apabila jumlah radikal bebas dalam tubuh meningkat, maka dapat menyebabkan oksidasi lemak, rusaknya protein dan DNA. Dampak dari radikal bebas dapat menyebabkan munculnya berbagai macam penyakit dalam tubuh.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, penelitian mengenai berbagai bahan pangan yang mengandung senyawa bioaktif semakin meningkat. Salah satu

manfaat dari senyawa bioaktif telah diteliti bersifat sebagai antioksidan yang memberikan efek positif terhadap penyembuhan berbagai penyakit. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berbagai senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai antioksidan dapat digunakan untuk menyembuhkan berbagai penyakit degeneratif seperti hiperkolesterolemia, diabetes, kanker, hipertensi, dan sebagainya.

Biji ketumbar dan madu *trigona* memiliki sumber antioksidan yang cukup tinggi seperti senyawa fenol, flavonoid, Vit A,C dan E. Ketumbar (*C. Sativum*) merupakan tanaman herbal, aromatik, dan termasuk dalam famili *Apiaceae*. Ketumbar memiliki sejarah yang panjang

sebagai penggunaan nutrisi dan pengobatan herbal termasuk anti-inflamasi, analgesik, antikejang, penurun tekanan darah, penurun kolesterol, pencernaan dan obat penenang (Laribi dkk., 2015).

Madu merupakan produk lebah yang komponen utamanya adalah fruktosa dan glukosa serta mengandung protein, asam amino, vitamin, enzim, mineral dan komponen minor lainnya (Burlando & Cornara, 2013). Madu kaya akan kandungan phenolic seperti *quercetin*, *caffeic acid phenethyl ester* (CAPE), *acacetin*, kaempferol, galangin yang berperan sebagai antioksidan alami (Khalil & Sulaiman, 2010). Antioksidan pada madu *trigona* bermanfaat untuk berbagai jenis penyakit yang terkait dengan komponen polifenol, peptida, enzim, dan asam organik. Produk lebah juga digunakan dalam penyakit gastrointestinal, kardiovaskular, inflamasi dan kondisi neoplastik (Eteraf & Najafi, 2013).

Tingginya sumber antioksidan sudah banyak diketahui bahwa zat gizi atau zat aktif yang terkandung dalam bahan pangan memiliki sifat tertentu antaralain mudah rusak oleh lingkungan maupun dari sifat alami bahan itu sendiri. Salah satu usaha untuk melindungi dan menjaga zat gizi tersebut adalah dengan menggunakan mikroenkapsulasi, Metode mikroenkapsulasi merupakan salah satu teknik yang paling banyak digunakan untuk melindungi senyawa bioaktif dari berbagai faktor lingkungan seperti penguapan, oksidasi, degradasi suhu kelembaban, dan cahaya karenanya, dapat memperpanjang umur simpan produk dan menghindari kerusakan. (Wathoni et al., 2019).

Pada teknik mikroenkapsulasi bahan yang digunakan dalam penyalutan dapat berupa polimer. polimer memiliki sifat fisikokimia tertentu sehingga

memiliki struktur dan karakteristik yang berbeda. Polimer yang digunakan harus mampu memberikan lapisan tipis yang kohesif dengan bahan inti, harus bercampur secara kimia, tetapi tidak boleh bereaksi dengan inti (inert), dan harus memiliki sifat yang sesuai untuk keperluan penyalutan. (Baena-aristizabal et al., 2019). Bahan penyalut yang digunakan umumnya adalah maltodekstrin dan gum arab.

Maltodekstrin berfungsi dalam memberikan daya tahan terhadap oksidasi dan meningkatkan kelarutan suatu enkapsulat, sedangkan gum arab berfungsi dalam meningkatkan kestabilan emulsi (Fasikhatun, 2010). Akan tetapi mikro kapsul yang dilapisi dengan *isolate protein* memiliki efisiensi enkapsulasi tertinggi dengan retensi yang besar dan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi diantara semua bahan dinding (Abraham, dkk, 2019). Maltodekstrin digunakan sebagai penyalut perlu dikombinasikan dengan *isolate protein* kedelai untuk meningkatkan kestabilan emulsifikasi. *Isolate protein* kedelai memiliki kelarutan yang baik, sifat emulsifikasi, kapasitas mengikat air, sifat foaming, kemampuan membentuk film yang baik, relatif mudah dicerna, dan aman untuk dikonsumsi (Chen, et al., 2011).

Penelitian ini menggunakan program *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* yang digunakan untuk membantu mengoptimalkan produk atau proses. Program *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* ini mempunyai kelebihan dibandingkan program olahan data yang lain yaitu ketelitian program ini cukup tinggi, lebih fleksibel, dan juga menyediakan fitur-fitur statistik yang memudahkan dalam pengoperasiannya (Tiaraswara, 2016).

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan formulasi bahan penyalut dan madu *trigona* terhadap antioksidan dan sifat fisik yang optimal pada mikroenkapsulasi ekstrak biji ketumbar dengan menggunakan program *Design Expert* Metode *D-Optimal*.

Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi terkait formulasi bahan penyalut dan madu yang optimal pada sifat antioksidan dan sifat fisik pada mikroenkapsulasi ekstrak biji ketumbar baik untuk dikembangkan dalam bentuk produk maupun karya ilmiah lain.
2. Sebagai alternatif melindungi antioksidan alami pada biji ketumbar dengan menggunakan teknologi mikroenkapsulasi
3. Meningkatkan pemanfaatan biji ketumbar dalam menunjang diversifikasi pangan fungsional

BAHAN, ALAT, DAN METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah biji ketumbar diperoleh di Kabupaten Karawang, madu *trigona* yang diperoleh dari petani lebah di Kabupaten Bone, Maltodekstrin dan *Isolate Protein* diperoleh dari Toko Subur Kimia Jaya Bandung, methanol, dan DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), aquadest.

Alat-alat yang akan digunakan dalam proses penelitian dan analisis kimia yaitu sendok, spatula pengaduk, baskom, timbangan bahan, timbangan analitik, *Ultra Turrax*, *spray dryer*, spektrofotometer UV-VIS, partikel size analyzer, Oven, *vortex*, labu takar 100 mL (*Pyrex*), burret (*Pyrex*), pipet tetes, pipet volumetri 10 mL (*Iwaki*), erlenmeyer 250

mL (*Pyrex*), penangas, tangkrus dan tabung reaksi (*Pyrex*).

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan melalui dua tahap yaitu penelitian tahap 1, dan penelitian tahap 2.

A. Penelitian Tahap 1

Penelitian tahap 1 yang dilakukan adalah analisis produk ekstrak biji ketumbar yang belum dilapisi bahan penyalut dan madu dengan metode *spry dryer*. Adapun analisis yang akan dilakukan diantaranya analisis kadar antioksidan, analisis kadar air, analisis ukuran partikel.

B. Penelitian Tahap 2

Penelitian tahap 2 adalah pembuatan rancangan dan respon yang akan diformulasikan menggunakan *Design Expert* ver.13 metode *Mixture D-Optimal* sebagai variabel berubah dan variabel tetap terlebih dahulu. Variabel berubah yang ditetapkan yaitu maltodekstrin, *isolate protein*, dan madu *trigona* sedangkan untuk variabel tetapnya adalah ekstrak biji ketumbar 60%. Variabel tetap adalah komponen bahan baku yang diasumsikan tidak akan mempengaruhi respon yang akan didapatkan dari setiap formula. Variabel berubah adalah komponen bahan baku yang diasumsikan akan memberikan pengaruh terhadap respon yang dihasilkan pada masing-masing formula.

Tabel 1. Rancangan Variabel Berubah

| Var. Berubah | Low (%) | High (%) |
|--------------------------|---------|----------|
| Maltodekstrin* | 5 | 10 |
| <i>Isolate protein</i> * | 10 | 15 |
| Madu <i>trigona</i> | 15 | 20 |

Tabel 2. Output Formula untuk Dianalisis

| A | Maltodekstrin | ISP | MADU |
|-----|---------------|----------|----------|
| A1 | 5% | 10% | 25% |
| A2 | 7.12028% | 12.1717% | 20.708% |
| A3 | 8.1296% | 10% | 21.8704% |
| A4 | 10% | 10% | 20% |
| A5 | 5% | 15% | 20% |
| A6 | 5% | 13.0365% | 21.9635% |
| A7 | 7.17259% | 14.0053% | 18.8221% |
| A8 | 6.07803% | 10.9937% | 22.9282% |
| A9 | 8.4589% | 15% | 16.5411% |
| A10 | 9.18251% | 12.2393% | 18.5782% |
| A11 | 10% | 13,6% | 16,4% |
| A12 | 5% | 10% | 25% |
| A13 | 5% | 15% | 20% |

Rancangan variabel berubah dapat diamati pada Tabel 1 dan *output* hasil perancangan pada Tabel 2. Respon yang diukur yaitu respon kimia (kadar antioksidan, kadar air), dan respon fisik (ukuran partikel).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian Tahap 1

Penelitian tahap 1 yang dilakukan adalah analisis produk ekstrak biji ketumbar yang belum dilapisi bahan penyalut dan madu dengan metode *spry dryer*. Hasil penelitian tahap 1 dapat diamati pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Penelitian Tahap 1

| No | Respon | Ekstrak ketumbar |
|----|-----------------------------------|--------------------|
| 1 | Kadar Antioksidan (ppm) | 1184,03 ppm |
| 2 | Kadar Air (%) | 6.4694 % |
| 3 | Ukuran Partikel (μm) | 2745 μm |

Hasil Penelitian Tahap 2

Tahapan penelitian ini dilakukan dengan pembuatan ekstrak biji ketumbar *output* perancangan desain penelitian yaitu perancangan variabel berubah beserta persentase total variabel berubah yang digunakan dalam produk dan rentang batasannya pada *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal*. *Output* desain penelitian tersebut berupa 13 formulasi yang berbeda. Ketigabelas formulasi tersebut akan dilakukan analisis kimia, dan fisik, semua data hasil analisis diinput kedalam aplikasi sehingga akan didapat formulasi optimal dari *Design Expert*.

A. Hasil Analisis Respon Kimia

1. Kadar Antioksidan

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA), diperoleh nilai p "*prob>F*" pada model *Sp Quartic vs Quadratic* yaitu $<0,0002$ (lebih kecil dari 0,05) yang menunjukkan 13 formulasi yang dijadikan model awal analisis signifikan terhadap respon kadar antioksidan.

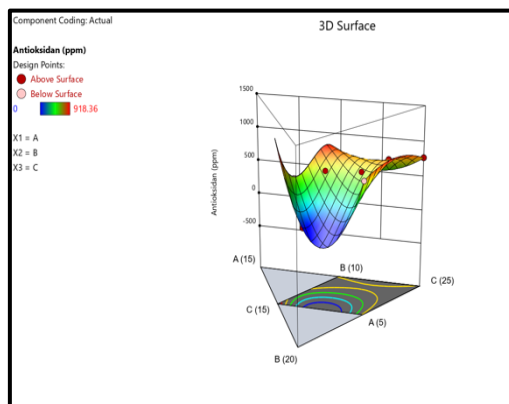
Tabel 4. Hasil Analisis Respon Kadar Antioksidan

| KODE SAMPEL | ANTIOKSIDAN |
|-------------|-------------|
| A1 | 764,17 PPM |
| A2 | 643,69 PPM |
| A3 | 526,09 PPM |
| A4 | 695,21 PPM |
| A5 | 739,96 PPM |
| A6 | 918,36 PPM |

| | | |
|-----|------------|---|
| A7 | | 0 |
| A8 | 748,44 PPM | |
| A9 | | 0 |
| A10 | 616,60 PPM | |
| A11 | 574,69 PPM | |
| A12 | 764,65 PPM | |
| A13 | 740,48 PPM | |

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. Nilai *sequential p value* paling rendah terdapat pada model ordo *Sp Quartic vs Quadratic* (0,0014) dan *adjusted R²*, *predicted R²*, dan model dengan polinomial yang lebih tinggi.

Besar nilai *R²* adalah 0,9958 yang menunjukkan bahwa variabel bebas dalam hal ini A (Maltodekstrin), B (*Isolate Protein*) dan C (Madu *trigona*) memiliki pengaruh sebesar 99,58% terhadap variabel terikatnya yakni respon kadar antioksidan dan sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain di luar variabel bebas.



Gambar 1. Grafik *Contour Plot* Respon Kadar Antioksidan

Sebaran hasil analisis respon kadar antioksidan pada 13 formula mikroenkapsulasi ekstrak biji ketumbar

yang dijadikan model awal dapat ditampilkan dalam grafik tiga dimensi berupa *3D Surface Plot* (Gambar 1). Titik-titik yang tersebar menunjukkan posisi masing-masing formula dari 13 formulasi berdasarkan respon kadar antioksidan dengan model ordo *Sp Quartic vs Quadratic*. Formula dengan kadar antioksidan paling rendah ditempatkan pada daerah grafik berwarna merah kemudian diikuti dengan warna jingga, kuning, hijau, biru muda hingga biru tua yang menunjukkan semakin tinggi respon kadar antioksidannya.

Menurut Jalil, dkk., (2009), Madu dari lebah tidak bersengat ini mengandung senyawa seperti protocatechuic acid (PCA), 4-hydroxyphenylacetic acid, dan cerumen yang berfungsi sebagai antioksidan. Madu trigona memiliki hidrogen peroksida, flavonoid, senyawa fenolik, dan peptida antibakterial yang berperan sebagai antibakteri.

Menurut Wangensteen et al (2004) Biji ketumbar memiliki kandungan flavonoid dan vitamin yang berperan menurunkan kolesterol dan sebagai antioksidan. Di penelitian tahap 1 sudah dilakukan pengukuran kadar antioksidan pada serbuk ekstrak biji ketumbar dengan menggunakan metode spray drying tanpa menggunakan bahan penyalut yaitu dengan kadar antioksidan 1184,03 PPM. Nilai antioksidan tanpa menggunakan bahan penyalut sangat rendah, berbeda dengan menggunakan bahan penyalut dan adanya penambahan larutan madu trigona dapat meningkatkan kandungan antioksidan pada mikroenkapsulasi ekstrak biji ketumbar.

2. Kadar Air

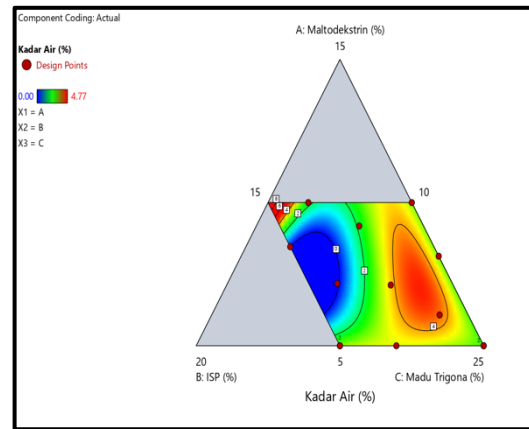
Hasil analisis ragam (ANOVA), diperoleh nilai p "prob>F" pada model *Sp Quartic vs Quadratic* yaitu 0,0051 (lebih kecil dari 0,05). Nilai p "prob>F" yang lebih kecil dari 0,05 menunjukkan 13 formulasi yang dijadikan model awal analisis signifikan terhadap respon kadar air.

Tabel 5. Hasil Analisis Respon Kadar Air

| KODE SAMPEL | KADAR AIR |
|-------------|-----------|
| A1 | 2.58% |
| A2 | 3.41% |
| A3 | 2.77% |
| A4 | 3.02% |
| A5 | 3.05% |
| A6 | 3.35% |
| A7 | 0 |
| A8 | 4.77% |
| A9 | 0 |
| A10 | 2.25% |
| A11 | 2.30% |
| A12 | 2.59% |
| A13 | 3.12% |

Model ordo yang ditetapkan pada respon kadar air adalah *Sp Quartic vs Quadratic*. Model ordo ditetapkan berdasarkan nilai *sequential p value* yakni 0,0066. dan adjusted R², predicted R², dan model dengan polinomial yang lebih tinggi.

Nilai *R-square* pada respon kadar air 0,9768. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variabel bebas dalam hal ini A (Maltodekstrin), B (*Isolate Protein*) dan C (Madu *trigona*) memiliki pengaruh sebesar 97,68% terhadap variabel terikatnya yakni respon kadar air dan sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain di luar variabel bebas.



Gambar 2. Grafik Contour Plot Respon Kadar Air

Hasil analisis aktivitas kadar air dan dilihat berdasarkan Grafik Contour Plot dan 3D Surface Plot dengan model ordo *Sp Quartic vs Quadratic* menunjukkan daerah grafik merah cenderung mengarah ke variabel madu *trigona* dengan rata-rata kadar air pada 13 formula berkisar pada 2,25 – 4,77 % nilai tersebut lebih baik dibanding tanpa adanya penambahan bahan penyalut yaitu sebesar 6,4694%. Semakin tinggi nilai kadar air menunjukkan kadar air yang tidak diinginkan berdasarkan SNI 01-4320-1996 kadar air pada minuman serbuk yaitu memiliki kadar air pada taraf 3,0-5,0 %.

Berdasarkan penurunan kadar air dapat dikatakan bahwa bahwa semakin tinggi konsentrasi bahan penyalut yang terdapat pada emulsi, kadar air dari produk yang dihasilkan juga semakin rendah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Saikia et al. (2015) yang menunjukkan bahwa mikrokapsul dengan rasio bahan inti dan bahan penyalut pada 1:10 memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dengan mikrokapsul dengan rasio 1:20.

Kadar air merupakan parameter utama dalam penentuan kualitas produk kering mikrokapsul berhubungan dengan

daya tahan dan daya simpan produk (Desmawarni, 2007). Kadar air yang rendah pada mikrokapsul membuatnya lebih tahan terhadap kerusakan mikrobiologis maupun kerusakan akibat hidrolisis minyak yang terkandung di dalam mikroenkapsulasi (Simanjuntak, 2007).

Madu *trigona* memiliki karakteristik seperti lebih encer dan berwarna coklat amber. Rasa dari madu *trigona* cenderung lebih asam karena memiliki pH 3,05-4,55. Kadar air dari madu lebih banyak yaitu berkisar 30-35 %.

B. Respon Fisik

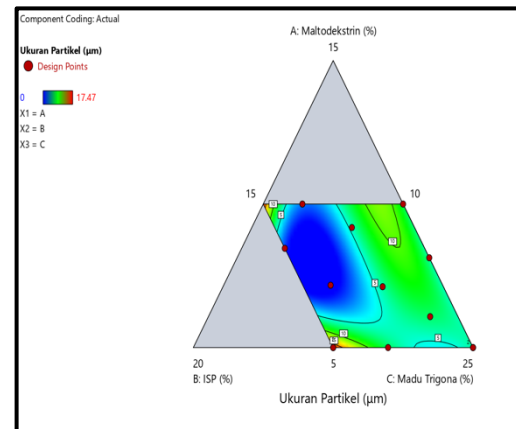
1. Ukuran Partikel

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) diperoleh nilai p "prob>F" pada model *special quartic vs Quadratic* yaitu 0,0014 (lebih kecil dari 0,05) yang menunjukkan 13 formulasi signifikan terhadap respon ukuran partikel.

Tabel 11. Hasil Analisis Ukuran Partikel

| KODE SAMPEL | PARTIKEL SIZE |
|-------------|----------------------|
| A1 | 6,048 μm |
| A2 | 5,580 μm |
| A3 | 6,462 μm |
| A4 | 6,903 μm |
| A5 | 17,470 μm |
| A6 | 6,541 μm |
| A7 | 0 |
| A8 | 7,297 μm |
| A9 | 0 |
| A10 | 5,243 μm |
| A11 | 2,984 μm |
| A12 | 6,048 μm |
| A13 | 17,470 μm |

Nilai *R-square* pada respon ukuran partikel 0,9882. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variabel bebas dalam hal ini A (Maltodekstrin), B (*Isolate Protein*) dan C (Madu *trigona*) memiliki pengaruh sebesar 98,82% terhadap variabel terikatnya yakni respon ukuran partikel dan sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain di luar variabel bebas.



Gambar 8. Grafik Contour Plot Respon Ukuran Partikel

Hasil analisis ukuran partikel dan dilihat berdasarkan Grafik Contour Plot dan 3D Surface Plot dengan model ordo *Sp Quartic vs Quadratic* menunjukkan daerah grafik merah cenderung mengarah ke variabel isolate protein dan maltodekstrin dengan rata-rata ukuran partikel pada 13 formula berkisar pada 2,984 – 17,470 μm nilai ukuran partikel akan semakin tinggi dengan dipengaruhi oleh besarnya jumlah konsentrasi bahan penyalut. Bahan dapat dikatakan mikro partikel apabila bahan tersebut berukuran 2-5000 μm (Jyothi., et al. 2010).

Ukuran partikel mempunyai peran penting dalam mikroenkapsulasi karena dapat mempengaruhi stabilitas partikel, bioavailabilitas bahan aktif, karakteristik pelepasan. Proses pembentukan ukuran mikroenkapsulasi dalam penelitian ini menggunakan homogenizer *ultra turrax*.

Kecepatan homogenizer yang digunakan sebesar 10.000 rpm selama 30 menit. Salah satu faktor yang memengaruhi ukuran partikel suatu bahan adalah kecepatan agitasi. Semakin tinggi kecepatan agitasi maka semakin kecil dan seragam ukuran partikel yang terbentuk.

Selain itu bahan penyalut yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *isolat protein* dan maltodekstrin adalah dua bahan yang digunakan dalam proses mikroenkapsulasi. Kedua bahan tersebut memiliki peran penting dalam ukuran partikel mikroenkapsulasi, *isolat protein* dapat membantu meningkatkan stabilitas partikel dan mengontrol ukuran partikel dengan membentuk film yang homogen serta mampu memperkuat struktur partikel dengan mencegah kerusakan atau retakan pada partikel selama proses produksi dan penyimpanan, sedangkan maltodekstrin dapat membantu meningkatkan viskositas larutan dan mencegah partikel dari penggumpalan. Selain itu, maltodekstrin dapat membantu melindungi bahan aktif dari kelembaban dan oksidasi selama proses produksi dan penyimpanan, sehingga dapat meningkatkan stabilitas partikel.

C. Formula Terpilih

Formula terpilih merupakan solusi atau formulasi optimal yang diprediksikan oleh *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal* berdasarkan analisis terhadap respon kimia (kadar antioksidan dan kadar air), respon fisik (ukuran partikel)

Proses optimasi formula dilakukan untuk mendapatkan suatu formula dengan respon yang paling optimal. Respon yang paling optimal diperoleh dengan nilai *desirability* mendekati 1.

Tahap optimalisasi yang dilakukan memberikan sembilan solusi formula dengan nilai *desirability* masing-masing

1 ; 1 ; 1 ; 0,960 ; 0,898 ; 0,642 ; 0,545 ; 0,283. Solusi formula optimal tersebut didapatkan dari hasil *running* program *Design Expert* ver. 13 terhadap 13 formula yang kemungkinan akan memberikan hasil yang optimal. Berdasarkan solusi formula tersebut, dipilih formula yang memberikan nilai-*desirability* tinggi yang kemudian akan direkomendasikan oleh program *Design Expert* ver. 13.

Hasil analisis yang dilakukan terhadap kesembilan solusi yang direkomendasikan oleh aplikasi *Design Expert* ver. 13, dipilih satu formula paling optimal dengan nilai *desirability* mendekati satu (1) yaitu solusi 1 yang memiliki formula 6,572% maltodekstrin, 13,239% *isolate protein*, dan 20,189% Madu *trigona*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan program *Design Expert* ver. 13.0 metode *Mixture D-Optimal* dapat menentukan formulasi optimal terhadap karakteristik mikroenkapsulasi ekstrak biji ketumbar. Respon yang berpengaruh terhadap 13 formulasi yang dijadikan model awal yaitu kadar antioksidan, kadar air, dan ukuran partikel.
2. Berdasarkan hasil optimasi, diperoleh satu formulasi optimal yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* ver. 13.0 metode *Mixture D-Optimal* yang memiliki nilai *desirability* 1 yaitu terdiri atas kombinasi 6,572% maltodekstrin, 13,239% *isolate protein*, 20,189% madu *trigona* sebagai variabel tidak tetap

Saran

1. Perlu adanya pengamatan mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan alat *Scanning Elekton Microscopy* (SEM) untuk melihat penampakan luar dari bubuk mikroenkapsulasi yang berhubungan dengan pelepasan laju bahan aktif pada mikroenkapsulasi ekstrak biji ketumbar.
2. Perlu adanya perbandingan suhu pada proses pembuatan mikroenkapsulasi ekstrak biji ketumbar agar dapat diketahui suhu mana yang terbaik dalam menghasilkan aktivitas antioksidan.
3. Perlu adanya perbandingan suhu pada proses pembuatan mikroenkapsulasi ekstrak biji ketumbar agar dapat diketahui suhu mana yang terbaik dalam menghasilkan aktivitas antioksidan.

DAFTAR PUSTAKA

- Burlando, B., & Cornara, L. 2013. **Madu dalam dermatologi dan perawatan kulit.** ulasan. *J Cosmet Dermatol*, 12(4), 306-313.
- Baena, C. M., Foxwill, M., Wright, D., and Villamiz, L., 2019 **Microencapsulation of Rhizobium Leguminosarum Bv . Trifolii with Guar Gum : Preliminary Approach Using Spray Drying,** *Journal of Biotechnology*, 302. February, 32– 41
- Chen, L., J. Chen, J. Ren, dan M. Zhao. 2011. **Modifications of soy protein isolates using combined extrusion pre-treatment and controlled enzymatic hydrolysis for improved emulsifying properties.** *Food Hydrocolloid Journal*. 25: 887-897
- Desmawarni. 2007. **Pengaruh komposisi bahan penyalut dan kondisi spray drying terhadap karakteristik mikrokapsul oleoresin jahe.** Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Eteraf-Oskouei, T., & Najafi, M. 2013. **Penggunaan madu alami tradisional dan modern pada penyakit manusia.** ulasan. *Iran J Basic Med Sci*, 16(6), 731-742.
- Fasikhathun, T. 2010. **Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin dan Gum Arab Terhadap Karakteristik Mikroenkapsulat Minyak Sawit Merah dengan Metode Spray Drying.** Skripsi. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor
- Jalil, M., Kasmuri, A., dan Hadi, H. 2017. **Stingless bee honey, the natural wound healer.** a review. *Skin Pharmacology and Physiology* 30: 66-75.
- Laribi, B., Kouki, K., M'Hamdi, M., & Bettaieb, T. 2015. **Ketumbar (Coriandrum sativum L.) dan konstituen bioaktifnya.** *Fitoterapi*, 103, 9-26.
- Wangensteen, H., Samuelsen, A.B., Malterud, K.E. 2004. **Antioxidant activity in extracts from coriander.** *Food Chem*, 88:293–297
- Wathoni, N., Shan, C.Y., Shan, W.Y., Rostianawati, T., Indradi, R.B., Pratiwi, R., and Muchtaridi, M. 2019. **Characterization and Antioxidant Activity of Pectin from Indonesian Mangosteen (Garcinia Mangostana L .) Rind,** Heliyon.