



**OPTIMASI PROSES PEMBUSAAN PADA PRODUKSI SERBUK  
BUNGA MAWAR (*Rosa hybrida* L.) FUNGSIONAL BERBASIS  
TEKNOLOGI *FOAM MAT DRYING* MENGGUNAKAN  
*RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Anggie Zahra Erdian Tahira**  
**221710301008**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
JEMBER  
2026**



**OPTIMASI PROSES PEMBUSAAN PADA PRODUKSI SERBUK  
BUNGA MAWAR (*Rosa hybrida* L.) FUNGSIONAL BERBASIS  
TEKNOLOGI *FOAM MAT DRYING* MENGGUNAKAN  
*RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)**

*Diajukan untuk memenuhi tugas akhir sebagai persyaratan memperoleh gelar  
Sarjana pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian*

**SKRIPSI**

Oleh  
**Anggie Zahra Erdian Tahira**  
**221710301008**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
JEMBER  
2026**

### LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan atas berkat dan nikmat yang Allah SWT berikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan tepat waktu. Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mempersembahkan tugas akhir ini kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, ibu Erni Tri Purna Astutik, S.Pd. dan Bapak Martinus Untardianto, S.Pd. yang telah mendidik dan bertanggung jawab serta selalu memberikan dukungan dan doa terbaik bagi anak anaknya;
2. Kakak dan Adik saya, Anisa Erdian Pratiwi, S.Tr.T. dan Affan Febriano Erdian Adinata yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan perkuliahan;
3. Dosen Pembimbing, Bapak Andi Eko Wiyono, S.TP., M.P. yang telah membimbing saya dalam menyusun tugas akhir dengan sabar hingga dapat terselesaikan dengan baik;
4. Dosen Penguji, Dr. Nita Kuswardhani, S.TP., M.Eng. IPM dan Dr. Bambang Herry Purnomo, S.TP., M.Si yang telah memberikan ilmu dan arahan dalam menyusun tugas akhir hingga dapat terselesaikan dengan baik;
5. Dosen Pembimbing Akademik, Dr. Eka Ruriani, S.TP, M.Si. yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi selama masa perkuliahan hingga masa akhir studi;
6. Seluruh jajaran dosen dan civitas akademika Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember yang telah membekali saya ilmu pengetahuan, bimbingan, dan pelayanan terbaik selama menempuh masa perkuliahan;
7. Teman-teman Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Jember, angkatan 2022 yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan doa selama masa perkuliahan;
8. Sahabat seperjuangan serta orang terkasih, khususnya Yeni, Indri, Nadia, Rere, Dera, Aini, dan Reno yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan semangat dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

**MOTTO**

“Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik pelindung.”

(Q.S. Ali ‘Imran: 173)<sup>1</sup>



---

<sup>1</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2019. Al-Quran dan Terjemahannya. Q.S. Ali ‘Imran: 173

**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Angie Zahra Erdian Tahira

NIM : 221710301008

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Optimasi Proses Pembusaan pada Produksi Serbuk Bunga Mawar (*Rosa hybrida* L.) Fungsional Berbasis Teknologi *Foam Mat Drying* Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM)” adalah benar benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juni 2026

Yang menyatakan,



Angie Zahra Erdian Tahira

221710301008

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “Optimasi Proses Pembusaan pada Produksi Serbuk Bunga Mawar (*Rosa hybrida* L.) Fungsional Berbasis Teknologi *Foam Mat Drying* Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM)” telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 17 Juni 2026

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

### Pembimbing

#### 1. Pembimbing Utama

Nama : Andi Eko Wiyono, S.TP., M.P.

NIP : 198512012019031007

Tanda Tangan,

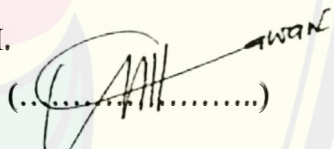
  
(.....)

### Penguji

#### 1. Penguji Utama

Nama : Dr. Nita Kuswardhani, S.TP., M.Eng., IPM.

NIP : 197107311997022001

  
(.....)

#### 2. Penguji Anggota

Nama : Dr. Bambang Herry Purnomo, S.TP., M.Si.

NIP : 197505301999031002

  
(.....)

**ABSTRACT**

*Rose flower (Rosa hybrida L.) is a plant rich in bioactive compounds such as flavonoids, essential oils, and anthocyanins. These compounds make rose flowers a potential raw material for natural-based functional products, one of which is rose flower powder. This study aimed to determine the optimum foam formation conditions in the foam mat drying process in order to obtain the optimum formulation for producing rose flower powder. Optimization was carried out by evaluating the effects of albumin concentration, CMC concentration, and whipping time using the Response Surface Methodology (RSM) with a Box-Behnken Design (BBD). The factors used included albumin concentration (2–6%), CMC concentration (0.1–0.5%), and whipping time (2–8 minutes). The response parameters observed were foam stability, foam density, and foam expansion. The results showed that the optimum foam formation condition for producing rose flower powder was obtained at an albumin concentration of 6%, CMC concentration of 0.1%, and whipping time of 2,903 minutes with a desirability value of 0.996. These optimum conditions produced foam characteristics with foam stability of 100%, foam density of 0.257 g/mL, and foam expansion of 335.785%. Rose flowers that underwent the foaming process under optimum conditions were then dried and produced physicochemical characteristics with a moisture content of 1.02%, chroma value of 25.05 (bright), hue° of 9.75° (reddish purple), total anthocyanin content of 69.38 mg/L, and total phenolic content of 51.69 mg GAE/g.*

**Keywords:** *Rose flower, Optimum condition, Foam Mat Drying, Response Surface Methodology (RSM)*

## RINGKASAN

**Optimasi Proses Pembusaan pada Produksi Serbuk Bunga Mawar (*Rosa hybrida* L.) Fungsional Berbasis Teknologi *Foam Mat Drying* Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM);** Anggie Zahra Erdian Tahira, 221710301008; 2026; 66 halaman, Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Bunga mawar (*Rosa hybrida* L.) merupakan tanaman yang kaya akan kandungan senyawa aktif, seperti flavonoid, minyak atsiri dan antosianin. Hal tersebut menjadikan bunga mawar sebagai bahan baku beberapa produk fungsional berbasis alami. Antosianin merupakan pigmen alami yang memberikan warna merah khas sekaligus memiliki aktivitas antioksidan tinggi pada bunga mawar. Kandungan senyawa yang tinggi tersebut mudah mengalami kerusakan sehingga perlu segera diolah menjadi sumber bahan fungsional. Teknologi *Foam Mat Drying* (FMD) menjadi alternatif pengolahan dengan mengubah bahan cair menjadi busa yang kemudian dikeringkan hingga menjadi granula atau serbuk instan dengan waktu pengeringan yang lebih singkat. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formulasi optimal antara konsentrasi albumin, konsentrasi CMC, dan waktu pengocokan (*whipping time*) terhadap respons stabilitas busa, densitas busa, dan ekspansi busa menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan evaluasi dan optimasi formulasi yang ditentukan oleh aplikasi *Design Expert* 13 menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan rancangan *Box Behnken Design* (BBD). Hasil studi literasi berdasarkan penelitian terdahulu terdapat batas minimum dan maksimum tiap faktor. Konsentrasi albumin (A1) sebesar 2-6%, konsentrasi CMC (A2) sebesar (0,1-0,5%), dan waktu pengocokan (A3) selama (2-8 menit). Parameter respons yang diamati yaitu stabilitas busa, densitas busa, dan ekspansi busa.

Hasil penelitian yang telah dilakukan, formulasi optimum yang terpilih yaitu pada konsentrasi albumin 6%, konsentrasi CMC 0,1%, dan waktu pengocokan selama 2,903 menit. Formulasi optimum tersebut memiliki nilai *desirability* sebesar

0,996. Kondisi optimum tersebut menghasilkan karakteristik busa dengan nilai stabilitas busa sebesar 100%, densitas busa sebesar 0,257 g/mL, dan ekspansi busa sebesar 335,785%. Bunga mawar yang telah melalui proses pembusaan akan dilakukan pengeringan hingga diperoleh serbuk bunga mawar. Hasil karakteristik fisikokimia pada serbuk bunga mawar didapatkan kadar air sebesar 1,02%, nilai *Chroma* (C\*) 25,05 cerah, nilai warna *hue* (h°) sebesar 9,75° menunjukkan warna merah keunguan, total kandungan antosianin 69,38 mg/L, dan total kandungan fenol sebesar 51,69 mg GAE/g.



## PRAKATA

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Proses Pembusaan pada Produksi Serbuk Bunga Mawar (*Rosa hybrida L.*) Fungsional Berbasis Teknologi *Foam Mat Drying* Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM)” dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan S1 untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, semangat, dan dukungan baik moral maupun material kepada penulis;
2. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., I.P.M., ASEAN Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
3. Dr. Nita Kuswardhani, S.TP., M.Eng. IPM selaku Koordinator program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
4. Bapak Andi Eko Wiyono, S.TP., M.P. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, ilmu, motivasi dan bimbingan selama proses penelitian;
5. Dr. Nita Kuswardhani, S.TP., M.Eng. IPM selaku dosen penguji utama dan Dr. Bambang Herry Purnomo, S.TP., M.Si selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan arahan dan masukan selama menyelesaikan tugas akhir;
6. Dr. Eka Ruriani, S.TP, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan, perhatian, serta dukungan selama masa perkuliahan;
7. Seluruh dosen pengampu mata kuliah dan tenaga kependidikan Program Studi Teknologi Industri Pertanian yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa perkuliahan;

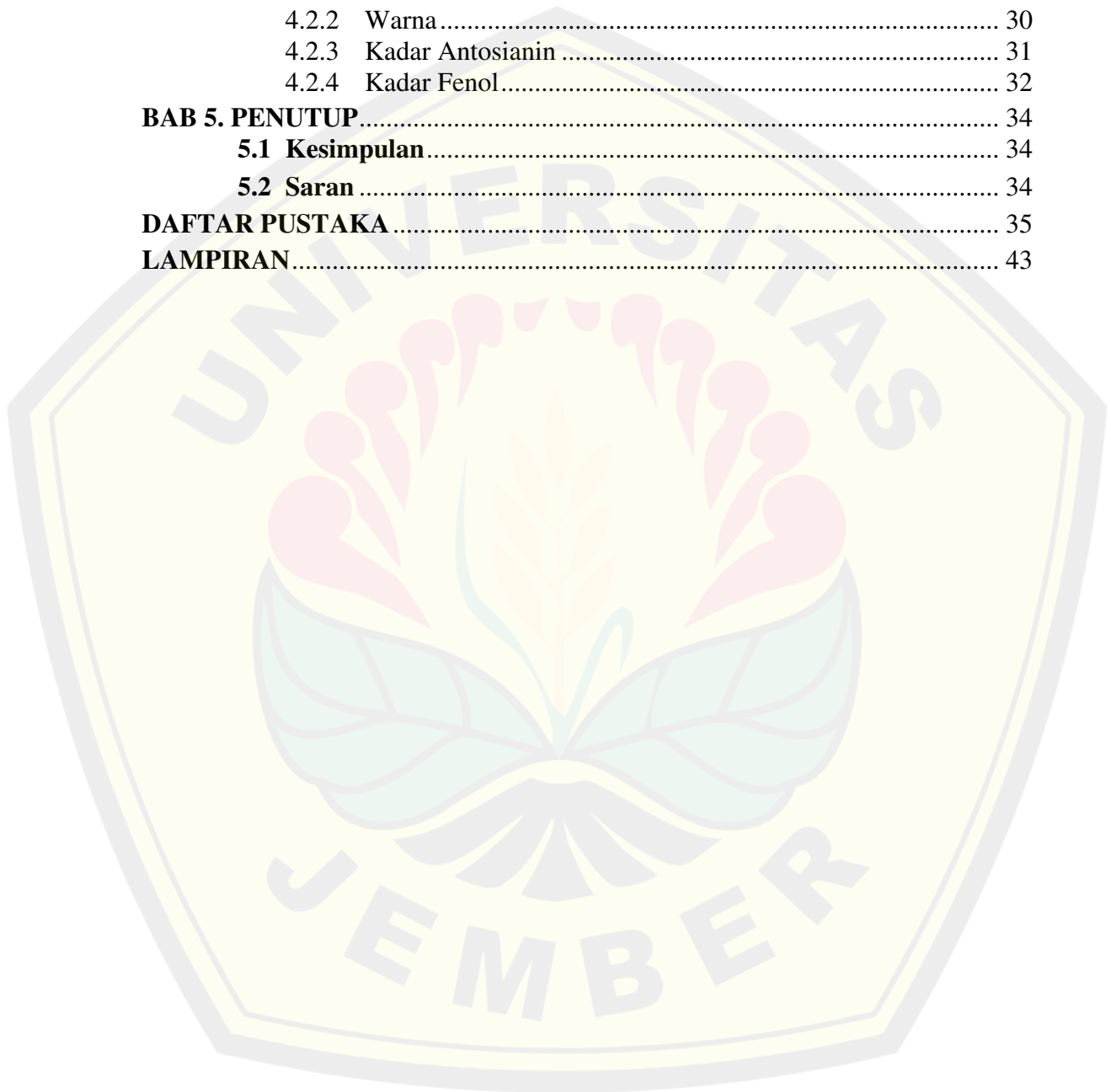
8. Seluruh teman-teman Program Studi Teknologi Industri Pertanian angkatan 2022 yang telah memberikan semangat, motivasi, dukungan, dan bantuan selama masa perkuliahan;
9. Sahabat sekaligus orang terkasih, Yeni, Indri, Nadia, Rere, Dera, Aini, dan Reno, yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan perhatian serta menemani penulis di setiap proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuan yang telah diberikan selama penelitian ini berlangsung;

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dengan balasan yang terbaik. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan guna menjadi bahan evaluasi dan perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta bagi perkembangan ilmu pengetahuan selanjutnya.

## DAFTAR ISI

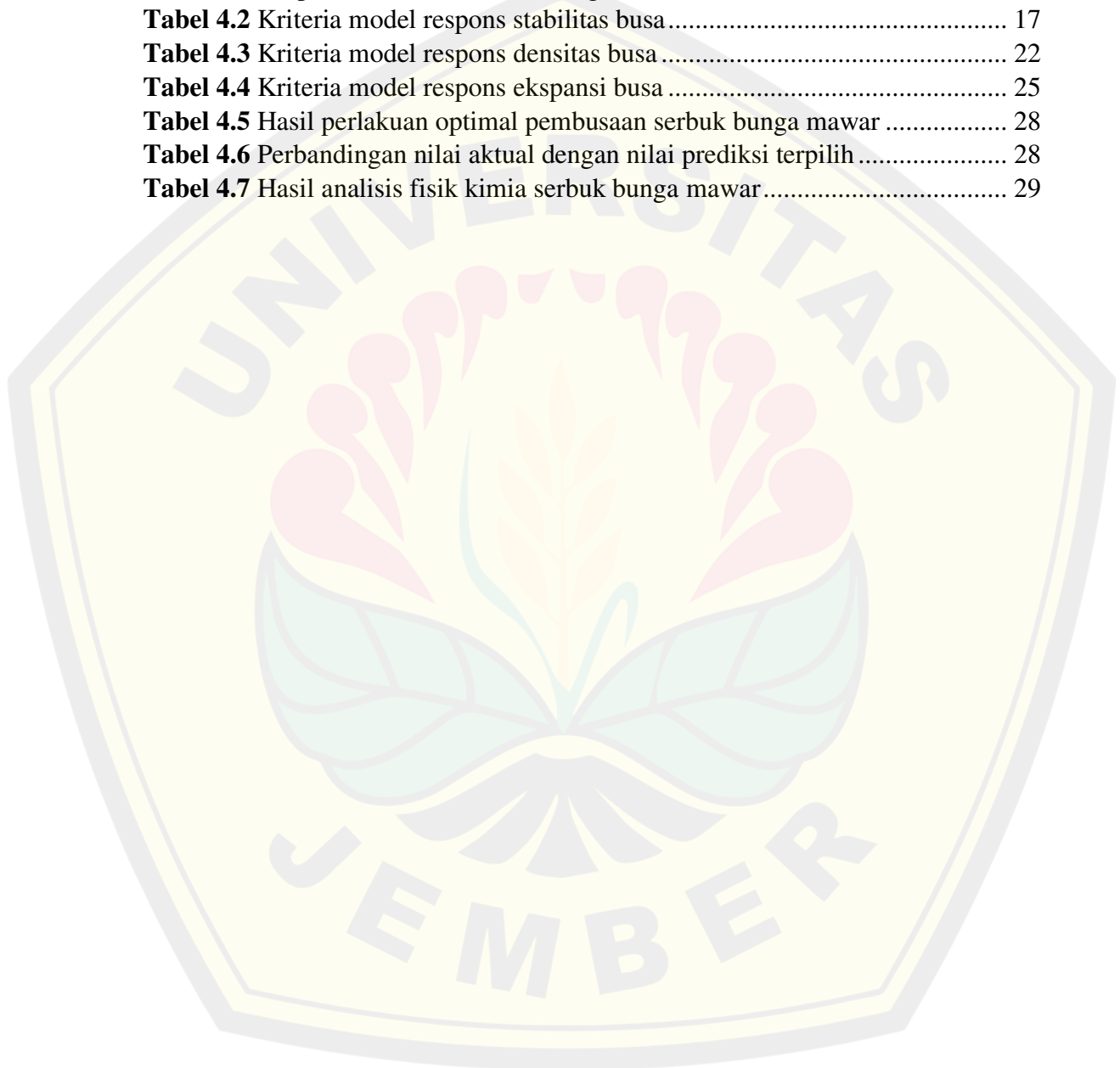
|                                                       |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                            | i    |
| <b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....                       | iii  |
| <b>MOTTO</b> .....                                    | iv   |
| <b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....                  | v    |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....                      | vi   |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                 | vii  |
| <b>RINGKASAN</b> .....                                | viii |
| <b>PRAKATA</b> .....                                  | x    |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                               | xii  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                             | xiv  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                            | xv   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                          | xvi  |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....                       | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                               | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                             | 4    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                            | 4    |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                           | 4    |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                  | 5    |
| 2.1 Bunga Mawar .....                                 | 5    |
| 2.2 Antosianin Bunga Mawar .....                      | 6    |
| 2.3 <i>Foam Mat Drying</i> .....                      | 7    |
| 2.4 <i>Response Surface Methodology (RSM)</i> .....   | 9    |
| 2.5 Penelitian Terdahulu .....                        | 10   |
| <b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....             | 12   |
| 3.1 Waktu dan Tempat .....                            | 12   |
| 3.2 Alat dan Bahan.....                               | 12   |
| 3.2.1 Alat.....                                       | 12   |
| 3.2.2 Bahan .....                                     | 12   |
| 3.3 Rancangan Penelitian .....                        | 12   |
| 3.4 Tahapan Penelitian .....                          | 13   |
| 3.4.1 Persiapan Sampel .....                          | 14   |
| 3.4.2 Proses Pembusaan Bunga Mawar .....              | 14   |
| 3.4.3 Proses Pengeringan <i>Foam Mat Drying</i> ..... | 14   |
| 3.4.4 Analisis Optimasi.....                          | 15   |
| 3.5 Parameter Pengujian.....                          | 15   |
| 3.5.1 Parameter Optimasi.....                         | 15   |
| 3.5.2 Parameter Penunjang.....                        | 15   |
| 3.6 Analisis Data.....                                | 15   |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                         | <b>16</b> |
| <b>4.1 Optimasi Proses Pembusaan.....</b>                        | <b>16</b> |
| 4.1.1 Analisis Respons .....                                     | 16        |
| 4.1.2 Penentuan Hasil Optimasi Pembusaan.....                    | 27        |
| 4.1.3 Verifikasi Data Optimasi Pembusaan .....                   | 28        |
| <b>4.2 Karakteristik Fisik dan Kimia Serbuk Bunga Mawar.....</b> | <b>29</b> |
| 4.2.1 Kadar Air.....                                             | 29        |
| 4.2.2 Warna .....                                                | 30        |
| 4.2.3 Kadar Antosianin .....                                     | 31        |
| 4.2.4 Kadar Fenol.....                                           | 32        |
| <b>BAB 5. PENUTUP.....</b>                                       | <b>34</b> |
| <b>5.1 Kesimpulan.....</b>                                       | <b>34</b> |
| <b>5.2 Saran .....</b>                                           | <b>34</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                      | <b>35</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                             | <b>43</b> |



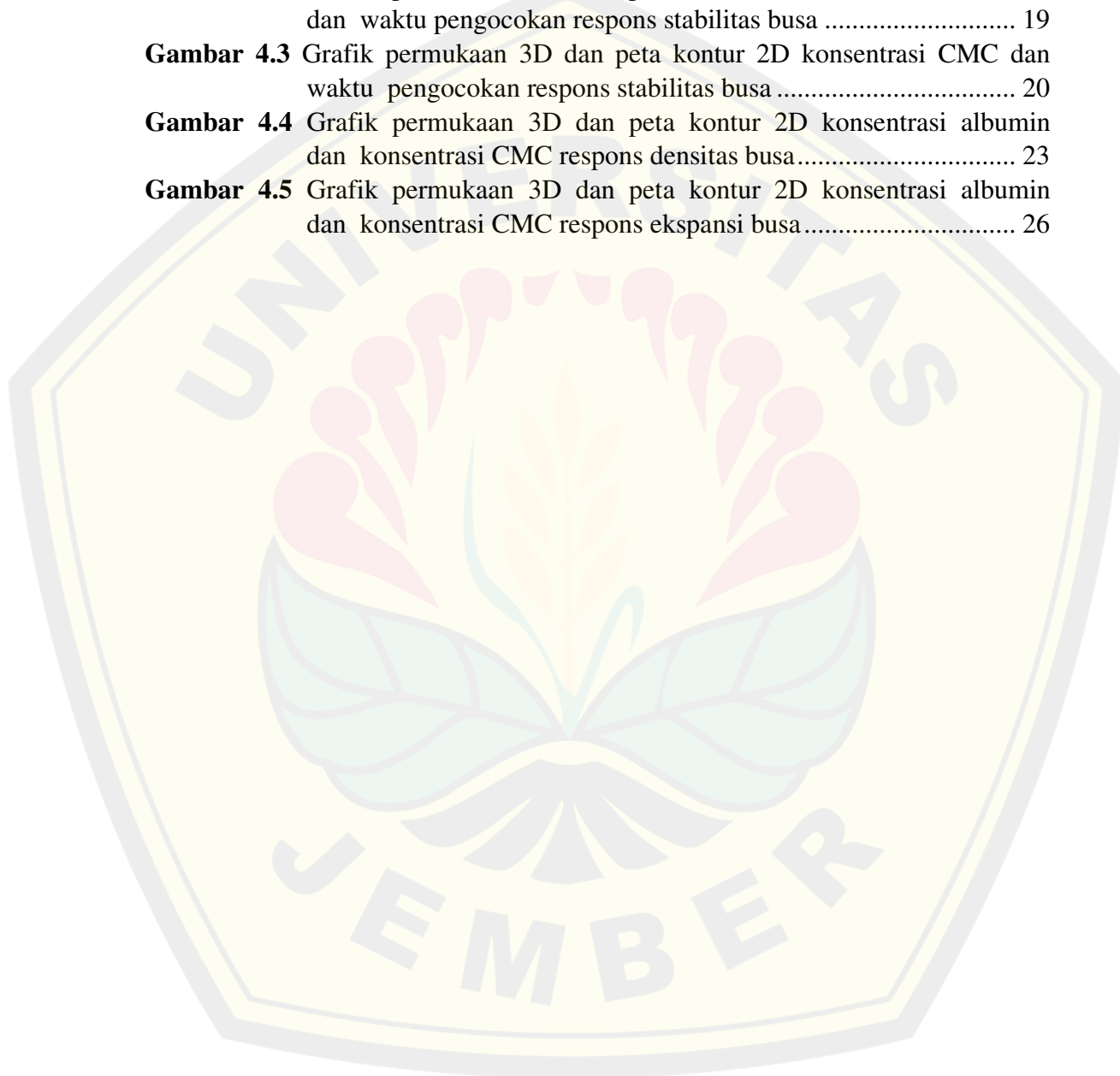
## DAFTAR TABEL

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Nilai hue dan daerah kisaran warna kromatisitas.....           | 7  |
| <b>Tabel 2.2</b> Syarat mutu minuman serbuk tradisional.....                    | 9  |
| <b>Tabel 3.1</b> Variabel pengujian agen pembusa.....                           | 13 |
| <b>Tabel 3.2</b> Optimasi variabel pengujian.....                               | 13 |
| <b>Tabel 4.1</b> Respons formulasi serbuk bunga mawar.....                      | 16 |
| <b>Tabel 4.2</b> Kriteria model respons stabilitas busa.....                    | 17 |
| <b>Tabel 4.3</b> Kriteria model respons densitas busa.....                      | 22 |
| <b>Tabel 4.4</b> Kriteria model respons ekspansi busa.....                      | 25 |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil perlakuan optimal pembusaan serbuk bunga mawar .....     | 28 |
| <b>Tabel 4.6</b> Perbandingan nilai aktual dengan nilai prediksi terpilih ..... | 28 |
| <b>Tabel 4.7</b> Hasil analisis fisik kimia serbuk bunga mawar.....             | 29 |



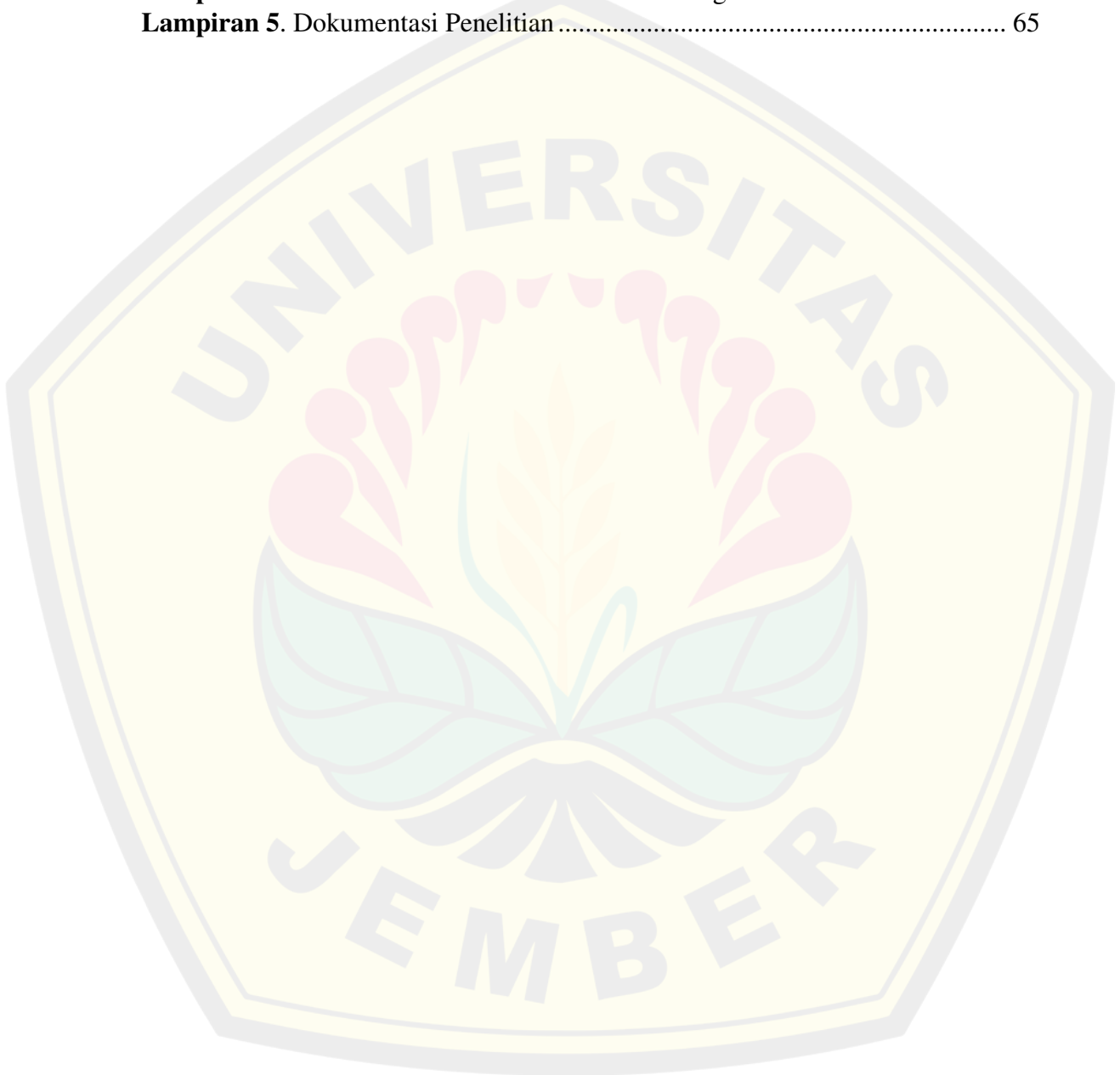
## DAFTAR GAMBAR

|                   |                                                                                                               |    |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> | Model persamaan CCD dan BBD.....                                                                              | 10 |
| <b>Gambar 4.1</b> | Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC respons stabilitas busa .....  | 18 |
| <b>Gambar 4.2</b> | Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi albumin dan waktu pengocokan respons stabilitas busa ..... | 19 |
| <b>Gambar 4.3</b> | Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi CMC dan waktu pengocokan respons stabilitas busa .....     | 20 |
| <b>Gambar 4.4</b> | Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC respons densitas busa.....     | 23 |
| <b>Gambar 4.5</b> | Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC respons ekspansi busa.....     | 26 |



**DAFTAR LAMPIRAN**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Lampiran 1.</b> Diagram Alir Penelitian .....                          | 43 |
| <b>Lampiran 2.</b> Tahapan Analisis.....                                  | 46 |
| <b>Lampiran 3.</b> Perhitungan Analisis Pembusaan Serbuk Bunga Mawar..... | 50 |
| <b>Lampiran 4.</b> Hasil Analisis Pembusaan Serbuk Bunga Mawar.....       | 59 |
| <b>Lampiran 5.</b> Dokumentasi Penelitian .....                           | 65 |



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan bunga tropis melimpah yang memiliki nilai estetika dengan segudang manfaat fungsional. Beragam jenis bunga hias di Indonesia tidak hanya dimanfaatkan sebagai tanaman hias, tetapi juga sebagai sumber bahan alami. Salah satu bunga dengan potensi besar adalah bunga mawar (*Rosa hybrida L.*) yang dikenal dengan keindahannya dan nilai ekonominya yang tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Statistik (BPS, 2025), produksi bunga mawar di daerah Jember tercatat mencapai 2.824.301 tangkai, menunjukkan bahwa bunga ini dibudidayakan dan menjadi komoditas hortikultura yang potensial.

Peran bunga mawar selain sebagai tanaman hias juga digunakan sebagai bunga tabur dan bahan industri kosmetik. Kandungan bunga mawar yang kaya akan senyawa bioaktif, seperti minyak atsiri dan antosianin menjadikan bunga mawar bahan baku berpotensi tinggi (Imran, 2023). Kelopak bunga mawar memiliki kandungan kadar antosianin tinggi dengan nilai 71,37 mg/L dengan karakteristik warna merah pekat (Kumari *et al.*, 2017). Meskipun memiliki kandungan senyawa bioaktif yang tinggi, bunga mawar termasuk bahan yang mudah mengalami kerusakan setelah dipanen. Kadar air yang tinggi menyebabkan bunga mengalami pelayuan, perubahan warna, dan penurunan mutu selama penyimpanan. Kondisi tersebut juga dapat mempercepat kerusakan antosianin yang diketahui mudah mengalami degradasi akibat paparan suhu tinggi, oksigen, dan perubahan pH sehingga menyebabkan penurunan intensitas warna.

Pemanfaatan bunga mawar yang dapat dilakukan untuk meningkatkan umur simpan bunga mawar sekaligus mempertahankan kandungan aktifnya adalah dengan mengolah dalam bentuk serbuk. Produk serbuk akan memberikan keunggulan kadar air yang lebih rendah, mudah disimpan, dan memungkinkan senyawa bioaktif lebih stabil selama penyimpanan. Serbuk bunga mawar berpotensi dimanfaatkan sebagai pewarna alami pada produk makanan maupun produk pangan fungsional lainnya. Salah satu metode pengeringan yang efektif untuk mempertahankan kandungan senyawa aktif dan kualitas warna adalah metode *foam*

*mat drying*. Metode pengeringan ini akan mengubah bahan cair menjadi busa yang kemudian dikeringkan hingga menjadi granula atau serbuk instan dengan luas permukaan yang besar sehingga mempercepat perpindahan panas dan massa selama pengeringan (Fortin *et al.*, 2021). Penelitian Buljat *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa *foam mat drying* merupakan metode pengeringan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan *freeze drying* dan *spray drying* karena menghasilkan serbuk dengan kualitas baik dengan biaya proses yang lebih rendah, dan waktu pengeringan yang lebih singkat untuk mempertahankan karakteristik dan senyawa bioaktif pada suhu 50-60°C.

Keberhasilan proses *foam mat drying* dipengaruhi oleh kualitas busa yang terbentuk sebelum proses pengeringan. Kualitas busa tersebut ditentukan oleh beberapa faktor, seperti konsentrasi agen pembusa, bahan penstabil, waktu pengocokan. Agen pembusa yang umum digunakan yaitu albumin dari putih telur karena memiliki kandungan protein yang dapat membentuk lapisan tipis sekitar gelembung udara. Albumin akan menciptakan struktur busa yang stabil untuk mempertahankan bentuk dan mempercepat proses pengeringan (Djaeni *et al.*, 2016). Selain itu, penambahan bahan penstabil lainnya seperti *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) berperan dalam peningkatan viskositas dengan adanya hidrofobik CMC akan memperkuat dinding gelembung yang menyebabkan struktur busa agar tidak mudah runtuh (Asokapandian *et al.*, 2016). Penggunaan maltodekstrin 10% sebagai bahan pengisi (*carrier agent*) yang berfungsi meningkatkan total padatan, mengurangi sifat lengket selama proses pengeringan (Abidin *et al.*, 2019). Keberhasilan pembentukan busa tidak hanya dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi bahan yang digunakan, tetapi juga variasi waktu pengocokan (*whipping time*) yang berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisik busa dan warna serbuk (Tan & Sulaiman, 2020).

Penelitian mengenai pembuatan serbuk metode *foam mat drying* cukup banyak dipublikasikan. Namun, mengenai optimasi proses pembentukan busa pada bunga mawar menggunakan kombinasi konsentrasi albumin, konsentrasi CMC, dan waktu pengocokan masih sangat terbatas. Penelitian Tan & Sulaiman., (2020) melaporkan bahwa penambahan albumin sebesar 15% mampu menghasilkan busa

dengan tingkat ekspansi tinggi dan densitas yang rendah pada produksi serbuk bunga sepatu. Sejalan dengan penelitian tersebut, Asokapandian *et al.*, (2016) penggunaan CMC sebesar 0,53% dengan waktu pengocokan 5 menit menghasilkan stabilitas busa yang optimal pada produksi serbuk melon. Kandungan antosianin dapat terjaga pada pembentukan busa dengan kepadatan optimum 0,25 g/mL dan volume ekspansi tinggi 298,12% (Thuy *et al.*, 2022). Hasil tersebut menunjukkan bahwa optimasi konsentrasi agen pembusa dan waktu pengocokan merupakan faktor penting dalam memperoleh kualitas produk *foam mat drying* yang optimal.

Kualitas serbuk yang dihasilkan melalui metode *foam mat drying* dipengaruhi oleh karakteristik busa yang terbentuk, meliputi stabilitas busa, densitas busa, dan ekspansi busa. Karakteristik tersebut akan membentuk struktur berpori yang mampu meningkatkan laju penguapan air selama proses pengeringan (Sifat *et al.*, 2021). Struktur busa dengan rongga udara serta permukaan yang berkembang dengan baik akan meningkatkan kualitas produk akhir pada proses *foam mat drying* (Pasban *et al.*, 2022). Kondisi tersebut mendasari penentuan variabel yang dioptimasi dalam penelitian ini, yaitu diperlukan optimasi terhadap konsentrasi albumin, CMC, dan waktu pengocokan (*whipping time*). Penentuan kondisi optimum proses, diperlukannya metode statistik menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Metode ini akan membantu dalam penentuan kombinasi parameter dengan mempertimbangkan berbagai faktor, dengan tujuan memperoleh kondisi optimal (Lalong *et al.*, 2025). Optimasi ini bertujuan menghasilkan serbuk bunga mawar dengan karakteristik mutu berdasarkan kadar air, warna, kadar antosianin, dan kadar fenol. Produk serbuk bunga mawar yang dihasilkan diharapkan memenuhi persyaratan SNI 01-4320-1996 mengenai serbuk minuman tradisional dengan kualitas yang baik dan memenuhi standar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi optimum proses pembusaan pada konsentrasi albumin, CMC, dan *whipping time* pada metode *foam mat drying* bunga mawar?
2. Bagaimana karakteristik fisik dan kimia serbuk bunga mawar pada kondisi pembusaan optimum?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi optimum proses pembusaan pada konsentrasi albumin, CMC, dan *whipping time* pada metode *foam mat drying* bunga mawar
2. Mengetahui karakteristik fisik dan kimia serbuk bunga mawar pada kondisi pembusaan optimum

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian yang dilakukan, dapat diperoleh manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai pemanfaatan bunga mawar sebagai serbuk alami yang aman dan ramah lingkungan
2. Menghasilkan solusi inovatif dalam pengolahan bunga mawar menjadi serbuk alami melalui teknologi *foam mat drying*
3. Menjadi referensi bagi industri berbasis bahan alami, khususnya dalam pengembangan produk serbuk alami dengan kualitas yang terjaga.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bunga Mawar

Bunga mawar (*Rosa hybrida* L.) merupakan jenis bunga yang banyak diminati masyarakat dikarenakan memiliki warna dan aroma yang menyegarkan. Tanaman mawar memiliki daun berbentuk lonjong yang tersusun sebagai daun majemuk, dengan panjang sekitar 3 hingga 5 cm. Kelopak bunganya berbentuk menyerupai lonceng sepanjang 2,5 cm dan terdiri atas 4 hingga 5 helai. Kelopak ini merupakan bagian yang paling mencolok karena memiliki variasi warna yang menarik, seperti putih, merah, hingga merah muda (Muzaki *et al.*, 2021). Jenis bunga mawar memiliki variasi warna yang beragam, mulai dari putih hingga merah. Tanaman ini tergolong produktif dengan potensi hasil mencapai 1,2 hingga 2,8 juta kuntum per hektar setiap tahunnya (Kurniawati, 2017). Hal ini menyebabkan bunga mawar menjadi tanaman yang banyak dibudidayakan dan dimanfaatkan menjadi tanaman hias maupun produk bahan baku kosmetik. Bunga mawar memiliki kegunaan yang beragam, secara umum bunga mawar digunakan sebagai tanaman hias yang dijual dalam bentuk pot atau rangkaian bunga. Kandungan bunga mawar yang kaya akan manfaat, bunga mawar mulai digunakan dalam bidang industri seperti pembuatan produk kosmetik, parfum, air mawar, dan aromaterapi (Widhiastuti *et al.*, 2023).

Kelopak bunga mawar memiliki banyak kandungan senyawa aktif seperti tanin, geraniol, nerol, citronellol, asam geranik, terpen, flavonoid, pektin, polifenol, vanilin, karotenoid, stearopten, farnesol, eugenol, feniletil alkohol, serta vitamin B, C, E, dan K. Kandungan aktif tersebut yang menyebabkan bunga mawar memiliki harga jual yang tinggi (Imran, 2023). Bagian petal bunga mawar merah juga kaya akan pigmen antosianin yang tergolong flavonoid berupa peonidin. Senyawa bioaktif yang ada dalam bunga mawar menjadikan bunga mawar mudah mengalami kerusakan. Senyawa yang rentan mengalami kerusakan pada bunga mawar yaitu kandungan antosianin yang memberikan warna merah pada bunga mawar. Penanganan bunga mawar yang tidak tepat akan menyebabkan terjadinya oksidasi dan hilangnya senyawa aktif didalamnya (Nurfitria *et al.*, 2020).

## 2.2 Antosianin Bunga Mawar

Kandungan aktif bunga mawar yang berperan sebagai pigmen utama pada bunga mawar yaitu antosianin. Kelopak bunga mawar memiliki kadar antosianin kuat pada usia pasca panen 3 sampai 4 hari (Simanungkalit & Syamwil, 2020). Pigmen antosianin tersebut merupakan golongan flavonoid, dengan jenis yang dominan berupa peonidin. Peonidin akan memberikan karakteristik warna merah tua hingga ungu pada kelopak bunga mawar (Wulandari, 2020). Kadar antosianin bunga mawar yang memberikan warna merah alami yaitu pelargonidin (18%), glikosida malvidi (32%), dan sianidin (47%) (Saati *et al.*, 2018). Tinggi kadar antosianin sebesar 71,37 mg/L mg/L tersebut, selain memberikan warna merah bunga mawar, juga memberikan sumber antioksidan alami (Kumari *et al.*, 2017).

Terbentuknya antosianin dikarenakan proses biosintesis dari 4-kumaril-koasetil dan 3-malonil-koasetil dengan bantuan enzim flavan-3-hidroksilase membentuk dihidroflavonol lalu dilanjutkan oleh enzim flavonoid-3-O-glukositransferase membentuk antosianin (Sangadji *et al.*, 2017). Pigmen antosianin yang terdapat dalam bunga mawar berasal dari berbagai jenis aglikon, seperti pelargonidin yang memberikan warna merah cerah, sianidin yang menghasilkan warna ungu kemerahan, serta delphinidin yang menyumbang warna ungu hingga biru. Variasi warna ini menjadi salah satu keunggulan bunga mawar sebagai sumber pewarna alami. Kandungan antosianin sangat rentan mengalami degradasi warna apabila terpapar suhu tinggi dan cahaya. Paparan suhu tinggi dan cahaya secara langsung menyebabkan degradasi pigmen antosianin, yang berdampak pada penurunan stabilitas senyawa. Antosianin akan cenderung lebih stabil dalam kondisi pH rendah, sehingga dalam pengolahannya perlu memperhatikan kondisi agar tetap optimal (Kurniawan, 2023).

Stabilitas senyawa antosianin dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti tingkat keasaman (pH), suhu, dan keberadaan enzim. Hal tersebut akan berpengaruh pada aktivitas antioksidan pada bunga mawar. Struktur antosianin yang berada pada pH 6,5–8 cenderung tidak stabil, sehingga menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan (Kunnaryo & Wikandari, 2021). menjaga kestabilan antosianin memerlukan formulasi bahan yang tepat serta penerapan teknologi termal yang

sesuai. Kandungan antosianin bunga mawar berpotensi besar sebagai pewarna alami yang aman dan ramah lingkungan, sehingga dapat dimanfaatkan secara luas dalam berbagai aplikasi, termasuk industri makanan dan tekstil. Karakteristik warna yang dihasilkan oleh antosianin dapat dijelaskan melalui parameter kromatisitas yang menunjukkan variasi nilai hue ( $h^\circ$ ) pada rentang warna tertentu. Nilai  $h^\circ$  daerah kisaran warna kromatisitas ditunjukkan pada **Tabel 2.1**

**Tabel 2.1** Nilai *hue* dan daerah kisaran warna kromatisitas

| Nilai <i>Hue</i> | Daerah Kisaran Warna Kromatisitas |
|------------------|-----------------------------------|
| -342° - 18°      | Merah keunguan                    |
| 18° - 54°        | Merah                             |
| 54° - 90°        | Merah kekuningan                  |
| 90° - 126°       | Kuning                            |
| 126° - 162°      | Hijau kekuningan                  |
| 162° - 198°      | Hijau                             |
| 198° - 234°      | Hijau kebiruan                    |
| 234° - 270°      | Biru                              |
| 270° - 306°      | Ungu kebiruan                     |
| 306° - 342°      | Ungu                              |
| 342° - 18°       | Ungu kemerahan                    |

Sumber: (Hutching., 1999 dalam Margining *et al.*, 2023)

### 2.3 *Foam Mat Drying*

Teknologi *foam mat drying* merupakan proses pengeringan yang dengan cara penguapan air melalui pembusaan. Metode pengeringan ini membantu penguapan air lebih cepat dengan suhu rendah. Teknologi ini umumnya digunakan pada bahan yang tidak tahan terhadap panas, bertekstur kental, dan tinggi kandungan gula atau senyawa lainnya. Hasil pengeringan *foam mat drying* akan berbentuk serbuk yang mudah direhidrasi dengan karakteristik fisikokimia yang mirip seperti bahan mentahnya (Kusuma *et al.*, 2019). Metode *foam mat drying* umumnya digunakan pada bahan berbentuk cair yang akan melalui proses pembusaan dengan menambahkan zat pembuih. Bahan yang telah berbuih dan tercampur akan dilakukan proses pengeringan dan dilanjutkan dengan proses penepungan untuk didapatkan tekstur serbuk (Kinanti *et al.*, 2023).

*Foam mat drying* dapat dikatakan teknik pengeringan paling efisien jika dibanding dengan metode lain seperti *freeze drying* dan *spray drying* karena menghasilkan serbuk dengan kualitas baik dengan biaya proses yang lebih rendah, dan waktu pengeringan yang lebih singkat untuk mempertahankan karakteristik dan

senyawa bioaktif pada suhu 50-60°C (Buljat *et al.*, 2019). Hasil pengolahan metode ini dapat mempertahankan kualitas alami bahan juga memerlukan biaya lebih rendah. Bahan utama metode ini berupa agen pembuih (*foaming agent*) yang umum dan efektif digunakan, yaitu putih telur (albumin). Penggunaan agen pembusa akan memperluas permukaan dan meningkatkan rongga udara sehingga pengeringan dapat lebih cepat dengan menggunakan suhu berkisar 60°C (Aliyah & Handayani, 2019). Selain bahan pembusa, *foam stabilizer* juga dapat ditambahkan untuk membantu menstabilkan buih. Zat hidrokoloid seperti gum xanthan, CMC, dan gum guar (Darniadi *et al.*, 2020). Penggunaan bahan pengisi (*bulking agent*) seperti maltodekstrin juga berperan dalam mencegah degradasi senyawa aktif akibat panas serta mempersingkat waktu pengeringan. Sifat maltodekstrin yang higroskopis akan menyerap air dengan baik. Penambahan maltodekstrin juga meningkatkan total padatan bahan yang akan membantu proses pengeringan, terutama produk berbentuk serbuk halus (Amini *et al.*, 2023).

Hasil pengolahan metode FMD dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi *foaming agent* dan konsentrasi bahan pengisi yang digunakan. Sehingga dalam penerapannya perlu memperhatikan karakteristik dan konsentrasi yang digunakan (Utomo & Ariska, 2020). Selain itu, penggunaan bahan bunga mawar yang kaya akan antosianin sangat rentan terhadap suhu dan pengeringan. Penerapan metode FMD efektif pada bahan yang mudah mengalami degradasi antosianin, kandungan nutrisi dan warna alami, terutama ketika menggunakan formulasi optimal antara albumin sebagai agen pembusa dan maltodekstrin sebagai bahan pengisi. Keberhasilan FMD ditentukan oleh formulasi bahan dan teknik pengolahan yang tepat, apabila tidak sesuai, busa yang dihasilkan bisa menjadi tidak stabil dan mempengaruhi kualitas serbuk (Ozcelik *et al.*, 2024).

Karakteristik mutu serbuk hasil FMD merupakan parameter yang digunakan untuk menilai kualitas produk yang dihasilkan. Karakteristik tersebut meliputi kadar air, warna, ukuran partikel, serta kandungan senyawa bioaktif yang masih dapat dipertahankan selama pengeringan. Kadar air produk hasil olahan metode FMD diperlukan untuk menjaga stabilitas dan umur simpan produk. Karakteristik fisik seperti warna dan kandungan bioaktif bahan akan berpengaruh terhadap

penerimaan dan kemudahan penggunaan produk. Standar mutu yang digunakan sebagai pembandingan mutu produk serbuk bunga mawar yaitu SNI 01-4320-1996 mengenai serbuk minuman tradisional, sebagaimana disajikan pada **Tabel 2.2**

**Tabel 2.2** Syarat mutu minuman serbuk tradisional

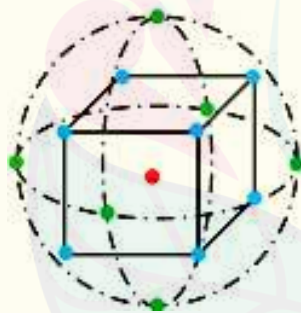
| No. | Kriteria Uji                            | Satuan    | Persyaratan             |
|-----|-----------------------------------------|-----------|-------------------------|
| 1.  | Keadaan:                                |           |                         |
| 1.1 | Warna                                   |           | normal                  |
| 1.2 | Bau                                     |           | normal, khas rempah     |
| 1.3 | Rasa                                    |           | normal, khas rempah     |
| 2.  | Air, b/b                                | %         | maks. 3,0               |
| 3.  | Abu, b/b                                | %         | maks 1,5                |
| 4.  | Jumlah gula (dihitung sebagai sakarosa) | %         | maks. 85,0              |
| 5.  | Bahan tambahan makanan                  |           |                         |
| 5.1 | Pemanis buatan                          | -         |                         |
|     | - Sakarin                               |           | Tidak boleh ada         |
|     | - Siklamat                              |           | Tidak boleh ada         |
| 5.2 | Pewarna Tambahan                        | -         | Sesuai SNI 01-0222-1995 |
| 6.  | Cemaran Logam:                          |           |                         |
| 6.1 | Timbal (Pb)                             | mg/kg     | maks. 0,2               |
| 6.2 | Tembaga (Cu)                            | mg/kg     | maks. 2,0               |
| 6.3 | Seng (Zn)                               | mg/kg     | maks. 50                |
| 6.4 | Timah (Sn)                              | mg/kg     | maks.40,0               |
| 7.  | Cemaran arsen (As)                      | mg/kg     | maks.0,1                |
| 8.  | Cemaran mikroba:                        |           |                         |
| 8.1 | Angka lempeng total                     | koloni/gr | $3 \times 10^3$         |
| 8.2 | Coliform                                | APM/gr    | < 3                     |

Sumber: (BSN, 1996)

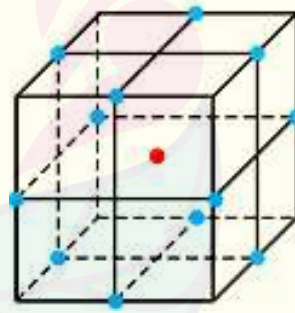
#### 2.4 *Response Surface Methodology* (RSM)

*Response Surface Methodology* (RSM) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan kondisi optimum pada suatu formula dengan beberapa variabel. Proses pembuatan serbuk pewarna bunga mawar memanfaatkan metode RSM dengan *Box-Behnke Design* (BBD) yang bertujuan mengoptimal dari sifat stabilitas busa, densitas busa, dan ekspansi busa. Penggunaan metode ini akan memprediksi tiga variabel yang memprediksi nilai optimum. RSM akan membantu menentukan hubungan tiga faktor utama yang mempengaruhi respons sifat busa selama proses *foam mat drying*. Proses secara keseluruhan akan memodelkan banyak variabel dan variasi rentang perlakuan, dalam percobaan tidak memberikan dampak signifikan terhadap penentuan titik optimum (Kusuma *et al.*, 2019).

Desain eksperimen *Box-Behnke Design* (BBD) dan *Central Composite Design* (CCD) merupakan rancangan eksperimen yang umum digunakan dalam RSM untuk membangun model polinomial orde dua dan menentukan kondisi optimum proses. Desain CCD tersusun pada kombinasi titik faktorial, titik pusat (*center point*), dan titik aksial (*axial/ star runs*). Titik tersebut menyebabkan percobaan yang dilakukan lebih banyak dan menghasilkan kombinasi ekstrem (Sellyna *et al.*, 2020). Berbeda dengan BBD, desain eksperimen BBD dapat dikatakan lebih efektif dibanding dengan desain CCD, hal ini karena memungkinkan jumlah percobaan yang lebih sedikit meskipun jumlah variabel yang digunakan tetap sama. Selain itu, pada BBD desain kuadratik yang tidak menggunakan titik aksial pada rancangannya. Tidak adanya axial/star runs ini menyebabkan BBD lebih efisien dalam rancangan, karena melibatkan lebih sedikit percobaan dan menghindari kondisi ekstrem yang menyebabkan ketidakstabilan proses. Penerapan BBD secara optimal menggunakan jumlah faktor eksperimental harus lebih atau sama dengan tiga (Azharini *et al.*, 2022).



*Central Composite Design*



*Box Behnke Design*

**Gambar 2.1** Model persamaan CCD dan BBD (Sumber: Delavari *et al.*, 2021)

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Pengeringan *foam mat drying* yang dioptimalkan sering dikaji dan efektif didapatkan produk serbuk dengan kualitas baik. Penelitian Sifat *et al.*, (2021) bertujuan mengoptimasi kondisi proses FMD pembuatan serbuk plum dengan menganalisis pengaruh konsentrasi albumin dan waktu pengocokan terhadap sifat fisikokimia serta aktivitas antioksidan produk. Formulasi yang digunakan meliputi variasi konsentrasi albumin sebesar 2%, 4%, dan 6% serta waktu pengocokan selama 5, 10, dan 15 menit dengan pendekatan (RSM). Kondisi optimum diperoleh

pada konsentrasi albumin 4% dengan waktu pengocokan 10-15 menit menghasilkan busa stabil, serta mampu mempertahankan kandungan antioksidan. Sementara itu, penelitian Thuy *et al.*, (2022) menggunakan formulasi konsentrasi albumin 5-15%, xanthan gum 0,1-0,5%, serta variasi waktu pengocokan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi albumin 12,21%, xanthan gum 0,24%, dan waktu pengocokan 5,8 menit yang menghasilkan densitas busa rendah dan volume ekspansi busa tinggi.

Penelitian Rahmawati *et al.*, (2020) bertujuan menganalisis pengaruh konsentrasi albumin sebagai agen pembusa serta jenis gula terhadap karakteristik minuman serbuk ekstrak mawar merah dengan metode FMD. Formulasi penelitian menggunakan konsentrasi albumin 6%, 8%, dan 10% serta penambahan tiga jenis gula yaitu gula pasir, gula jagung, dan gula aren. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi albumin 6% dengan penambahan gula jagung yang menghasilkan minuman serbuk dengan kadar air 2,46% dan aktivitas antioksidan 69,82%. Pendekatan RSM juga digunakan pada penelitian Fauzi *et al.*, (2022) dengan formulasi suhu pengeringan 45-65 °C dan waktu pengeringan 4-6 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum pengeringan diperoleh pada suhu 64,46°C selama 5,95 jam dengan aktivitas antioksidan sebesar 159,75 ppm, kadar air 4,33%, kelarutan 63,09%, dan rendemen 8,44%.

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2025 hingga Maret 2026 di Laboratorium Rekayasa, Teknologi, dan Lingkungan Industri, Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah aplikasi *Design Expert* 13 gelas ukur, tabung reaksi, *beaker glass*, alumunium foil, batang pengaduk, mixer (Miyako HM-620), neraca analitik (Newtech NT-A+300), blender (Philips HR 2116), mikropipet (BioHIT Proline Plus), *hot plate*, spektrofotometer UV-VIS (Vis 721), *colorimeter*, *food dehydrator* (Getra ST-02), ayakan 80 mesh (CBN), kuvet. *Color reader* (AMTAST AMT506).

##### 3.2.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan yaitu bunga mawar merah segar dari Desa Karangpring Jember, dengan bahan pendukung yang digunakan meliputi aquades, albumin, *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), maltodekstrin, KCL, Na-Asetat, HCl, asam sitrat, reagen folin ciocalteu 10%, asam galat ( $H_7H_6O_5$ ), dan natrium karbonat ( $Na_2CO_3$ ).

#### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui eksperimen laboratorium dengan mengevaluasi kondisi formulasi bahan yang optimal yang ditentukan oleh aplikasi *Design Expert* 13 menggunakan metode RSM (*Response Surface Methodology*) dengan rancangan BBD (*Box Behnken Design*) dalam memodelkan hubungan antar faktor dengan jumlah percobaan yang efisien. Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua kali ulangan karena seluruh unit percobaan berada pada kondisi yang homogen. Variabel yang digunakan berupa konsentrasi albumin, CMC, dan waktu pencampuran dengan nilai batas minimum dan maksimum tiap

variabel. Penetapan batas variabel yang digunakan mengacu pada penelitian Thuy *et al.*, (2022) berupa konsentrasi albumin dengan rentang 2-6%. Variabel konsentrasi CMC pada tentang 0,1-0,5% (Hao *et al.*, 2024). Serta waktu pengocokan (*whipping time*) menggunakan rentang selama 2-8 menit (Thuy *et al.*, 2022). Variabel pengujian agen pembusa disajikan pada **Tabel 3.1** dengan jumlah variasi percobaan yang diuji terdapat pada **Tabel 3.2**

**Tabel 3.1** Variabel pengujian agen pembusa

| Variabel             | Unit  | Faktor | Level |     |     |
|----------------------|-------|--------|-------|-----|-----|
|                      |       |        | -1    | 0   | +1  |
| Albumin              | %     | A1     | 2     | 4   | 6   |
| CMC                  | %     | A2     | 0.1   | 0.3 | 0.5 |
| <i>Whipping Time</i> | menit | A3     | 2     | 5   | 8   |

**Tabel 3.2** Optimasi variabel pengujian

| Perlakuan | Level Variabel |    |    | Albumin (%) | CMC (%) | Waktu Pencampuran (menit) |
|-----------|----------------|----|----|-------------|---------|---------------------------|
|           | A1             | A2 | A3 |             |         |                           |
| 1         | 0              | +1 | -1 | 4           | 0.5     | 2                         |
| 2         | 0              | 0  | 0  | 4           | 0.3     | 5                         |
| 3         | 0              | +1 | +1 | 4           | 0.5     | 8                         |
| 4         | 0              | 0  | 0  | 4           | 0.3     | 5                         |
| 5         | -1             | 0  | +1 | 2           | 0.3     | 8                         |
| 6         | +1             | 0  | -1 | 6           | 0.3     | 2                         |
| 7         | +1             | +1 | 0  | 6           | 0.5     | 5                         |
| 8         | 0              | -1 | +1 | 4           | 0.1     | 8                         |
| 9         | 0              | 0  | 0  | 4           | 0.3     | 5                         |
| 10        | +1             | -1 | 0  | 6           | 0.1     | 5                         |
| 11        | 0              | 0  | 0  | 4           | 0.3     | 5                         |
| 12        | 0              | 0  | 0  | 4           | 0.3     | 5                         |
| 13        | -1             | +1 | 0  | 2           | 0.5     | 5                         |
| 14        | 0              | -1 | -1 | 4           | 0.1     | 2                         |
| 15        | -1             | -1 | 0  | 2           | 0.1     | 5                         |
| 16        | -1             | 0  | -1 | 2           | 0.3     | 2                         |
| 17        | +1             | 0  | +1 | 6           | 0.3     | 8                         |

### 3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan dan studi literatur sebagai dasar penentuan formulasi variabel menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain *Box Behnken Design* (BBD). Tahapan selanjutnya meliputi persiapan sampel bunga mawar dalam bentuk jus dilanjutkan

dengan proses pembusaan. Hasil pembusaan akan di uji karakteristik busa yang didapat serta dilanjutkan proses pengeringan. Serbuk bunga mawar yang didapat akan akan diverifikasi pada aplikasi *Design Expert* 13. Hasil optimum serbuk bunga mawar akan diuji lanjutan sesuai parameter pengamatan. Tahapan penelitian disusun secara sistematis dalam bentuk diagram alir pada **Lampiran 1**.

#### 3.4.1 Persiapan Sampel

Bunga mawar segar yang telah melalui proses sortasi akan dilakukan pencucian dan pemisahan kelopak bunga. Setelah bahan bersih akan dilakukan *steam blanching* untuk membantu proses sterilisasi sekaligus membantu menjaga kestabilan kelopak bunga mawar. Proses penghalusan sampel dengan penambahan aquades sebagai pelarut dan rasio massa kelopak bunga mawar terhadap volume air adalah 1:2 hingga didapatkan jus bunga mawar (Saati *et al.*, 2017). Jus bunga mawar yang telah dihaluskan menggunakan blender akan dilakukan penambahan larutan asam sitrat 0,3% untuk menjaga kestabilan warna (Wiyono *et al.*, 2022). Diagram alir persiapan sampel dapat terdapat pada **Lampiran 1**.

#### 3.4.2 Proses Pembusaan Bunga Mawar

Jus bunga mawar akan dilakukan pencampuran dengan albumin dan CMC dengan menggunakan batasan konsentrasi mengacu pada peneliti sebelumnya. Proses pembusaan dengan albumin 2-6% (Thuy *et al.*, 2022), CMC 0.1-0.5% (Hao *et al.*, 2024) dan maltodekstrin 10% (Abidin *et al.*, 2019) serta akan dilakukan pencampuran dengan waktu 2-8 menit (Thuy *et al.*, 2022) sesuai dengan formulasi yang ditentukan. Jus bunga mawar akan melalui proses pencampuran menggunakan mixer hingga membentuk busa yang stabil.

#### 3.4.3 Proses Pengeringan *Foam Mat Drying*

Jus bunga mawar yang telah melalui proses pencampuran dan terbentuk busa akan dilakukan pengeringan. Busa disebar merata dengan ketebalan yang seragam diatas loyang dan akan dikeringkan. Pengeringan dengan metode *foam mat drying* menggunakan *food dehydrator* pada suhu 60°C selama 4 jam (Rahmawati *et al.*, 2020). Hasil jus bunga mawar yang telah menjadi kepingan kering akan melalui proses penghalusan dan pengayakan menggunakan ayakan 80 mesh untuk

memperoleh serbuk halus. Diagram alir proses pengeringan serbuk bunga mawar terdapat pada **Lampiran 1**.

#### 3.4.4 Analisis Optimasi

Hasil analisis optimasi akan didapatkan kondisi optimum dengan karakteristik paling ideal pada pembusaan bunga mawar. Penentuan kondisi optimum akan dilakukan setelah model terpilih memenuhi kriteria, meliputi kriteria *sequential sum of summary*, *model summary statistics*, *lack of fit test*, dan *Analysis of Variance* (ANOVA). Data kondisi optimum yang diperoleh akan diverifikasi dengan menggunakan fitur *confirmation* pada aplikasi *Design Expert 13* untuk memastikan keakuratan hasil optimasi.

### 3.5 Parameter Pengujian

#### 3.5.1 Parameter Optimasi

Analisis parameter optimasi dilakukan dengan tiga parameter yaitu uji stabilitas busa (Tan & Sulaiman, 2020), uji densitas busa (Thuy *et al.*, 2022), dan uji ekspansi busa (Thuy *et al.*, 2022). Prosedur analisis parameter optimasi terdapat pada **Lampiran 2**.

#### 3.5.2 Parameter Penunjang

Serbuk bunga mawar kondisi optimum akan dianalisis lanjut untuk mengetahui karakteristik fisikokimia. Pengujian yang dilakukan berupa kadar air (AOAC, 2005 dalam Harfika *et al.*, 2023), warna (Ramadhan *et al.*, 2024), kadar antosianin (Widyasanti *et al.*, 2021), dan kadar fenol (Agustin *et al.*, 2022). Prosedur analisis parameter penunjang dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

### 3.6 Analisis Data

Hasil penelitian dianalisis menggunakan aplikasi *Design Expert 13* dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM) yang akan didapatkan kondisi optimal bahan dari 17 perlakuan. Hasil analisis akan diperoleh kondisi optimal bahan, yaitu kombinasi variabel perlakuan yang menghasilkan karakteristik respons terbaik yang menghasilkan karakteristik pembusaan paling optimal.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Optimasi Proses Pembusaan

Proses pembusaan dengan variabel albumin, CMC, dan waktu pengocokan sesuai dengan batas atas dan bawah mengacu pada penelitian terdahulu. Faktor yang didapatkan dalam aplikasi *design expert* 13 sebanyak 17 formulasi yang diuji dengan dilakukan sebanyak dua kali ulangan dengan analisis respons berupa stabilitas busa, densitas busa, dan ekspansi busa. Hasil analisis respons akan diinput dalam aplikasi dengan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain percobaan *Box Behnken Design* (BBD). Penentuan kondisi proses optimum dengan data seperti pada **Tabel 4.1**

**Tabel 4.1** Respons formulasi serbuk bunga mawar

| Formulasi | Faktor      |         |                          | Respons             |                       |                   |
|-----------|-------------|---------|--------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
|           | Albumin (%) | CMC (%) | Waktu Pengocokan (menit) | Stabilitas Busa (%) | Densitas busa (gr/ml) | Ekspansi busa (%) |
| 1         | 4           | 0.5     | 2                        | 99,07               | 0,43                  | 170               |
| 2         | 4           | 0.3     | 5                        | 98,48               | 0,40                  | 235               |
| 3         | 4           | 0.5     | 8                        | 98,33               | 0,38                  | 197,5             |
| 4         | 4           | 0.3     | 5                        | 98,53               | 0,40                  | 240               |
| 5         | 2           | 0.3     | 8                        | 97,65               | 0,49                  | 112,5             |
| 6         | 6           | 0.3     | 2                        | 98,26               | 0,28                  | 325               |
| 7         | 6           | 0.5     | 5                        | 97,62               | 0,27                  | 320               |
| 8         | 4           | 0.1     | 8                        | 98,51               | 0,39                  | 235               |
| 9         | 4           | 0.3     | 5                        | 98,47               | 0,40                  | 227               |
| 10        | 6           | 0.1     | 5                        | 99,41               | 0,24                  | 337,5             |
| 11        | 4           | 0.3     | 5                        | 98,40               | 0,42                  | 212,5             |
| 12        | 4           | 0.3     | 5                        | 98,36               | 0,40                  | 207,5             |
| 13        | 2           | 0.5     | 5                        | 97,40               | 0,59                  | 92,5              |
| 14        | 4           | 0.1     | 2                        | 100,00              | 0,40                  | 210               |
| 15        | 2           | 0.1     | 5                        | 95,55               | 0,53                  | 125               |
| 16        | 2           | 0.3     | 2                        | 96,09               | 0,56                  | 92,5              |
| 17        | 6           | 0.3     | 8                        | 97,65               | 0,21                  | 325               |

#### 4.1.1 Analisis Respons

##### a. Stabilitas Busa

Nilai stabilitas busa merupakan nilai utama yang menunjukkan kemampuan dalam mempertahankan struktur busa. Busa dengan stabilitas baik menunjukkan tidak adanya keruntuhan dalam beberapa waktu tertentu. Parameter ini

menunjukkan struktur pori pori busa yang seragam sehingga berpengaruh pada proses pengeringan yang lebih cepat dan stabil. Stabilitas busa diperoleh dari nilai volume awal busa dibandingkan nilai volume akhir busa. Berdasarkan hasil nilai stabilitas busa menunjukkan bawah nilai tertinggi stabilitas busa sebesar 100% dan nilai terendah sebesar 95,55% yang terdapat pada **Lampiran 4**.

Analisis pemilihan model didasarkan dengan kriteria *sequential sum of summary*, *model summary statistics*, *lack of fit test*, dan ANOVA telah memenuhi seluruh kriteria. Nilai *p-value* model yang lebih kecil dari 0,05 menunjukkan bahwa variabel berpengaruh signifikan terhadap respons sehingga model dapat diterima dan dapat digunakan untuk analisis lanjut (Ariyani *et al.*, 2018). Hasil analisis pada **Tabel 4.2** menunjukkan model terpilih pada respons stabilitas busa yaitu model *Quadratic*. Model terpilih tersebut menunjukkan hubungan antara faktor perlakuan dan respons stabilitas busa sebagai penentuan kondisi optimum.

**Tabel 4.2** Kriteria model respons stabilitas busa

| Analisis                               | Kriteria                                                                   | Hasil                                                                          |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Sequential Model Sum of Squares</i> | <i>p-value</i> < 0,05                                                      | 0,0188                                                                         |
| <i>Model Summary Statistics</i>        | <i>Adjusted R<sup>2</sup></i> dan <i>Predicted R<sup>2</sup></i> tertinggi | <i>Adjusted R<sup>2</sup></i> 0,6907 dan <i>predicted R<sup>2</sup></i> 0,5435 |
| <i>Lack of Fit</i>                     | <i>p-value</i> > 0,05                                                      | 0,1682                                                                         |
| ANOVA                                  | <i>p-value</i> < 0,05                                                      | 0,0231                                                                         |

Model persamaan *Quadratic* terpilih, diperoleh persamaan model hubungan ke tiga variabel albumin, CMC, dan waktu pengocokan terhadap respons stabilitas busa. Hasil perhitungan dan simulasi model terdapat pada **Lampiran 4**. Persamaan model hubungan ketiga variabel terhadap respons stabilitas busa adalah sebagai berikut:

$$\text{Stabilitas busa} = 98,65 + 0,7813A - 0,1312B - 0,1600C - 0,9100AB - 0,5425AC + 0,1875BC - 1,36A^2 + 0,2060B^2 - 0,1235C^2$$

Keterangan:

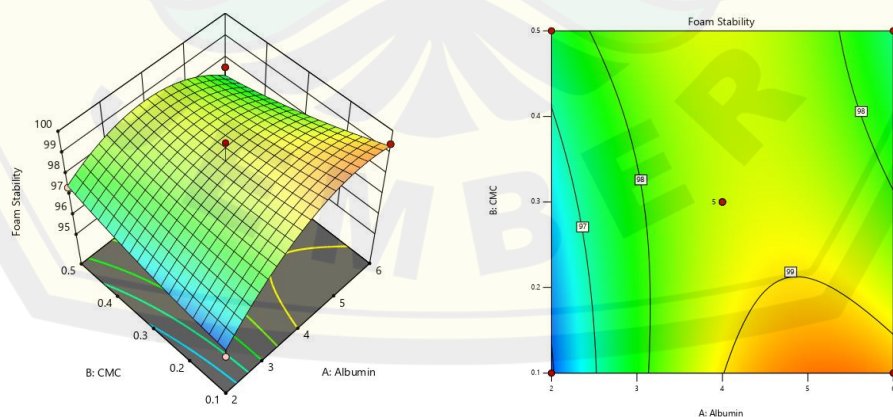
A = Konsentrasi Albumin

B = Konsentrasi CMC

C = Waktu pengocokan

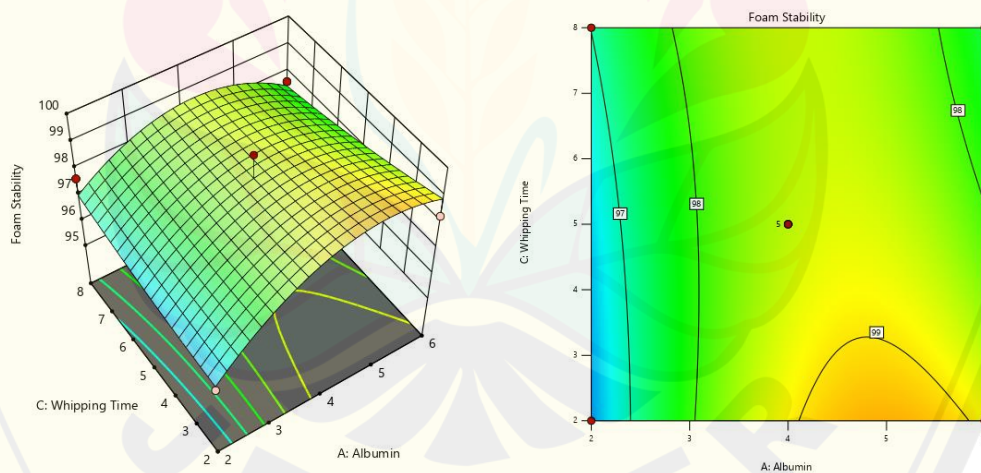
Persamaan tersebut menunjukkan nilai koefisien positif dan negatif, nilai koefisien positif menunjukkan peningkatan variabel akan meningkatkan variabel respons, sedangkan nilai koefisien negatif menunjukkan penurunan variabel respons (Sartika & Firmansyah, 2022). Persamaan model dari respons stabilitas busa pada konsentrasi albumin (A) menunjukkan pengaruh positif dengan koefisien sebesar 0,7813 yang menandakan kenaikan konsentrasi albumin akan berpengaruh meningkatkan stabilitas busa karena peran utamanya sebagai pembentuk busa. Sedangkan konsentrasi CMC (B) menunjukkan pengaruh negatif sebesar -0,1312 yang dapat menurunkan respons stabilitas busa. Interaksi antara konsentrasi albumin dan CMC memiliki koefisien negatif sebesar -0,5425 yang menandakan kombinasi keduanya dapat menurunkan stabilitas busa. Pengaruh paling dominan ditunjukkan oleh  $A^2$  dengan koefisien negatif sebesar -1,36 yang menandakan kenaikan konsentrasi albumin akan meningkatkan stabilitas busa hingga titik optimum dan akan mengalami penurunan pada konsentrasi yang lebih tinggi. Konsentrasi albumin tersebut akan menyediakan kadar protein tinggi yang mendukung dalam pembentukan lapisan pelindung sekitar busa. Lapisan tersebut bersifat hidrofobik dari hidrokoloid dalam membantu memperkuat stuktur busa dengan menjaga stabilitas busa (Kumar *et al.*, 2022).

Respons antar variabel pada stabilitas busa digambarkan dari hasil grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D pada **Gambar 4.1**. Hasil grafik didapatkan bahwa variabel konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC berpengaruh signifikan dengan ditandai area berwarna merah pada stabilitas busa tertinggi.



**Gambar 4.1** Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC respons stabilitas busa

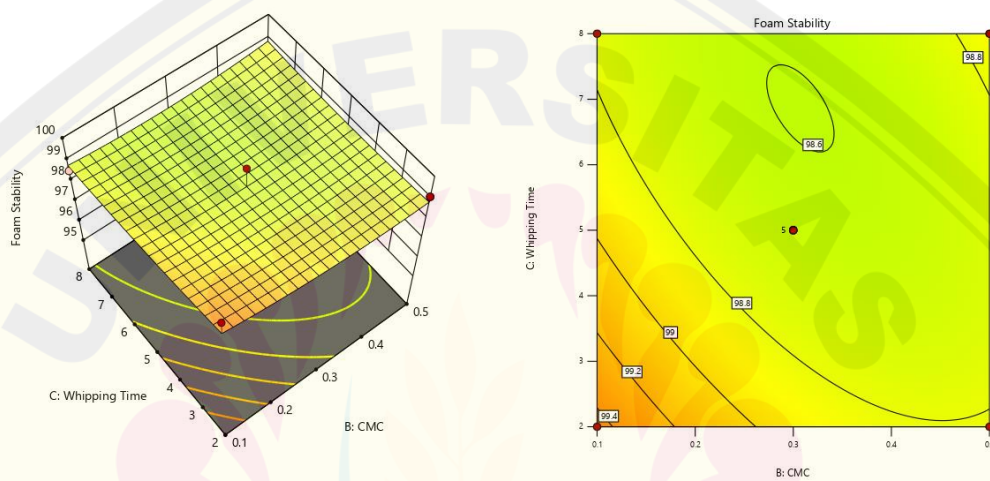
Hasil grafik menggambarkan pengaruh konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC berpengaruh terhadap peningkatan stabilitas busa hingga mencapai titik optimum. Warna merah pada grafik menandakan puncak grafik berada pada titik stabilitas tertinggi. Keduanya bekerja dalam pembentukan dan penguat lapisan busa albumin dengan kandungan protein yang tinggi akan memperkuat struktur busa, sedangkan CMC membantu meningkatkan struktur kekentalan busa. Peningkatan keduanya membantu dalam meningkatkan viskositas untuk mencegah lapisan busa robek dengan cara merangkap udara yang masuk dan mempertahankan struktur busa saat proses pengocokan (Hossain *et al.*, 2024). Peningkatan konsentrasi CMC berpengaruh terhadap stabilitas busa hanya sampai titik tertentu. Hal ini terlihat pada grafik yang menunjukkan penggunaan konsentrasi CMC semakin tinggi merubah titik warna menjadi hijau. Kandungan protein dalam albumin yang bertemu dengan konsentrasi CMC terlalu tinggi cenderung mengalami agregasi dan menyebabkan gugus hidrofobik terganggu sehingga kemampuan protein untuk teradsorpsi antarmuka menurun dan berdampak pada stabilitas busa (Sun *et al.*, 2024).



**Gambar 4.2** Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi albumin dan waktu pengocokan respons stabilitas busa

Grafik respons stabilitas busa terhadap konsentrasi albumin dan waktu pengocokan menunjukkan peningkatan pada titik tertentu seiring lama waktu pengocokan. Namun semakin lama waktu pengocokan mendekati 8 menit terjadi penurunan respons stabilitas busa. Waktu pengocokan merupakan hal utama Ketika

proses pembentukan gelembung udara yang bereaksi dengan protein sehingga terbentuknya lapisan tipis busa. Tahap awal waktu pengocokan meningkat secara signifikan ditandai dengan perubahan warna kontur berwarna kuning. Waktu pengocokan yang terlalu lama atau berlebihan menyebabkan tekanan mekanis yang tinggi, sehingga menyebabkan lapisan tipis yang terbentuk melemah serta meningkatkan viskositas. Viskositas yang terlalu tinggi akan menghambat pembentukan gelembung udara baru sehingga menyebabkan turunnya stabilitas busa (Farid *et al.*, 2023)



**Gambar 4.3** Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi CMC dan waktu pengocokan respons stabilitas busa

Hasil grafik konsentrasi CMC dan waktu pengocokan respons stabilitas busa menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CMC cenderung menurunkan stabilitas busa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi CMC dalam jumlah tertentu dapat membantu mempertahankan struktur busa, konsentrasi CMC yang terlalu tinggi dapat meningkatkan viskositas larutan sehingga memperlambat pembentukan gelembung udara (Sun *et al.*, 2024). Selain itu, peningkatan waktu pengocokan dapat meningkatkan stabilitas busa yang membantu udara lebih terdispersi merata dan protein dapat membentuk lapisan tipis yang lebih stabil. Namun, waktu pengocokan berlebih dapat menyebabkan melemahnya struktur gelembung udara. Peningkatan waktu pengocokan yang berlebih akan menyebabkan penurunan stabilitas busa, semakin banyak udara yang masuk ke

dalam sistem struktur busa akan melemah dan meningkatkan pecahnya gelembung hingga stabilitas busa menurun (Thuy *et al.*, 2022).

Peningkatan stabilitas busa dapat dicapai melalui kondisi konsentrasi albumin tingkat tinggi dengan konsentrasi CMC tingkat rendah disertai waktu pengocokan yang relatif singkat. Konsentrasi albumin dan CMC akan bertemu dengan senyawa fenolik seperti antosianin pada bunga mawar, sehingga kandungan gugus hidroksil yang tinggi akan berinteraksi dengan protein (Ren *et al.*, 2021). Selama proses pengocokan, protein dari albumin yang memiliki sifat amfifilik akan terabsorpsi dari gugus hidrofilik seperti karboksil ( $-\text{COOH}$ ) dan gugus amina ( $-\text{NH}_2$ ) serta gugus hidrofobik menjadi terbuka. Kondisi ini akan mempermudah protein terikat pada permukaan udara dan air, sehingga membentuk lapisan tipis yang menyebabkan busa stabil (Rabe *et al.*, 2020).

#### b. Densitas Busa

Densitas busa merupakan parameter yang menunjukkan seberapa padat atau rapat dari karakter busa yang didapat. Nilai densitas busa adalah perbandingan massa dan volume busa, sehingga nilai ini dipengaruhi oleh udara yang masuk. Semakin banyak udara yang masuk dan terperangkap selama proses pengocokan maka akan semakin rendah nilai densitas busa yang dihasilkan. Penurunan nilai densitas busa menunjukkan struktur busa yang ringan dan berpori dengan banyak rongga udara. Hal ini yang menunjukkan karakteristik busa dengan densitas rendah memiliki konduktivitas termal yang baik sehingga membantu pada proses pengeringan (Sifat *et al.*, 2021).

Respons densitas busa terhadap variabel konsentrasi albumin, konsentrasi CMC, dan waktu pengocokan terdapat pada **Lampiran 4**. Hasil densitas busa terbesar yaitu 0,59 dengan konsentrasi albumin 2%, konsentrasi CMC 0,5%, dan waktu pengocokan selama 5 menit. Sedangkan respons terendah sebesar 0,21 dengan konsentrasi albumin 6%, konsentrasi CMC 0,3%, dan waktu pengocokan selama 8 menit. Nilai densitas yang rendah menandakan banyaknya udara yang masuk selama pengocokan berlangsung, hal tersebut terjadi dikarenakan meningkatnya konsentrasi putih telur yang dapat memperbesar volume busa (Widyasanti *et al.*, 2020).

Analisis kriteria model respons densitas busa tersebut menunjukkan bahwa model telah memenuhi kriteria. Berdasarkan hasil analisis kriteria *sequential sum of summary*, *model summary statistics*, *lack of fit test*, dan ANOVA pada **Tabel 4.3** menunjukkan hasil model terpilih yaitu model *Linier*. Nilai *p-value* yang diperoleh menunjukkan pengaruh signifikan terhadap respons densitas busa, sehingga model dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan antara faktor dan respons yang diamati (Riyadi *et al.*, 2023). Nilai *Adjusted R<sup>2</sup>* dan *Predicted R<sup>2</sup>* yang mendekati 1 menunjukkan kemampuan model dalam menjelaskan variasi respons dan memprediksi dengan baik terhadap respons densitas busa (Adiansyah *et al.*, 2018).

**Tabel 4.3** Kriteria model respons densitas busa

| Analisis                               | Kriteria                                                                   | Hasil                                                                          |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Sequential Model Sum of Squares</i> | <i>p-value</i> < 0,05                                                      | 0,0001                                                                         |
| <i>Model Summary Statistics</i>        | <i>Adjusted R<sup>2</sup></i> dan <i>Predicted R<sup>2</sup></i> tertinggi | <i>Adjusted R<sup>2</sup></i> 0,9738 dan <i>predicted R<sup>2</sup></i> 0,9576 |
| <i>Lack of Fit</i>                     | <i>p-value</i> > 0,05                                                      | 0,0695                                                                         |
| ANOVA                                  | <i>p-value</i> < 0,05                                                      | 0,0001                                                                         |

Persamaan model hubungan variabel konsentrasi albumin, konsentrasi CMC, dan waktu pengocokan menggunakan model terpilih *Linear* terhadap respons densitas busa adalah sebagai berikut:

$$\text{Densitas busa} = 0,3994 - 0,1462A + 0,0137B - 0,0250C$$

Keterangan:

A = Konsentrasi Albumin

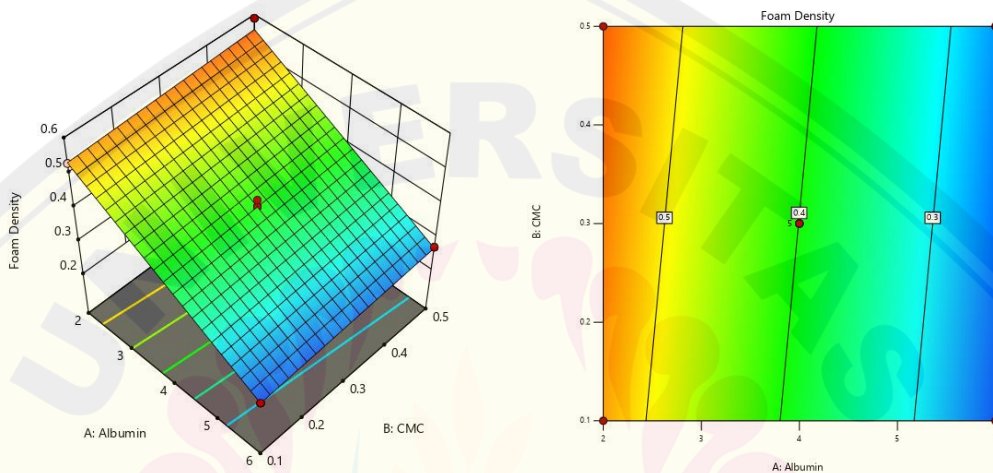
B = Konsentrasi CMC

C = Waktu pengocokan

Berdasarkan hasil persamaan model tersebut menunjukkan bahwa respons densitas busa dipengaruhi oleh tiga faktor. Konsentrasi albumin menunjukkan (A) yang bernilai negatif sebesar -0,1462 dengan pengaruh paling dominan dalam menurunkan densitas busa. Sementara konsentrasi CMC (B) bernilai positif sebesar 0,0137 sehingga peningkatannya hanya memberikan pengaruh sangat kecil dalam meningkatkan densitas busa. Faktor waktu pengocokan (C) menunjukkan koefisien negatif sebesar -0,0250 yang menunjukkan peningkatan waktu pengocokan akan menurunkan densitas busa dengan pengaruh yang relatif kecil. Peningkatan

konsentrasi albumin dan waktu pengocokan akan menyebabkan busa menjadi lebih ringan dan memiliki banyak gelembung udara sehingga menurunkan densitas busa, meskipun pengaruhnya relatif kecil. Hasil simulasi model persamaan respons densitas busa terdapat pada **Lampiran 4**.

Hasil grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D pada **Gambar 4.4**. didapatkan bahwa variabel konsentrasi CMC berpengaruh pada densitas busa ditandai dengan area berwarna kuning.



**Gambar 4.4** Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC respons densitas busa

Hasil grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC respons densitas busa. Grafik menunjukkan konsentrasi CMC yang semakin tinggi didapatkan respons densitas busa yang semakin tinggi. Sedangkan konsentrasi albumin yang semakin tinggi dapat menyebabkan penurunan respons densitas busa, dikarenakan konsentrasi albumin selama proses pengocokan akan menangkap udara lebih banyak dengan membentuk lapisan tipis. Semakin banyak gelembung udara yang terperangkap maka akan meningkatkan volume busa, namun massa busa tidak bertambah. Hal ini yang menyebabkan busa menjadi lebih ringan dan densitas busa menurun. Penelitian Asokapandian *et al.*, (2016) menyatakan bahwa peran protein albumin membantu menurunkan tegangan permukaan dan tegangan antarmuka, sehingga gelembung udara mudah terperangkap sehingga menyebabkan busa menjadi mengembang dan menyebabkan densitas busa menurun.

Penambahan konsentrasi CMC selama proses pembusaan menghasilkan respons densitas busa yang stabil. Konsentrasi CMC yang semakin meningkat berperan dalam kenaikan viskositas sehingga mempertahankan struktur busa, sehingga jumlah udara yang terperangkap selama proses pengocokan terbatas. Viskositas yang tinggi akan membantu dalam mempertahankan struktur dinding busa, akibatnya volume busa tidak meningkat signifikan. CMC memiliki gugus hidroksil (-OH) yang akan berinteraksi dengan protein albumin melalui ikatan hidrogen, interaksi tersebut akan meningkatkan viskositas dan membentuk lapisan film pada busa (Agung & Abimanyu, 2025). Namun, jika viskositas terlalu tinggi akan menghambat masuknya udara, sehingga proses pengocokan menjadi kurang efektif meningkatkan volume busa. Hal ini menyebabkan volume busa menjadi kecil, sementara massa cenderung tetap maka nilai densitas busa meningkat. Nilai densitas busa yang rendah akan berkaitan dengan volume busa yang lebih besar sehingga banyak udara yang terperangkap dan membantu proses pengeringan karena luas permukaan yang meningkat (Gaikwad *et al.*, 2024).

c. Ekspansi busa

Nilai ekspansi busa merupakan nilai yang menggambarkan kemampuan busa untuk meningkatkan volume busa akibat adanya gelembung udara yang masuk selama proses pengocokan (El-salam *et al.*, 2021). Semakin tinggi nilai ekspansi busa, maka semakin banyak udara yang berhasil terinkorporasikan ke dalam sistem. Respons ekspansi busa berhubungan dengan respons densitas busa, busa dengan nilai. Hal ini dikarenakan konsentrasi albumin yang semakin tinggi akan membantu membentuk busa dan meningkatkan rongga udara dalam jumlah yang banyak sehingga sehingga massa per satuan volumenya menjadi lebih kecil.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai ekspansi busa menunjukkan bahwa nilai tertinggi ekspansi busa sebesar 337,5% dengan konsentrasi albumin 6%, konsentrasi CMC 0,1%, dan waktu pengocokan selama 5 menit. Sedangkan nilai terendah sebesar 92,5% dengan konsentrasi albumin 2%, konsentrasi CMC 0,5%, dan waktu pengocokan selama 5 menit. Hasil perhitungan nilai respons ekspansi busa terdapat pada **Lampiran 4**.

Analisis kriteria model respons ekspansi busa pada **Tabel 4.4** menunjukkan bahwa model yang digunakan telah sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa model mampu menggambarkan hubungan antara tiga variabel terhadap respons ekspansi busa. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai *p-value* model dan *lack of fit* telah sesuai kriteria nilai yang menunjukkan model dikatakan sesuai dan dapat digunakan (Fauzi *et al.*, 2022). Hasil analisis tersebut menunjukkan model terpilih yaitu model *Linier*. Model terpilih tersebut menunjukkan bahwa perubahan nilai ekspansi tersebut dipengaruhi langsung oleh faktor konsentrasi albumin, konsentrasi CMC, dan waktu pengocokan.

**Tabel 4.4** Kriteria model respons ekspansi busa

| Analisis                               | Kriteria                                                                   | Hasil                                                                          |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Sequential Model Sum of Squares</i> | <i>p-value</i> < 0,05                                                      | 0,0044                                                                         |
| <i>Model Summary Statistics</i>        | <i>Adjusted R<sup>2</sup></i> dan <i>Predicted R<sup>2</sup></i> tertinggi | <i>Adjusted R<sup>2</sup></i> 0,9732 dan <i>predicted R<sup>2</sup></i> 0,9655 |
| <i>Lack of Fit</i>                     | <i>p-value</i> > 0,05                                                      | 0,06342                                                                        |
| ANOVA                                  | <i>p-value</i> < 0,05                                                      | 0,0001                                                                         |

Persamaan model hubungan konsentrasi albumin, konsentrasi CMC, dan waktu pengocokan variabel optimasi terhadap respons ekspansi busa adalah sebagai berikut:

$$\text{Ekspansi busa} = 215,56 + 110,62A - 15,94B + 9,05C$$

Keterangan:

A = Konsentrasi Albumin

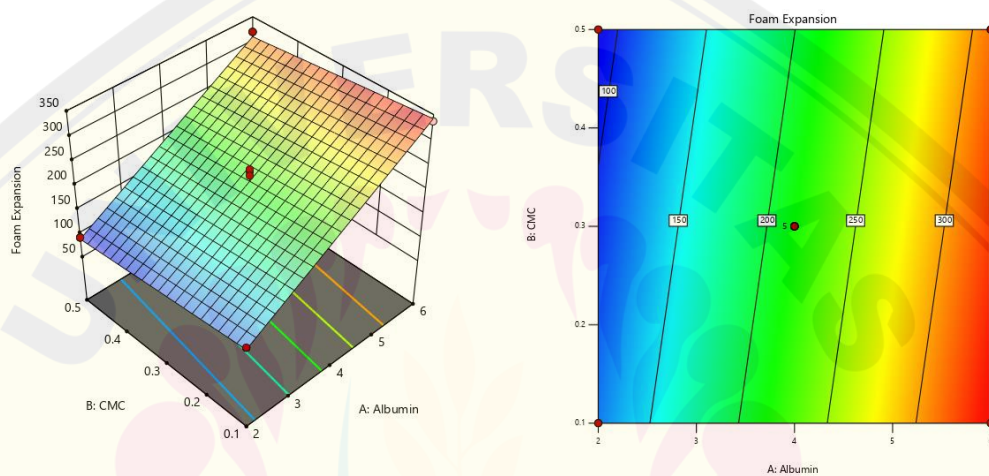
B = Konsentrasi CMC

C = Waktu pengocokan

Hasil persamaan model tersebut menunjukkan bernilai positif dan negatif pada respons ekspansi busa. Hasil perhitungan simulasi model persamaan respons densitas busa terdapat pada **Lampiran 4**. Konsentrasi albumin (A) menunjukkan pengaruh positif sebesar 110,62 yang berarti sangat berpengaruh besar terhadap peningkatan ekspansi busa. Faktor konsentrasi CMC (B) menunjukkan pengaruh negatif yang cenderung menurunkan respons ekspansi busa sebesar -15,94. Faktor waktu pengocokan (C) menunjukkan pengaruh positif yang dapat meningkatkan respons ekspansi busa sebesar 9,05 dengan pengaruh yang relatif kecil

dibandingkan dengan peningkatan konsentrasi albumin. Hal ini dikarenakan konsentrasi albumin dan lama waktu pengocokan berperan sebagai pembentuk busa dengan cara menahan udara saat proses pengocokan. Model *Linear* akan menggambarkan bahwa peningkatan konsentrasi albumin dan waktu pengocokan berpengaruh nyata terhadap peningkatan respons ekspansi busa.

Hasil grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D pada **Gambar 4.5** didapatkan bahwa variabel konsentrasi albumin berpengaruh signifikan ditandai dengan area berwarna merah pada ekspansi busa.



**Gambar 4.5** Grafik permukaan 3D dan peta kontur 2D konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC respons ekspansi busa

Hasil grafik tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi albumin dan konsentrasi CMC memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respons ekspansi busa. Konsentrasi albumin yang semakin meningkat menghasilkan ekspansi busa yang tinggi. Seiring dengan peningkatan waktu pengocokan akan menyebabkan udara masuk ke sistem dikarenakan terbentuknya gelembung udara dalam jumlah besar (Farid *et al.*, 2023). Respons ekspansi busa akan menunjukkan seberapa banyak volume busa yang terbentuk dibandingkan dengan volume awal larutan. Adanya protein tinggi pada albumin akan menyebabkan terbentuknya busa mengembang selama proses pengocokan. Proses tersebut akan menyebabkan struktur protein terbuka yang menyebabkan gugus hidrofobik mengarah ke fase udara, sedangkan gugus hidrofilik berada di fase air. Hal ini yang menyebabkan protein dapat menurunkan tegangan permukaan dan menstabilkan tegangan

antarmuka udara dan air sehingga terbentuk busa stabil (Li *et al.*, 2022). Sifat amfifilik albumin yang berasal dari gugus hidrofilik seperti karboksil (-COOH) dan gugus amina (-NH<sub>2</sub>), serta gugus hidrofobik yang menyebabkan protein teradsorpsi antarmuka dan membentuk lapisan film (Rabe *et al.*, 2020). Gugus hidroksil (-OH) pada CMC dari polisakarida akan berinteraksi dengan albumin melalui ikatan hidrogen, interaksi tersebut akan meningkatkan viskositas dan membentuk lapisan film selama proses FMD (Agung & Abimanyu, 2025).

Penambahan konsentrasi CMC berpengaruh terhadap respons ekspansi busa yang akan meningkatkan viskositas larutan sehingga dapat memperlambat pecahnya gelembung udara. Namun, penggunaan konsentrasi CMC yang semakin tinggi justru akan menghambat pembentukan gelembung (Belal *et al.*, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi albumin tinggi dengan konsentrasi CMC yang rendah disertai waktu pengocokan yang relatif singkat akan meningkatkan respons ekspansi busa. Peningkatan zat pembusa albumin dan waktu pengocokan akan meningkatkan pembentukan busa hingga titik optimum, kemudian menurun apabila melebihi kondisi tersebut. Penurunan tersebut terjadi dikarenakan pengocokan yang berlebihan hingga menyebabkan busa runtuh (Chougale *et al.*, 2020).

#### 4.1.2 Penentuan Hasil Optimasi Pembusaan

Penentuan perlakuan optimasi dilakukan dengan menggunakan *software Design Expert 13*. Hasil analisis menunjukkan kondisi prediksi paling optimal pada pembusaan serbuk bunga mawar didapatkan total 48 model berdasarkan nilai *desirability*. Hasil optimasi tersebut memiliki nilai *desirability* tertinggi sebesar 0,996 yang menandakan tingkat ketepatan tinggi dari hasil optimasi. Nilai *desirability* didasarkan tertinggi mendekati 1 yang menunjukkan program sesuai dengan kriteria dan mendekati nilai respons yang diinginkan. Semakin tinggi nilai *desirability* yang diperoleh maka semakin baik kesesuaian antara hasil prediksi program dengan respons yang diharapkan (Wiyono *et al.*, 2024). Hasil perlakuan optimal pembusaan terdapat pada **Tabel 4.5**

**Tabel 4.5** Hasil perlakuan optimal pembusaan serbuk bunga mawar

| No | Albumin (%) | CMC (%) | Waktu Pengocokan (menit) | Stabilitas Busa (%) | Densitas Busa (gr/ml) | Ekspansi Busa (%) |
|----|-------------|---------|--------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| 1  | 6           | 0,1     | 2,903                    | 100                 | 0,257                 | 335,785           |

Pembusaan dengan formulasi perlakuan optimum didapatkan hasil respons yang terdiri dari konsentrasi albumin 6%, konsentrasi CMC 0,1%, dan waktu pengocokan selama 2,903 menit menghasilkan karakteristik busa yang sangat baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa respons stabilitas busa mencapai nilai maksimum sebesar 100% dengan struktur busa yang baik. Nilai densitas busa sebesar 0,257 g/ml dan nilai ekspansi busa yang tinggi yaitu 335,785%. Kondisi tersebut menunjukkan efektif dalam menghasilkan karakteristik busa yang optimal.

#### 4.1.3 Verifikasi Data Optimasi Pembusaan

Hasil formulasi optimasi yang diperoleh akan dilakukan verifikasi untuk mengkonfirmasi nilai aktual respons yang berada pada prediksi program. Verifikasi akan terlihat kesesuaian nilai *Confidence interval* (CI) dan *Prediction Interval* (PI). Hasil percobaan nilai respons uji masuk ke dalam rentang 95% CI dan 95% PI menandakan bahwa model yang digunakan telah sesuai dengan rancangan dan hasil prediksi dapat dioptimalkan dengan baik (Lely & Setiyadi, 2023). Nilai 95% CI menggambarkan rentang estimasi nilai rata-rata respons, sedangkan 95% PI menggambarkan rentang kemungkinan nilai respons aktual yang diperoleh dari hasil pengukuran (Hepi *et al.*, 2021).

**Tabel 4.6** Perbandingan nilai aktual dengan nilai prediksi terpilih

| Respons               | Prediksi | Verifikasi | 95% CI   |          | 95% PI   |          |
|-----------------------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|
|                       |          |            | Rendah   | Tinggi   | Rendah   | Tinggi   |
| Stabilitas Busa (%)   | 100      | 99,41      | 985,191  | 101,481  | 958,996  | 104,1    |
| Densitas Busa (gr/ml) | 0,257    | 0,26       | 0,234219 | 0,279554 | 0,172297 | 0,341476 |
| Ekspansi Busa (%)     | 335,785  | 337,50     | 318,538  | 353,035  | 271,42   | 400,153  |

Hasil perbandingan dari **Tabel 4.6** tersebut menunjukkan bahwa proses verifikasi pada data respons stabilitas busa, densitas busa, dan ekspansi busa didapatkan hasil yang mendekati nilai prediksi. Hasil verifikasi telah menunjukkan bahwa nilai seluruh respons telah berada pada batas atas dan batas bawah 95% CI

dan 95% PI. Perbedaan antara nilai prediksi dan nilai verifikasi yang tidak melebihi 5% menandakan bahwa model yang digunakan akurat dalam menggambarkan proses yang terjadi. Selisih nilai tersebut menandakan perbedaan antara hasil prediksi dan verifikasi tidak signifikan sehingga dinilai telah sesuai dan dinilai dapat menandakan kondisi proses yang baik (Hiovenaguna & Widjanarko, 2017).

#### 4.2 Karakteristik Fisik dan Kimia Serbuk Bunga Mawar

Analisis karakteristik fisik dan kimia serbuk bunga mawar meliputi beberapa parameter yaitu kadar air, warna, kadar antosianin, dan kadar fenol yang disajikan pada **Tabel 4.7**. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimia dari serbuk bunga mawar yang dihasilkan. Parameter tersebut digunakan sebagai indikator kualitas produk yang diperoleh.

**Tabel 4.7** Hasil analisis fisik kimia serbuk bunga mawar

| Parameter        | Hasil          |
|------------------|----------------|
| Kadar air        | 1,02%          |
| Warna            |                |
| L*               | 51,88          |
| a*               | 24,72          |
| b*               | 4,27           |
| Chroma (C*)      | 25,05          |
| Hue (h°)         | 9,75°          |
| Kadar antosianin | 69,38 mg/L     |
| Kadar fenol      | 51,69 mg GAE/g |

##### 4.2.1 Kadar Air

Nilai kadar air merupakan parameter penting dalam penentuan mutu produk serbuk dikarenakan berkaitan dengan daya simpan dan kualitas fisik produk. Nilai kadar air yang relatif rendah menunjukkan kandungan air yang sedikit, sehingga menunjukkan produk yang stabil dan tidak mudah rusak. Kadar air dalam produk pengolahan FMD dapat menggambarkan keberhasilan proses pengeringan yang dilakukan pada bahan. Hasil analisis serbuk bunga mawar memiliki kadar air sebesar 1,02% yang menunjukkan produk serbuk yang didapatkan memiliki kandungan air yang sangat rendah. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Arofah & Minah., (2025) bahwa serbuk menunjukkan kadar air terendah sekitar 1% pada perlakuan metode pengeringan tertentu yaitu menggunakan *food dehydrator*. Selain itu, kadar air akan semakin cepat berkurang tergantung pada penambahan bahan

pengisi berupa maltodekstrin dalam proses pengeringan. Penambahan maltodekstrin dapat membentuk partikel yang bersifat porous atau struktur berpori sehingga kadar air menjadi berkurang seiring bertambahnya jumlah maltodekstrin yang digunakan (Pramitasari *et al.*, 2022).

Rendahnya nilai kadar air juga dipengaruhi oleh konsentrasi CMC yang memiliki gugus fungsi bersifat hidrofilik atau suka terhadap air sehingga mudah berinteraksi dengan molekul air. CMC yang bercampur dalam larutan menyebabkan gugus pada rantai polimernya yang telah mengalami substitusi akan meningkatkan kemampuan CMC untuk terdispersi dengan baik di dalam larutan. Setelah proses dispersi terjadi, bagian molekul yang bersifat hidrofilik akan menarik dan mengikat molekul air di sekitarnya melalui interaksi ikatan hidrogen. Interaksi tersebut menyebabkan air terserap oleh rantai polimer CMC (Alviansyah *et al.*, 2025). Hasil persentase kadar air serbuk bunga mawar sesuai dengan standar SNI 01-4320-1996 yaitu maksimum diperbolehkan pada minuman serbuk tradisional adalah sebesar 3%. Hasil analisis pada serbuk bunga mawar menunjukkan kadar air sebesar 1,02%, yang berarti nilainya jauh lebih rendah dibandingkan dengan batas maksimum yang ditetapkan oleh standar tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk bunga mawar telah memenuhi persyaratan mutu serbuk dan memiliki potensi daya simpan yang baik karena kadar airnya yang rendah dapat mengurangi risiko kerusakan produk selama penyimpanan.

#### 4.2.2 Warna

Pengukuran parameter warna dinyatakan menggunakan sistem warna CIELAB yang terdiri dari nilai  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ . Hasil nilai  $L^*$  menunjukkan tingkat kecerahan warna dengan nilai sebesar 51,88 menandakan tingkat kecerahan sedang atau tidak terlalu gelap. Hal ini menandakan bahwa warna serbuk masih cukup terang dengan mempertahankan karakteristik warna alami bahan. Nilai  $L^*$  tersebut menunjukkan tingkat kecerahan warna dengan rentang 0-100 dengan nilai yang lebih tinggi menandakan warna yang lebih terang. Parameter  $a^*$  memiliki rata-rata nilai 24,72 yang mengarah pada warna merah. Nilai  $a^*$  menunjukkan kecenderungan positif mengarah pada warna merah sedangkan negatif menunjukkan warna hijau. Parameter  $b^*$  memiliki rata-rata nilai 4,27 yang

mengarah pada warna kuning. Nilai  $b^*$  menunjukkan kecenderungan positif mengarah pada warna kuning sedangkan negatif mengarah pada warna biru.

Analisis warna juga dilengkapi dengan nilai *chroma* ( $C^*$ ) dan derajat *hue* ( $h^\circ$ ) yang menggambarkan jelas intensitas dan jenis warna. Nilai  $C^*$  yang semakin tinggi menunjukkan akan semakin kuat. Nilai *chroma* ( $C^*$ ) bernilai 0 pada titik pusat diagram warna dan akan meningkat seiring dengan bertambahnya jarak dari titik pusat. Nilai  $C^*$  serbuk bunga mawar sebesar 25,05 yang menandakan tingkat kejenuhan warna tampak jelas dan tidak pucat, berdasarkan Gitonga *et al.*, (2016) menyatakan bahwa nilai  $C^*$  bunga mawar bervariasi dari 122 merah murni hingga 22 berwarna merah muda.

Nilai  $h^\circ$  serbuk bunga mawar sebesar  $9,75^\circ$  menunjukkan arah dominasi warna yang berada pada wilayah merah keunguan. Hasil analisis warna tersebut menunjukkan bahwa serbuk bunga mawar memiliki warna merah yang dominan dengan sedikit warna ungu. Perolehan warna tersebut dikarenakan adanya kandungan pigmen antosianin pada bunga mawar. Mahkota bunga mawar diketahui mengandung pigmen antosianin yang termasuk dalam kelompok senyawa flavonoid. Jenis antosianin yang terdapat pada bunga mawar antara lain pelargonidin dan sianidin, yang berperan sebagai senyawa antioksidan karena mampu menangkap radikal bebas (Wulandari *et al.*, 2016).

#### 4.2.3 Kadar Antosianin

Analisis kadar antosianin merupakan analisis kandungan pigmen alami yang termasuk dalam golongan flavonoid. Antosianin berperan memberikan warna merah, ungu, hingga biru pada tanaman tergantung jenis dan konsentrasi pigmennya. Selain itu, antosianin juga memiliki aktivitas sebagai antioksidan alami. Kadar antosianin umumnya dinyatakan dalam satuan mg/L atau ekuivalen sianidin-3-glikosida, yang menunjukkan jumlah pigmen antosianin yang terdapat dalam suatu sampel larutan. Berdasarkan hasil pengujian yang tercantum pada **Tabel 4.7** kadar antosianin diperoleh sebesar 69,38 mg/L. Nilai ini menunjukkan kesesuaian dengan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kadar antosianin bunga mawar sebesar 71,37 mg/L (Kumari *et al.*, 2017) sehingga hasil penelitian saat ini dapat dikatakan masih berada dalam rentang kadar antosianin bunga mawar.

Perbedaan nilai ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu variasi kondisi pertumbuhan bunga mawar dan metode yang digunakan.

Penurunan kadar antosianin dipicu oleh proses pengeringan serbuk bunga mawar. Pigmen antosianin sangat rentan mengalami degradasi termal karena struktur kimianya yang sensitif terhadap peningkatan suhu dan durasi pemanasan. Hal ini dijelaskan pada penelitian Yu & Yuanping., (2021) bahwa antosianin mudah mengalami penurunan kualitas karena degradasi merupakan proses yang kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa variabel lingkungan dan kimia, termasuk suhu, paparan cahaya, oksigen, pH, serta interaksi dengan logam dan enzim. Penggunaan bahan tambahan berupa CMC juga berpengaruh pada kadar antosianin serbuk. Hasil penelitian Tan *et al.*, (2024) bahwa CMC dapat meningkatkan stabilitas antosianin selama penyimpanan. Hal ini terjadi karena gugus hidroksil pada molekul CMC membentuk ikatan hidrogen, sehingga membentuk matriks yang padat dan kompak. Struktur ini membatasi kontak antosianin dengan faktor lingkungan eksternal.

#### 4.2.4 Kadar Fenol

Kadar fenol merupakan senyawa yang memiliki satu atau lebih gugus hidroksil yang terikat pada cincin aromatik. senyawa fenol berperan sebagai antioksidan alami yang mampu mencegah kerusakan oksidatif pada sel tanaman. Senyawa fenol dapat membantu melindungi senyawa bioaktif dari kerusakan oksidatif karena kemampuannya menangkap radikal bebas (Ri *et al.*, 2019). Kadar fenol total dinyatakan dalam satuan miligram ekuivalen asam galat (mg GAE/g) bahan kering, yang menggambarkan jumlah total senyawa fenol terhadap standar asam galat. Berdasarkan hasil pengujian yang tercantum pada **Tabel 4.7** total fenol serbuk bunga mawar mencapai 51,69 mg GAE/g. Hasil tersebut menurun dibandingkan dengan penelitian Rózyło *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa tercatat sebesar 71,8 mg GAE/g. Perbedaan ini dapat terjadi karena beberapa faktor, termasuk perbedaan varietas mawar dan metode yang digunakan.

Proses pembuatan serbuk bunga mawar pada metode FMD menggunakan CMC sebagai bahan penstabil busa. Konsentrasi CMC akan meningkatkan viskositas larutan dan memperkuat struktur busa sehingga terbentuk lapisan yang melapisi komponen dalam bahan. Penambahan CMC dapat menyebabkan

penurunan kadar fenol pada produk hasil pengeringan. Hal ini berkaitan dengan sifat CMC yang mampu meningkatkan viskositas larutan. Viskositas yang meningkat, lapisan dinding yang terbentuk akan menjadi lebih tebal dan kompak sehingga dapat melindungi senyawa bioaktif di dalamnya. Lapisan tersebut dapat menghambat interaksi antara senyawa fenolik dengan reagen yang digunakan dalam analisis total fenol, sehingga jumlah fenol yang didapatkan pada pengujian menjadi lebih rendah (Gonardi *et al.*, 2022).



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Kondisi optimum pada pembusaan serbuk bunga mawar diperoleh pada konsentrasi albumin 6%, konsentrasi CMC 0,1%, dan waktu pengocokan 2,903 menit. Nilai validasi respons stabilitas busa 100%, densitas busa 0,257 gr/ml, dan ekspansi busa 335,785%.
2. Karakteristik fisik dan kimia yang dihasilkan pada formulasi optimum pada serbuk bunga mawar yaitu kadar air 1,02%, warna derajat *hue* 9,75° merah keunguan, kadar antosianin 69,38 mg/L, dan kadar fenol 51,69 mg GAE/g.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berupa diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai penerapan teknik enkapsulasi pada kandungan minyak atsiri bunga mawar guna meningkatkan stabilitas produk serta mempertahankan karakteristik aroma selama penyimpanan dan penggunaan produk

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A. F., Yuwono, S. S., & Maligan, J. M. (2019). Pengaruh Penambahan Maltodekstrin dan Putih Telur Terhadap Karakteristik Bubuk Kaldu Jamur Tiram. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 7(4), 53–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2019.007.04.6>
- Adiansyah, M., Hendrawan, Y., & Hadi Sumarlan, S. (2018). Permodelan dan Optimasi Proses Biofiksasi Karbondioksida Pada Biogas Menggunakan Java Moss (*Taxiphyllum barbieri*) dengan *Response Surface Methodology*. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 6(1), 1–8.
- Agung, I. G., & Abimanyu, B. (2025). *Carboxymethyl Cellulose Enhances the Quality of Sugar-Free Ginger-Milk Powder Produced by Foam-Mat Drying*. 24(12), 80–95.
- Agustin, A., Widayanti, E., Ikayanti, R., & Kesuma, S. (2022). Penetapan Kadar Fenol Total Ekstrak Etanol Berbagai Biji Buah Salak Bali ( *Salacca zalanca* var . *ambonensis* ) Menggunakan Metode Folin Ciocalteu Total Phenolic Content Determination of Ethanolic Extract from Various Salak Bali Seeds. *Jurnal Nutriture*, 1(3), 19–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.31290/nj.v1i3.3705>
- Aliyah, Q., & Handayani, M. N. (2019). Penggunaan Gum Arab Sebagai Bulking Agent Pada Pembuatan Minuman Serbuk Instan Labu Kuning Dengan Menggunakan Metode Foam Mat Drying. *Edufortech*, 4(2). <https://doi.org/10.17509/edufortech.v4i2.19375>
- Alviansyah, A. A., Ramadhan, A. Z., Athaya, N. A., Nuraiza, S., Permata, S., Tasman, I. H., & Khotib, M. (2025). Characterization of CMC and Its Effect on Physical Stability and Shelf Life of Psidium guajava. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 14(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/ijcs.v14i3.25250>
- Amini, K., Susanto, E., & Suharto, S. (2023). Physicochemical Characteristics of Vanamei Shrimp Head Powder (*Litopenaeus vannamei*) with Different Maltodextrin Concentrations in the Foam Mat Drying Method. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan*, 5(2), 104–116. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jitpi.2023.16546>
- Ariyani, S. B., Rusdi Hidayat, M., Ratihwulan, H., & Sri Mulyono, A. (2018). Optimasi Proses Ekstraksi Asam Ferulat Secara Alkali dari Serat Mesokarp Sawit Menggunakan Metode Permukaan Respon. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 2, 1–11. <https://doi.org/10.33104/jihp.v15i2.6134>
- Arofah, N. H., & Minah, F. N. (2025). Optimasi Proses Pembuatan Minuman Serbuk Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L) Instan dengan Variasi Metode Pengeringan dan Umur Bunga Rosella. *Jurnal Sains Dan Teknologi Pangan*, 10(1), 8152–8165. <https://doi.org/https://doi.org/10.63071/32j34958>

- Asokapandian, S., Venkatachalam, S., Swamy, G. J., & Kuppusamy, K. (2016). Optimization of Foaming Properties and Foam Mat Drying of Muskmelon Using Soy Protein. *Journal of Food Process Engineering*, 39(6), 692–701. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12261>
- Azharini, R., Widyasanti, A., & Nurhasanah, S. (2022). Optimasi Proses Ekstraksi Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Berbantu Gelombang Mikro Menggunakan Aplikasi Response Surface Methodology. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 14(2), 97–102. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v14i2.23462>
- Badan Pusat Statistik. (2025). Tanaman Hias Menurut Jenis Tanaman di Kabupaten Jember 2025. <https://jemberkab.bps.go.id/id/statistics-table/3/VEd4alYzcHFaaKJwVUuHQIVVNTNjbEZqVGtKb1FUMDkJMw==/produksi-tanaman-hias-menurut-jenis-tanaman-di-kabupaten-jember--2022.html?year=2025>
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). Serbuk Minuman Tradisional. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/4741-sni01-4320-1996>
- Belal, M., Hossain, M. A., Mitra, S., & Zzaman, W. (2023). Effect Of Foaming Agent Concentration And Foam Stabilizer On The Foaming Capacity And Physical Properties Of Tomato Powder At Dried At Different Temperature. *Journal of Microbiology, Biotechnology, and Food Sciences*, 12(4), e4741–e4741. <https://doi.org/https://doi.org/10.55251/jmbfs.4741> Received
- Buljat, A. M., Tušek, A. J., Valinger, D., Kljusurić, J. G., & Benković, M. (2019). Applicability of Foam Mat Drying Process for Production of Instant Cocoa Powder Enriched with Lavender Extract §. *Food Technology & Biotechnology*, October 2018, 3–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.17113/ftb.57.02.19.6064>
- Chougale, B. D., Sangani, V. P., Davara, P. R., & Rathod, P. J. (2020). Optimization of Foaming and Stabilizing Process Parameters for Foam Mat Drying of Prickly Pear ( *Opuntia elatior* Mill .) Pulp. *International Journal of Chemical Studies*, 8(5), 2458–2462.
- Darniadi, S., Rachmat, R., Luna, P., Purwani, W., & Sandrasari, D. A. (2020). Penentuan Umur Simpan Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) pada Bubuk Minuman Instan Stroberi Foam-Mat Drying. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 9(4), 151–157. <https://doi.org/10.17728/jatp.7539>
- Delavari, S., Mohammadi Nik, H., Mohammadi, N., Samimi, A., Zolfegharifar, S. Y., Antalovits, F., & Mesbah, R. (2021). Optimization of operating conditions for CO hydrogenation to hydrocarbon via Response Surface Method. *Chemical Methodologies*, 5(2), 178–189.
- Djaeni, M., Triyastuti, M. S., & Rahardjo, H. S. (2016). Pengaruh Pengeringan Dengan Metode Gelembung Terhadap Sifat Fisik Produk Ekstrak Bunga Rosela. *Reaktor*, 16(2), 96. <https://doi.org/10.14710/reaktor.16.2.96-102>

- El-salam, E. A. E. A., Ali, A. M., & Hammad, K. S. (2021). Foaming Process Optimization , Drying Kinetics and Quality of Foam Mat Dried Papaya Pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 58(4), 1449–1461. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04657-2>
- Farid, E., Mounir, S., Siliha, H., El-Nemr, S., & Talaat, E. (2023). Effect of soy protein isolate concentration and whipping time on physicochemical and functional properties of strawberry powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 4(17), 3815–3826. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-01889-6>
- Fauzi, R. A., Widyasanti, A., Perwitasari, S. D. N., & Nurhasanah, S. (2022). Optimasi Proses Pengeringan terhadap Aktivitas Antioksidan Bunga Telang ( *Clitoria ternatea* ) Menggunakan Metode Respon Permukaan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(1), 9–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2022.023.01.2>
- Fortin, G. A., Asnia, K. K. P., Ramadhani, A. S., & Maherawati, M. (2021). Minuman Fungsional Serbuk Instan Kaya Antioksidan Dari Bahan Nabati. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(4), 984–991. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i4.8977>
- Gaikwad, N. N., Kadam, A. A., Giri, N. A., Suryavanshi, S., & Marathe, R. A. (2024). Enhancing Bioactive Compounds Retention in Pomegranate Juice Powder Through Foam Mat Drying. *Journal of Food Process Engineering*, July, 1–14. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14707>
- Gitonga, V. W., Stolker, R., Mitra, C. F. S. K., Visser, R. G. F., Maliepaard, C., & Krens, F. A. (2016). Inheritance and QTL Analysis of the Determinants of Flower Color in Tetraploid Cut Roses. *Molecular Breeding*, 36(10), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11032-016-0565-9>
- Gonardi, R., Setijawaty, E., & Jati, I. R. A. (2022). *Pembangan Produk Bubuk Tomat dengan Pengering The Development of Tomato Powder using Cabinet Dryer with Maltodextrin and Natrium Carboxymethyl Cellulose as Encapsulant*. 23(2), 101–118.
- Hao, H. Van, Thuy, N. M., Giau, T. N., Tai, N. Van, & Minh, V. Q. (2024). *Effect Of Foaming Agents And Drying Temperature On Drying Rate And Quality Of Foam- Mat Dried Papaya Powder. Table 1*, 1–7.
- Harfika, Salfiana, Syarifuddin, R. N., & Muhanniah. (2023). Studi Pembuatan Bumbu Bubuk Palekko Instan Dengan Metode. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 9, 203–212. <https://doi.org/https://doi.org/10.26858/jptp.v9i2.680>
- Hepi, D. A., Yulianti, N. L., & Setiyo, Y. (2021). Optimasi Suhu Pengeringan dan Ketebalan Irisan pada Proses Pengeringan Jahe Merah (*Zingiber Officinale* var. *rubrum*) dengan Response Surface Methodology (RSM) Optimization. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 9(1), 66–75.
- Hiovenaguna, M. B., & Widjanarko, Si. B. (2017). Optimasi Proses Pembuatan Brem Pada dengan Penambahan Sari Buah Jeruk. *Jurnal Pangan Dan*

*Agroindustri*, 5(3), 6–14.

- Hossain, M. A., Ahmed, T., Ferdaus, J., & Zzaman, W. (2024). Optimization of the Foam-Mat Drying Process to Develop High-Quality Tomato Powder: A Response Surface Methodology Approach. *Heliyon*, 10(21), e39811. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39811>
- Imran, A. (2023). Literature Review : Potensi Tanaman Mawar Merah (*Rosa damascena*) Beserta Kandungan Senyawa di Dalamnya. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 3(3), 119–129. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v3i3.193>
- Kinanti, K. S., Nurbaya, S. R., & Azara, R. (2023). Karakteristik Fisik Bubuk Jus Jambu Biji Merah (*Psidium Guajava L.*) yang Dikeringkan dengan Metode Foam-Mat Drying. *PHARMADEMICA : Jurnal Kefarmasian Dan Gizi*, 2(2), 74–82. <https://doi.org/10.54445/pharmademica.v2i2.31>
- Kumar, A., Kandasamy, P., & Chakraborty, I. (2022). Analysis of Foaming Properties of Mango Pulp for Foam- mat Drying : Impact of Egg Albumin Concentration and Whipping Time. *Journal of The Institution of Engineers (India)*, 103(3), 1–9. [https://doi.org/https://doi.org/10.36375/prepare\\_u.iei.a187](https://doi.org/https://doi.org/10.36375/prepare_u.iei.a187) viscous,
- Kumari, P., Raju, D. V. S., Prasad, K. V, Singh, K. P. A. L., Saha, S., Arora, A., & Hossain, F. (2017). Quantification and Correlation of Anthocyanin Pigments and Their Antioxidant Activities in Rose ( *Rosa hybrida* ) Varieties. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 87(October), 1340–1346. <https://doi.org/10.56093/ijas.v87i10.74991>
- Kunnaryo, H. J. B., & Wikandari, P. R. (2021). Antosianin dalam Produksi Fermentasi dan Perannya sebagai Antioksidan. *Unesa Journal of Chemistry*, 10(1), 24–36. <https://doi.org/10.26740/ujc.v10n1.p24-36>
- Kurniawan, W. (2023). Efektivitas Antosianin Ekstrak Bunga Mawar Untuk Pengobatan Diabetes Mellitus Tipe 2. *Healthy: Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan*, 2(2), 1–23.
- Kurniawati, A. (2017). Pengaruh Jenis Pelarut Pada Proses Ekstraksi Bunga Mawar Dengan Metode Maserasi Sebagai Aroma Parfum. *Journal of Creativity Student*, 2(2), 74–83. <https://doi.org/10.15294/jcs.v2i2.14587>
- Kusuma, H. A. W., Kumalaningsih, S., & Pranowo, D. (2019). Optimasi Suhu dan Konsentrasi Maltodekstrin pada Proses Pembuatan Serbuk Lobak dengan Metode Foam Mat Drying. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), 171–182. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2019.008.03.2>
- Lalong, P. R. F., Nabon, M. N., Soru, J. P. G., & Nugroho, M. F. A. (2025). Optimasi Kondisi Pengeringan Terhadap Sifat Kimia Tepung Ubi Kayu Lokal Nuabosi Menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *Agroteknika*, 8(2), 179–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.55043/agroteknika.v8i2.539>

- Lely, N., & Setiyadi, G. (2023). Optimasi Sediaan Gel Ekstrak Rambut Jagung (*Zea mays L.*) Menggunakan Gelling Agent Carbopol dan Humektan Propilen Glikol. *Journal of Pharmacy*, 2(4), 444–458. <https://doi.org/https://doi.org/10.23917/ujp.v2i4.183>
- Li, J., Yang, X., Swallah, M. S., Fu, H., Ji, L., Meng, X., Yu, H., & Lyu, B. (2022). Soy protein isolate : an overview on foaming properties and air – liquid interface. *International Journal of Food Science and Techlonogy*, 57(1), 188–200. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15390>
- Margining, I. M. T. U., Nurhidajah, & Yusuf, M. (2023). Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Minuman Instan Ekstrak Beras Hitam Berdasarkan Konsentrasi Maltodekstrin dengan Metode Foam Mat Drying. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 13(1), 68–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.26714/jpg.13.1.2023.67-77> ABSTRACT
- Muzaki, A., Wahyuni, S., & Hanik, N. R. (2021). Identifikasi Jenis Hama dan Penyakit yang Sering Menyerang Tumbuhan Bunga Mawar (*Rosa hybrida L.*) di Daerah Manyaran. *Florea : Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 8(1), 48. <https://doi.org/10.25273/florea.v8i1.8071>
- Nurfitria Junita, Nielma Auliah, & Wantry Diasny. (2020). Formulasi Sediaan Mouthwash Ekstrak Etanol Bunga Mawar Merah (*Rosa damascena Mill*) Sebagai Antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*. *Borneo Journal of Pharmascientech*, 4(2), 28–36. <https://doi.org/10.51817/bjp.v4i2.341>
- Ozcelik, M. M., Aydin, S., Aydin, E., & Ozkan, G. (2024). Preserving Nutrient Content In Red Cabbage Juice Powder Via Foam-Mat Hybrid Microwave Drying: Application In Fortified Functional Pancakes. *Food Science and Nutrition*, 12(2), 1340–1355. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3847>
- Pasban, A., Mohebbi, M., Azarang, H. P., Varidi, M., & Abbasi, A. (2022). Optimization of Foaming Parameters and Evaluation Foam-Mat Drying of White Button Mushroom (*Agaricusbisporus*). *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 19(129), 41–54. <https://doi.org/10.22034/FSCT.19.129.41>
- Pramitasari, R., Lim, J. P., & Pangan, P. (2022). Karakterisasi Sifat Fisikokimia Ekstrak dan Bubuk Hasil Pengeringan Beku Antosianin Mahkota Bunga Telang ( *Clitoria ternatea L .* ) ( Characterization of Physicochemical Properties of Butterfly Pea Flower Petal ( *Clitoria ternatea L .* ) Anthocyanin Extract a. *Agricultural Journal*, 5(2), 304–312. <https://doi.org/https://doi.org/10.37637/ab.v5i2.960>
- Rabe, M., Kerth, A., Blume, A., & Garidel, P. (2020). Albumin Displacement at the Air – Water Interface by Tween ( *Polysorbate* ) Surfactants. *European Biophysics Journal*, 49(7), 533–547. <https://doi.org/10.1007/s00249-020-01459-4>
- Rahmawati, N., Saati, E. A., & Wachid, M. (2020). Studi Pembuatan Minuman Serbuk Ekstrak Mawar Merah dengan Metode Foam Mat Drying. *Food Technology and Halal Science Journal*, 3(1), 88–101.

<https://doi.org/https://doi.org/10.22219/fths.v3i1>

- Ramadhan, A. D., Kurniati, D. A., Setyawardani, T., Sumarmono, J., Fadhlurrohman, I., & Arkan, N. D. (2024). Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Yoghurt dengan Fortifikasi Teh Pandan ( *Pandanus amaryllifolius* Roxb .). *Jurnal Ilmiah Perternakan Halu Oleo*, 6(4), 336–344. <https://doi.org/10.56625/jipho.v6i4.67>
- Ren, S., Jiménez-flores, R., & Giusti, M. M. (2021). *The interactions between anthocyanin and whey protein : A review*. September, 1–20. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12854>
- Ri, H., Kim, C., Pak, U., Kang, M., & Kim, T. (2019). Effect of Different Polarity Solvents on Total Phenols and Flavonoids Content , and In-vitro Antioxidant Properties of Flowers Extract from Aurea Helianthus. *ArXiv Preprint ArXiv, 1906.12006*, 1–7.
- Riyadi, R. H., Romadhon, Wijayanti, I., Arifin, M. H., Sunaya, N., & Gulzar, S. (2023). Optimization of Threadfin Bream ( *Nemipterus* sp .) Protein Hydrolysate Using Response Surface Methodology Analysis Optimization of Threadfin Bream ( *Nemipterus* sp .) Protein Hydrolysate Using Response Surface Methodology Analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1224(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1224/1/012035>
- Rózyło, R., Amarowicz, R., Janiak, M. A., Domin, M., Rózyło, I., Rząd, K., Matwijczuk, A., Rusinek, R., & Gancarz, M. (2024). Micronized Rose Petal Powder : A Valuable Edible Floral Food Ingredient Containing Bioactive Compounds. *Molecules*, 29(20), 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules29204931>
- Saati, E. A., Dyah Pusparini, A., Wachid, M., & Winarsih, S. (2018). The anthocyanin pigment extract from red rose as antibacterial agent. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 14(1–2), 184–187. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v14n1-2.959>
- Saati, E. A., Ramadhan, A. H., Lutfi, M., Wahyudi, V., & Manshur, H. (2017). Utilization of Rose Flower Extract as Antioxidant. *Earth and Environmental Science*, 458(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/458/1/012035>
- Sangadji, I., Rijal, M., & Astri, Y. (2017). Kandungan Antosianin di dalam Mahkota Bunga Beberapa Tanaman Hias. *Jurnal Biology Science & Education*, 6(2), 13–25.
- Sartika, D., & Firmansyah, A. (2022). Optimasi Suhu dan Waktu Proses Delignifikasi pada Isolasi Selulosa dari Tongkol Jagung. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 7(April), 79–88. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/JITPA.2022.v01.i01.p010>
- Sellyna, N., Miranti, Nurulita, Y., Saputra, E., Utama, P. S., & Nugroho, T. T. (2020). Optimasilisasi Waktu Fermentasi, Kadar Air dan Konsentrasi Cu2+ pada Produksi Lakase Trichoderma asperellum LBKURCC1 Secara

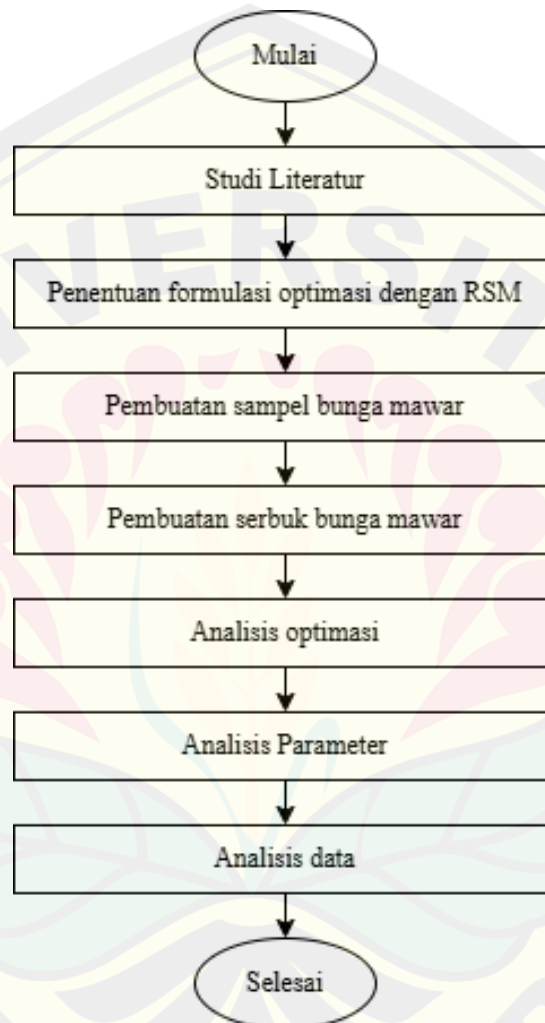
- Fermentasi Padat Batang Padi dalam Reaktor Labu. *Chimica et Natura Acta*, 8(1), 7–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/cna.v8.n1.26730>
- Sifat, S. A. D., Trisha, A. T., Huda, N., Zzaman, W., & Julmohammad, N. (2021). Response Surface Approach to Optimize the Conditions of Foam Mat Drying of Plum in relation to the Physical-Chemical and Antioxidant Properties of Plum Powder. *International Journal of Food Science*, 1(3681807). <https://doi.org/10.1155/2021/3681807>
- Simanungkalit, Y. S., & Syamwil, R. (2020). Teknik Ecoprint dengan Memanfaatkan Limbah Mawar (*Rosa Sp.*) pada Kain Katun. *Fashion and Fashion Education Journal (Ffej)*, 9(1), 9. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ffe>
- Sun, F., Cheng, T., Ren, S., Yang, Bi., Liu, J., Huang, Z., Guo, Z., & Wang, Z. (2024). Soy Protein Isolate/Carboxymethyl Cellulose Sodium Coplexes System Stabilized High Internal Phase Pickering Emulsions: Stabilization Mechanism Based on Noncovalent Interaction. *International Journal of Biological Macromolecules*, 256(128381). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128381>
- Tan, S. L., & Sulaiman, R. (2020). Color and Rehydration Characteristics of Natural Red Colorant of Foam Mat Dried Hibiscus sabdariffa L. Powder. *International Journal of Fruit Science*, 20(1), 89–105. <https://doi.org/10.1080/15538362.2019.1605557>
- Tan, S., Zeng, X., Li, J., Ding, X., Luo, Y., Li, W., & Mo, Y. (2024). Storage Stability and In Vitro Release Characteristics of Black Rice Anthocyanins Microencapsulated by Pectin and Sodium Carboxymethyl Cellulose. *LWT*, 207, 116654. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116654>
- Thuy, N. M., Tien, Q. V., Tuyen, N. N., Giau, T. N., Minh, V. Q., & Tai, N. van. (2022). Optimization of Mulberry Extract Foam-Mat Drying Process Parameters. *Molecules*, 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules27238570>
- Thuy, N. M., Tien, V. Q., & Tai, N. Van. (2022). Effect of Foaming Conditions on Foam Properties and Drying Behavior of Powder from Magenta (*Peristrophe roxburghiana*) Leaves Extracts. *Horticulturae*, 8(6), 546. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/horticulturae8060546>
- Utomo, D., & Ariska, S. B. (2020). Kualitas Minuman Serbuk Instan Sereh (*Cymbopogon citratus*) dengan Metode Foam Mat Drying. *Teknologi Pangan : Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 11(1), 42–51. <https://doi.org/10.35891/tp.v11i1.1903>
- Widhiastuti, S. S., Mursyanti, E., Sidharta, B. B. R., Atmodjo, P. K., Junedi, S., Arsinengtyas, I. S., & To'bungan, N. (2023). Pelatihan Pengolahan Produk dari Bunga Mawar pada Masyarakat di Kawasan Sapuangan, Merapi, Klaten. *Jurnal Atma Inovasia*, 3(6), 498–504. <https://doi.org/10.24002/jai.v3i6.8082>

- Widyasanti, A., Arsyad, M. Z., & Wulandari, E. (2021). Ekstraksi Antosianin Kulit Buah Naga Merah ( *Hylocereus polyrhizus* ) Menggunakan Metode Maserasi. *Jurnall Agroindustri*, 11(2), 72–81. <https://doi.org/10.31186/j.agroind.11.2.72-81>
- Widyasanti, A., Muchtarina, N. C., & Nurjanah, S. (2020). Karakteristik Fisikokimia Bubuk Ampas Tomat-Apel Hasil Pengeringan Pembusaan Berbantu Gelombang Mikro. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 14(2), 180–190. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v14i2.6331>
- Wiyono, A. E., Amilia, W., Setiawan, A., Aghata, O. R. A. I., & Savitri, D. A. (2024). Optimization Of Natural Dye Formula Based On Rejected Red Dragon Fruit ( *Hylocereus polyrhizus* ) The Result Of Foam Mat Drying Using Simplex Lattice Design Method (SLD). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 12(2), 237–252. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/JRMA.2024.v12.i02.p08>
- Wiyono, A. eko, Windaru Runteka, O., Choiron, M., Ruriani, E., & Belgis, M. (2022). Stabilitas Serbuk Pewarna Alami Berbasis Antosianin Buah Naga Merah Apkir Tervariasi Pelarut Asam Dalam Berbagai Kondisi Eksterna. *Jurnal Agritechno*, 15(02), 74–84. <https://doi.org/10.20956/at.vi.693>
- Wulandari, R., Krisno, Mo. A., & Waluyo, L. (2016). Pengaruh Berbagai Konsentrasi ekstrak Bunga Mawar Merah ( *Rosa damascena* Mill ) Terhadap Stabilitas Warna Antosianin Agar-Agar sebagai Sumber Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 2, 48–56.
- Wulandari, Y. W. (2020). Pendampingan Pengemasan Teh Mawar Untuk Mewujudkan Wirausaha Yang Berkelanjutan Di Desa Clutang Provinsi Jawa Tengah. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 4(Vol 4, No 5 (2020): November), 948–957.
- Yu, Y., & Yuanping. (2021). Degradation Kinetic of Anthocyanins From Rose ( *Rosa rugosa* ) as Prepared by Microencapsulation In Freeze-Drying and Spray-Drying. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 2009–2021. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1701011>

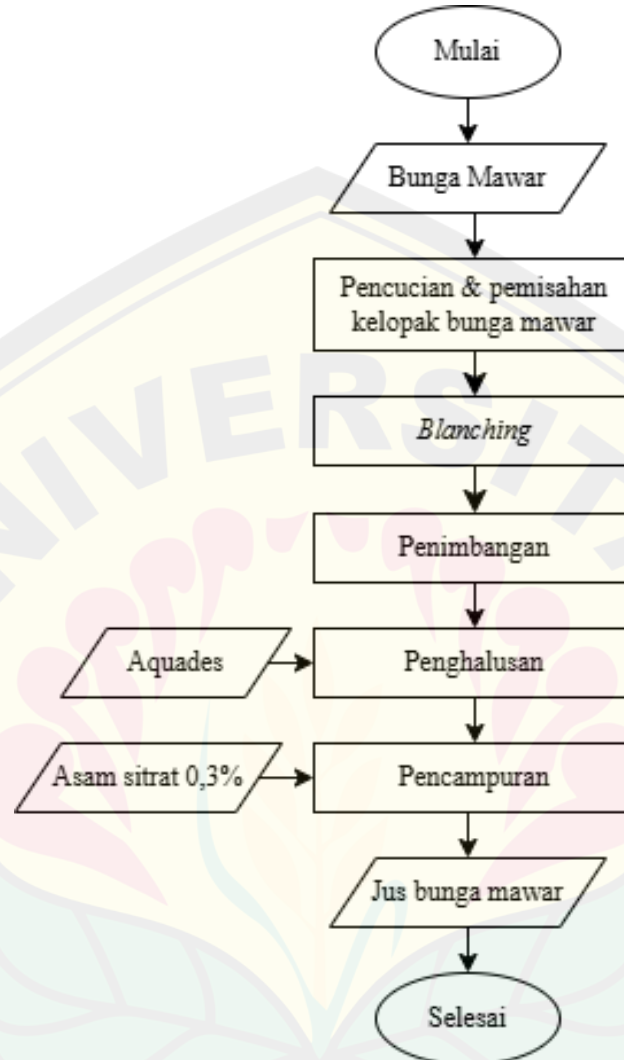
## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Diagram Alir Penelitian

## 1.1 Tahapan Penelitian

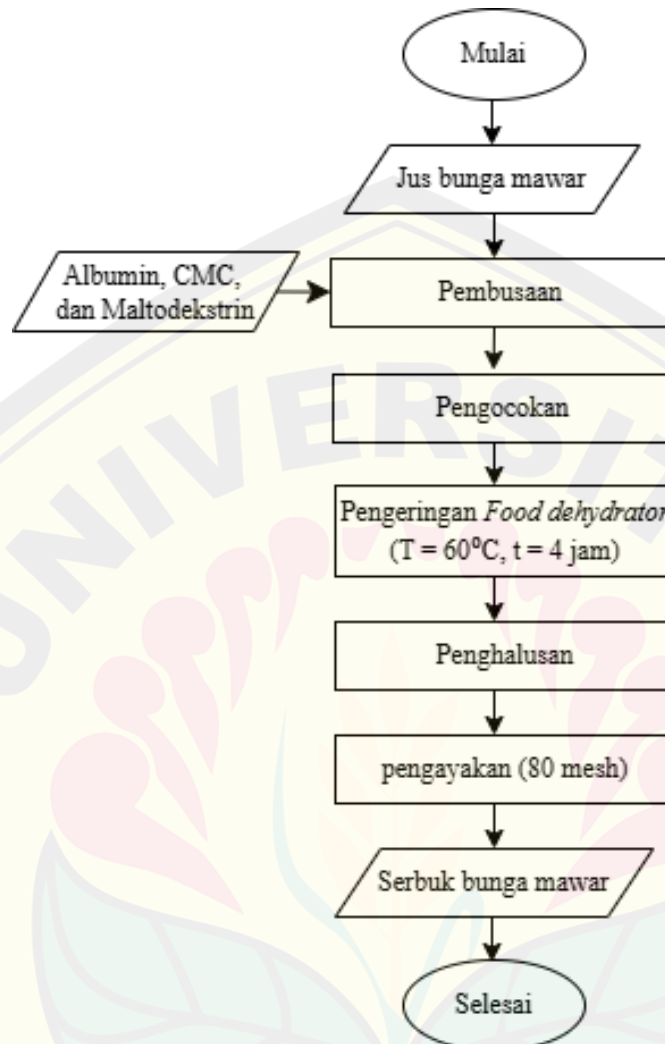
**Gambar 1.1** Tahapan penelitian

## 1.2 Pembuatan Sampel Bunga Mawar



**Gambar 1.2** Pembuatan sampel bunga mawar (Sumber: Saati *et al.*, 2017)

## 1.3 Pembuatan Serbuk Bunga Mawar



**Gambar 1.3** Pembuatan serbuk bunga mawar (Sumber: Rahmawati *et al.*, 2020 )

## Lampiran 2. Tahapan Analisis

### 2.1 Tahapan Analisis Parameter Optimasi

Analisis pembusaan jus bunga mawar dilakukan dengan melalui pengujian terhadap beberapa parameter optimasi yaitu sebagai berikut:

a. Stabilitas Busa (Tan & Sulaiman, 2020)

Stabilitas busa dihitung dengan cara mengambil 20 ml sampel busa jus bunga mawar dan dimasukkan dalam gelas ukur. Sampel akan disimpan pada suhu kamar selama 30 menit. Stabilitas busa akan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Stabilitas busa} = \frac{\text{Volume busa akhir}}{\text{Volume busa awal}} \times 100\%$$

b. Densitas Busa (Thuy, Tien, & Tai, 2022)

Kerapatan busa merupakan rasio antara massa dan volume busa. Hasil dihitung dengan menimbang 100 ml busa menggunakan neraca analitik dan mengukur volume busa menggunakan gelas ukur yang dihasilkan. Berikut rumus perhitungan yang digunakan

$$\text{Densitas busa} = \frac{\text{Massa busa}}{\text{Volume busa}}$$

c. Ekspansi Busa (Thuy, Tien, & Tai, 2022)

Ekspansi busa menunjukkan volume busa dan volume larutan pembentuk busa sehingga menunjukkan banyaknya busa yang terbentuk dari larutan. Sampel awal jus bunga mawar akan ditimbang hingga didapatkan volume awal (V1) dan penimbangan setelah volume jus bunga mawar setelah berbusa (V2). Hasil apak dilakukan perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Ekspansi busa (\%)} = \frac{V2 - V1}{V1} \times 100$$

## 2.2 Tahapan Analisis Parameter Penunjang

Analisis serbuk bunga mawar dilakukan dengan melalui pengujian terhadap beberapa parameter penunjang yaitu sebagai berikut:

### a. Kadar Air (AOAC 2005, dalam Harfika *et al.*, 2023)

Uji kadar air dilakukan dengan memanaskan cawan kosong dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam, kemudian dimasukkan dalam desikator untuk menurunkan suhu selama 15 menit dan timbang agar diperoleh berat cawan (W0 gram). Timbang 1 gram sampel dalam cawan untuk diperoleh berat sampel sebelum dikeringkan (W1 gram), kemudian masukkan dalam oven pada suhu 105°C selama 6 jam dan dinginkan kembali dalam desikator selama 30 menit. Timbang sampel agar diperoleh berat setelah pengeringan (W2 gram). Penentuan kadar air dapat diketahui melalui rumus berikut:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W1 - W2}{W1 - W0} \times 100\%$$

Keterangan:

W0 : berat cawan kosong (gram)

W1 : berat cawan dan sampel sebelum pengeringan (gram)

W2 : berat cawan dan sampel setelah pengeringan (gram)

### b. Warna (Ramadhan *et al.*, 2024)

Sampel serbuk bunga mawar akan diletakkan secara merata dalam cawan hingga rata, kemudian dilakukan penempelan sensor pada alat *colorimeter* pada permukaan sampel. Alat dinyalakan dengan menekan tombol daya untuk memulai proses pengukuran warna hingga diperoleh hasil pembacaan. Hasil akan menunjukkan nilai L\*, a\*, dan b\* sebagai parameter utama warna. Selain itu, nilai chroma (C\*) dan nilai derajat hue (h°) juga dihitung berdasarkan nilai a\*, dan b\*. Nilai C\* digunakan untuk menunjukkan tingkat kejenuhan atau intensitas warna serbuk, sedangkan h° digunakan untuk menunjukkan jenis atau arah warna dominan yang terbentuk. Berikut merupakan keterangan nilai dan perhitungan rumus:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right)$$

- L\* : semakin tinggi (+) cerah, semakin rendah (-) gelap  
 a\* : semakin tinggi (+) merah, semakin rendah (-) hijau  
 b\* : semakin tinggi (+) kuning, semakin rendah (-) biru  
 C\* : semakin tinggi (+) cerah, semakin rendah (-) pucat

c. Kadar Antosianin (Widyasanti *et al.*, 2021)

Uji kandungan antosianin serbuk bunga mawar dilakukan menggunakan alat spektrofotometer, yang diawali dengan pembuatan larutan buffer pH 1 dan pH 4,5. Larutan buffer pH 1 menggunakan 0,93 gram KCL yang dilarutkan dengan 490 ml aquades dan 7 ml HCl. larutan buffer pH 4,5 menggunakan 27,215 gram Na-asetat yang dilarutkan dengan 480 ml aquades dan 16,5 HCl. Larutkan 2 gram sampel serbuk bunga mawar dengan 200 ml aquades. Pencampuran larutan buffer pH 1 dan pH 4,5 masing masing 4,9 ml dalam tabung reaksi dan dicampurkan dengan 1 ml sampel vortex dan diamkan 15 menit hingga berubah warna. Sampel pH 1 akan menunjukkan warna merah sedangkan sampel pH 4,5 tidak berwarna. Sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 dan 700 nm. Nilai absorbansi yang didapat akan dilakukan perhitungan berikut:

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH1} - (A_{510} - A_{700})_{pH4,5}$$

$$\text{Kadar Antosianin} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

Keterangan:

- A : Absorbansi  
 MW : Berat molekul sianidin-3-elukosida (449,2 gram/mol)  
 DF : Faktor kelarutan  
 $\epsilon$  : Absorptivitas molar sianidin-3-glukosida (26.900 L/cm/mol)  
 l : Lebar kuvet (1 cm)

d. Kadar Fenol (Agustin *et al.*, 2022)

Pengujian kandungan total fenol dilakukan dua tahap utama, yaitu pembuatan kurva standar dan analisis larutan sampel serbuk bunga mawar.

#### 1) Pembuatan Kurva Standar Asam Galat

Larutan standar asam galat dibuat dengan cara menimbang 0,01 g serbuk asam galat, kemudian dilarutkan dalam aquades menggunakan labu ukur 100 mL hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan induk dengan konsentrasi 100 ppm. Selanjutnya larutan induk diencerkan untuk memperoleh variasi konsentrasi 0 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm. Masing-masing konsentrasi diambil sebanyak 0,5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 2,5 mL reagen Folin-Ciocalteu 10%. Campuran dihomogenkan dan diinkubasi selama 5 menit dalam kondisi gelap pada suhu ruang. Setelah itu ditambahkan 2 mL larutan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 7,5%, lalu dihomogenkan kembali dan diinkubasi selama 30 menit dalam ruang gelap. Absorbansi larutan kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 765 nm. Data absorbansi yang diperoleh diplot terhadap konsentrasi asam galat untuk mendapatkan persamaan regresi linear  $Y = ax + b$  sebagai kurva standar.

#### 2) Pembuatan Larutan Sampel Serbuk Bunga Mawar

Penentuan kadar total fenol dilakukan dengan menimbang 0,01 g ekstrak kering sampel, kemudian dilarutkan dalam 10 mL aquades hingga homogen. Dari larutan tersebut diambil 0,5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 2,5 mL reagen Folin-Ciocalteu 10%. Campuran dihomogenkan dan diinkubasi selama 5 menit dalam kondisi gelap pada suhu ruang. Selanjutnya ditambahkan 2 mL larutan natrium karbonat 7,5% (b/v), kemudian dihomogenkan kembali dan diinkubasi selama 30 menit dalam ruang gelap pada suhu ruang. Larutan blanko dibuat menggunakan 0,5 mL aquades yang ditambahkan 2,5 mL reagen Folin-Ciocalteu 10% dan 2 mL larutan natrium karbonat 7,5%. Setelah proses inkubasi selesai, absorbansi diukur pada panjang gelombang 765 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Lakukan perhitungan dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar Total Fenol} = \frac{c \times f_k \times V}{g}$$

Keterangan:

- c : Konsentrasi hasil substitusi dari persamaan regresi ( $\mu\text{g GAE/mL}$ )
- $f_k$  : Faktor konversi (1/1000, untuk mengubah  $\mu\text{g}$  menjadi mg)
- V : Volume ekstrak 1000 ppm yang digunakan (0,5 mL)
- G : Massa ekstrak dalam 0,5 mL larutan (0,0005 gram)

**Lampiran 3.** Perhitungan Analisis Pembusaan Serbuk Bunga Mawar**3.1 Stabilitas busa**

Ulangan 1

Diketahui:

Volume busa awal (V1) = 425 ml

Volume busa akhir (V2) = 420 ml

Ditanya: Stabilitas busa?

Jawab:

$$\text{Stabilitas busa} = \frac{\text{Volume busa akhir}}{\text{volume busa awal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Stabilitas busa} &= \frac{420 \text{ ml}}{425 \text{ ml}} \times 100\% \\ &= 98,82\%\end{aligned}$$

Ulangan 2

Diketahui:

Volume busa awal (V1) = 450 ml

Volume busa akhir (V2) = 450 ml

Ditanya: Stabilitas busa?

Jawab:

$$\text{Stabilitas busa} = \frac{\text{Volume busa akhir}}{\text{volume busa awal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Stabilitas busa} &= \frac{450 \text{ ml}}{450 \text{ ml}} \times 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rata - rata stabilitas busa} &= \frac{\text{stabilitas ulangan 1} + \text{stabilitas ulangan 2}}{2} \\ &= \frac{98,82 + 100}{2} \\ &= 99,41\%\end{aligned}$$

**3.2 Densitas Busa**

Ulangan 1

Diketahui:

Massa busa = 87,798 gr

Volume busa = 420 ml

Ditanya: Densitas busa?

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Densitas busa} &= \frac{\text{Massa busa}}{\text{Volume busa}} \\ &= \frac{87,798 \text{ gr}}{420 \text{ ml}} \\ &= 0,21 \text{ gr/ml}\end{aligned}$$

Ulangan 2

Diketahui:

Massa busa = 92,540 gr

Volume busa = 430 ml

Ditanya: Densitas busa?

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Densitas busa} &= \frac{\text{Massa busa}}{\text{Volume busa}} \\ &= \frac{92,540 \text{ gr}}{430 \text{ ml}} \\ &= 0,22 \text{ gr/ml}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rata - rata densitas busa} &= \frac{\text{Densitas ulangan 1} + \text{densitas ulangan 2}}{2} \\ &= \frac{0,21 \text{ gr/ml} + 0,22 \text{ gr/ml}}{2} \\ &= 0,21 \text{ gr/ml}\end{aligned}$$

### 3.3 Ekspansi busa

Ulangan 1

Diketahui:

Volume larutan (V1) = 100 ml

Volume busa (V2) = 425 ml

Ditanya: Ekspansi busa?

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Ekspansi busa} &= \frac{V2 - V1}{V1} \times 100\% \\ &= \frac{425 \text{ ml} - 100 \text{ ml}}{100 \text{ ml}} \times 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{325 \text{ ml}}{100 \text{ ml}} \times 100\% \\
 &= 325\%
 \end{aligned}$$

Ulangan 2

Diketahui:

Volume larutan (V1) = 100 ml

Volume busa (V2) = 450 ml

Ditanya: Ekspansi busa?

Jawab:

$$\begin{aligned}
 \text{Ekspansi busa} &= \frac{V2 - V1}{V1} \times 100\% \\
 &= \frac{450 \text{ ml} - 100 \text{ ml}}{100 \text{ ml}} \times 100\% \\
 &= \frac{350 \text{ ml}}{100 \text{ ml}} \times 100\% \\
 &= 350\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata ekspansi busa} &= \frac{\text{ekspansi ulangan 1} + \text{ekspansi ulangan 2}}{2} \\
 &= \frac{325\% + 350\%}{2} \\
 &= 337,50\%
 \end{aligned}$$

### 3.4 Kadar Air

Ulangan 1

Diketahui:

W0 = 46,28 gr

W1 = 1,00 gr

W2 = 47,33 gr

Ditanya: Kadar air (%)?

Jawab:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air (\%)} &= \frac{W1 - W2}{W1 - W0} \times 100\% \\
 &= \frac{1,00 \text{ gr} - 47,33 \text{ gr}}{1,00 \text{ gr} - 46,28 \text{ gr}} \times 100\% \\
 &= 1,02\%
 \end{aligned}$$

Ulangan 2

Diketahui:

$$W_0 = 46,39 \text{ gr}$$

$$W_1 = 1,01 \text{ gr}$$

$$W_2 = 47,33 \text{ gr}$$

Ditanya: Kadar air (%)?

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air (\%)} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{1,01 \text{ gr} - 47,33 \text{ gr}}{1,01 \text{ gr} - 46,39 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 1,02\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata Kadar air (\%)} &= \frac{\text{kadar air ulangan 1} + \text{kadar air ulangan 2}}{2} \\ &= \frac{1,02\% + 1,02\%}{2} \\ &= 1,02\% \end{aligned}$$

### 3.5 Warna

Ulangan 1

Diketahui:

Nilai a\*

$$\text{Titik 1} = 25$$

$$\text{Titik 2} = 22,5$$

$$\text{Titik 3} = 24,8$$

$$\text{Titik 4} = 25,5$$

$$\text{Titik 5} = 22,1$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata a*} &= \frac{25 + 22,5 + 24,8 + 25,5 + 22,1}{5} \\ &= 24,1 \end{aligned}$$

Nilai b\*

$$\text{Titik 1} = 3,3$$

$$\text{Titik 2} = 3,9$$

Titik 3 = 5,6

Titik 4 = 4,2

Titik 5 = 2,9

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata } b^* &= \frac{3,3 + 3,9 + 5,6 + 4,2 + 2,9}{5} \\ &= 3,98 \end{aligned}$$

Ditanya: C\* dan Hue°?

Jawab:

$$\begin{aligned} C^* &= \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \\ &= \sqrt{(24,1)^2 + (3,98)^2} \\ &= 24,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h^\circ &= \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \\ &= \tan^{-1} \left( \frac{3,98}{24,1} \right) \\ &= 9,36^\circ \end{aligned}$$

Ulangan 2

Diketahui:

Nilai a\*

Titik 1 = 23,2

Titik 2 = 26,4

Titik 3 = 26,6

Titik 4 = 26,9

Titik 5 = 23,6

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata } a^* &= \frac{23,2 + 26,4 + 26,6 + 26,9 + 23,1}{5} \\ &= 25,34 \end{aligned}$$

Nilai b\*

Titik 1 = 2,5

Titik 2 = 5,4

Titik 3 = 4,4

Titik 4 = 6,0

Titik 5 = 4,5

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata } b^* &= \frac{2,5 + 5,4 + 4,4 + 6,0 + 4,5}{5} \\ &= 4,56 \end{aligned}$$

Ditanya:  $C^*$  dan  $Hue^\circ$ ?

Jawab:

$$\begin{aligned} C^* &= \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \\ &= \sqrt{(25,34)^2 + (4,56)^2} \\ &= 25,74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h^\circ &= \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{4,56}{25,34}\right) \\ &= 10,14^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata } C^* &= \frac{C^* \text{ ulangan 1} + C^* \text{ ulangan 2}}{2} \\ &= \frac{24,42 + 25,74}{2} \\ &= 25,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata } h^\circ &= \frac{h^\circ \text{ ulangan 1} + h^\circ \text{ ulangan 2}}{2} \\ &= \frac{9,36 + 25,08}{2} \\ &= 9,75^\circ \end{aligned}$$

### 3.6 Kadar Antosianin

Ulangan 1

Diketahui:

$$A_{pH1\ 510} = 0,482$$

$$A_{pH1\ 700} = 0,031$$

$$A_{pH4,5\ 510} = 0,059$$

$$A_{pH4,5\ 700} = 0,021$$

Ditanya: Kadar Antosianin (mg/L)?

Jawab:

$$\begin{aligned} A &= (A_{510} - A_{700})_{pH1} - (A_{510} - A_{700})_{pH4,5} \\ &= (0,482 - 0,031)_{pH1} - (0,059 - 0,021)_{pH4,5} \end{aligned}$$

$$= 0,413$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Antosianin} &= \frac{A \times \text{BM} \times \text{FP} \times 1000}{\epsilon \times b} \\ &= \frac{0,413 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{26900 \times 1} \\ &= 68,966 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Ulangan 2

Diketahui:

$$A_{\text{pH1 510}} = 0,486$$

$$A_{\text{pH1 700}} = 0,032$$

$$A_{\text{pH4,5 510}} = 0,058$$

$$A_{\text{pH4,5 700}} = 0,022$$

Ditanya: Kadar Antosianin (mg/L)?

Jawab:

$$\begin{aligned}A &= (A_{510} - A_{700})_{\text{pH1}} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH4,5}} \\ &= (0,486 - 0,032)_{\text{pH1}} - (0,058 - 0,022)_{\text{pH4,5}} \\ &= 0,418\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Antosianin} &= \frac{A \times \text{BM} \times \text{FP} \times 1000}{\epsilon \times b} \\ &= \frac{0,418 \times 449,2 \times 10 \times 1000}{26900 \times 1} \\ &= 69,801 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Rata – rata Kadar antosianin

$$\begin{aligned}&= \frac{\text{antosianin ulangan 1} + \text{antosianin ulangan 2}}{2} \\ &= \frac{68,966 \text{ mg/L} + 69,801 \text{ mg/L}}{2} \\ &= 69,384 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

### 3.7 Kadar Fenol

Persamaan kurva standar asam galat

$$y = ax - b$$

$$y = 0,012x - 0,0078$$

$$a = 0,012; b = 0,0078$$

Ulangan 1

Diketahui:

Abs sampel = 0,610

Ditanya: Kadar Fenol (mg GAE/g)?

Jawab:

$$y = 0,012x - 0,0078$$

$$0,610 = 0,012x - 0,0078$$

$$0,610 + 0,0078 = 0,012x$$

$$y = 51,48$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Total Fenol} &= \frac{51,48 \times 0,001 \times 0,5}{0,0005} \\ &= 51,48 \text{ mg GAE/g} \end{aligned}$$

Ulangan 2

Diketahui:

Abs sampel = 0,615

Ditanya: Kadar Fenol (mg GAE/g)?

Jawab:

$$y = 0,012x - 0,0078$$

$$0,615 = 0,012x - 0,0078$$

$$0,615 + 0,0078 = 0,012x$$

$$y = 51,900$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Total Fenol} &= \frac{51,900 \times 0,001 \times 0,5}{0,0005} \\ &= 51,900 \text{ mg GAE/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata Kadar fenol} &= \frac{\text{fenol ulangan 1} + \text{fenol ulangan 2}}{2} \\ &= \frac{51,48 \text{ mg GAE/g} + 51,900 \text{ mg GAE/g}}{2} \\ &= 51,69 \text{ mg GAE/g} \end{aligned}$$

### 3.8 Perhitungan Simulasi Model Matematika

Diketahui:

Nilai terkode

- Konsentrasi Albumin (A) = 0
- Konsentrasi CMC (B) = 1
- Waktu Pengocokan (C) = -1

Nilai aktual respon stabilitas busa = 99,07%

Persamaan model:

$$\begin{aligned} \text{Stabilitas busa} = & 98,63 + 0,61A - 0,25B - 0,09C - 0,60AB - 0,62AC + 0,25BC \\ & - 1,39A^2 + 0,65B^2 - 0,08C^2 \end{aligned}$$

Ditanya:

Nilai prediksi Stabilitas busa berdasarkan model?

Nilai % error?

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{Stabilitas busa} = & 98,65 + (0,7813 \times 0) - (0,1312 \times 1) - (0,16 \times (-1)) - (0,91 \\ & \times 0 \times 1) - (0,5425 \times 0 \times (-1)) + (0,1875 \times 1 \times (-1) - (1,36 \times 0^2) \\ & + (0,206 \times 1^2) + (0,1235 \times (-1^2))) \\ = & 98,82\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{Error} = & \frac{(\text{Prediksi} - \text{Aktual})}{\text{Aktual}} \times 100\% \\ = & \frac{(98,82 - 99,07)}{99,07} \times 100\% \\ = & \frac{(-0,28)}{99,07} \times 100\% \\ = & 0,25\% \end{aligned}$$

**Lampiran 4.** Hasil Analisis Pembusaan Serbuk Bunga Mawar**4.1 Stabilitas Busa****4.1.1 Data hasil stabilitas busa**

| Run | Ulangan 1        |                   |                 | Ulangan 2        |                   |                 | Rata-rata |
|-----|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------|
|     | Volume Awal Busa | Volume Akhir Busa | Stabilitas Busa | Volume Awal Busa | Volume Akhir Busa | Stabilitas Busa |           |
| 1   | 270              | 270               | 100,00          | 270              | 265               | 98,15           | 99,07     |
| 2   | 330              | 320               | 96,97           | 340              | 340               | 100,00          | 98,48     |
| 3   | 300              | 290               | 96,67           | 295              | 295               | 100,00          | 98,33     |
| 4   | 335              | 330               | 98,51           | 345              | 340               | 98,55           | 98,53     |
| 5   | 210              | 205               | 97,62           | 215              | 210               | 97,67           | 97,65     |
| 6   | 405              | 400               | 98,77           | 445              | 435               | 97,75           | 98,26     |
| 7   | 420              | 415               | 98,81           | 420              | 405               | 96,43           | 97,62     |
| 8   | 340              | 335               | 98,53           | 330              | 325               | 98,48           | 98,51     |
| 9   | 345              | 340               | 98,55           | 310              | 305               | 98,39           | 98,47     |
| 10  | 425              | 420               | 98,82           | 450              | 450               | 100,00          | 99,41     |
| 11  | 315              | 310               | 98,41           | 310              | 305               | 98,39           | 98,40     |
| 12  | 340              | 335               | 98,53           | 275              | 270               | 98,18           | 98,36     |
| 13  | 195              | 190               | 97,44           | 190              | 185               | 97,37           | 97,40     |
| 14  | 295              | 295               | 100,00          | 325              | 325               | 100,00          | 100,00    |
| 15  | 220              | 210               | 95,45           | 230              | 220               | 95,65           | 95,55     |
| 16  | 190              | 180               | 94,74           | 195              | 190               | 97,44           | 96,09     |
| 17  | 420              | 410               | 97,62           | 430              | 420               | 97,67           | 97,65     |

**4.1.2 Hasil simulasi stabilitas busa**

| Run | Albumin (%) | CMC (%) | Waktu Pengocokan (menit) | Stabilitas Busa | Prediksi | %Error |
|-----|-------------|---------|--------------------------|-----------------|----------|--------|
| 1   | 4           | 0.5     | 2                        | 99,07           | 98,82    | 0,25   |
| 2   | 4           | 0.3     | 5                        | 98,48           | 98,65    | 0,17   |
| 3   | 4           | 0.5     | 8                        | 98,33           | 98,88    | 0,56   |
| 4   | 4           | 0.3     | 5                        | 98,53           | 98,65    | 0,12   |
| 5   | 2           | 0.3     | 8                        | 97,65           | 97,01    | 0,65   |
| 6   | 6           | 0.3     | 2                        | 98,26           | 98,90    | 0,65   |
| 7   | 6           | 0.5     | 5                        | 97,62           | 97,24    | 0,39   |
| 8   | 4           | 0.1     | 8                        | 98,51           | 98,76    | 0,26   |
| 9   | 4           | 0.3     | 5                        | 98,47           | 98,65    | 0,18   |
| 10  | 6           | 0.1     | 5                        | 99,41           | 99,32    | 0,09   |
| 11  | 4           | 0.3     | 5                        | 98,40           | 98,65    | 0,25   |
| 12  | 4           | 0.3     | 5                        | 98,36           | 98,65    | 0,29   |
| 13  | 2           | 0.5     | 5                        | 97,40           | 97,49    | 0,10   |
| 14  | 4           | 0.1     | 2                        | 100,00          | 99,46    | 0,54   |
| 15  | 2           | 0.1     | 5                        | 95,55           | 95,94    | 0,40   |
| 16  | 2           | 0.3     | 2                        | 96,09           | 96,25    | 0,17   |
| 17  | 6           | 0.3     | 8                        | 97,65           | 97,49    | 0,16   |

4.1.3 *Sequential model sum of squares* respon stabilitas busa

| Source                  | Sum of Square | df       | Mean Square | F-value     | P-value       |                  |
|-------------------------|---------------|----------|-------------|-------------|---------------|------------------|
| Mean vs Total           | 1,638E+05     | 1        | 1,638E+05   |             |               |                  |
| Linear vs Mean          | 5,23          | 3        | 1,74        | 1,48        | 0,2653        |                  |
| 2FI vs Linear           | 4,63          | 3        | 1,54        | 1,45        | 0,2861        |                  |
| <b>Quadratic vs 2FI</b> | <b>7,87</b>   | <b>3</b> | <b>2,62</b> | <b>6,62</b> | <b>0,0188</b> | <b>Suggested</b> |
| Cubic vs Quadratic      | 1,89          | 3        | 0,6304      | 2,86        | 0,1682        | Aliased          |
| Residual                | 0,8823        | 4        | 0,2206      |             |               |                  |
| Total                   | 1,638E+05     | 17       | 9637,28     |             |               |                  |

4.1.4 *Model summary statistic* respon stabilitas busa

| Source           | Std. Dev.     | R <sup>2</sup> | Adjusted R <sup>2</sup> | Predicted R <sup>2</sup> | PRESS        |                  |
|------------------|---------------|----------------|-------------------------|--------------------------|--------------|------------------|
| Linear           | 1,08          | 0,2549         | 0,0830                  | -0,4629                  | 29,98        |                  |
| 2FI              | 1,03          | 0,4808         | 0,1693                  | -1,2652                  | 46,43        |                  |
| <b>Quadratic</b> | <b>0,6295</b> | <b>0,8647</b>  | <b>0,6907</b>           | <b>-0,5435</b>           | <b>31,64</b> | <b>Suggested</b> |
| Cubic            | 0,4696        | 0,9570         | 0,8278                  |                          | *            | Aliased          |

4.1.5 *Lack of fit* respon stabilitas busa

| Source           | Sum of Squares | D9f      | Mean Square   | F-value     | P-value       |                  |
|------------------|----------------|----------|---------------|-------------|---------------|------------------|
| Linear           | 14,39          | 9        | 1,60          | 7,25        | 0,0360        |                  |
| 2FI              | 9,76           | 6        | 1,63          | 7,37        | 0,0368        |                  |
| <b>Quadratic</b> | <b>1,89</b>    | <b>3</b> | <b>0,6304</b> | <b>2,86</b> | <b>0,1682</b> | <b>Suggested</b> |
| Cubic            | 0,0000         | 0        |               |             |               | Aliased          |
| Pure Error       | 0,8823         | 4        | 0,2206        |             |               |                  |

## 4.1.6 ANOVA respon stabilitas busa

| Source           | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | P-value |                 |
|------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|-----------------|
| <b>Model</b>     | 17,72          | 9  | 1,97        | 4,97    | 0,0231  | Significant     |
| A-Albumin        | 4,88           | 1  | 4,88        | 12,32   | 0,0099  |                 |
| B-CMC            | 0,1378         | 1  | 0,1378      | 0,3478  | 0,5739  |                 |
| C-Whipping time  | 0,2048         | 1  | 0,2048      | 0,5169  | 0,4955  |                 |
| AB               | 3,31           | 1  | 3,31        | 8,36    | 0,0233  |                 |
| AC               | 1,18           | 1  | 1,18        | 2,97    | -,1284  |                 |
| BC               | 0,1406         | 1  | 0,1406      | 0,3549  | 0,5701  |                 |
| A <sup>2</sup>   | 7,78           | 1  | 7,78        | 19,63   | 0,0030  |                 |
| B <sup>2</sup>   | 0,1787         | 1  | 0,1787      | 0,4510  | 0,5234  |                 |
| C <sup>2</sup>   | 0,0642         | 1  | 0,0642      | 0,1621  | 0,6993  |                 |
| <b>Residual</b>  | 2,77           | 7  | 0,3962      |         |         |                 |
| Lack of Fit      | 1,89           | 3  | 0,6304      | 2,86    | 0,1682  | not significant |
| Pure Error       | 0,8823         | 4  | 0,2206      |         |         |                 |
| <b>Cor Total</b> | 20,50          | 16 |             |         |         |                 |

## 4.2 Densitas Busa

### 4.2.1 Data hasil densitas busa

| Run | Ulangan 1          |                     |                             | Ulangan 2          |                     |                             | Rata-rata<br>(gr/ml) |
|-----|--------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|
|     | Massa busa<br>(gr) | Volume<br>busa (ml) | Densitas<br>busa<br>(gr/ml) | Massa<br>busa (gr) | Volume<br>busa (ml) | Densitas<br>busa<br>(gr/ml) |                      |
| 1   | 118,162            | 270                 | 0,44                        | 115,358            | 270                 | 0,43                        | 0,43                 |
| 2   | 132,185            | 330                 | 0,40                        | 133,410            | 340                 | 0,39                        | 0,40                 |
| 3   | 110,037            | 300                 | 0,37                        | 114,703            | 295                 | 0,39                        | 0,38                 |
| 4   | 134,518            | 335                 | 0,40                        | 137,044            | 345                 | 0,40                        | 0,40                 |
| 5   | 105,748            | 210                 | 0,50                        | 104,103            | 215                 | 0,48                        | 0,49                 |
| 6   | 114,200            | 405                 | 0,28                        | 122,175            | 445                 | 0,27                        | 0,28                 |
| 7   | 115,096            | 420                 | 0,27                        | 113,333            | 420                 | 0,27                        | 0,27                 |
| 8   | 128,275            | 340                 | 0,38                        | 130,152            | 330                 | 0,39                        | 0,39                 |
| 9   | 135,079            | 345                 | 0,39                        | 127,615            | 310                 | 0,41                        | 0,40                 |
| 10  | 106,183            | 425                 | 0,25                        | 107,519            | 450                 | 0,24                        | 0,24                 |
| 11  | 133,805            | 315                 | 0,42                        | 129,116            | 310                 | 0,42                        | 0,42                 |
| 12  | 139,826            | 340                 | 0,41                        | 107,339            | 275                 | 0,39                        | 0,40                 |
| 13  | 112,231            | 195                 | 0,58                        | 116,459            | 190                 | 0,61                        | 0,59                 |
| 14  | 123,687            | 295                 | 0,42                        | 124,005            | 325                 | 0,38                        | 0,40                 |
| 15  | 117,281            | 220                 | 0,53                        | 119,746            | 230                 | 0,52                        | 0,53                 |
| 16  | 102,132            | 190                 | 0,54                        | 114,806            | 195                 | 0,59                        | 0,56                 |
| 17  | 87,798             | 420                 | 0,21                        | 92,540             | 430                 | 0,22                        | 0,21                 |

### 4.2.1 Hasil simulasi densitas busa

| Run | Albumin<br>(%) | CMC<br>(%) | Waktu<br>Pengocokan<br>(menit) | Densitas<br>Busa | Prediksi | %Error |
|-----|----------------|------------|--------------------------------|------------------|----------|--------|
| 1   | 4              | 0.5        | 2                              | 0,43             | 0,44     | 1,88   |
| 2   | 4              | 0.3        | 5                              | 0,40             | 0,40     | 0,15   |
| 3   | 4              | 0.5        | 8                              | 0,38             | 0,39     | 2,13   |
| 4   | 4              | 0.3        | 5                              | 0,40             | 0,40     | 0,15   |
| 5   | 2              | 0.3        | 8                              | 0,49             | 0,52     | 6,24   |
| 6   | 6              | 0.3        | 2                              | 0,28             | 0,28     | 0,64   |
| 7   | 6              | 0.5        | 5                              | 0,27             | 0,27     | 1,15   |
| 8   | 4              | 0.1        | 8                              | 0,39             | 0,36     | 7,51   |
| 9   | 4              | 0.3        | 5                              | 0,40             | 0,40     | 0,15   |
| 10  | 6              | 0.1        | 5                              | 0,24             | 0,24     | 0,21   |
| 11  | 4              | 0.3        | 5                              | 0,42             | 0,40     | 4,90   |
| 12  | 4              | 0.3        | 5                              | 0,40             | 0,40     | 0,15   |
| 13  | 2              | 0.5        | 5                              | 0,59             | 0,56     | 5,20   |
| 14  | 4              | 0.1        | 2                              | 0,40             | 0,41     | 2,68   |
| 15  | 2              | 0.1        | 5                              | 0,53             | 0,53     | 0,36   |
| 16  | 2              | 0.3        | 2                              | 0,56             | 0,57     | 1,89   |
| 17  | 6              | 0.3        | 8                              | 0,21             | 0,23     | 8,67   |

## 4.2.3 Sequential model sum of squares respon densitas busa

| Source                | Sum of Square | df       | Mean Square   | F-value       | P-value           |                  |
|-----------------------|---------------|----------|---------------|---------------|-------------------|------------------|
| Mean vs Total         | 2,71          | 1        | 2,71          |               |                   |                  |
| <b>Linear vs Mean</b> | <b>0,1776</b> | <b>3</b> | <b>0,0592</b> | <b>198,94</b> | <b>&lt;0,0001</b> | <b>Suggested</b> |
| 2FI vs Linear         | 0,0006        | 3        | 0,0002        | 0,6422        | 0,6052            |                  |
| Quadratic vs 2FI      | 0,012         | 3        | 0,0004        | 1,37          | 0,3287            |                  |
| Cubic vs Quadratic    | 0,0017        | 3        | 0,0006        | 7,19          | 0,0434            | Aliased          |
| Residual              | 0,0003        | 4        | 0,0001        |               |                   |                  |
| Total                 | 2,89          | 17       | 0,1702        |               |                   |                  |

## 4.2.4 Model summary statistic respon densitas busa

| Source        | Std. Dev.     | R <sup>2</sup> | Adjusted R <sup>2</sup> | Predicted R <sup>2</sup> | PRESS         |                  |
|---------------|---------------|----------------|-------------------------|--------------------------|---------------|------------------|
| <b>Linear</b> | <b>0,0173</b> | <b>0,9787</b>  | <b>0,9738</b>           | <b>0,9576</b>            | <b>0,0077</b> | <b>Suggested</b> |
| 2FI           | 0,0180        | 0,9821         | 0,9714                  | 0,9176                   | 0,0150        |                  |
| Quadratic     | 0,0171        | 0,9887         | 0,9742                  | 0,8452                   | 0,0281        |                  |
| Cubic         | 0,0089        | 0,9982         | 0,9929                  |                          | *             | Aliased          |

## 4.2.5 Lack of fit respon densitas busa

| Source        | Sum of Squares | df       | Mean Square   | F-value     | P-value       |                  |
|---------------|----------------|----------|---------------|-------------|---------------|------------------|
| <b>Linear</b> | <b>0,0035</b>  | <b>9</b> | <b>0,0004</b> | <b>4,93</b> | <b>0,0695</b> | <b>Suggested</b> |
| 2FI           | 0,0029         | 6        | 0,0005        | 6,09        | 0,0510        |                  |
| Quadratic     | 0,0017         | 3        | 0,0006        | 7,19        | 0,0434        |                  |
| Cubic         | 0,000          | 0        |               |             |               | Aliased          |
| Pure Error    | 0,0003         | 4        | 0,0001        |             |               |                  |

## 4.2.6 ANOVA respon densitas busa

| Source           | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | P-value |                 |
|------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|-----------------|
| <b>Model</b>     | 0,1776         | 3  | 0,0592      | 198,94  | <0,0001 | significant     |
| A-Albumin        | 0,1711         | 1  | 0,1711      | 574,93  | <0,0001 |                 |
| B-CMC            | 0,0015         | 1  | 0,0015      | 5,08    | 0,0421  |                 |
| C-Whipping time  | 0,0050         | 1  | 0,0003      | 16,80   | 0,0013  |                 |
| <b>Residual</b>  | 0,0039         | 13 | 0,0004      |         |         |                 |
| Lack of Fit      | 0,0035         | 9  | 0,0001      | 4,93    | 0,0695  | not significant |
| Pure Error       | 0,0003         | 4  |             |         |         |                 |
| <b>Cor Total</b> | 0,1815         | 16 |             |         |         |                 |

### 4.3 Ekspansi Busa

#### 4.3.1 Data hasil ekspansi busa

| Run | Ulangan 1           |                  |                   | Ulangan 2           |                  |                   | Rata-rata (%) |
|-----|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------|
|     | Volume larutan (ml) | Volume busa (ml) | Ekspansi busa (%) | Volume larutan (ml) | Volume busa (ml) | Ekspansi busa (%) |               |
| 1   | 100                 | 270              | 170               | 100                 | 270              | 170               | 170,0         |
| 2   | 100                 | 330              | 230               | 100                 | 340              | 240               | 235,0         |
| 3   | 100                 | 300              | 200               | 100                 | 295              | 195               | 197,5         |
| 4   | 100                 | 335              | 235               | 100                 | 345              | 245               | 240,0         |
| 5   | 100                 | 210              | 110               | 100                 | 215              | 115               | 112,5         |
| 6   | 100                 | 405              | 305               | 100                 | 445              | 345               | 325,0         |
| 7   | 100                 | 420              | 320               | 100                 | 420              | 320               | 320,0         |
| 8   | 100                 | 340              | 240               | 100                 | 330              | 230               | 235,0         |
| 9   | 100                 | 345              | 245               | 100                 | 310              | 210               | 227,5         |
| 10  | 100                 | 425              | 325               | 100                 | 450              | 350               | 337,5         |
| 11  | 100                 | 315              | 215               | 100                 | 310              | 210               | 212,5         |
| 12  | 100                 | 340              | 240               | 100                 | 275              | 175               | 207,5         |
| 13  | 100                 | 195              | 95                | 100                 | 190              | 90                | 92,5          |
| 14  | 100                 | 295              | 195               | 100                 | 325              | 225               | 210,0         |
| 15  | 100                 | 220              | 120               | 100                 | 230              | 130               | 125,0         |
| 16  | 100                 | 190              | 90                | 100                 | 195              | 95                | 92,5          |
| 17  | 100                 | 420              | 320               | 100                 | 430              | 330               | 325,0         |

#### 4.3.2 Hasil simulasi ekspansi busa

| Run | Albumin (%) | CMC (%) | Waktu Pengocokan (menit) | Ekspansi Busa | Prediksi | %Error |
|-----|-------------|---------|--------------------------|---------------|----------|--------|
| 1   | 4           | 0.5     | 2                        | 170,0         | 190,56   | 12,09  |
| 2   | 4           | 0.3     | 5                        | 235,0         | 215,56   | 8,27   |
| 3   | 4           | 0.5     | 8                        | 197,5         | 208,68   | 5,66   |
| 4   | 4           | 0.3     | 5                        | 240,0         | 215,56   | 10,18  |
| 5   | 2           | 0.3     | 8                        | 112,5         | 114      | 1,33   |
| 6   | 6           | 0.3     | 2                        | 325,0         | 317,12   | 2,42   |
| 7   | 6           | 0.5     | 5                        | 320,0         | 310,24   | 3,05   |
| 8   | 4           | 0.1     | 8                        | 235,0         | 240,56   | 2,37   |
| 9   | 4           | 0.3     | 5                        | 227,5         | 215,56   | 5,04   |
| 10  | 6           | 0.1     | 5                        | 337,5         | 342,12   | 1,37   |
| 11  | 4           | 0.3     | 5                        | 212,5         | 215,56   | 1,44   |
| 12  | 4           | 0.3     | 5                        | 207,5         | 215,56   | 3,88   |
| 13  | 2           | 0.5     | 5                        | 92,5          | 89       | 3,78   |
| 14  | 4           | 0.1     | 2                        | 210,0         | 222,44   | 5,92   |
| 15  | 2           | 0.1     | 5                        | 125,0         | 120,88   | 3,30   |
| 16  | 2           | 0.3     | 2                        | 92,5          | 95,88    | 3,65   |
| 17  | 6           | 0.3     | 8                        | 325,0         | 335,24   | 3,15   |

4.3.3 *Sequential model sum of squares* respon ekspansi busa

| Source                | Sum of Square    | df       | Mean Square     | F-value       | P-value           |                  |
|-----------------------|------------------|----------|-----------------|---------------|-------------------|------------------|
| Mean vs Total         | 7,899E+05        | 1        | 7,899E+05       |               |                   |                  |
| <b>Linear vs Mean</b> | <b>1,006E+05</b> | <b>3</b> | <b>33530,73</b> | <b>194,58</b> | <b>&lt;0,0001</b> | <b>Suggested</b> |
| 2FI vs Linear         | 157,81           | 3        | 52,60           | 0,2526        | 0,8577            |                  |
| Quadratic vs 2FI      | 1063,05          | 3        | 354,35          | 2,43          | 0,1500            |                  |
| Cubic vs Quadratic    | 229,69           | 3        | 76,56           | 0,3878        | 0,7688            | Aliased          |
| Residual              | 789,70           | 4        | 197,42          |               |                   |                  |
| Total                 | 8,927E+05        | 17       | 52514,57        |               |                   |                  |

4.3.4 *Model summary statistic* respon ekspansi busa

| Source        | Std. Dev.    | R <sup>2</sup> | Adjusted R <sup>2</sup> | Predicted R <sup>2</sup> | PRESS          |                  |
|---------------|--------------|----------------|-------------------------|--------------------------|----------------|------------------|
| <b>Linear</b> | <b>13,13</b> | <b>0,9781</b>  | <b>0,9732</b>           | <b>0,9655</b>            | <b>3550,98</b> | <b>Suggested</b> |
| 2FI           | 14,43        | 0,9797         | 0,9676                  | 0,9420                   | 5966,52        |                  |
| Quadratic     | 12,07        | 0,9901         | 0,9773                  | 0,9523                   | 4908,91        |                  |
| Cubic         | 14,05        | 0,9923         | 0,9693                  | *                        | *              | Aliased          |

4.3.5 *Lack of fit* respon ekspansi busa

| Source        | Sum of Squares | df       | Mean Square   | F-value       | P-value       |                  |
|---------------|----------------|----------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| <b>Linear</b> | <b>1450,55</b> | <b>9</b> | <b>161,17</b> | <b>0,8164</b> | <b>0,6342</b> | <b>Suggested</b> |
| 2FI           | 1292,74        | 6        | 215,46        | 1,09          | 0,4886        |                  |
| Quadratic     | 229,69         | 3        | 76,56         | 0,3878        | 0,7688        |                  |
| Cubic         | 0,0000         | 0        |               |               |               | Aliased          |
| Pure Error    | 789,70         | 4        | 197,43        |               |               |                  |

## 4.3.6 ANOVA respon ekspansi busa

| Source           | Sum of Squares   | df        | Mean Square     | F-value       | P-value           |                    |
|------------------|------------------|-----------|-----------------|---------------|-------------------|--------------------|
| <b>Model</b>     | <b>1,006E+05</b> | <b>3</b>  | <b>33530,73</b> | <b>194,58</b> | <b>&lt;0,0001</b> | <b>significant</b> |
| A-Albumin        | 97903,13         | 1         | 97903,13        | 568,12        | <0,0001           |                    |
| B-CMC            | 2032,03          | 1         | 2032,03         | 11,79         | 0,0044            |                    |
| C-Whipping time  | 657,03           | 1         | 657,03          | 3,81          | 0,0727            |                    |
| <b>Residual</b>  | <b>2240,25</b>   | <b>13</b> | <b>172,33</b>   |               |                   |                    |
| Lack of Fit      | 1450,55          | 9         | 161,17          | 0,8164        | 0,6342            | not significant    |
| Pure Error       | 789,70           | 4         | 197,43          |               |                   |                    |
| <b>Cor Total</b> | <b>1,028E+05</b> | <b>16</b> |                 |               |                   |                    |

## Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian



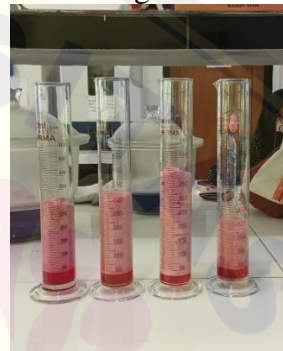
Gambar 1. Sortasi kelopak bunga mawar



Gambar 2. Penghalusan kelopak bunga mawar



Gambar 3. Pencampuran formulasi serbuk



Gambar 4. Optimasi pembusaan



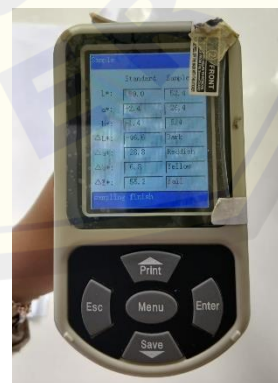
Gambar 5. Pengeringan dengan *food dehydrator*



Gambar 6. Hasil serbuk bunga mawar



Gambar 7. Pengujian kadar air



Gambar 8. Pengujian warna



Gambar 9. Pengujian antosianin



Gambar 10. Pengujian fenol

