

**OPTIMALISASI FORMULASI BERAS ANALOG BERBASIS  
TEPUNG SORGUM (*Sorgum bicolor* L. Moench) DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *Mixture D-Optimal*.**

---

**TUGAS AKHIR**

---

**Karya Tulis Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Dari  
Universitas Pasundan**

Oleh:

**MAHDA ERLANI NATASYA  
21.302.0032**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PASUNDAN  
BANDUNG  
2025**



## ABSTRAK

### OPTIMALISASI FORMULASI BERAS ANALOG BERBASIS TEPUNG SORGUM (*Sorghum bicolor L. Moench*) DENGAN MENGUNAKAN METODE *Mixture D-Optimal*.

Oleh

**Mahda Erlani Natasya**

**NPM : 21.302.0032**

**(Program Studi Teknologi Pangan)**

Beras analog adalah beras yang dibuat dari bahan non padi dengan kandungan karbohidrat yang mendekati atau melebihi beras dengan bentuk menyerupai beras. Sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) merupakan sumber sereal kelima di dunia setelah beras, jagung, gandum dan barley yang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi sebagai sumber karbohidrat, protein, vitamin dan beberapa mineral penting. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menghasilkan formulasi optimal pada pembuatan beras analog berbasis tepung sorgum dengan menggunakan *software Design Expert versi 13* metode *mixture d-optimal*. Manfaat penelitian ini untuk menambah wawasan pengolah beras analog dan penggunaan *software Design Expert*.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *mixture d-optimal* dengan proses pembuatan beras analog sebanyak 17 formulasi yang dihasilkan *software Design Expert versi 13*. Respon analisis meliputi respon kimia berupa kadar air, kadar gula reduksi dan kadar protein, respon organoleptik berupa warna, aroma, rasa dan tekstur.

Hasil penelitian pada formulasi beras analog berbasis tepung sorgum yang terdiri dari 17 formulasi yang kemudian dilakukan verifikasi sehingga didapatkan 1 formulasi optimal dengan nilai *desirability* sebesar 0,990. Formulasi optimal terdiri dari komponen tepung sorgum sebesar 25,00, pati sagu sebesar 15,003, tepung kedelai sebesar 11,606 dan tepung mocaf 8,391. Formulasi optimal menghasilkan respon kimia kadar air sebesar 6,700%, kadar gula reduksi sebesar 0,945%, kadar protein sebesar 8,867%. Respon organoleptik yang terdiri dari atribut warna sebesar 3,22, aroma 2,64, rasa 3,33, dan tekstur 2,84. Hasil ini menunjukkan formulasi telah memenuhi mutu yang di harapkan.

Kata Kunci : Beras Analog, Tepung Sorgum, *Design Expert*, Optimalisasi Formulai

## **ABSTRACT**

### **OPTIMIZATION OF ANALOG RICE FORMULATION BASED ON SORGHUM FLOUR (*Sorghum bicolor* L. Moench) USING THE D-OPTIMAL MIXTURE METHOD.**

By :  
**Mahda Erlani Natasya**  
**NPM : 21.302.0032**  
**(Departement of Food Technology)**

*Analog rice is rice made from non-paddy ingredients with carbohydrate content that approaches or exceeds that of conventional rice, shaped to resemble rice grains. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is the fifth most important cereal crop in the world after rice, maize, wheat, and barley, and contains high levels of carbohydrates, proteins, vitamins, and essential minerals. This study aims to produce an optimal formulation of sorghum-based analog rice using Design Expert version 13 software with the mixture d-optimal method. The benefit of this research is to broaden the knowledge of analog rice processing and the use of Design Expert software.*

*The research method used was the mixture d-optimal design, producing 17 formulations generated by the Design Expert version 13 software. The analysis responses include chemical responses such as moisture content, reducing sugar, and protein content, as well as organoleptic responses including color, aroma, taste, and texture.*

*The results of the research on analog rice formulation based on sorghum flour consisting of 17 formulations were then verified to obtain 1 optimal formulation with a desirability value of 0.990. The optimal formulation consists of sorghum flour components of 25.00, sago starch of 15.003, soybean flour of 11.606 and moca flour of 8.391. The optimal formulation produces a chemical response of water content of 6.700%, reducing sugar content of 0.945%, protein content of 8.867%, organoleptic response consisting of color attributes of 3.22, aroma of 2.64, taste of 3.33, and texture of 2.84. These results indicate that the formulation has met the expected quality.*

**Keywords:** *Analog Rice, Sorghum Flour, Design Expert, Formulation Optimization.*

**OPTIMALISASI FORMULASI BERAS ANALOG BERBASIS  
TEPUNG SORGUM (*Sorgum bicolor* L. Moench) DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *Mixture D-Optimal*.**

Oleh  
**Mahda Erlani Natasya**  
**NPM : 21.302.0032**  
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik  
Universitas Pasundan

**Menyetujui,**

**Pembimbing**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'W. Cahyadi', written over a horizontal line.

**Prof. Dr. Ir. Wisnu Cahyadi.M.Si.**

**OPTIMALISASI FORMULASI BERAS ANALOG BERBASIS  
TEPUNG SORGUM (*Sorgum bicolor* L. Moench) DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *Mixture D-Optimal*.**

Oleh  
**Mahda Erlani Natasya**  
**NPM : 21.302.0032**  
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik  
Universitas Pasundan

**Menyetujui,**

**Koordinator Tugas Akhir**

A handwritten signature in purple ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

**Rizal Maulana Ghafar, S.T., M.T**

## PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan terdesia di Perpustakaan Fakultas Teknik dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi keperputakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dilakukan seizin penulis dan harus disertai kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut :

Natasya, M. E., (2025) : Optimalisasi Formulasi Beras Analog Berbasis Tepung Sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) Dengan Menggunakan Metode *Mixture D-Optimal*. Skripsi Sarjana. Universitas Pasundan.

dan dalam bahasa Inggris sebagai berikut :

Natasya, M. E., (2025). *Optimization of Analog Rice Formulation Based on Sorghum Flour (Sorghum bicolor L. Moench) Using the mixture d-optimal Method. Bachelor's Thesis. Universitas Pasundan.*

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga saya mampu menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“OPTIMALISASI FORMULASI BERAS ANALOG BERBASIS TEPUNG SORGUM (*Sorgum bicolor* L. Moench) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *Mixture D-Optimal*.”**

Laporan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan seminar tugas akhir di Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan. Dalam penulisan laporan tugas akhir ini banyak sekali bimbingan, pengarahan, dorongan, serta bantuan baik moril maupun materil dari berbagai pihak, maka dari itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Wisnu Cahyadi, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan serta saran yang bermanfaat kepada penulis dalam penyusunan laporan ini.
2. Dr. Ira Endah Rohima, ST., M.Si. selaku penguji I yang telah bersedia memberikan saran mengenai penelitian yang telah dilakukan
3. Jaka Rukmana, S.T., M.T. selaku penguji II yang telah bersedia memberikan saran mengenai penelitian yang telah dilakukan
4. Prof. Dr. Ir. Yusman Taufik, M.P, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
5. Jaka Rukmana, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
6. Rizal Maulana Ghaffar, S.T.,M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
7. Seluruh dosen Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan yang telah memberikan ilmu serta pengetahuan yang bermanfaat kepada penulis selama ini.

8. Kepada Cinta Pertama serta Panutanku Bapak Suhaemi. Saya sangat berterima kasih sudah bekerja keras, memberi motivasi, memberi dukungan, dan mendidik saya sehingga saya mampu menyelesaikan laporan ini sampai selesai.
9. Kepada Pintu Syurgaku, Ibu Eti Maryati. Beliau sangat berperan penting dalam proses menyelesaikan program studi, Beliau tidak pernah henti memberikan dukungan dan semangat, serta doa saya yakin 100% bahwa doa mama telah banyak menyelematkanku dalam menjalani hidup yang keras, Terima kasih.
10. Kepada kakak perempuanku Nadia Widi Yanti dan kakak laki-lakiku Dedi Wijaya terima kasih sudah banyak membantu dan memberi dukungan dalam kesulitan-kesulitan yang dialami penulis selama menyelesaikan laporan ini, kepada adik semata wayang Raina Aulia Putri serta Ponakan Shabila dan Almeera yang sudah memberikan semangat dan hiburan di hidup penulis serta keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi selama penyusunan laporan ini.
11. Untuk *my best friends* seperjuangan Siti Nuralifa Agnia Nugraha, Reysha Fiyanita Rahmadani, Moh. Haikal Abdullah Mu'ti dan Muhammad Nurul Iman, Terima kasih atas segala kebaikan dan waktu yang selalu kita habiskan bersama dan memberikan semangat yang tak pernah henti-hentinya kepada penulis.
12. *My best partner* ABUY yaitu, Imeldayanti, Putri Nurul Fauzziyah, Velya Regita dan Annisa Nurwina Septiani yang selalu menjadi teman kulineran ketika pikiran mulai stress, dan terima kasih telah memberi semangat, kebaikan waktu yang selalu kita habiskan selama masa perkuliahan ini dan membantu serta menemani saat mengerjakan laporan tugas akhir ini.
13. Rekan seperjuang anak bimbingan bersama Prof. Dr. Ir. Wisnu Cahyadi, M.Si, yaitu Tania Salsabilla Jasmine, Putri Agustine, Nadia Tri Naifa, Jaka, Bram, dan Olivio yang selalu berangkat bimbingan bersama, saran, informasi serta motivasi
14. Rekan-rekan Pengurus Perpustakaan Mahasiswa Teknologi Pangan (PMTP) terutama DPH dan Koor yaitu, Najmi, Tania, Shinta dan Putri Nurul yang selalu mendukung penulis dalam penulisan laporan tugas akhir.

15. Terakhir, Kepada Wanita sederhana yang memiliki keinginan tinggi namun terkadang sulit dimengerti, yaitu sang penulis laporan ini Mahda Erlani Natasya. Seorang anak Perempuan berusia 22 tahun yang keras kepala namun sebenarnya mudah menangis. Terima kasih untuk segala perjuangan, kesabaran, dan ketekunan yang telah dilalui. Untuk diri saya sendiri, Terima kasih sudah hadir dan bertahan sampai sejauh ini. Berbahagialah selalu kapanpun dan dimanapun kamu berada, Mari rayakanlah selalu dirimu, serta teruslah bersinar dimanapun kamu berada.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan yang telah diberikan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun demi kesempurnaan penyusunan di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap semoga proposal usulan penelitian ini dapat menjadi sumber referensi studi literatur dan bermanfaat bagi semua pihak yang sedang menekuninya.

## DAFTAR ISI

|                                                                           |             |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                      | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                     | <b>ii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                                | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                 | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                                 | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                              | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                             | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang Masalah.....                                           | 1           |
| 1.2 Identifikasi Masalah.....                                             | 6           |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....                                     | 6           |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                              | 6           |
| 1.5 Kerangka Pemikiran.....                                               | 6           |
| 1.6 Hipotesis Penelitian .....                                            | 12          |
| 1.7 Waktu dan Tempat Penelitian.....                                      | 12          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                      | <b>13</b>   |
| 2.1 Beras Analog.....                                                     | 13          |
| 2.2 Sorgum.....                                                           | 14          |
| 2.3 Sagu.....                                                             | 17          |
| 2.4 Kedelai .....                                                         | 20          |
| 2.5 Tepung Mocaf.....                                                     | 23          |
| 2.6 Bahan Tambahan Pembuat Beras Analog.....                              | 25          |
| 2.5.1 Tapioka .....                                                       | 25          |
| 2.5.2 Air .....                                                           | 27          |
| 2.7 <i>Design Expert</i> .....                                            | 28          |
| <b>BAB III METODELOGI PENELITIAN.....</b>                                 | <b>30</b>   |
| 3.1 Bahan dan Alat Penelitian.....                                        | 30          |
| 3.1.1 Bahan-bahan Penelitian .....                                        | 30          |
| 3.1.2 Alat-alat Penelitian.....                                           | 30          |
| 3.2 Metode Penelitian .....                                               | 31          |
| 3.2.1 Rancangan Percobaan .....                                           | 31          |
| 3.2.2 Tahapan Formulasi <i>Design Expert</i> .....                        | 34          |
| 3.2.3 Rancangan Analisis.....                                             | 36          |
| 3.2.4 Rancangan Respon.....                                               | 37          |
| 3.3 Prosedur Penelitian .....                                             | 37          |
| 3.3.1 Tahapan Pembuatan Beras Analog .....                                | 37          |
| 3.3.2 Aplikasi <i>Design Expert</i> metode <i>mixture d-optimal</i> ..... | 40          |
| 3.4 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....                                    | 41          |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                  | <b>42</b>   |
| 4.1 Hasil Penelitian .....                                                | 42          |
| 4.1.1 Analisis Respon Kimia .....                                         | 42          |
| 4.1.2 Hasil Analisis Kadar Air Pada Produk Beras Analog.....              | 42          |

|                                         |                                                                  |           |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.3                                   | Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi Pada Produk Beras Analog ..... | 47        |
| 4.1.4                                   | Hasil Analisis Kadar Protein Pada Produk Beras Analog.....       | 53        |
| 4.1.5                                   | Hasil Respon Organoleptik Atribut Warna.....                     | 59        |
| 4.1.6                                   | Hasil Respon Organoleptik Atribut Aroma .....                    | 64        |
| 4.1.7                                   | Hasil Respon Organoleptik Atribut Rasa.....                      | 68        |
| 4.1.8                                   | Hasil Respon Organoleptik Atribut Tekstur .....                  | 73        |
| 4.2                                     | Formulasi Optimal .....                                          | 77        |
| 4.2.1                                   | Penetapan <i>Goal</i> dan <i>Importance</i> .....                | 77        |
| 4.2.1                                   | Penentuan Formulasi Optimal.....                                 | 79        |
| 4.2.2                                   | Verifikasi Formulasi Optimal .....                               | 81        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> |                                                                  | <b>83</b> |
| 5.1                                     | Kesimpulan.....                                                  | 83        |
| 5.2                                     | Saran.....                                                       | 83        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>              |                                                                  | <b>85</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                    |                                                                  | <b>93</b> |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                                     | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Kandungan Nutrisi Tepung Sorgum per 100 gram .....                     | 17      |
| 2. Kandungan Gizi Tepung Sagu Per 100 gram.....                           | 20      |
| 3. Gizi Tepung Kedelai per 100 gram.....                                  | 22      |
| 4. Kandungan Gizi Tepung Mocaf per 100 gram .....                         | 24      |
| 5. Komposisi Pati Tapioka per100 gram.....                                | 27      |
| 6. Variabel Tetap Pembuatan Beras Analog .....                            | 31      |
| 7. Variabel Bebas Pembuatan Beras Analog .....                            | 32      |
| 8. <i>Goals dan Importance</i> Tahapan Optimasi Formula.....              | 33      |
| 9. Kriteria Uji Skala Hedonik .....                                       | 37      |
| 10. Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....                           | 41      |
| 11. Hasil Analisis Kadar Air Beras Analog 17 Formulasi .....              | 42      |
| 12. ANOVA Analisi Kadar Air Beras Analog.....                             | 43      |
| 13. Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi Beras Analog 17 Formulasi .....     | 48      |
| 14. ANOVA Analisi Kadar Gula Reduksi Beras Analog .....                   | 50      |
| 15. Hasil Analisis Kadar Protein Beras Analog 17 Formulasi.....           | 54      |
| 16. ANOVA Analisi Kadar Protein Beras Analog.....                         | 55      |
| 17. Hasil Respon Organoleptik Atribut Warna Nasi Analog 17 Formulasi....  | 59      |
| 18. ANOVA Hasil Respon Organoleptik Atribut Warna Beras Analog.....       | 60      |
| 19. Hasil Respon Organoleptik Atribut Aroma Nasi Analog 17 Formulasi ...  | 64      |
| 20. ANOVA Hasil Respon Organoleptik Atribut Aroma Beras Analog .....      | 65      |
| 21. Hasil Respon Organoleptik Atribut Rasa Nasi Analog 17 Formulasi.....  | 68      |
| 22. ANOVA Hasil Respon Uji Organoleptik Atribut Rasa Beras Analog .....   | 69      |
| 23. Hasil Respon Organoleptik Atribut Tekstur Nasi Analog 17 Formulasi .. | 73      |
| 24. ANOVA Hasil Respon Uji Organoleptik Atribut Tekstur Beras Analog .    | 74      |
| 25. <i>Goal dan Importance</i> untuk Tahapan Optimasi Formulasi.....      | 78      |
| 26. Hasil Formulasi Optimal Beras Analog .....                            | 80      |
| 27. Hasil <i>Point Prediction</i> pada Produk.....                        | 80      |
| 28. Hasil <i>Confirmation</i> pada Produk.....                            | 81      |
| 29. Hasil Verifikasi Formulasi Optimal Produk .....                       | 82      |
| 30. Kriteria Penilaian .....                                              | 96      |
| 31. Formulasi Beras Analog.....                                           | 97      |
| 32. Alat Pembuatan Beras Analog .....                                     | 98      |
| 33. Alat Pembuatan Beras Analog .....                                     | 99      |
| 34. Pembuatan Beras Analog .....                                          | 100     |
| 35. Analisis Kadar Air.....                                               | 102     |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 36. Hasil Analisis Kadar Air .....                               | 103 |
| 37. Analisis Gula Reduksi.....                                   | 105 |
| 38. Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi.....                       | 107 |
| 39. Analisis Kadar Protein .....                                 | 109 |
| 40. Hasil Analisis Kadar Protein.....                            | 111 |
| 41. Hasil Organoleptik Atribut Warna .....                       | 113 |
| 42. Hasil Organoleptik Atribut Aroma.....                        | 114 |
| 43. Hasil Organoleptik Atribut Rasa.....                         | 115 |
| 44. Hasil Organoleptik Atribut Tekstur .....                     | 116 |
| 45. Analisis Formulasi Optimal Kadar Air .....                   | 117 |
| 46. Analisis Formulasi Optimal Gula Reduksi .....                | 117 |
| 47. Analisis Formulasi Optimal Kadar Protein.....                | 117 |
| 48. Analisis Formulasi Optimal Organoleptik atribut Warna .....  | 118 |
| 49. Analisis Formulasi Optimal Organoleptik atribut Aroma.....   | 118 |
| 50. Analisis Formulasi Optimal Organoleptik atribut Rasa .....   | 118 |
| 51. Analisis Formulasi Optimal Organoleptik atribut Tekstur..... | 119 |
| 52. Analisis Organoleptik Produk Optimal.....                    | 120 |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                                                     | Halaman |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Tanaman Sorgum.....                                                                                     | 16      |
| 2. Tepung Sorgum .....                                                                                     | 16      |
| 3. Tanaman Sagu .....                                                                                      | 18      |
| 4. Pati Sagu .....                                                                                         | 19      |
| 5. Tanaman Kacang Kedelai.....                                                                             | 21      |
| 6. Tepung Kedelai.....                                                                                     | 22      |
| 7. Tepung Mocaf .....                                                                                      | 23      |
| 8. Pati Tapioka.....                                                                                       | 26      |
| 9. Penentuan Variabel Berubah serta Batas Atas .....                                                       | 34      |
| 10. Penentuan Model yang Akan Digunakan .....                                                              | 35      |
| 11. Prosedur Penentuan Respon .....                                                                        | 35      |
| 12. Rancangan Formulasi dan Respon Beras Analog.....                                                       | 36      |
| 13. Diagram Alir Pembuatan Beras Analog .....                                                              | 39      |
| 14. Diagram Alir Penggunaan <i>Design Expert</i> .....                                                     | 40      |
| 15. Grafik Kenormalan <i>Internally Studentized Residuals</i> Kadar Air .....                              | 46      |
| 16. Grafik <i>3D Surface</i> Respon Kadar Air Beras Analog.....                                            | 46      |
| 17. Grafik Kenormalan <i>Internally Studentized Residuals</i> Kadar Gula Reduksi .....                     | 52      |
| 18. Grafik <i>3D Surface</i> Respon Kadar Gula Reduksi Beras Analog .....                                  | 53      |
| 19. Grafik Kenormalan <i>Internally Studentized Residuals</i> Kadar Protein... ..                          | 58      |
| 20. Grafik <i>3D Surface</i> Respon Kadar Protein Beras Analog .....                                       | 58      |
| 21. Grafik Kenormalan <i>Internally Studentized Residuals</i> Hasil Uji Organoleptik Atribut Warna.....    | 62      |
| 22. Grafik <i>3D Surface</i> Respon Hasil Uji Organoleptik Atribut Warna.....                              | 62      |
| 23. Grafik Kenormalan <i>Internally Studentized Residuals</i> Hasil Uji Organoleptik Atribut Aroma .....   | 67      |
| 24. Grafik <i>3D Surface</i> Respon Hasil Uji Organoleptik Atribut Aroma .....                             | 67      |
| 25. Grafik Kenormalan <i>Internally Studentized Residuals</i> Hasil Uji Organoleptik Atribut Rasa.....     | 71      |
| 26. Grafik <i>3D Surface</i> Respon Hasil Uji Organoleptik Atribut Rasa.....                               | 72      |
| 27. Grafik Kenormalan <i>Internally Studentized Residuals</i> Hasil Uji Organoleptik Atribut Tekstur ..... | 76      |
| 28. Grafik <i>3D Surface</i> Respon Hasil Uji Organoleptik Atribut Tekstur ....                            | 76      |
| 29. Grafik <i>desirability</i> Formulasi Optimal Produk.....                                               | 80      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran                                                                        | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Prosedur Analisis Kadar Air Metode Gravimetri (Sudarmadji,1996) ....         | 93      |
| 2. Analisis Gula Reduksi Metode <i>Luff-Schoorl</i> (Sudarmadji et.,al. 1984) . | 94      |
| 3. Prosedur Analisis Kadar Protein Metode <i>Kjeldahl</i> (AOAC, 2005).....     | 95      |
| 4. Formulir Pengujian Organoleptik Uji Hedonik .....                            | 96      |
| 5. Formulasi Beras Analog .....                                                 | 97      |
| 6. Hasil Penelitian .....                                                       | 98      |
| 7. Verifikasi Formulasi Optimal .....                                           | 117     |

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini akan menjelaskan mengenai : (1.1) Latar Belakang Masalah, (1.2) Identifikasi Masalah, (1.3) Tujuan Penelitian, (1.4) Manfaat Penelitian, (1.5) Kerangka Pemikiran, (1.6) Hipotesis Penelitian dan (1.7) Waktu dan Tempat Penelitian.

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Sebagian besar masyarakat Indonesia menjadikan beras sebagai makanan pokok utama. Seiring bertambahnya jumlah penduduk, tingkat konsumsi beras nasional terus meningkat dari tahun ke tahun. Kondisi ini menimbulkan ketergantungan yang cukup besar pada satu sumber karbohidrat, sehingga apabila produksi beras dalam negeri tidak mencukupi, maka ketersediaan pangan nasional akan terganggu (Novitasari et al., 2013).

Beras merupakan makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Konsumsi beras di Indonesia semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia. (Badan Pusat Statistik, 2022). Ketergantungan masyarakat Indonesia yang sangat tinggi terhadap beras akan menjadi masalah jika ketersediaan beras sudah tidak dapat tercukupi (Suryana, 2014).

Data Badan Pusat Statistik (2022) menunjukkan bahwa konsumsi berasperkapita mencapai 120 kg/tahun, dua kali lebih besar dibandingkan rata-rata konsumsi beras global yang hanya sekitar 60 kg/tahun (Hasanah,2022). Pada tahun 2018 impor beras mencapai 2.253.824,4 ton, kemudian menurun pada 2019 menjadi 444.508,8 ton, tahun 2020 sebanyak 356.286,2 ton dan kembali naik pada tahun 2021 sebanyak 407.741,4 ton. (Badan Pusat Statistik, 2021).

Produksi beras di Indonesia saat ini dikhawatirkan tidak dapat mencukupi kebutuhan masyarakat. Hal ini dikarenakan jumlah penduduk Indonesia yang terus meningkat disertai dengan tingkat konsumsi yang tinggi menjadi sumber alasan mengapa tingginya impor beras nasional terus dilakukan. Apabila hanya mengandalkan atau hanya bergantung pada hasil produksi dari dalam negeri (Hasanah, 2022).

Ketergantungan masyarakat Indonesia yang hanya terfokus pada satu sumber pangan saja secara bertahap harus dikurangi. Hal ini penting mengingat saat ini pemerintahan sedang mencoba untuk mengurangi impor beras dan meningkatkan produksi beras nasional. Pada tahun 2014 pemerintahan Indonesia mengimpor beras sebanyak 1,927,563 ton dan dalam setahun terakhir penduduk Indonesia mengkonsumsi beras berupa nasi sekitar 139 kg per kapita. Untuk mencukupi kebutuhan beras pemerintah Indonesia memiliki kebijakan yaitu melakukan import beras, Impor beras yang dilakukan dalam jangka waktu lama dapat mengancam ketahanan pangan nasional. Untuk itu, perlu dilakukan upaya penganeekaragaman pangan atau diversifikasi pangan berbasis pangan pokok non beras (Adicandra & Estiasih, 2016).

Ketergantungan yang berlebihan pada beras perlu dikurangi dengan cara memperkenalkan sumber karbohidrat alternatif melalui program diversifikasi pangan. Tujuannya bukan untuk mengganti beras sepenuhnya, melainkan memperluas pilihan pangan pokok agar masyarakat tidak hanya mengandalkan satu jenis bahan makanan saja (Adicandra & Estiasih, 2016).

Indonesia memiliki banyak sumber pangan lokal non-beras, seperti jagung, sorgum, ubi kayu, ubi jalar, maupun sagu, yang sebenarnya berpotensi dijadikan pengganti beras. Namun pemanfaatannya masih terbatas karena pola pikir masyarakat yang menganggap bahwa "belum makan jika belum mengonsumsi nasi" (Hilmi et al., 2018). Salah satu produk inovatif yang dikembangkan untuk mengurangi ketergantungan pada beras adalah beras analog atau beras tiruan. Produk ini dibuat dari bahan non-padi yang kaya karbohidrat, dengan bentuk dan tekstur menyerupai beras alami. Beras analog dapat diformulasikan dari berbagai bahan lokal, misalnya sorgum, jagung, sagu,

kedelai, maupun mocaf. Selain sebagai upaya diversifikasi pangan, beras analog juga berpotensi memberikan nilai tambah karena dapat diperkaya dengan kandungan gizi tertentu sehingga lebih sehat dibanding beras biasa (Budijanto & Yuliyanti, 2012).

Sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) merupakan sumber sereal kelima di dunia setelah beras, jagung, gandum dan barley yang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi sebagai sumber karbohidrat, protein, vitamin dan beberapa mineral penting (Ibrahim, et.al, 2005 ; Sari et al., 2015)

Berdasarkan penelitian (Suarni, 2001 ; Ramadhani, 2019) sorgum memiliki kandungan nutrisi diantaranya adalah lemak 3,65%, serat kasar 2,74%, abu 2,24%, protein 10,11% dan pati 80,42%. Sorgum juga mengandung serat kasar yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis sereal lain seperti beras dan gandum. Sorgum juga mengandung senyawa tanin dan antosianin yang berperan sebagai antioksidan. Senyawa tanin juga dapat berperan sebagai senyawa antinutrisi oleh karena itu, untuk menurunkan kadar tanin, sorgum diolah menjadi tepung. Kandungan tanin dalam sorgum menurun tetapi fungsi antioksidan nya masih tetap ada. Selain mengandung tanin, kelebihan lainnya dari tepung sorgum yaitu tidak memiliki kandungan gluten, dengan tidak adanya kandungan gluten, tepung sorgum dapat dijadikan alternatif pangan untuk konsumen yang menjalankan diet gluten, salah satunya penyandang autisme (Suarni, 2004 ; Ramadhani, 2019). Tepung sorgum merupakan bahan makanan yang tidak mengandung gluten memiliki kandungan protein yang cukup tinggi sehingga aman dikonsumsi juga baik untuk masyarakat yang menjalani pola hidup sehat. Tepung sorgum juga bahan yang potensial untuk diolah menjadi beras analog karena kandungan gizinya yang baik serta sifat bebas gluten. Dengan tambahan tepung sagu, tepung kedelai dan tepung mocaf. Dengan kombinasi nilai gizi beras analog memiliki potensi besar untuk menjadi alternatif sehat yang kaya gizi, terutama di daerah yang mengandalkan beras sebagai makanan pokok.

Tepung sagu memiliki kadar protein dan lemak yang relatif rendah serat kadar karbohidrat yang tinggi, sehingga tepung sagu merupakan salah satu

pengganti tepung terigu yang tinggi protein. Komponen terbesar yang terkandung dalam sagu adalah pati. Pati sagu tersusun atas dua fraksi penting yaitu amilosa yang merupakan fraksi linier dan amilopektin yang merupakan fraksi cabang. Kandungan amilopektin pati sagu adalah 73% (Aliawati, 2003; Chairunnisak et al., 2021) Amilopektin merupakan jenis karbohidrat yang selain menentukan kandungan gizi juga menentukan struktur fisik dari nasi yang dihasilkan dari proses pemasakan beras, jika kandungan amilopektin lebih tinggi dibandingkan amilosa, struktur akhir nasi yang ditanak dari beras akan lembut seperti nasi Jepang. Beras dengan kadar amilopektin tinggi setelah dimasak akan menghasilkan nasi yang lengket, mengkilap, tidak mengembang, dan tetap menggumpal setelah dingin. Kacang kedelai termasuk ke dalam keluarga kacang-kacangan dan dapat dijadikan sebagai sumber protein nabati (Arsyad, 1993; SAMOSIR, 2014)

Kedelai (*Glycine max* L. Merr) merupakan komoditas pangan penghasil protein nabati yang sangat penting. Selain merupakan sumber protein, kedelai juga mengandung lemak, serta sebagai sumber vitamin A, E, K, dan beberapa jenis vitamin B dan mineral K, Fe, Zn, dan P. Kandungan protein kedelai cukup tinggi sehingga kedelai termasuk ke dalam lima bahan makanan yang mengandung protein tinggi Kadar protein kacang-kacangan berkisar antara 20-25%, sedangkan pada kedelai mencapai 40%. Kadar protein dalam produk kedelai bervariasi misalnya, tepung kedelai 50%, konsentrat protein kedelai 70% dan isolat protein kedelai 90% (Winarsih, 2010 ; Indrayati & Oktaviani, 2021)

Permintaan kacang kedelai meningkat seiring dengan perkembangan industri makanan untuk kebutuhan konsumen diseluruh dunia (Yao et al., 2020). Rata-rata konsumsi setara kedelai (tahu, tempe, kecap) di Indonesia tahun 2018 mencapai 7,51 kg/kapita/tahun, hal ini menyebabkan kebutuhan kedelai nasional mencapai 2.448.480 ton. Untuk memenuhi kebutuhan kedelai tersebut, maka pemerintah melakukan skenario penyediaan kedelai sebesar 3.517.222 ton agar tidak terjadi kelangkaan. Ketersediaan kedelai nasional pada tahun 2018 masih didominasi oleh kedelai impor sebesar 73,48 persen, sedangkan kedelai

domestik hanya menyumbang sebesar 26,52 persen (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2019).

Penggunaan tepung Mocaf dalam beras analog didasarkan pada ketersediaan ubi kayu yang melimpah dengan harga yang cukup murah, namun selama ini pemanfaatannya belum optimal hanya terbatas pada pembuatan kue atau makanan ringan, sedangkan pada kenyataannya memiliki kandungan karbohidrat yang setara beras (Subagio, 2006)

Menurut (Kurachi, 1995) umumnya proses pembuatan beras analog meliputi beberapa tahapan, yaitu tahap pencampuran komponen pati, hidrokoloid, dan bahan lain, pengulenan dengan menggunakan air hingga mencapai kadar air 25-55%, pencetakan dengan granulator untuk membentuk butiran granula menyerupai beras, pengukusan pada suhu 70°-105°C selama 3-30 menit, serta pengeringan hingga didapatkan produk dengan kadar air kurang dari 20%.

Pembuatan Beras Analog ini memerlukan proses pencampuran bahan-bahan. Formulasi ini yang akan mempengaruhi karakteristik Beras Analog yang dihasilkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut sehingga diperlukan adanya penelitian tentang beras analog dari berbagai jenis tepung dengan menggunakan Aplikasi *Design Expert*.

*Design Expert* merupakan suatu program yang diperuntukan sebagai optimasi produk atau proses dalam respon utama yang diberikan oleh beberapa variable dengan tujuan mengoptimalkan respon tersebut (Bas & Boyaci, 2007).

Kelebihan dari aplikasi *Design Expert* diantaranya dapat mengurangi waktu pengembangan formulasi dan memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi dengan adanya derajat *desirability* dan *persentase prediction error* (Hidayat et al., 2021).

Metode *mixture d-optimal* digunakan dalam penelitian ini karena mampu merancang dan mengevaluasi berbagai kombinasi campuran tepung secara efisien. (Cheng, Z., et al. (2018). Metode ini juga memungkinkan analisis pengaruh proporsi masing-masing tepung terhadap karakteristik fisik (kekerasan dan kekenyalan), kimia (kadar protein, kadar karbohidrat dan mineral), serta

organoleptik (rasa, tekstur, dan aroma) dari beras analog yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian tersebut, oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan formulasi optimal beras analog berbasis sorgum, sagu, kedelai, dan mocaf menggunakan metode *mixture design D-optimal*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan pangan fungsional yang mampu mendukung program pemerintah.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini yaitu apakah pembuatan beras analog berbasis tepung sorgum dengan penambahan pati sagu, kedelai, dan mocaf dapat di formulasikan secara optimal dengan menggunakan program *Design Expert* Metode *mixture d-optimal* ?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian yaitu untuk melakukan analisis respon kimia dan respon organoleptik *runs* (formulasi) serta formulasi optimal pada produk beras analog berbasis tepung sorgum yang dihasilkan oleh program *Design Expert* Metode *mixture d-optimal*.

Tujuan dari penelitian yaitu untuk memperoleh formulasi yang optimal dalam pembuatan beras analog dari campuran tepung sorgum, pati sagu, kedelai, dan mocaf yang menghasilkan beras analog dengan kualitas terbaik menggunakan program *Design Expert* Metode *mixture d-optimal*.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan sorgum, pati sagu, kedelai dan mocaf sebagai bahan pangan potensial indonesia dan mendukung upaya diversifikasi pangan untuk mengurangi ketergantungan terhadap komoditas pangan tertentu.

## **1.5 Kerangka Pemikiran**

Menurut Novita (2009) beras adalah suatu bahan makanan yang merupakan sumber pemberi energi untuk manusia. Zat-zat gizi yang terkandung oleh beras adalah sangat mudah untuk dicernakan dan oleh karenanya beras mempunyai nilai gizi yang sangat tinggi.

Menurut (Jannah, et.al, 2015) berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini dapat menghasilkan makanan alternatif atau pengganti makanan pokok seperti beras analog. Beras analog adalah salah satu solusi yang dapat dikembangkan, baik dalam penggunaan sumber pangan baru maupun sebagai keanekaragaman pangan. Dalam pembuatan beras analog perlu adanya substitusi antara beras dengan beras analog, salah satunya pembuatan beras analog dengan menggunakan tepung sorgum.

Menurut (Haryadi, 2006) karbohidrat merupakan sumber nutrisi utama pada beras. Karbohidrat pada beras terdiri dari sebagian besar pati dan sebagian kecil pentose, selulose, hemiselulosa dan gula. Pati pada beras berkisar antara 85-90% dari berat kering beras. Beras mengandung pentose berkisar 2,0-2,5% dan gula 0.6 – 1,4% dari berat beras pecah kulit. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sifat fisiko kimiawi beras ditentukan oleh sifat-sifat patinya, karena pati merupakan penyusun utama beras.

Salah satu bahan pangan yang berpotensi digunakan sebagai sumber karbohidrat adalah sorgum. Biji sorgum mengandung tiga jenis karbohidrat yaitu pati, gula terlarut, dan serat. Kandungan gula terlarut pada sorgum terdiri dari sukrosa, glukosa, fruktosa dan maltosa. Sorgum juga mengandung serat tidak larut air atau serat kasar dan serat pangan masing-masing sebesar 6,5%,- 7,9% dan 1,15-1,23%.(Sutrisno et al., 2022). Metode persiapan untuk meningkatkan rendemen tepung sorgum masih sedikit (Kharunia, 2012) pengembangannya, termasuk olahan dari tepung sorgum. Walaupun demikian, menyatakan bahwa beras analog dapat dibuat dengan tepung sorgum dan mocaf (1:4). Beras analog yang berbahan baku sorgum diharapkan dapat menjadi sumber karbohidrat pengganti beras.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya beras analog yang berbasis tepung sorgum dan jagung kuning memiliki nilai IG 47,09, dengan kadar fenol 0,10 mg GAE/g sampel dan serat pangan 5,22% (Andri, 2013)

Menurut (Sirappa, 2003) keunggulan tepung sorgum yaitu memiliki kandungan gizi yang lebih unggul pada kadar serat dan mineralnya. Sorgum memiliki kadar serat dan mineral sebesar 2,74% dan 2,24% yang lebih besar

dibandingkan tepung terigu. Tepung terigu sendiri memiliki kadar serat 1,92% dan mineral sebesar 1,83%. Serat pangan yang terdapat pada sorgum adalah selulosa, *L-glukan*. Disamping itu peningkatan penggunaan sorgum sebagai bahan pangan yang memiliki kandungan gizi lengkap masih sangat terbatas. Sorgum mengandung senyawa-senyawa polifenol yang memiliki daya antioksidan sangat besar, lebih besar dari vitamin E dan vitamin C yang selama ini dikenal sebagai antioksidan alami (Awika, et. al, 2004)

Salah satu upaya mempromosikan keunggulan sorgum sebagai bahan pangan adalah dengan memperkenalkan potensi pangan fungsional yang terkandung dalam biji sorgum. Unsur pangan fungsional dalam biji sorgum meliputi beragam antioksidan, unsur mineral terutama besi, serat pangan, oligosakarida,  $\beta$ glukan termasuk komponen karbohidrat *non-starch polysaccharide* (NSP), dan lainnya (Soerjodibroto, 2004)

Adanya beras analog diharapkan dapat menjadi kendaraan bagi diversifikasi pangan. Beras analog dapat diolah menggunakan teknologi granulasi (Kurachi, 1995) dan ekstruksi (Mishra et al., 2012). Namun teknologi ekstruksi lebih banyak dikembangkan. Ekstruksi terdiri atas dua metode, yaitu *hot* dan *cold extrusion*. Suhu yang digunakan pada metode *hot extrusion* diatas 70°C dengan melakukan *pre-conditioning* dan atau tanpa pindah panas dari steam yang dihasilkan dari barrel. Sementara *cold extrusion* biasa digunakan dalam pembuatan pasta dan suhu yang digunakan di bawah 70°C.

Menurut (Budijanto & Yuliyanti, 2012), menyatakan, untuk pembuatan beras analog, menggunakan Technopark yaitu teknologi ekstrusi menggunakan *tween screw extruder* atau ulir ganda dengan *dye* yang dirancang khusus dengan mengatur kondisi proses dan formulanya. Secara umum, teknologi ekstrusi memungkinkan untuk melakukan serangkaian proses pengolahan seperti mencampur, menggiling, memasak, mendinginkan, mengeringkan dan mencetak dalam satu rangkaian proses. Rincian tahapan proses dalam pembuatan beras analog yaitu, membuat formulasi bahan-bahan yang diperlukan, pencampuran dengan menggunakan "*mixer*" sampai campuran bahan homogen. Penambahan air dan dilakukan pencampuran menggunakan

"mixer" sampai bahan bercampur homogen. Selanjutnya bahan yang telah bercampur dengan baik dimasukkan kedalam "hopper".

Menurut (Lisnan, 2008) berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan untuk formulasi beras analog yang optimal dari berbagai sumber karbohidrat didapatkan untuk formula terbaik untuk tepung sorgum sebesar 30%, tepung jagung 40%, tepung mocaf 30%, tepung singkong 40%, tepung maizena 15%, dan sagu aren 30%. Produk beras analog hasil ekstrusi kemudian diteliti kelengketan dan kemampuannya untuk dapat dimasak. Hasil menunjukkan semua formula menghasilkan beras yang tidak lengket dan dapat dimasak menjadi nasi.

Bahan baku utama yang digunakan adalah tepung sagu sebanyak 65% dan mocaf sebanyak 7,2%, dengan variasi penambahan glukomanan mulai dari 0% hingga 0,0169%. Proses pembuatannya menggunakan metode ekstrusi dingin. Analisis yang dilakukan mencakup karakteristik fisikokimia seperti kadar air, kadar lemak, kadar protein, tekstur, dan waktu memasak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan glukomanan secara signifikan mempengaruhi karakteristik fisik dan kimia beras analog, terutama dalam meningkatkan kekenyalan dan menurunkan kadar air. Penambahan glukomanan juga cenderung meningkatkan kadar protein dalam batas tertentu. Penelitian ini memberikan informasi penting bahwa kombinasi sagu dan mocaf dapat digunakan sebagai dasar formulasi beras analog dengan kualitas yang baik. (Ayu N, A, Ramadhani dan Rini Yanti 2023)

Penelitian ini dibuat empat formula beras analog. Formula pertama yaitu beras analog berbahan baku tepung jagung putih (JP) (Novitasari, et, 2013) formula kedua menggunakan tepung sorgum (S), formula ketiga adalah formula pertama dengan penambahan tepung kedelai 10% (JPK) dan formula keempat adalah formula kedua dengan penambahan tepung kedelai 10% (SK). Keempat formula ditambahkan pati sagu, air, dan GMS sebagai komponen tetap. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya didapatkan komponen tetap yang ditambahkan pada setiap formula yaitu air sebanyak 50% dan GMS 2% dari total adonan tepung (Budijanto & Yuliyanti, 2012)

Pati yang berasal dari sagu dan tapioka juga dapat digunakan sebagai sumber karbohidrat dan bahan perekat yang bertujuan untuk mendapatkan butiran beras yang kokoh sehingga beras tidak mudah hancur dan tidak rapuh saat dimasak (Herawati, et.,al, 2014) Perbandingan antara tepung dan pati dalam pembuatan beras analog adalah 70 : 30 (Widara, 2012 ; Noviasari, et., al, 2015)

Menurut (Salim, 2012) tepung kedelai tidak hanya memiliki kandungan zat gizi protein yang tinggi, tetapi juga merupakan produk olahan kedelai sumber protein nabati yang banyak dikonsumsi oleh hampir seluruh lapisan masyarakat, sehingga berperan dalam mendukung ketahanan pangan dan meningkatkan status gizi masyarakat.

Penggunaan tepung kedelai juga memberikan nilai tambah dalam pembuatan beras analog, terutama untuk kandungan proteinnya. Dari penelitian Rumampar (2015) yang membuat beras analog dengan fortifikasi tepung kedelai memberikan kesimpulan bahwa penambahan tepung kedelai sebagai fortifikasi dapat meningkatkan nilai gizi protein produk beras instan sejalan dengan pertambahan presentase penggunaan tepung kedelai dengan kadar protein berkisar 1.70%-11.98% dimana pada penambahan tepung kedelai terbanyak yaitu 24% menghasilkan beras analog dengan kadar protein tertinggi yaitu 11.98%.

Penambahan tepung tapioka pada produk berbasis beras dapat meningkatkan daya serap air, kerapatan produk, serta memperbaiki warna dan tekstur, sehingga menghasilkan beras analog yang lebih disukai oleh konsumen (Mahendra, Y. I., & Rachmawati, 2024)

Menurut hasil penelitian (Kurniawati et al., 2016) yang membuat beras analog dengan menggunakan bahan baku tepung jagung, sagu, tepung kedelai dan bekatul dengan menggunakan program *Mixture Design DX7* diperoleh formulasi yang optimal untuk beras analog berdasarkan respon antioksidan dan kecerahan adalah tepung jagung 32,17%, tepung sagu 16,67%, tepung kedelai 13,30%, bekatul 3,16%, GMS 1,33% dan air 50% dari jumlah adonan dalam kesimpulannya juga dijelaskan bahwa karakteristik beras analog formulasi optimum secara fisik, kimia serta analisis antioksidan dan indeks glikemik

memberikan hasil dimana beras analog tersebut memiliki kadar serat yang tinggi hal tersebut menunjukkan bahwa beras analog tersebut berpotensi dikembangkan sebagai produk pangan fungsional berbasis sumber daya lokal Indonesia.

Uji analisis protein pada beras analog dilakukan untuk mengetahui kandungan gizi produk, terutama untuk memastikan bahwa beras analog yang dikembangkan memiliki nilai nutrisi yang memadai sebagai pengganti beras konvensional. Protein merupakan salah satu makronutrien esensial yang penting bagi pertumbuhan, pemeliharaan jaringan tubuh, serta mendukung fungsi metabolisme. Karena beras analog umumnya diformulasikan dari berbagai bahan non-padi seperti tepung sorgum, mocaf, pati sagu, dan kedelai, yang masing-masing memiliki kandungan protein berbeda, maka analisis kadar protein penting dilakukan guna menilai kualitas gizi akhir produk serta potensi manfaat kesehatannya. Salah satu bahan yang sering digunakan adalah kacang kedelai, karena memiliki kandungan protein yang tinggi dan berkualitas baik. Kedelai termasuk sumber protein nabati lengkap karena mengandung semua asam amino esensial yang dibutuhkan tubuh, sehingga sangat bermanfaat dalam meningkatkan nilai gizi beras analog, terutama bagi konsumen vegetarian atau mereka yang kekurangan protein hewani. Selain itu, pengujian ini juga diperlukan sebagai bagian dari pemenuhan standar mutu pangan untuk tujuan komersialisasi dan pendaftaran produk, seperti dalam peraturan label nilai gizi BPOM atau standar SNI. (Hidayat dan Fitriani 2020)

Menurut (Maarif, 1989), optimasi merupakan pendekatan normatif untuk menentukan solusi terbaik dalam pengambilan keputusan terhadap suatu masalah. Melalui optimasi, permasalahan akan dipecahkan untuk mendapatkan hasil yang terbaik sesuai dengan batasan yang diberikan. Optimasi bertujuan untuk meminimalkan usaha atau biaya operasional yang diperlukan dan memaksimalkan hasil yang diharapkan.

Menurut (Nugroho, 2012) dibandingkan dengan program optimasi lainnya, *Design Expert* memiliki keunggulan yaitu metode *mixture d-optimal* yang dapat secara otomatis menampilkan jumlah formulasi sesuai dengan

batasan yang ditentukan. *Design Expert* metode *mixture d-optimal* juga dapat membantu menentukan formulasi optimal berdasarkan respon yang diinginkan sesuai standar produk yang ada dan diterima masyarakat karena memiliki akurasi numerik tinggi hingga 0,001. *Design Expert* metode *mixture d-optimal* menyediakan fitur lengkap seperti ANAVA yang sangat berguna bagi peneliti. Selain fitur ANAVA, *Design Expert* metode *mixture d-optimal* menyediakan summary atau rangkuman dari data yang telah didapat lengkap dengan standar deviasi, nilai minimum, maximum, dan mean. *Design Expert* menyediakan fitur solution, dimana fitur ini bertujuan memberikan informasi formulasi yang telah dirangkum berdasarkan kesimpulan seluruh respon. Selain itu, fitur solution pun memberikan prediksi hasil respon dari formulasi optimal yang terpilih. Formulasi optimal yang terpilih memiliki derajat ketepatan atau *desirability*. Semakin mendekati nilai satu maka semakin tinggi nilai ketepatan optimasi.

Berdasarkan pemaparan diatas, Optimalisasi Formulasi Beras Analog Berbasis Tepung Sorgum (*Sorgum bicolor L. Moench*), dengan menggunakan metode *mixture d-optimal* dapat dihasilkan formula yang optimal sehingga beras analog tersebut bisa diterima oleh masyarakat.

## **1.6 Hipotesis Penelitian**

Hipotesis penelitian berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diuraikan maka dapat diambil hipotesis diduga bahwa Beras analog berbasis tepung sorgum, dapat diformulasikan secara optimal dengan menggunakan metode *mixture d-optimal* pada program *Design Expert* sehingga menghasilkan mutu beras analog yang memenuhi standar yang diinginkan.

## **1.7 Waktu dan Tempat Penelitian**

Tempat Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jalan Setiabudi No. 193 Bandung, Jawa Barat dan SEIN FARM (Sekemala Integrated Farming), Jl. Sekemala, Pasanggrahan, Kecamatan Ujung Berung, Kota Bandung Jawa Barat dengan waktu penelitian mulai dari April 2025 sampai dengan selesai.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan mengenai: (2.1) Beras Analog (2.2) Sorgum, (2.3) Sagu, (2.4) Kacang Kedelai, (2.5) Tepung Mocaf, Dan (2.6) Bahan Tambahan Pembuat Beras Analog, (2.7) *Design Expert*

### **2.1 Beras Analog**

Beras merupakan bahan pangan yang dihasilkan dari tanaman padi. Bahan pangan ini merupakan bahan pangan pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Meskipun sebagai bahan pangan pokok beras dapat digantikan substitusi oleh bahan makanan lainnya, namun beras memiliki nilai tersendiri bagi masyarakat yang terbiasa mengkonsumsi nasi dan tidak dapat dengan mudah digantikan oleh bahan makanan lain (Aksi Agaris Kanisius, 1990).

Menurut (Budijanto & Yuliyanti, 2012) beras analog adalah beras yang hanya dibuat dari tepung-tepungan. Beras Analog dapat dibuat dari beberapa jenis campuran tepung yang berbeda dan dengan komposisi tertentu sehingga memiliki bentuk, tekstur dan nilai gizi yang mendekati atau bahkan lebih baik dari beras.

Beras analog dibuat dengan mencampurkan semua bahan-bahan sehingga menjadi adonan, dilakukan percetakan adonan agar terlihat seperti beras, dikukus dan dikeringkan. Beras analog dikeringkan hingga kadar air 4-15% untuk mencapai kadar air optimal sehingga meningkatkan daya simpan yang lebih lama (Noviasari, S et,al, 2015).

Dari segi kandungan gizi, selain sama-sama merupakan sumber karbohidrat, Beras Analog terbukti lebih sehat karena memiliki Indeks Glikemik yang lebih rendah dibandingkan beras konvensional. Dengan karakteristik produk yang memiliki bentuk butiran menyerupai beras dan dikonsumsi layaknya nasi serta mempunyai komposisi gizi sesuai kebutuhan, Beras Analog mempunyai prospek yang sangat baik sebagai produk substitusi beras konvensional yang mendukung program diversifikasi pangan (Budijanto & Yuliyanti, 2012)

Beras analog dapat dimodifikasi menjadi bahan pangan pokok untuk keperluan dan peningkatan pangan fungsional. Penelitian yang dilakukan

(Wahjuningsih, S. B. et,al, 2018) menunjukkan bahwa bahan pangan lokal yang mengandung karbohidrat seperti mocaf, sagu, garut, sorgum memiliki peran sebagai bahan pangan pokok alternatif yang bermanfaat bagi kesehatan karena dapat memperbaiki metabolisme glukosa dan lipid.

Proses pembuatan beras analog meliputi pencampuran, pencetakan, pengukusan dan pengeringan. Pencampuran adalah proses untuk mencapai keseragaman ukuran dari satu atau lebih komponen dengan mendistribusikan satu komponen ke dalam komponen lainnya. Pencampuran tidak secara langsung mempengaruhi kualitas gizi dan pengawetan makanan, tetapi memungkinkan komponen yang termasuk dalam proses pencampuran untuk beraksi satu sama lain, yang membantu meningkatkan sifat sensorik bahan makanan. Proses pencampuran bertujuan untuk menghidrasi tepung dengan air hingga merata, membentuk adonan sesuai dengan adonan yang diinginkan (Adicandra & Estiasih, 2016) Pengulenan campuran sampai homogeny yang ditandai dengan adonan menjadi kalis (tidak lengket) selama  $\pm 5$  menit.

Metode Pembuatan beras analog terdiri atas dua cara, yaitu metode granulasi dan ekstruksi. Perbedaan kedua metode ini adalah pada tahapan gelatinisasi adonan dan pencetakan. Hasil cetakan metode granulasi adlah butiran sedangkan hasil cetakan metode ekstruksi adalah bulat lonjong dan sudah lebih menyerupai beras (Widara, 2012).

## 2.2 Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor L.*) merupakan tanaman jenis sereal yang belum optimal pemanfaatannya di Indonesia. Selama ini sorgum hanya dijadikan pakan ternak, padahal sorgum sangat berpotensi tinggi untuk dikembangkan menjadi pangan premium karena memiliki keunggulan kandungan gluten yang sangat rendah (*gluten free food*) dan indeks glikemik yang rendah (*low glycemic index*). Sorgum juga sangat cocok dijadikan sebagai komoditas agroindustri di Indonesia karena hampir semua bagian tanaman sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri. Mulai dari biji, tangkai biji, daun, batang, dan akar menjadi makanan seperti sirup, gula, pati, biomas, bioetanol, dan tepung pengganti terigu (Cahyadi et al., 2023). Namun pengembangannya masih kurang diperhatikan oleh pemerintah

padahal sorgum telah lama dikenal di Indonesia (Tabri & Zubachtirodin, 2013). Pemanfaatan sorgum belum beragam dan belum maksimal, serta hanya sebatas untuk makanan olahan tradisional.

Sorgum merupakan bahan yang mengandung karbohidrat seperti beras, terigu dan jagung. Sorgum juga salah satu bahan pangan yang potensial untuk substitusi terigu dan beras karena masih satu famili dengan gandum dan padi, hanya berbeda sub famili, sehingga karakteristik tepungnya relatif lebih baik dibanding tepung umbi-umbian. Oleh karena itu sorgum bisa menjadi pengganti karbohidrat alternatif. Selain sebagai sumber karbohidrat, sorgum mempunyai kandungan protein, kalsium dan vitamin B1 yang lebih tinggi dibanding beras dan jagung sehingga tanaman sorgum berpotensi sebagai bahan pangan utama (Suarni, 2004)

Taksonomi tanaman sorgum yang ditulis dalam buku (Arif, 2020) sebagai berikut :

|               |                                                                                                                                                                                                           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kingdom       | : <i>Plantea</i>                                                                                                                                                                                          |
| Sub-kingdom   | : <i>Tracheobionta</i>                                                                                                                                                                                    |
| Superdivision | : <i>Magnoliophyta</i>                                                                                                                                                                                    |
| Division      | : <i>Spermatophyta</i>                                                                                                                                                                                    |
| Class         | : <i>Liliopsida</i>                                                                                                                                                                                       |
| Sub-class     | : <i>Commelinidae</i>                                                                                                                                                                                     |
| Order         | : <i>Cyperales</i>                                                                                                                                                                                        |
| Family        | : <i>Poaceace</i>                                                                                                                                                                                         |
| Tribe         | : <i>Andropogoneae</i>                                                                                                                                                                                    |
| Sub-tribe     | : <i>Sorghinae</i>                                                                                                                                                                                        |
| Genus         | : <i>Sorgum</i>                                                                                                                                                                                           |
| Species       | : <i>Sorghum bicolor</i> , <i>sorghum alnum</i> ( <i>Columbus grass</i> ),<br><i>Sorghum helepense</i> ( <i>Johnsongrass</i> ), <i>Sorghum propinquum</i> .                                               |
| Sub-species   | : <i>Sorghum bicolor ssp. arundinaceum</i> ( <i>Columbus wild sorghum</i> , <i>Sorghum bicolor ssp. Bicolor</i> ( <i>grain sorghum</i> ),<br><i>Sorghum bicolor spp. Drummondii</i> ( <i>Sudangrass</i> ) |



Gambar 1. Tanaman Sorgum

Sumber : Google.com

Menurut ( Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2010) potensi sorgum di Indonesia sangat melimpah dengan jumlah produksi sekitar 18 ton/ha/tahun. Kandungan gizi sorgum tidak jauh beda dengan beras dan terigu. Kandungan pati sorgum yang cukup tinggi, sangat berpotensi untuk dijadikan tepung. Menurut (Suarni, 2004) sorgum mempunyai kandungan pati sekitar 80,42%, lemak 3,65%, protein 10,11%, abu 2,24%.

Sorgum memiliki nilai gizi yang tidak kalah dengan beras. Bahkan sorgum mengandung protein (8-12 %) setara dengan terigu atau lebih tinggi dibandingkan dengan beras (6-10 %), dan kandungan lemaknya (2-6%) lebih tinggi dibandingkan dengan beras (0,5-1,5 %) (Dewi, et al, 2013). Biji sorgum juga mengandung tiga jenis karbohidrat yaitu, pati, gula terlarut, dan serat. Kandungan gula terlarut pada sorgum terdiri dari sukrosa, glukosa, fruktosa dan maltosa. Sorgum juga mengandung serat tidak larut air atau serat kasar dan serat pangan, masing-masing sebesar 6,5% - 7,9% dan 1,1% - 1,23%. Kelebihan lain yang dimiliki sorgum adalah umur tanaman pendek (100-110 hari), daya adaptasi terhadap lahan tinggi, dan biaya produksinya rendah (Suarni, 2004 ; Rezza, 2024) Menurut ICRISAT-FAO, sorgum merupakan tanaman pangan peringkat ke-5 setelah gandum, padi, jagung, dan barley (Sirappa, 2003 ; Rezza, 2024)



Gambar 2. Tepung Sorgum

Sumber : Google.com

Tepung merupakan bentuk olahan setengah jadi yang sangat dianjurkan, mudah dicampur untuk meningkatkan mutu gizinya, awet serta hemat ruang penyimpanan dan distribusinya. Tepung sorgum adalah tepung yang berasal dari biji sorgum. Kandungan yang cukup tinggi pada tepung sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku penelitian ini dengan meningkatkan kualitas produk beras analog.

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Tepung Sorgum per 100 gram

| Kandungan Nutrisi | Jumlah   |
|-------------------|----------|
| Lemak             | 3,10 g   |
| Serat             | 10,0 g   |
| Karbohidrat       | 70,59 g  |
| Protein           | 12,62 g  |
| Air               | 11,15 g  |
| Natrium           | 0,01 g   |
| Zat Besi          | 0,04 g   |
| Energy            | 335 kkal |

Sumber : (USDA, 2019)

### 2.3 Sagu

Sagu merupakan tumbuhan endemik Asia Tenggara dan nama ilmiahnya adalah *Metroxylon Sp.* Kandungan karbohidratnya yang tinggi, sagu bisa menjadi alternatif pengganti nasi, jagung, atau singkong. Sagu merupakan sumber karbohidrat. Tumbuhan sagu umumnya dapat ditemukan di hutan rawa dan perairan tawar di daerah tropis. Sagu adalah salah satu tanaman palma yang menghasilkan pati, dan secara peringkat berada di urutan keempat setelah ubi kayu, ubi jalar dan jagung. Tanaman ini dapat ditemukan di lahan basah dan di sepanjang tepi sungai. Pengembangan sagu di Indonesia berupaya untuk meningkatkan hasil sumber daya dan mempromosikan pengolahan berkelanjutan untuk meningkatkan ketahanan pangan dan mendukung industri pertanian sagu. Seperti halnya tepung terigu, tepung beras, dan tepung tapioka semuanya mengandung karbohidrat sebagai komponen kimia utamanya, demikian juga tepung sagu. Tepung sagu juga digunakan dalam pembuatan kue. Akibatnya, tepung sagu dapat digunakan dalam produksi berbagai produk kuliner seperti mie, biskuit roti, dan hidangan lain yang dikenal dan diterima secara umum (Rosela., 2020)

Tanaman sagu banyak tumbuh di berbagai wilayah di Indonesia, seperti

Papua, Sulawesi, Maluku, Riau, dan Kalimantan. Oleh karena itu tanaman sagu sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan pangan alternatif. Tanaman sagu bahkan dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan beras analog (Yanica, 2013) Di Indonesia, penggunaan tepung sagu sebagai bahan pangan telah banyak dikenal dalam berbagai bentuk produk, diantaranya papeda, sagu lempeng, sagu tutupala, sagu uha, sinoli, bagea, dan sebagainya.

Menurut Rachmah, (2012) Berikut ini taksonomi dari sagu :

|         |                                |
|---------|--------------------------------|
| Kingdom | : <i>Plantae</i>               |
| Divisio | : <i>Angiosperms</i>           |
| Kelas   | : <i>Monokotil</i>             |
| Ordo    | : <i>Arecales</i>              |
| Famili  | : <i>Arecaceae</i>             |
| Genus   | : <i>Metroxylon</i>            |
| Species | : <i>Metroxylon sago rottb</i> |



Gambar 3. Tanaman Sagu

Sumber : Google.com

Sagu diolah menjadi tepung agar dimanfaatkan secara optimal. Empulur batang sagu digiling menjadi tepung selama pembuatan tepung sagu. Tepung diambil dari empulur yang tersisa setelah batang sagu dipotong dan dikupas. Empulur tersebut kemudian diparut dengan alat seperti pangkur yang berfungsi sebagai penggiling. Parutan sagu selanjutnya diperas untuk memisahkan pati dari empulurnya. Setelah pemerasan, serat kasar dipisahkan dari tepung sagu dengan cara disaring. Hasil saringan diendapkan, memisahkan tepung sagu dari airnya.

Tepung sagu selanjutnya akan dikeringkan, dikemas, dan disimpan (Chafid., at.al, 2008) Tepung sagu merupakan jenis tepung yang sering digunakan dalam berbagai olahan dan aplikasi, termasuk makanan dan masakan. Tepung yang terbuat dari tanaman rumbia atau pohon palem, yang keduanya melimpah di 8 Indonesia bagian timur, bisa dipanen untuk dijadikan produk. Selain memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi, tepung sagu juga sering dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam proses pengolahan makanan untuk meningkatkan kekenyalan, memperbaiki tekstur, meningkatkan daya serap aie dan mengurangi penyusutan. Keuntungan lain dari penggunaan tepung sagu adalah harganya yang relative terjangkau di pasaran, sehingga dapat mengurangi biaya produksi (Sepriyani, et al., 2022)



Gambar 4. Pati Sagu

Sumber : Google.com

Tepung sagu mengandung karbohidrat dalam jumlah yang tinggi. Namun, memiliki nilai gizi protein, vitamin, dan mineral yang rendah. Sebagai sumber energi, tepung sagu mempunyai kandungan karbohidrat paling unggul dibandingkan makanan pokok lain seperti kentang, jagung dan singkong. Perbandingan kandungan karbohidrat tepung sagu dengan tepung beras dan tepung jagung menunjukkan bahwa tepung sagu memiliki kandungan karbohidrat yang jauh lebih tinggi daripada tepung beras dan tepung jagung. Sagu, di sisi lain, adalah makanan yang memiliki persentase protein yang sangat rendah. Dibandingkan dengan tepung beras, tepung maizena, dan beras, jumlah protein yang terdapat pada tepung sagu jauh lebih kecil (Novitasari, & Mardesci, 2020).

Tabel 2. Kandungan Gizi Tepung Sagu Per 100 gram

| Komposisi   | Jumlah  |
|-------------|---------|
| Energi      | 335kkal |
| Karbohidrat | 85,6 g  |
| Protein     | 0,6 g   |
| Lemak       | 1,1 g   |
| Kalsium     | 91 g    |
| Fosfor      | 167 g   |
| Fe          | 2,2 mg  |
| Serat       | 0,3 g   |
| Vit.B1      | 0,01 mg |

Sumber : (Makmur, 2018)

Berdasarkan kandungan gizi yang dimiliki oleh tepung sagu, sagu mempunyai potensi yang dapat dikembangkan menjadi aneka produk pangan salah satunya beras analog. Pemanfaatan tepung sagu pada pembuatan beras analog dapat meningkatkan penggunaan bahan lokal yang jarang dikenal oleh masyarakat luas.

#### 2.4 Kedelai

Kedelai merupakan komoditas yang kaya akan protein. Berperan sebagai sumber protein nabati yang sangat penting dalam rangka peningkatan gizi masyarakat, karena selain aman bagi kesehatan juga sebagai sumber protein yang paling murah di dunia dibandingkan dengan sumber protein lainnya. Dalam kelompok tanaman pangan di Indonesia, kedelai merupakan komoditas terpenting ketiga setelah padi dan jagung, disamping sebagai bahan pakan dan industri olahan. Kebutuhan akan kedelai terus meningkat seiring dengan kesadaran masyarakat tentang makanan sehat. Ketersediaan kedelai di Indonesia menjadi penting karena hampir 90% digunakan untuk bahan pangan (Atman, 2014)

Kedelai termasuk kacang-kacangan atau tumbuhan polong yang dapat ditumbuk seperti biji-bijian. Kedelai kaya akan kandungan protein dan tidak mengandung gluten. Tepung kedelai mentah mengandung enzim yang membantu ragi bekerja dalam pengembangan roti dan sebagai pemutih pada tepung terigu (Gisslen, 2017).

Menurut (Dasuki, 1991), Taksonomi tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) adalah :

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| Kingdom    | : <i>Plantae</i>                  |
| Divisi     | : <i>Spermatophyta</i>            |
| Subdivisio | : <i>Angiospermae</i>             |
| Famili     | : <i>Dicotyledoneae</i>           |
| Ordo       | : <i>Leguminosae</i>              |
| Genus      | : <i>Glycine</i>                  |
| Species    | : <i>Glycine max</i> (L) Merrill. |



Gambar 5. Tanaman Kacang Kedelai

Sumber : Google.com

Kedelai adalah salah satu jenis makanan yang dapat menurunkan risiko penyakit kardiovaskular (Steinberg FM., 2007). Kedelai memiliki pengaruh positif terhadap kadar lemak darah dan diperkirakan juga memiliki pengaruh pada fungsi vaskular. Protein kedelai diperkirakan dapat memperbaiki tekanan darah dikarenakan kaya arginin, vasodepresor yang potensial dan prekursor untuk vasodepresor nitric oxide (NO) (Miki S, et al., 2007) Kedelai juga mengandung isoflavon yang bertindak sebagai fitoestrogen. Kandungan isoflavon tinggi pada tanaman kacang-kacangan khususnya kedelai. Isoflavon diperkirakan memberikan efek terhadap tekanan darah layaknya estrogen (Suyanto, 2008)



Gambar 6. Tepung Kedelai

Sumber : Google.com

Tepung kedelai mempunyai peranan yang penting karena dapat dicampur dengan produk tepung lainnya. Tepung kedelai merupakan salah satu bahan pengikat yang dapat meningkatkan daya ikat air pada bahan makanan karena didalam tepung kedelai terdapat pati dan protein yang dapat mengikat air. Daya ikat air mempengaruhi ketersediaan air yang diperlukan oleh mikroorganisme sebagai salah satu faktor penunjang pertumbuhannya. Semakin meningkat daya ikat air maka ketersediaan air yang diperlukan untuk pertumbuhan *mikroorganisme* semakin berkurang, sehingga aktivitas bakteri dalam bahan makanan yang dapat menyebabkan kebusukan menurun ( Napitupulu, 2012).

Berikut ini adalah kandungan gizi tepung kedelai per 100 gram dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

| Tabel 3. Gizi Tepung Kedelai per 100 gram |                     |
|-------------------------------------------|---------------------|
| Unsur Gizi                                | Kadar/100gram bahan |
| Energi (kkal)                             | 44,2                |
| Air (g)                                   | 7,5                 |
| Protein (g)                               | 34,9                |
| Lemak (g)                                 | 38,1                |
| Karbohidrat (g)                           | 34,8                |
| Mineral (g)                               | 4,7                 |
| Kalsium (mg)                              | 227                 |
| Fosfor (mg)                               | 585                 |
| Zat besi (mg)                             | 8                   |
| Vitamin A (mg)                            | 33                  |
| Vitamin B (mg)                            | 1,07                |

Sumber :(Suprpti, 2003)

Berdasarkan kandungan gizi yang dimiliki tepung kacang kedelai, tepung kacang kedelai ini sangat cocok untuk fortifikasi beras analog karena kaya akan

protein, zat besi, serat, dan vitamin B. Kandungan gizinya dapat meningkatkan kualitas nutrisi beras analog, menjadikannya pilihan yang baik untuk program peningkatan gizi masyarakat.

## 2.5 Tepung Mocaf

Mocaf adalah tepung singkong yang diproduksi dengan memodifikasi sel singkong melalui fermentasi (Putri, et al.,2018) Pati alami memiliki beberapa kelemahan, dan sifat yang tidak diinginkan dapat muncul pada kondisi pH, suhu dan tekanan tertentu, sehingga dilakukan modifikasi pati untuk memperbaiki sifat yang dihasilkan. Kandungan amilosa yang ada pada mocaf sebesar 19% sedangkan kandungan amilopektin sebesar 81% (Wanita, & Wisnu, 2013).



Gambar 7. Tepung Mocaf

Sumber : Google.com

Menurut Cholisoyoh dkk., (2015) Mocaf dipilih sebagai salah satu bahan baku beras analog karena kalorinya mendekati kalori beras dan kandungan karbohidrat cukup tinggi sehingga dalam komposisi beras analog mocaf berperan sebagai sumber karbohidrat.

Menurut (Wahjuningsih, 2012), proses produksi mocaf secara alami atau tanpa penambahan enzim adalah dengan mengupas singkong dari kulitnya, lalu dikerok lendirnya dan dicuci bersih. Setelah itu dilakukan pengecilan ukuran dan difermentasikan dengan cara direndam dalam air selama 3 hari dan diganti airnya setiap hari, proses fermentasi singkong ini dilakukan dalam tong. Bak atau tong fermentasi ditutup setengah rapat. Setelah tiga hari fermentasi, dilakukan pencucian sampai benar-benar bersih untuk menghentikan proses fermentasi, kemudian dilakukan pemerasan untuk menghilangkan sebagian air untuk mempercepat proses

pengeringan. Selanjutnya dilakukan proses pengeringan selama kurang lebih 1,5 hari hingga fragmen/chip yang dihasilkan benar-benar kering (kadar air maksimal 13% yang ditandai dengan mudah pecahnya fragmen). Dapat dikeringkan dengan pengering pada suhu 50-60 °C selama 10 jam. Kemudian dilakukan penggilingan dan pengayakan pada ukuran 80 mesh.

Tabel 4. Kandungan Gizi Tepung Mocaf per 100 gram

| Komponen      | Kandungan |
|---------------|-----------|
| Air           | 11,9      |
| Energi        | 350       |
| Protein       | 1,2       |
| Lemak         | 0,6       |
| Karbohidrat   | 85,0      |
| Serat         | 6,0       |
| Abu           | 1,3       |
| Kalsium       | 60        |
| Fosfor        | 64        |
| Besi          | 15,8      |
| Natrium       | 8         |
| Kalium        | 403,0     |
| Tembaga       | 0,10      |
| Seng          | 0,6       |
| Beta-Karoten  | 0         |
| Karoten Total | 0         |
| Thiamin       | 0,02      |
| Riboflavin    | 0,02      |
| Niasin        | 0,7       |
| Vitamin C     | 2         |

Sumber : (Kementrian Kesehatan RI, 2018)

Kandungan gizi mocaf setara dengan tepung singkong. Namun demikian, kandungan protein yang berkurang dalam mocaf memberikan pengaruh pada atribut fisik, terutama warna tepung yang lebih terang disebabkan tidak adanya reaksi pencoklatan. Granula pati yang bebas mengalami dekomposisi menjadi monosakarida yang kemudian berubah menjadi senyawa asam organik. Penggabungan senyawa asam dengan tepung selama proses menghasilkan cita rasa khas yang dapat menutupi cita rasa singkong yang umumnya tidak disukai masyarakat. Selanjutnya, selama proses fermentasi juga terjadi kehilangan komponen pembentuk warna, terutama pigmen yang ditemukan pada singkong

kuning. Akibatnya warna putih yang melekat pada mocaf lebih putih dibandingkan tepung singkong.

Kandungan mineral (kalsium) tepung mocaf lebih tinggi (58,00mg) dibanding beras (6,00mg) dan gandum (16,00mg) tetapi kandungan proteinnya (3,42gr/100gr) lebih rendah dibanding tepung beras (7,13gr/100gr), sehingga perlu adanya inovasi penambahan tepung lainnya guna meningkatkan nilai gizi dan sifat fungsional beras analog, yaitu dengan penambahan tepung sagu, tepung kedelai dan tepung daun kelor. Diketahui bahwa kedelai mengandung protein 35,00-44,00% (Astawan, 2008), sedangkan tepung daun kelor terdapat komposisi vitamin A, B, kalsium, zat besi dan protein (Melo, et al., 2013 ; Kholis, et al., 2010), fenol sekitar 0,7% (Nurismanto, et al., 2017 ; Verma, et al., 2009)

## **2.6 Bahan Tambahan Pembuat Beras Analog**

### **2.5.1 Tapioka**

Tepung tapioka merupakan bahan baku utama ataupun campuran pada berbagai macam produk pempek. Selain itu tepung tapioka mempunyai manfaat sebagai pengental, pengenyai dan mempunyai kemampuan mengembang yang tinggi dibanding dengan jenis tepung lainnya. Karena tepung tapioka mengandung amilosa 17% dan amilopektin 83% dengan ukuran granula 3-3,5 $\mu$  sehingga proses penyerapan air selama pemasakan juga meningkat ((Utomo, et al., 2013).

Tepung tapioka berasal dari ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) yang diekstraksi patinya dengan mengepres umbi yang telah diparut, diendapkan dan dikeringkan melalui penjemuran matahari atau pengeringan buatan dengan oven bersuhu 60°C (Syamsir, et al., 2012) Ubi kayu dapat dibuat tepung tapioka karena ubi kayu merupakan umbi-umbian yang mengandung karbohidrat tinggi dengan kadar amilosa yang rendah dan amilopektin yang tinggi.

Tapioka merupakan pati yang diekstrak dari singkong. Tapioka memiliki kadar amilopektin yang tinggi, sehingga produk yang dibuat dengan tepung tapioka cenderung memiliki tekstur yang renyah, bersifat larut dalam air biasanya digunakan sebagai bahan pengisi dan pengikat yang menghasilkan tekstur yang plastis, dan kompak pada industri makanan seperti pada pembuatan dodol (Lestari, 2013)

Rusmono (1983) menuliskan bahwa, tepung tapioka sebagai bahan pengikat berfungsi untuk memperbaiki stabilitas emulsi, menurunkan penyusutan akibat pemasakan, memberi warna yang terang, membentuk tekstur yang padat dan menarik air dari adonan. Karbohidrat yang terdapat dalam tepung tapioka adalah suatu senyawa polisakarida yang disebut pati. Pati ini memiliki suatu polimer senyawa glukosa yang terdiri dari dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa bersifat hidrofilik karena mengandung banyak gugus hidroksil, molekul amilosa cenderung membentuk susunan paralel melalui ikatan hidrogen. Kumpulan amilosa dalam air sulit untuk membentuk gel. Berbeda dengan amilopektin yang strukturnya bercabang, pati akan mudah mengembang dan membentuk koloid dalam air.



Gambar 8. Pati Tapioka

Sumber : Google.com

Tapioka banyak digunakan sebagai bahan pengental dan bahan pengikat dalam industri makanan. Pada umumnya masyarakat Indonesia mengenal dua jenis tapioka, yaitu tapioka kasar dan tapioka halus. Tapioka kasar masih mengandung gumpalan dan butiran ubi kayu yang masih kasar, sedangkan tapioka halus merupakan hasil pengolahan lebih lanjut dan tidak mengandung gumpalan lagi (Soemarno, 2007). Menurut (Soemarno, 2007), kandungan gizi tepung tapioka per100 gram dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Pati Tapioka per100 gram

| Zat Gizi              | Kandungan (%) |
|-----------------------|---------------|
| Kalori (per 100 g)    | 363           |
| Karbohidrat (%)       | 88.2          |
| Kadar Air (%)         | 3.0           |
| Lemak (%)             | 0.5           |
| Protein (%)           | 32            |
| Ca (mg/100 g)         | 84            |
| P (mg/100 g)          | 125           |
| Fe (mg/100 g)         | 1.0           |
| Vitamin B1 (mg/100 g) | 0.4           |
| Vitamin C (mg/100 g)  | 0             |
| Abu (%)               | 1,09          |

Sumber : (Soemarno, 2007)

### 2.5.2 Air

Air merupakan salah satu unsur penting dalam bahan makanan. Air sendiri meskipun bukan merupakan sumber nutrisi seperti bahan makanan lain, namun sangat esensial dalam kelangsungan proses biokimiawi organisme hidup (Sudarmadji, et al.,1989). Air yang digunakan dalam industri makanan pada umumnya harus memenuhi persyaratan tidak berwarna, tidak berbau, jernih, tidak mempunyai rasa dan tidak mengganggu kesehatan. Apabila air yang digunakan tidak memenuhi persyaratan dalam pembentukan pati atau tepung maka dapat meningkatkan kadar airnya sehingga mutu pati menurun (Syarif dan Irawati, 1988).

Air juga merupakan komponen penting dalam bahan makanan karena air dapat mempengaruhi kenampakan, tekstur, serta cita rasa makanan. Bahkan dalam makanan yang kering sekalipun, seperti buah kering, tepung, serta biji-bijian terkandung air dalam jumlah tertentu (Winarno, 1991).

Kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan acceptability, kesegaran, dan daya tahan bahan itu. Selain merupakan bagian dari suatu bahan makanan, air merupakan pencuci yang baik bagi bahan makanan tersebut atau alat-alat yang digunakan dalam pengolahannya. Sebagian besar dari perubahan-perubahan bahan makanan terjadi dalam media air yang ditambahkan atau yang berasal dari bahan itu sendiri (Winarno, 1991)

## 2.7 *Design Expert*

Penentuan optimalisasi formulasi dapat dilakukan dengan berbagai metode diantaranya metode simplex dengan pemrograman *linier*, *software lindo*, fasilitas *solver* pada *Microsoft Excel*, dan *Design Expert* metode *mixture d-optimal*. *Design Expert* digunakan untuk optimasi proses dalam respon utama yang diakibatkan oleh beberapa variable dan tujuannya adalah optimasi respon tersebut, dengan menentukan bahan-bahan yang membuat suatu formulasi paling baik mengenai variable yang ditentukan (Bas, 2007). *Design Expert* menyediakan beberapa pilihan desain dengan fungsinya masing-masing, salah satunya adalah *mixture design* yang berfungsi untuk menemukan formulasi optimal. Program *Design Expert* metode *mixture d-optimal* dapat secara otomatis menampilkan jumlah formulasi yang sesuai dengan batasan-batasan yang telah ditentukan dan juga memiliki ketelitian yang tinggi secara numerik hingga mencapai 0,001 (Nugroho, 2012)

Kelebihan yang dimiliki program *Design Expert* metode *mixture d-optimal* dari program optimasi lainnya yaitu dapat secara otomatis menampilkan jumlah formulasi yang sesuai dengan batasan-batasan yang telah ditentukan. *Design Expert* metode *mixture d-optimal* juga memiliki ketelitian yang tinggi secara numeric hingga mencapai 0,001, penentuan formulasi optimal berdasarkan respon yang diinginkan sesuai dengan standar produk yang ada membantu pemakai membuat formulasi yang dapat diterima masyarakat dan sesuai standar. *Design Expert* metode *mixture d-optimal* menyediakan fitur lengkap seperti ANOVA yang sangat berguna bagi peneliti. Selain fitur ANOVA *Design Expert* metode *mixture d-optimal* menyediakan summary atau rangkuman dari data yang telah didapat lengkap dengan standar deviasi, nilai minimum, maximum, dan mean. *Design Expert* menyediakan fitur solution, di mana fitur ini bertujuan memberikan informasi tentang formulasi yang terpilih. Formulasi optimal yang terpilih memiliki derajat ketepatan atau *desirability*. Semakin mendekati nilai satu maka semakin tinggi nilai ketepatan optimasi (Nugroho, 2012)

*Mixture experiments* atau *design* adalah suatu *eksperimen* yang memiliki respon yang diasumsikan hanya tergantung pada proporsi relatif dari ingredien yang ada dalam formula dan bukan tergantung pada jumlah ingredien tersebut. Dua

kriteria dalam memilih mixture design diantaranya: 1) komponen-komponen di dalam formula merupakan bagian dari total formulasi. Jika presentasi salah satu komponen naik, maka presentasi komponen yang lain turun. 2) Respon harus merupakan fungsi dari proporsi komponen-komponennya (Cornell, 1990) Ada beberapa pilihan dalam mixture design yaitu simplex design dan non simplex design. Simplex design digunakan ketika selang konsentrasi komponen-komponen digunakan sama. Bila selang konsentrasi yang digunakan berbeda digunakan non simplex design, yaitu D-optimal (Anonim, 2005)

Menurut (Ali, 2017) menyatakan bahwa analisis yang beragam dan penyusunan pada model matematis dilanjutkan dengan tahap optimasi respon. Respon yang dituju berdasarkan kriteria yang diinginkan. Setiap respon diberi bobot importance yang dipilih mulai dari positif 1 (+) hingga positif 5(+++++) sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Semakin banyak tanda positif yang ditentukan, maka semakin tinggi tingkat kepentingan variabel respon terhadap produk. Pemilihan tingkat kepentingan tersebut didasarkan pada sifat pangan. Namun, variabel respon yang dihasilkan tidak dapat sepenuhnya sesuai dengan yang telah ditetapkan.

Pada program *Design Expert* yang digunakan menyarankan solusi untuk formula yang optimal dengan nilai *desirability* yang diinginkan antara 0-1. Semakin tinggi nilai *desirability*nya maka semakin baik kesesuaian formula yang dihasilkan. Akan tetapi, tujuan dari proses optimasi bukan hanya untuk mencapai nilai *desirability* 1, melainkan untuk mendapatkan kombinasi terbaik dari suatu produk. Dan grafik dari proses optimalisasi dapat dilihat pada tab Graphs. Formula yang optimal dipilih berdasarkan nilai *desirability* tertinggi dan dilanjutkan melalui tahap verifikasi formula terpilih (Ali, 2017)

### BAB III METODELOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan mengenai : (3.1) Bahan dan Alat Penelitian, (3.2) Metode Penelitian, (3.3) Prosedur Penelitian, (3.4) Jadwal Pelaksanaan Penelitian.

#### 3.1 Bahan dan Alat Penelitian

##### 3.1.1 Bahan-bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian beras analog adalah tepung sorgum (*Sorgum Bicolor L*) di produksi oleh Abah sorgum Pamengpeuk Bandung, pati sagu (*Metroxylon sagu*) di produksi oleh Engkafood, tepung kedelai (*Glycine max (L).Merril*) di produksi oleh Bengkoang Organik dan tepung mocaf (*Modified Cassava Flour*), diproduksi oleh Ladang Lima. Pati tapioka di produksi oleh PT Budi Starch & Sweetener Tbk Sungai Budi Group dan penambahan air, bahan tersebut diperoleh dari Borma Toserba Setia Budhi.

Bahan yang digunakan untuk analisis dalam penelitian antara lain pada kadar air metode *gravimetri* yaitu sampel dan *aquadest*. Bahan yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Teknologi Pangan Universitas Pasundan. Bahan yang digunakan untuk analisis kimia kadar gula reduksi metode *luff-schoorl* meliputi larutan *Luff-Schoorl*, kalium iodida (KI), natrium tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), larutan indikator pati, dan aquades dan bahan yang digunakan dalam analisis kimia kadar protein metode *Kjedahl* adalah aquadest, kalium oksalat, polyphenol, NaOH 0,1 N dan formalin 40%. Bahan yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Teknologi Pangan Universitas Pasundan.

##### 3.1.2 Alat-alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan, gunting, baskom plastik, tray, *Oven Dhydrator*, ekstruder dan *rice cooker*.

Alat yang digunakan untuk analisis kimia kadar air metode *gravimetri* yaitu cawan porselen, cawan alu, eksikator, neraca analitik, lemari pengering, tangkrus dan nampan *stainlessteel*. Alat yang digunakan untuk analisis kimia kadar gula reduksi metode *Luff-Schoorl* neraca analitik, labu takar, pipet *volumetrik*, buret, statif, *erlenmeyer*, kompor, gelas ukur, batang pengaduk, dan

kertas saring. Alat yang digunakan untuk analisis kimia kadar protein metode *Kjedahl* yaitu labu ukur, pembakar spirtus, *Erlenmeyer*, kaki tiga, tangkrus, neraca analitik, labu *Kjedahl*, kondensor, buret dan statif.

### 3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formulasi yang sesuai dalam pembuatan beras analog menggunakan *Design Expert* metode *mixture d-optimal*.

#### 3.2.1 Rancangan Percobaan

Percobaan yang dilakukan ialah menentukan formulasi optimum. Percobaan ini memiliki tahapan diantaranya tahap perencanaan formulasi, tahap pembuatan produk, tahap analisis, tahap optimasi dan tahap konfirmasi atau verifikasi.

##### 1. Perencanaan Formulasi

Tahap ini dimulai dengan menentukan variabel bebas dan tetap pada program *Design Expert*, variabel tetap merupakan variabel dengan nilai yang mempengaruhi respon yang dihasilkan. Sedangkan variabel bebas merupakan dibuat sama pada setiap perlakuan atau percobaan karena dianggap tidak variabel yang berpengaruh terhadap respon yang dihasilkan, variabel ini juga didapatkan berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dan dilakukan *trial and error* untuk menentukan batas minimum dan batas maksimum. Serta menentukan respon apa saja yang menjadi tolok ukur juga memiliki guna dari bagian penyusunan produk (Nurmiah, et al., 2013). Berikut merupakan variabel tetap pada pembuatan beras analog:

Tabel 6. Variabel Tetap Pembuatan Beras Analog

| No                | Nama Bahan   | Jumlah (%) |
|-------------------|--------------|------------|
| 1.                | Pati Tapioka | 05,00      |
| 2.                | Air          | 35,00      |
| Variabel Bebas    |              | 60.00      |
| Total Keseluruhan |              | 100.00     |

Tabel 7. Variabel Bebas Pembuatan Beras Analog

| No | Nama Bahan     | Batas Bawah ( <i>Low</i> )<br>(%) | Batas Atas ( <i>High</i> )<br>(%) |
|----|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | Tepung Sorgum  | 20                                | 25                                |
| 2. | Pati Sagu      | 15                                | 20                                |
| 3. | Tepung Kedelai | 10                                | 12                                |
| 4. | Tepung Mocaf   | 8                                 | 10                                |

Respon yang digunakan respon kimia (kadar air, kadar karbohidrat (gula reduksi) dan kadar protein) dan respon organoleptik ( warna, aroma, rasa dan teksur).

## 2. Tahap Formulasi

Tahap formulasi adalah tahapan pembuatan produk beras analog sebanyak 17 formulasi yang di tampilkan aplikasi *Design Expert* tahapan yang dilakukan meliputi, pencampuran tepung sorgum (*Sorgum bicolar L. Moench*, tepung sagu (*Metroxylon sagu*), tepung kedelai (*Glycine max*) dan tepung mocaf (*Modified Cassava Flour*) dengan penambahan tapioka dan air.

## 3. Tahap Analisis Respon

Setelah produk jadi dilakukan analisis respon kimia yaitu, kadar air, kadar gula reduksi dan kadar protein, serta respon organoleptik meliputi warna, aroma, rasa dan tekstur, kemudian dimasukkan ke dalam aplikasi *Design Expert*.

## 4. Tahap Optimasi

Tahap ini melibatkan penjelasan mengenai setiap respon yang menjadi tujuan optimasi dalam program *Design Expert*. Program ini akan melakukan proses optimasi berdasarkan data variabel dan data pengukuran respon yang telah dimasukkan. Hasil dari tahap optimasi akan memberikan rekomendasi beberapa formulasi baru yang optimal sesuai dengan analisis yang dilakukan oleh program tersebut. Formulasi yang paling optimal yaitu formula dengan nilai *desirability* maksimum. Kisaran nilainya dari 0-1,0. Nilai *desirability* yang semakin mendekati nilai 1,0 menunjukan kemampuan program untuk menghasilkan produk yang dikehendaki semakin sempurna. Tujuan optimasi bukan untuk memperoleh nilai *desirability* 1,0 namun untuk mencari kondisi terbaik yang mempertemukan semua fungsi tujuan (Raissi, S., & Farzani, 2009).

Penetapan *goals* berdasarkan nilai yang diharapkan pada respon dan variabel berubah yaitu *in range*, *minimize*, dan *maximize*. Nilai *importance* dipilih berdasarkan tingkat kepentingan dari bobot setiap variabel berubah dan respon yang diuji dimulai dari (+) hingga (+++++). Semakin tinggi bobot *importance*, maka semakin penting tingkat pembobotannya. Formulasi optimal dipilih berdasarkan nilai *desirability*. Nilai *desirability* dapat menunjukkan kemampuan program dalam memenuhi keinginan peneliti dengan range angka 0 sampai dengan 1. Penetapan *goals* dan *importance* yang telah ditentukan oleh peneliti kemudian pengkajian peran variabel berubah dan respon terhadap produk beras analog.

Tabel 8. *Goals dan Importance Tahapan Optimasi Formula*

| Varibel/ Respon    | Goal            | Importance |
|--------------------|-----------------|------------|
| Tepung Sorgum      | <i>In Range</i> | 5 (+++++)  |
| Pati Sagu          | <i>In Range</i> | 5 (+++++)  |
| Tepung Kedelai     | <i>In Range</i> | 5 (+++++)  |
| Tepung Mocaf       | <i>In Range</i> | 5 (+++++)  |
| Kadar Air          | <i>Minimize</i> | 5 (+++++)  |
| Kadar Gula Reduksi | <i>Minimize</i> | 5 (+++++)  |
| Kadar Protein      | <i>Maximize</i> | 5 (+++++)  |
| Warna              | <i>Maximize</i> | 5 (+++++)  |
| Aroma              | <i>Maximize</i> | 5 (+++++)  |
| Rasa               | <i>Maximize</i> | 5 (+++++)  |
| Tekstur            | <i>Maximize</i> | 5 (+++++)  |

## 5. Tahap Verifikasi

Setelah kondisi optimum diperoleh, langkah selanjutnya adalah tahap verifikasi, yang meliputi pengolahan dan analisis beras analog yang terbuat dari tepung sorgum (*Sorgum bicolor L. Moench*), pati sagu (*Metroxylon sagu*), tepung kedelai (*Glycine max*), dan tepung mocaf (*Modified Cassava Flour*) dengan penambahan tapioka dan air sesuai dengan formulasi terbaik yang dihasilkan dari optimasi *mixture d-optimal*. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai variable respon yang diprediksi oleh *mixture d-optimal* yang telah dilengkapi dengan prediksi nilai seperti respon sehingga dapat dilihat kesesuaiannya pada tahapan verifikasi (Nurmiah, et al., 2013) Verifikasi formulasi optimal dilaksanakan dengan membandingkan hasil

analisis respon formulasi optimal apakah berkisar antara nilai *Confidence Interval* (CI) yang dapat mengatasi kesalahan acak dari banyaknya data dan *Prediction Interval* (PI) merupakan rentang ekspektasi hasil analisis respon berikutnya dengan kondisi yang sama. Pengujian organoleptik dan analisis kimia formulasi optimal sebagai langkah verifikasi untuk melihat apakah hasil data sesuai dengan hasil sebenarnya.

### 3.2.2 Tahapan Formulasi *Design Expert*

Berikut adalah tahapan awal penggunaan menggunakan *Design Expert* metode *mixture d-optimal* :

1. Bahan baku yang digunakan adalah variabel bebas pada *mixture component* yakni, tepung sorgum, tepung sagu, tepung kedelai dan tepung mocaf dengan jumlah total keseluruhan bahan merupakan dari variabel tetap.
2. Selanjutnya menginput data penggunaan bahan baku (variabel bebas) yakni, tepung sorgum, pati sagu, tepung kedelai dan tepung mocaf dengan memasukan batas minimal dan batas maksimal pada kolom *Low* dan *High*.

**Optimal (Custom) Design**

A flexible design structure to accommodate custom models, categoric factors, and irregular (constrained) regions. Runs are determined by a selection criterion chosen during the build.

Mixture components: 4 (2 to 24) Total: 60 ☒ Horizontal ☐ Vertical  
Units: %

|             | Name           | Low | High |
|-------------|----------------|-----|------|
| A [Mixture] | Tepung Sorgum  | 20  | 25   |
| B [Mixture] | Pati Sagu      | 15  | 20   |
| C [Mixture] | Tepung Kedelai | 10  | 12   |
| D [Mixture] | Tepung Mocaf   | 8   | 10   |

Edit constraints...

Gambar 9. Penentuan Variabel Berubah serta Batas Atas dan Batas Bawah tiap variabel.

**Optimal (Custom) Design**

Search: Both Exchanges Optimality: I

Edit model... Quadratic  
Scheffe

Blocks: 1 (1 to 1000)

Runs

Required model points: 10  
Additional model points: 0  
Lack-of-fit points: 5  
Replicate points: 2  
Additional center points: 0  
Total runs: 17

Both Exchanges will try both Point Exchange and Coordinate Exchange searches of the design space. This could result in some unusual combinations of factors. If you require certain candidates or combinations of factors, switch to Point Exchange.

I-optimal designs (also called IV or Integrated Variance) provide lower average prediction variance across your region of experimentation. I-optimality is desirable for response surface methods (RSM) where prediction is important. The algorithm picks points that minimize the integral of the prediction variance across the design space.

Edit candidate points... Options...

Gambar 10. Penentuan Model yang Akan Digunakan

3. Menginput jumlah respon yang akan dianalisis dalam satuan unit yang diperlukan.

**Optimal (Custom) Design**

Responses: 7 (1 to 999) ☒ Horizontal  
☐ Vertical

| Name               | Units   |
|--------------------|---------|
| Kadar Air          | %       |
| Kadar Gula Reduksi | %       |
| Kadar Protein      | %       |
| Warna              | Numerik |
| Aroma              | Numerik |
| Rasa               | Numerik |
| Tekstur            | Numerik |

Gambar 11. Prosedur Penentuan Respon

4. Berdasarkan data yang diperoleh dari langkah-langkah sebelumnya, terdapat 17 formulasi yang melibatkan 4 variabel independen, yaitu tepung sorgum, sagu, kedelai dan mocaf. Selain itu, terdapat 7 respon yang akan dianalisis, respon kimia (kadar air, kadar gula reduksi, dan kadar protein), serta respon organoleptik (warna, aroma, rasa dan tekstur).

| Run | Component 1<br>A:Tepung Sor...<br>% | Component 2<br>B:Rati Sagu<br>% | Component 3<br>C:Tepung Ked...<br>% | Component 4<br>D:Tepung Moc...<br>% | Response 1<br>Kadar Air<br>% | Response 2<br>Kadar Gula Re...<br>% | Response 3<br>Kadar Protein<br>% | Response 4<br>Warna<br>Numerik | Response 5<br>Aroma<br>Numerik | Response 6<br>Rasa<br>Numerik | Response 7<br>Tekstur<br>Numerik |
|-----|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1   | 23.75                               | 16.25                           | 10.50                               | 9.50                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 2   | 21.67                               | 18.33                           | 12.00                               | 8.00                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 3   | 21.00                               | 17.00                           | 12.00                               | 10.00                               |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 4   | 21.00                               | 20.00                           | 11.00                               | 8.00                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 5   | 25.00                               | 15.00                           | 10.00                               | 10.00                               |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 6   | 23.00                               | 19.00                           | 10.00                               | 8.00                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 7   | 23.33                               | 16.67                           | 12.00                               | 8.00                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 8   | 23.00                               | 15.00                           | 12.00                               | 10.00                               |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 9   | 25.00                               | 17.00                           | 10.00                               | 8.00                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 10  | 22.50                               | 17.50                           | 11.00                               | 9.00                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 11  | 20.67                               | 20.00                           | 10.00                               | 9.33                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 12  | 22.50                               | 17.50                           | 11.00                               | 9.00                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 13  | 20.00                               | 19.00                           | 11.00                               | 10.00                               |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 14  | 25.00                               | 15.00                           | 11.33                               | 8.67                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 15  | 21.67                               | 18.33                           | 10.00                               | 10.00                               |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 16  | 22.50                               | 17.50                           | 11.00                               | 9.00                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |
| 17  | 20.00                               | 19.00                           | 12.00                               | 9.00                                |                              |                                     |                                  |                                |                                |                               |                                  |

Gambar 12. Rancangan Formulasi dan Respon Beras Analog

### 3.2.3 Rancangan Analisis

Menurut Ali (2017), menyatakan bahwa analisis yang beragam dan penyusunan pada model matematis dilanjutkan dengan tahap optimasi respon Respon yang dituju berdasarkan kriteria yang diinginkan. Setiap respon diberi bobot *importance* yang dipilih mulai dari 1 (+) hingga 5 (+++++) sesuai dengan Kriteria yang diinginkan. Semakin banyak tanda positif yang ditentukan, maka semakin tinggi tingkat kepentingan variabel respon terhadap produk. Formulasi yang paling optimal yaitu formula dengan nilai *desirability* maksanum. Nilai *desirability* merupakan nilai fungsi tujuan optimasi yang menunjukkan kemampuan program untuk memenuhi keinginan berdasarkan kriteria yang ditetapkan pada produk akhir. Kisaran nilainya dari 0-1,0. Nilai *desirability* yang semakin mendekati nihi 1,0 menunjukkan kemampuan program untuk menghasilkan produk yang dikehendaki semakin sempurna. Tujuan optimasi bukan untuk memperoleh nilai *desirability* 1,0, namun untuk mencari kondisi terbaik yang mempertemukan semua fungsi tujuan (Raissi, S., & Farzani, 2009)

Kesamaan pada hasil aktual dengan yang diprediksikan progam *Design Expert* dapat diamati lewat grafik *plot* kenormalan *Internally Studentized Residual*. Garis ini merupakan besarnya standar deviasi yang memisahkan nilai respon aktual dengan yang diprediksikan. *Plot* kenormalan mengindikasikan apakah residual (perbedaan antara nilai respon aktual dengan yang diprediksikan) mengikuti garis Senormalan (garis lurus). Semakin mendekati suatu titik data dengan garis kenormalan, maka akan semakin baik, karena titik data tersebut

menyebar normal. yang berarti hasil aktual akan mendekati hasil yang diprediksikan program *Design Expert* (Wahyudi, 2012).

### 3.2.4 Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan meliputi respon fisik, respon kimia, dan respon organoleptik.

#### 1. Respon Kimia

Respon kimia yang dilakukan pada penelitian ini yaitu Analisis kadar air dengan metode *gravimetri*, kadar gula reduksi dengan metode *luff-schoorl* dan analisis kadar protein dengan metode *kjedahl*.

#### 2. Respon Organoleptik

Uji organoleptic yang dilakukan pada pembuatan beras analog adalah uji hedonik. Uji hedonik adalah penilaian seseorang akan sifat atau kualitas bahan yang menyebabkan orang menyenangkannya (Soekarto, 1985) Respon yang diuji meliputi warna, aroma, rasa dan tekstur beras analog. Uji organoleptik dilakukan oleh 30 orang panelis. (Kartika, et al.,1988)

Berikut ini merupakan contoh kriteria penilaian dalam bentuk skala dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 9. Kriteria Uji Skala Hedonik

| Skala Hedonik     | Skala Numerik |
|-------------------|---------------|
| Sangat Suka       | 6             |
| Suka              | 5             |
| Agak Suka         | 4             |
| Agak Tidak Suka   | 3             |
| Tidak Suka        | 2             |
| Sangat Tidak Suka | 1             |

(Sumber : Soekarto, 1985)

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1. Tahapan Pembuatan Beras Analog

##### 1. Persiapan Bahan

Persiapan bahan yang dilakukan dalam pembuatan beras analog adalah dengan menimbang bahan baku dan bahan penunjang dengan formulasi yang telah di tentukan.

## 2. Pencampuran

Selanjutnya, bahan baku yang telah ditimbang sebelumnya, yaitu tepung sorgum, pati sagu, tepung kedelai, dan tepung mocaf dicampurkan sesuai dengan perbandingan formulasi yang telah ditentukan. Kemudian, ditambahkan bahan penunjang berupa pati tapioka dan air hangat dengan konsentrasi sesuai formulasi yang telah ditetapkan. Setelah itu, dilakukan pengadonan hingga adonan siap untuk dicetak.

## 3. Percetakan

Setelah dilakukan pengadonan, dilakukan proses pencetakan, pencetakan dilakukan dengan menggunakan alat ekstruder. Alat ekstruder dalam pembuatan beras analog bertugas mencampur, memasak, membentuk, dan memotong adonan menjadi butiran yang menyerupai beras dalam satu proses cepat dan efisien.

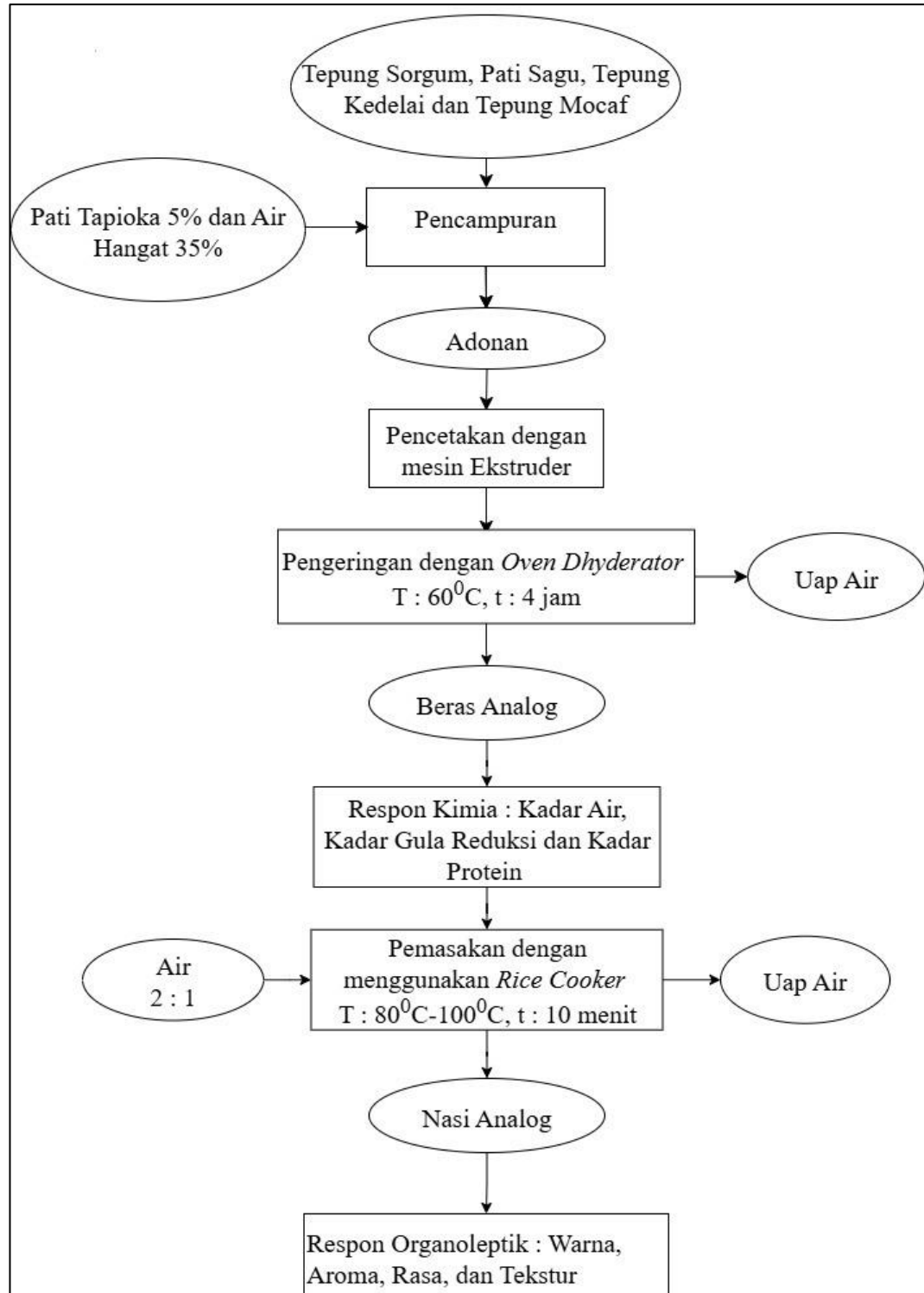
## 4. Pengeringan

Proses terakhir dalam pembuatan beras analog adalah pengeringan. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air pada beras analog. Proses ini dilakukan menggunakan *Oven Dhydrator* dengan suhu 60°C selama 4 jam hingga beras benar-benar kering.

## 5. Pemasakan

Selanjutnya dilakukan proses pemasakan dengan menambahkan air 2 : 1 pada beras yang telah dilakukan pengeringan. Proses pemasakan dengan menggunakan *rice cooker* pada suhu 80°C - 100°C selama 15 menit hingga menjadi nasi.

Diagram alir pembuatan beras analog dapat dilihat sebagai berikut :

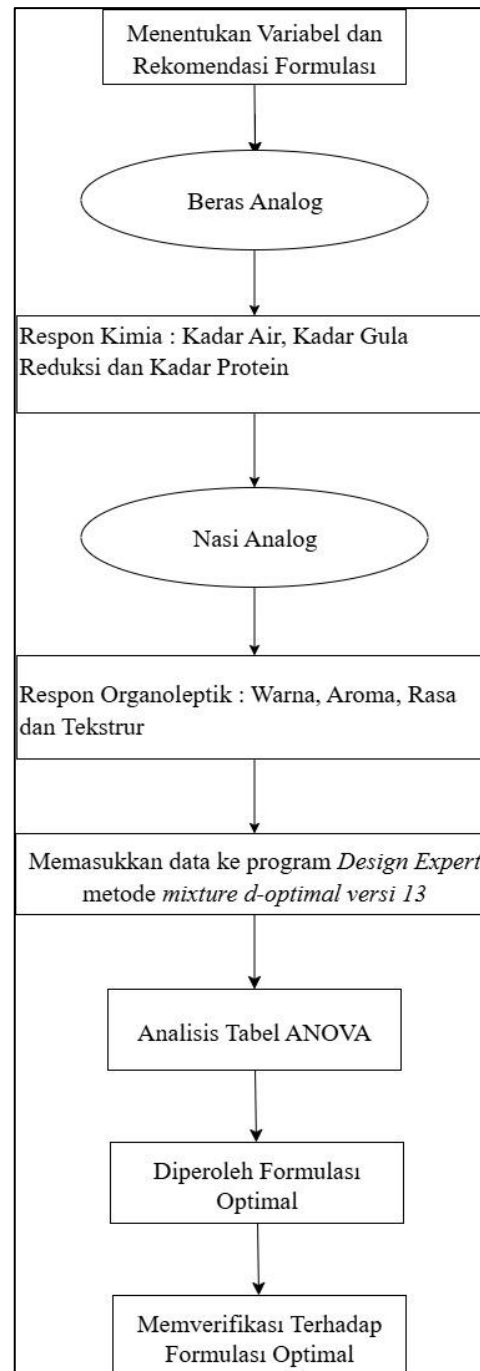


Gambar 13. Diagram Alir Pembuatan Beras Analog

### 3.3.2. Aplikasi *Design Expert* metode *mixture d-optimal*

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mencari optimalisasi formula pada pembuatan beras analog menggunakan *Design Expert* versi 13 metode *mixture d-optimal* dengan respon fisik, respon kimia dan respon organoleptik.

Berikut diagram alir aplikasi *Design Expert* metode *mixture d-optimal*.



Gambar 14. Diagram Alir Penggunaan *Design Expert*

### 3.4 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tabel 10. Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

| No  | Rencana                               | Bulan         |               |             |              |              |                 |                   |
|-----|---------------------------------------|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|
|     |                                       | Maret<br>2025 | April<br>2025 | Mei<br>2025 | Juni<br>2025 | Juli<br>2025 | Agustus<br>2025 | September<br>2025 |
| 1.  | Diskusi topik dan judul penelitian    |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 2.  | Penyusunan Proposal Usulan Penelitian |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 3.  | Pengajuan Proposal Penelitian         |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 4.  | Seminar Usulan Penelitian             |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 5.  | Pelaksanaan Penelitian                |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 6.  | Pengolahan Data                       |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 7.  | Penyusunan Laporan Tugas Akhir        |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 8.  | Bimbingan Laporan Tugas Akhir         |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 9.  | Pengajuan Laporan Tugas Akhir         |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 10. | Pengajuan Laporan Tugas Akhir         |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 11. | Sidang Tugas Akhir                    |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 12. | Revisi Tugas Akhir                    |               |               |             |              |              |                 |                   |
| 13. | Pembuatan Artikel                     |               |               |             |              |              |                 |                   |

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai :( 4.1) Hasil Penelitian (4.2) Formulasi Optimal (4.3) Verifikasi Formulasi Optimal

### 4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini digunakan rancangan dengan model *mixture d-optimal*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi bahan yang optimal berdasarkan kombinasi dari berbagai bahan baku yaitu tepung sorgum, pati sagu, tepung kedelai dan tepung mocaf, kemudian dilakukan pengujian respon kimia yaitu kadar air, kadar protein dan kadar gula reduksi, serta respon organoleptik berupa warna, aroma, rasa dan tekstur.

#### 4.1.1 Analisis Respon Kimia

#### 4.1.2 Hasil Analisis Kadar Air Pada Produk Beras Analog

Kadar air merupakan suatu metode uji laboratorium kimia yang dapat menentukan ketahanan dan kualitas pangan terhadap kerusakan yang terjadi dan meningkatkan umur simpan bahan atau produk pangan (Daud,2020).

Tabel 11. Hasil Analisis Kadar Air Beras Analog 17 Formulasi

| Formulasi | Tepung Sorgum (%) | Pati Sagu (%) | Tepung Kedelai (%) | Tepung Mocaf (%) | Kadar Air (%) |
|-----------|-------------------|---------------|--------------------|------------------|---------------|
| 1.        | 23,75             | 16,25         | 10,50              | 9,50             | 8,40          |
| 2.        | 21,67             | 18,33         | 12,00              | 8,00             | 9,30          |
| 3.        | 21,00             | 17,00         | 12,00              | 10,00            | 8,05          |
| 4.        | 21,00             | 20,00         | 11,00              | 8,00             | 10,50         |
| 5.        | 25,00             | 15,00         | 10,00              | 10,00            | 7,90          |
| 6.        | 23,00             | 19,00         | 10,00              | 8,00             | 10,80         |
| 7.        | 23,33             | 16,67         | 12,00              | 8,00             | 8,90          |
| 8.        | 23,00             | 15,00         | 12,00              | 10,00            | 7,65          |
| 9.        | 25,00             | 17,00         | 10,00              | 8,00             | 8,40          |
| 10.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 10,20         |
| 11.       | 20,67             | 20,00         | 10,00              | 9,33             | 8,40          |
| 12.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 9,80          |
| 13.       | 20,00             | 19,00         | 11,00              | 10,00            | 7,10          |
| 14.       | 25,00             | 15,00         | 11,33              | 8,67             | 6,70          |
| 15.       | 21,67             | 18,33         | 10,00              | 10,00            | 9,50          |
| 16.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 9,20          |
| 17.       | 20,00             | 19,00         | 12,00              | 9,00             | 9,80          |

Berdasarkan SNI 6128-2025, kandungan air maksimum dalam beras adalah 14%. Hasil analisis kadar air pada 17 formulasi beras analog berbasis tepung sorgum menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki kadar air yang memenuhi standar tersebut, yaitu berkisar antara 6,7% hingga 10,8%. Nilai kadar air terendah terdapat pada formulasi 14 sebesar 6,7%, sementara nilai tertinggi terdapat pada formulasi 6 sebesar 10,8%. Kadar air yang rendah pada formulasi 14 disebabkan oleh tingginya penggunaan tepung mocaf (11,20%) dan tepung sorgum (21%), di mana keduanya merupakan bahan yang memiliki kadar air rendah secara alami. Sebaliknya, kadar air yang lebih tinggi pada formulasi 6 dipengaruhi oleh kombinasi bahan seperti tepung sorgum (22,50%) dan tepung sagu (16%), yang keduanya memiliki kemampuan menyerap dan mempertahankan air lebih tinggi. Pati sagu diketahui memiliki kandungan amilopektin yang tinggi, yang bersifat hidrofilik dan cenderung menyerap lebih banyak air (Aliawati, 2003; Chairunnisak et al., 2021). Menurut Winarno (2004), sifat fisikokimia bahan berpati sangat memengaruhi daya ikat air selama proses pencampuran dan pengeringan. *Mocaf*, yang memiliki struktur pati termodifikasi, justru lebih mudah kehilangan air saat proses pengeringan sehingga menghasilkan kadar air akhir yang lebih rendah (Subagio, 2006). Dengan kadar air yang berada di bawah batas maksimum SNI, beras analog ini berpotensi memiliki umur simpan yang lebih lama dibandingkan beras konvensional karena kadar air rendah dapat menghambat aktivitas mikroorganisme dan enzim yang menyebabkan kerusakan pangan (Buckman et al., 2018).

Tabel 12. ANOVA Analisa Kadar Air Beras Analog

|  | Source                        | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | p-value |                 |
|--|-------------------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|-----------------|
|  | <b>Model</b>                  | 19.33          | 9  | 2.15        | 5.28    | 0.0196  | significant     |
|  | <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 9.97           | 3  | 3.32        | 8.17    | 0.0109  |                 |
|  | AB                            | 5.48           | 1  | 5.48        | 13.46   | 0.0080  |                 |
|  | AC                            | 0.0632         | 1  | 0.0632      | 0.1553  | 0.7052  |                 |
|  | AD                            | 1.61           | 1  | 1.61        | 3.96    | 0.0870  |                 |
|  | BC                            | 0.0069         | 1  | 0.0069      | 0.0169  | 0.9001  |                 |
|  | BD                            | 0.3506         | 1  | 0.3506      | 0.8614  | 0.3842  |                 |
|  | CD                            | 0.1763         | 1  | 0.1763      | 0.4331  | 0.5315  |                 |
|  | <b>Residual</b>               | 2.85           | 7  | 0.4070      |         |         |                 |
|  | Lack of Fit                   | 2.34           | 5  | 0.4685      | 1.85    | 0.3871  | not significant |
|  | Pure Error                    | 0.5067         | 2  | 0.2533      |         |         |                 |
|  | <b>Cor Total</b>              | 22.18          | 16 |             |         |         |                 |

Untuk model *polynomial* yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* untuk respon kadar air adalah model *Quadratic*. Berdasarkan tabel ANOVA menunjukkan bahwa pada taraf 5% model yang direkomendasikan adalah *significant*, dengan nilai P “Prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0196. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antara tepung sorgum, pati sagu, tepung kedelai dan tepung mocaf, memberikan perbedaan yang nyata atau *significant* terhadap kadar air dalam formula beras analog. Nilai *lack of fit* dari model yang dihasilkan adalah *not significant*. Hal ini menunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0.3871 dengan itu adanya kesesuaian antara model dengan data analisis kadar air.

Nilai rata-rata (*mean*) untuk hasil kadar air menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,8715 dengan *standar deviasi* sebesar 0,6380. Nilai *adjusted*  $R^2$  sebesar 0,7063 dan *predicted*  $R^2$  sebesar -0,0810 maka selisih perbedaannya lebih dari 0,2. hal ini menunjukkan efek blok yang terlalu besar. Nilai *adeq precision* lebih dari 4 yaitu sebesar 8,1983, berarti sudah menunjukkan sinyal yang memadai.

Persamaan model matematika pada analisis kadar air merupakan koefisien dari setiap faktor yang terdapat pada persamaan di bawah ini.

$$Y = 4,32A + 9,35B + 13,67C - 11,42D + 13,76AB - 7,36AC + 39,35AD - 2,48BC + 17,57BD + 14,84CD$$

Keterangan :

A : Tepung Sorgum

B : Pati Sagu

C : Tepung Kedelai

D : Tepung Mocaf

AB : Interaksi Tepung Sorgum dan Pati Sagu

AC : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai

AD : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf

BC : Interaksi Pati Sagu dan Tepung Kedelai

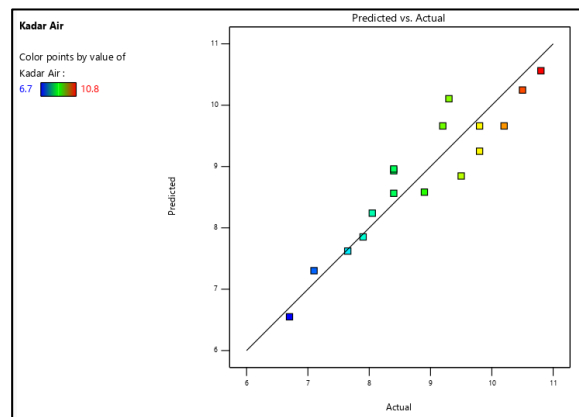
BD : Intraksi Pati Sagu dan Tepung Mocaf

CD : Intraksi Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

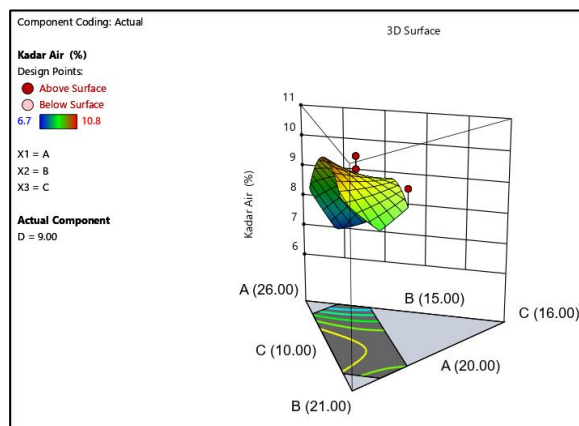
Berdasarkan persamaan model matematika diatas dapat disimpulkan bahwa komponen A (Tepung Sorgum) dan B (Pati Sagu) berpengaruh terhadap peningkatan kadar air produk beras analog dengan indikasi tanda positif (+). Komponen yang memiliki kontribusi besar terhadap peningkatan kadar air adalah ( C ) Tepung kedelai dengan nilai 13,67. Komponen D ( Tepung Mocaf ) dapat menurunkan nilai dengan adanya indikasi nilai negatif (-). Interaksi AB ( Tepung Sorgum dan Pati Sagu), AD ( Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf ), BD ( Pati Sagu dan Tepung Mocaf ) dan CD ( Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf ) bernotasi positif(+) yang akan meningkatkan nilai, sedangkan interaksi AC ( Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai ) dan BC ( Pati Sagu dan Tepung Mocaf ) dapat menurunkan nilai dengan adanya indikasi nilai negatif (-).

Analisis menunjukkan bahwa tepung kedelai memberikan kontribusi paling besar terhadap peningkatan kadar air beras analog, ditandai dengan nilai koefisien estimasi 13,67. Faktor utama yang memengaruhi adalah kandungan protein kedelai yang relatif tinggi (sekitar 35–40%) dengan gugus polar ( $-NH_2$  dan  $-COOH$ ) yang mampu menarik dan mengikat molekul air melalui ikatan hidrogen. Selain itu, keberadaan serat pangan dalam kedelai juga mendukung kemampuan tepung ini dalam mempertahankan air, sehingga jumlah air yang tersisa di dalam adonan lebih tinggi dibandingkan pada bahan yang didominasi pati seperti sorgum, sagu, dan mocaf (Damodaran et al., 2017; Kinsella, 1979).

Yuliani et al. (2019) juga menegaskan bahwa tepung kedelai memiliki water holding capacity (WHC) lebih besar dibandingkan tepung berbasis pati. Kondisi ini menyebabkan formulasi dengan proporsi kedelai tinggi menghasilkan kadar air akhir yang lebih besar, sedangkan bahan seperti sorgum, sagu, dan mocaf hanya mampu menyimpan air dalam jumlah terbatas. Oleh karena itu, tingginya kadar air pada formulasi kedelai dipengaruhi oleh kombinasi kandungan protein dan serat pangan yang bersifat hidrofilik serta mampu menahan air lebih kuat.



Gambar 15. Grafik Kenormalan *Internally Studentized Residuals* Kadar Air



Gambar 16. Grafik *3D Surface* Respon Kadar Air Beras Analog

Berdasarkan grafik *3D surface* terhadap respon kadar air, diperoleh bahwa kombinasi bahan tepung sorgum 26%, pati sagu 15%, dan tepung kedelai 10% menghasilkan kadar air tertinggi sebesar 10,8% yang ditunjukkan oleh area berwarna merah terang. Sementara itu, kadar air terendah sebesar 6,7% diperoleh pada kombinasi tepung sorgum 20%, pati sagu 21%, dan tepung kedelai 16%, yang digambarkan dengan area berwarna biru. Komponen pati sagu dan tepung sorgum memberikan kontribusi paling besar terhadap peningkatan kadar air, yang disebabkan oleh kemampuannya menyerap dan mengikat air dalam proses pembentukan beras analog.

Berdasarkan Finirsa et al. (2023), kadar air beras analog yang diformulasikan dari kombinasi mocaf, pati sagu, dan tepung kedelai berada pada kisaran 3,07% hingga 6,19%, dan nilai tersebut meningkat seiring dengan penambahan proporsi sagu dan karagenan. Hal ini menunjukkan bahwa

penggunaan bahan berpati tinggi seperti sagu berpengaruh terhadap peningkatan kadar air dalam produk akhir. Selain itu, penelitian oleh Ningtyastuti et al. (2022) juga memperkuat temuan tersebut, di mana formulasi dengan 45% sagu, 30% mocaf, dan 20% kedelai menghasilkan kadar air sebesar 4,63%, masih berada dalam batas aman berdasarkan SNI. Sementara itu, menurut Amanda et al. (2021), kadar air pada formulasi beras analog dengan proporsi pati sagu yang lebih tinggi dapat mencapai hingga 9,45%.

Daya serap air merupakan parameter penting yang menentukan kemampuan butir beras analog menyerap air selama proses pemasakan. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa formulasi berbasis kedelai memiliki daya serap air tertinggi (139,77%), sedangkan kontrol beras putih paling rendah (90,17%). Tingginya daya serap pada kedelai diduga karena kandungan protein yang bersifat hidrofilik sehingga mampu mengikat air lebih banyak (Wang & Kinsella, 1976). Sebaliknya, sagu memiliki daya serap lebih rendah (95,63%) karena granula patinya lebih rapat sehingga air lebih sulit berdifusi (Singh et al., 2003). Nilai daya serap air yang lebih tinggi umumnya menghasilkan tekstur nasi analog yang lebih lunak, sejalan dengan penelitian Aini et al. (2019) yang menyatakan bahwa peningkatan kapasitas penyerapan air beras analog berhubungan dengan ketersediaan pati terhidrasi saat gelatinisasi. Dengan demikian, formulasi bahan berpati seperti sagu dan mocaf perlu disesuaikan secara tepat agar kadar air tetap sesuai standar mutu maksimum <14% sesuai SNI 6128:2020 dan menghasilkan produk beras analog yang stabil secara fisik maupun dalam penyimpanan.

#### **4.1.3 Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi Pada Produk Beras Analog**

Menurut literatur ICRISAT (House et al., 2000), kadar gula reduksi pada tepung sorgum hanya sekitar 0,05–0,53%, sedangkan gula bebas total berada pada kisaran 4,8–5% (Chikwendu et al., 2014). Di sisi lain, proses hidrolisis pati sagu dalam penelitian enzimatik menunjukkan kadar gula reduksi mencapai 6,6% (w/v) (Simatupang et al., 2016). Hal ini menunjukkan bahwa sagu memiliki potensi menghasilkan gula pereduksi tinggi apabila diproses, meskipun nilai pada bentuk beras analog belum dilaporkan secara jelas.

Beberapa penelitian mengamati tingkat gula pereduksi pada biji sorgum uji enzim, misalnya aktivitas  $\alpha$ -amilase dan  $\beta$ -amilase yang menghasilkan gula pereduksi sekitar 16,72 mg/g pada kontrol (Warle et al., 2015).

Tabel 13. Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi Beras Analog 17 Formulasi

| Formulasi | Tepung<br>Sorgum | Pati Sagu | Tepung<br>Kedelai | Tepung<br>Mocaf | Kadar<br>Gula<br>Reduksi |
|-----------|------------------|-----------|-------------------|-----------------|--------------------------|
|           | (%)              | (%)       | (%)               | (%)             | (%)                      |
| 1.        | 23,75            | 16,25     | 10,50             | 9,50            | 1.25                     |
| 2.        | 21,67            | 18,33     | 12,00             | 8,00            | 2.24                     |
| 3.        | 21,00            | 17,00     | 12,00             | 10,00           | 1.65                     |
| 4.        | 21,00            | 20,00     | 11,00             | 8,00            | 2.36                     |
| 5.        | 25,00            | 15,00     | 10,00             | 10,00           | 2.26                     |
| 6.        | 23,00            | 19,00     | 10,00             | 8,00            | 2.24                     |
| 7.        | 23,33            | 16,67     | 12,00             | 8,00            | 1.15                     |
| 8.        | 23,00            | 15,00     | 12,00             | 10,00           | 4.12                     |
| 9.        | 25,00            | 17,00     | 10,00             | 8,00            | 4.25                     |
| 10.       | 22,50            | 17,50     | 11,00             | 9,00            | 3.51                     |
| 11.       | 20,67            | 20,00     | 10,00             | 9,33            | 3.78                     |
| 12.       | 22,50            | 17,50     | 11,00             | 9,00            | 4.52                     |
| 13.       | 20,00            | 19,00     | 11,00             | 10,00           | 5.17                     |
| 14.       | 25,00            | 15,00     | 11,33             | 8,67            | 3.29                     |
| 15.       | 21,67            | 18,33     | 10,00             | 10,00           | 4.56                     |
| 16.       | 22,50            | 17,50     | 11,00             | 9,00            | 4.47                     |
| 17.       | 20,00            | 19,00     | 12,00             | 9,00            | 4.67                     |

Berdasarkan House et al., 2000, kadar gula reduksi alami pada tepung sorgum hanya sekitar 0,05–0,53% sedangkan menurut Chikwendu et al., 2014, gula bebas totalnya 4,8–5%. Pada bahan berpati lain seperti sagu, proses hidrolisis enzimatis dilaporkan dapat menghasilkan gula reduksi hingga 6,6% (Simatupang et al., 2016), menunjukkan bahwa proses pengolahan dapat meningkatkan kadar gula sederhana. Aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase dan  $\beta$ -amilase pada sorgum juga dapat menghasilkan gula pereduksi 16,72 mg/g (Warle et al., 2015). Hasil penelitian ini menunjukkan kadar gula reduksi pada beras analog berbasis sorgum berkisar 1,25–5,17%, masih lebih rendah dibanding hasil hidrolisis pati murni (sagu), namun sejalan dengan kisaran gula total sorgum dan kedelai sebagai bahan penyusunnya. Nilai ini dapat dikatakan memenuhi syarat mutu secara ilmiah karena tidak

melebihi ambang yang dilaporkan oleh penelitian terdahulu, serta masih dalam batas aman untuk konsumsi.

Kadar gula reduksi yang tinggi diduga disebabkan oleh proses hidrolisis pati menjadi gula sederhana, terutama pada formulasi yang mengandung tepung sorgum dan tepung mocaf dalam jumlah besar. Tepung sorgum mengandung pati yang tinggi dan dapat mengalami hidrolisis selama proses pemanasan, menghasilkan gula reduksi dalam jumlah lebih tinggi (Suarni, 2001; Ramadhani, 2019). Selain itu, tepung mocaf juga diketahui memiliki kandungan pati yang cukup tinggi dan aktivitas enzimatis yang mendukung peningkatan gula reduksi (Subagio, 2006). Pada formulasi 17, penggunaan tepung mocaf sebesar 9,90% dan tepung sorgum sebesar 21,20% berkontribusi terhadap tingginya kadar gula reduksi. Sebaliknya, kadar gula reduksi yang rendah pada formulasi 1 dapat dikaitkan dengan tingginya penggunaan tepung sagu dan tepung kedelai, yang secara alami memiliki kadar gula reduksi lebih rendah.

Menurut Rimbawan & Siagian (2004), konsumsi produk dengan kadar gula tinggi secara berlebihan dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan seperti diabetes mellitus dan obesitas, maka formulasi yang mengandung proporsi tinggi pati sagu berpotensi melampaui standar tersebut. Hal ini penting menjadi pertimbangan dalam optimalisasi formulasi agar kadar gula tetap berada pada kisaran yang aman bagi kesehatan.

Kadar gula reduksi yang lebih rendah dari bahan berpati tinggi gula sederhana umumnya menguntungkan dari segi kesehatan. Gula reduksi merupakan gula sederhana yang cepat diserap tubuh, sehingga jika kadarnya rendah, pelepasan glukosa ke darah akan lebih lambat dan dapat menurunkan respon glikemik (Jenkins et al., 2002). Hal ini bermanfaat bagi penderita diabetes atau individu yang ingin mengontrol kadar gula darah, serta dapat mengurangi risiko penyakit metabolik seperti obesitas dan resistensi insulin (Augustin et al., 2015). Selain itu, kadar gula sederhana yang rendah membuat pati tetap dominan dalam bentuk utuh, sehingga dicerna lebih lambat dan memberikan rasa kenyang lebih lama (Slavin, 2013).

Tabel 14. ANOVA Analisa Kadar Gula Reduksi Beras Analog

|  | Source                        | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | p-value |                 |
|--|-------------------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|-----------------|
|  | <b>Model</b>                  | 26.75          | 13 | 2.06        | 9.46    | 0.0447  | significant     |
|  | <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 4.80           | 3  | 1.60        | 7.35    | 0.0678  |                 |
|  | AB                            | 6.85           | 1  | 6.85        | 31.50   | 0.0112  |                 |
|  | AC                            | 6.90           | 1  | 6.90        | 31.73   | 0.0111  |                 |
|  | AD                            | 6.89           | 1  | 6.89        | 31.68   | 0.0111  |                 |
|  | BC                            | 6.85           | 1  | 6.85        | 31.51   | 0.0112  |                 |
|  | BD                            | 6.84           | 1  | 6.84        | 31.45   | 0.0112  |                 |
|  | CD                            | 6.91           | 1  | 6.91        | 31.77   | 0.0110  |                 |
|  | ABC                           | 6.85           | 1  | 6.85        | 31.50   | 0.0112  |                 |
|  | ABD                           | 6.80           | 1  | 6.80        | 31.27   | 0.0113  |                 |
|  | ACD                           | 6.96           | 1  | 6.96        | 32.00   | 0.0109  |                 |
|  | BCD                           | 6.89           | 1  | 6.89        | 31.70   | 0.0111  |                 |
|  | <b>Residual</b>               | 0.6524         | 3  | 0.2175      |         |         |                 |
|  | Lack of Fit                   | 0.0043         | 1  | 0.0043      | 0.0133  | 0.9186  | not significant |
|  | Pure Error                    | 0.6481         | 2  | 0.3240      |         |         |                 |
|  | <b>Cor Total</b>              | 27.41          | 16 |             |         |         |                 |

Untuk model *polynomial* yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* untuk respon kadar gula reduksi adalah model *special cubic*. Berdasarkan tabel ANOVA menunjukkan bahwa pada taraf 5% model yang direkomendasikan adalah *significant*, dengan nilai P “Prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0447. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antara tepung sorgum, pati sagu, tepung kedelai, tepung mocaf, dan pati tapioka memberikan perbedaan yang nyata atau *significant* terhadap kadar air dalam formula beras analog. Nilai *lack of fit* dari model yang dihasilkan adalah *not significant*. Hal ini menunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0.9186 dengan itu adanya kesesuaian antara model dengan data analisis kadar gula reduksi.

Nilai rata-rata (*mean*) untuk hasil kadar gula reduksi menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9762 dengan *standar deviasi* sebesar 0,4663. Nilai *adjusted*  $R^2$  sebesar 0,8730 dan *predicted*  $R^2$  tidak tersedia, model tetap dinilai baik berdasarkan indikator lainnya, maka selisih perbedaannya lebih dari 0,2. hal ini menunjukkan efek blok yang terlalu besar. Nilai *adeq precision* lebih dari 4 yaitu sebesar 9,5755, berarti sudah menunjukkan sinyal yang memadai.

Persamaan model matematika pada analisis kadar air merupakan koefisien dari setiap faktor yang terdapat pada persamaan di bawah ini.

$$Y = 538.75A + 997.77B + 7936.34C + 7497,87D - 3261,73AB - 12030,27AC - 12371,56AD - 14619,76BC - 13846,15BD - 47326,87CD + 11627,20ABC + 10933,79ABD + 66807,47ACD + 66231,15BCD$$

Keterangan :

A : Tepung Sorgum

B : Pati Sagu

C : Tepung Kedelai

D : Tepung Mocaf

AB : Interaksi Tepung Sorgum dan Pati Sagu

AC : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai

AD : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf

BC : Interaksi Pati Sagu dan Tepung Kedelai

BD : Intraksi Pati Sagu dan Tepung Mocaf

CD : Intraksi Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

ABC : Interaksi Tepung Sorgum, Pati Sagu dan Tepung Kedelai

ABD : Intraksi Tepung Sorgum, Pati Sagu dan Tepung Mocaf

ACD : Intraksi Tepung Sorgum, Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

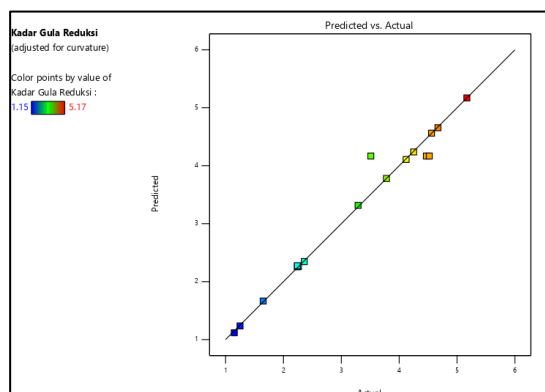
BCD : Intraksi Pati Sagu, Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

Berdasarkan persamaan model matematika di atas dapat disimpulkan bahwa komponen A (Tepung Sorgum), B (Pati Sagu), C (Tepung Kedelai) dan D (Tepung Mocaf) berpengaruh terhadap peningkatan kadar gula reduksi produk beras analog dengan indikasi tanda positif (+), masing-masing dengan nilai koefisien estimasi sebesar 538.75, 997.77, 7936.34, dan 7497,87. Interaksi AB (Tepung Sorgum dan Pati Sagu), AC (Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai), AD (Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf), BC (Pati Sagu dan Tepung Kedelai), BD (Pati Sagu dan Tepung Mocaf), dan CD (Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf) semuanya dengan indikasi tanda negatif (–) yang berarti berkontribusi terhadap penurunan kadar protein. Sementara itu, interaksi tiga komponen seperti ABC (Tepung Sorgum, Pati Sagu, dan Tepung Kedelai), ABD (Tepung Sorgum, Pati Sagu, dan Tepung Mocaf), ACD (Tepung Sorgum, Tepung Kedelai, dan Tepung Mocaf), dan BCD (Pati Sagu, Tepung Kedelai, dan Tepung Mocaf), semuanya menunjukkan tanda positif (+)

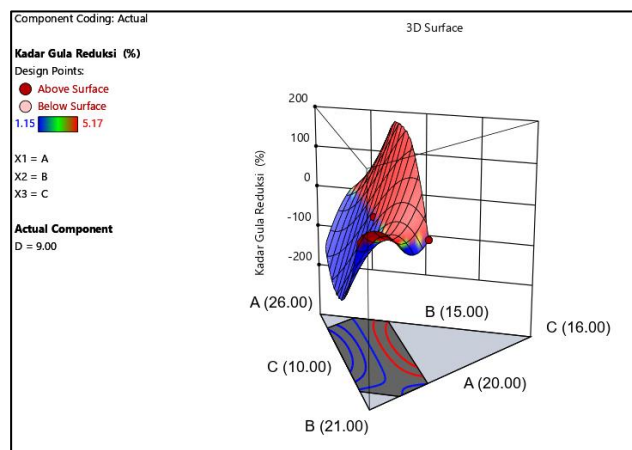
yang berarti memiliki kontribusi besar terhadap peningkatan kadar gula reduksi dalam produk beras analog.

Analisis menunjukkan bahwa tepung kedelai memberikan pengaruh terbesar terhadap peningkatan kadar gula reduksi beras analog dengan nilai koefisien estimasi tertinggi, yaitu 7936.34. Hal ini disebabkan oleh kandungan karbohidrat non-pati pada kedelai, seperti oligosakarida (raffinosa, stakiosa) dan sejumlah gula sederhana (glukosa, sukrosa), yang lebih mudah terhidrolisis menjadi gula reduksi dibandingkan pati murni pada bahan lain seperti sagu dan mocaf. Selain itu, kedelai masih memiliki aktivitas enzim alami, seperti amilase, yang dapat memecah pati menjadi gula sederhana (Liu, 2012).

Tepung kedelai juga mengandung protein tinggi ( $\pm 35\text{--}40\%$ ) yang menyediakan gugus amino bebas. Protein ini tidak hanya meningkatkan interaksi dengan gula reduksi melalui reaksi Maillard saat pemanasan, tetapi juga mendukung ketersediaan gula reduksi dalam sistem (Damodaran et al., 2017; Friedman, 1996). Sementara itu, bahan seperti sorgum, sagu, dan mocaf yang dominan pati membutuhkan proses hidrolisis lebih panjang sebelum menghasilkan gula sederhana, sehingga kontribusinya terhadap kadar gula reduksi relatif lebih rendah.



Gambar 17. Grafik Kenormalan *Internally Studentized Residuals* Kadar Gula Reduksi



Gambar 18. Grafik *3D Surface* Respon Kadar Gula Reduksi Beras Analog

Berdasarkan grafik *3D surface* terhadap respon kadar gula reduksi, diperoleh bahwa kombinasi bahan tepung sorgum 26%, pati sagu 15%, dan tepung kedelai 10% menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi sebesar 5,17% yang ditunjukkan oleh area berwarna merah terang pada permukaan grafik. Nilai ini menunjukkan kombinasi formula yang memiliki aktivitas hidrolisis pati atau pelepasan gula reduksi yang cukup signifikan, diduga karena kandungan karbohidrat sederhana dari pati sagu yang mudah terhidrolisis serta peran sorgum sebagai sumber amilosa. Sementara itu, kadar gula reduksi terendah sebesar 1,15% diperoleh pada kombinasi tepung sorgum 20%, pati sagu 21%, dan tepung kedelai 16%, yang digambarkan dengan area berwarna biru gelap. Penurunan nilai gula reduksi pada kombinasi tersebut kemungkinan disebabkan oleh tingginya proporsi tepung kedelai, yang memiliki kandungan pati lebih rendah dibandingkan sorgum dan sagu, serta dapat menghambat proses pelepasan gula reduksi karena kandungan proteinnya yang tinggi.

#### 4.1.4 Hasil Analisis Kadar Protein Pada Produk Beras Analog

Protein merupakan makromolekul polipeptida yang terdiri dari beberapa L-asam amino dan diikat oleh suatu ikatan peptida, Molekul protein terdiri dari serangkaian asam amino yang disusun dalam urutan turunan tertentu. Unsur-unsur yang menyusun asam amino adalah karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. Unsur nitrogen merupakan unsur utama protein yang terdiri sebanyak 16% dari berat

protein. Selain itu, terdapat fosfor, belerang, dan unsur logam seperti besi dan tembaga pada molekul protein. Protein berfungsi pada mekanisme tubuh dengan menjaga tubuh dari zat toksik dan mikroba. Protein dapat mengatur proses-proses metabolisme tubuh dalam bentuk hormone dan enzim. Kadar protein ditentukan dengan metode *kjeldahl* dimana protein ditentukan berdasarkan kandungan nitrogen, namun nitrogen komponen lain dapat terukur sebagai nitrogen protein (Winarno, 2002).

Tabel 15. Hasil Analisis Kadar Protein Beras Analog 17 Formulasi

| Formulasi | Tepung<br>Sorgum | Pati Sagu | Tepung<br>Kedelai | Tepung<br>Mocaf | Kadar<br>Protein |
|-----------|------------------|-----------|-------------------|-----------------|------------------|
|           | (%)              | (%)       | (%)               | (%)             | (%)              |
| 1.        | 23,75            | 16,25     | 10,50             | 9,50            | 7,18             |
| 2.        | 21,67            | 18,33     | 12,00             | 8,00            | 7,62             |
| 3.        | 21,00            | 17,00     | 12,00             | 10,00           | 7,20             |
| 4.        | 21,00            | 20,00     | 11,00             | 8,00            | 7,62             |
| 5.        | 25,00            | 15,00     | 10,00             | 10,00           | 7,16             |
| 6.        | 23,00            | 19,00     | 10,00             | 8,00            | 6,74             |
| 7.        | 23,33            | 16,67     | 12,00             | 8,00            | 8,86             |
| 8.        | 23,00            | 15,00     | 12,00             | 10,00           | 8,45             |
| 9.        | 25,00            | 17,00     | 10,00             | 8,00            | 7,19             |
| 10.       | 22,50            | 17,50     | 11,00             | 9,00            | 10,56            |
| 11.       | 20,67            | 20,00     | 10,00             | 9,33            | 6,75             |
| 12.       | 22,50            | 17,50     | 11,00             | 9,00            | 10,59            |
| 13.       | 20,00            | 19,00     | 11,00             | 10,00           | 11,43            |
| 14.       | 25,00            | 15,00     | 11,33             | 8,67            | 12,70            |
| 15.       | 21,67            | 18,33     | 10,00             | 10,00           | 10,57            |
| 16.       | 22,50            | 17,50     | 11,00             | 9,00            | 11,80            |
| 17.       | 20,00            | 19,00     | 12,00             | 9,00            | 10,15            |

Berdasarkan hasil analisis, kadar protein pada 17 formulasi beras analog berbasis tepung sorgum menunjukkan nilai yang bervariasi, yaitu berkisar antara 6,74% hingga 12,70%. Nilai terendah terdapat pada formulasi 6, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada formulasi 14. SNI 6128:2020 tidak mencantumkan batas minimal kadar protein untuk beras analog, kadar protein alami pada beras padi umumnya berada pada kisaran 6–9% (Jariyah & Alodia, 2023). Kadar protein yang tinggi pada formulasi 14 disebabkan oleh tingginya proporsi tepung kedelai (15,5%), yang mengandung protein sebesar 36,01% (Khairunnisa et al., 2017), serta dukungan dari tepung sorgum (22%) yang juga mengandung protein relatif tinggi,

yaitu sekitar 10,11% (Suarni, 2001; Ramadhani, 2019). Sebaliknya, kadar protein yang rendah pada formulasi 6 disebabkan oleh rendahnya kandungan tepung kedelai (5%) dan dominasi tepung sagu (16%), yang dikenal memiliki kadar protein sangat rendah (Aliawati, 2003; Chairunnisak et al., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa formulasi beras analog dengan penambahan bahan kaya protein, khususnya tepung kedelai dan sorgum, mampu meningkatkan kandungan protein lebih tinggi, hasil penelitian ini dapat dikategorikan sebagai sumber protein yang lebih baik dibanding beras padi konvensional, sehingga berpotensi menjadi alternatif pangan fungsional.

Kadar protein yang tinggi bermanfaat bagi pertumbuhan jaringan, perbaikan sel tubuh, peningkatan massa otot, serta mendukung fungsi enzim dan hormon (Andarwulan et al., 2011). Sebaliknya, kadar protein yang rendah dapat meningkatkan risiko kekurangan gizi, penurunan massa otot, dan gangguan metabolisme apabila dikonsumsi dalam jangka panjang (Almatsier, 2009). Hasil ini menunjukkan bahwa tinggi rendahnya kadar protein sangat bergantung pada bahan baku yang digunakan, terutama bahan yang memiliki kandungan protein tinggi.

Tabel 16. ANOVA Analisa Kadar Protein Beras Analog

| Source                        | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | p-value |                 |
|-------------------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|-----------------|
| <b>Model</b>                  | 62.07          | 13 | 4.77        | 8.85    | 0.0491  | significant     |
| <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 5.32           | 3  | 1.77        | 3.29    | 0.1772  |                 |
| AB                            | 10.46          | 1  | 10.46       | 19.39   | 0.0217  |                 |
| AC                            | 10.41          | 1  | 10.41       | 19.29   | 0.0219  |                 |
| AD                            | 10.58          | 1  | 10.58       | 19.61   | 0.0214  |                 |
| BC                            | 10.43          | 1  | 10.43       | 19.33   | 0.0218  |                 |
| BD                            | 10.55          | 1  | 10.55       | 19.55   | 0.0215  |                 |
| CD                            | 10.59          | 1  | 10.59       | 19.62   | 0.0214  |                 |
| ABC                           | 10.34          | 1  | 10.34       | 19.16   | 0.0221  |                 |
| ABD                           | 10.55          | 1  | 10.55       | 19.55   | 0.0215  |                 |
| ACD                           | 10.61          | 1  | 10.61       | 19.67   | 0.0213  |                 |
| BCD                           | 10.61          | 1  | 10.61       | 19.66   | 0.0213  |                 |
| <b>Residual</b>               | 1.62           | 3  | 0.5396      |         |         |                 |
| Lack of Fit                   | 0.6181         | 1  | 0.6181      | 1.24    | 0.3821  | not significant |
| Pure Error                    | 1.00           | 2  | 0.5004      |         |         |                 |
| <b>Cor Total</b>              | 63.69          | 16 |             |         |         |                 |

Untuk model *polynomial* yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* untuk respon kadar protein adalah model *special cubic*. Berdasarkan tabel ANOVA menunjukkan bahwa pada taraf 5% model yang direkomendasikan adalah *significant*, dengan nilai P “Prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0491. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antara tepung sorgum, pati sagu, tepung kedelai, tepung *mocaf*, dan pati tapioka memberikan perbedaan yang nyata atau *significant*

terhadap kadar air dalam formula beras analog. Nilai *lack of fit* dari model yang dihasilkan adalah *not significant*. Hal ini menunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0.3821 dengan itu adanya kesesuaian antara model dengan data analisis kadar protein.

Nilai rata-rata (*mean*) untuk hasil kadar protein menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9746 dengan *standar deviasi* sebesar 0,7346. Nilai *adjusted*  $R^2$  sebesar 0,8644 dan *predicted*  $R^2$  tidak tersedia, model tetap dinilai baik berdasarkan indikator lainnya, maka selisih perbedaannya lebih dari 0,2 hal ini menunjukkan efek blok yang terlalu besar. Nilai *adeq precision* lebih dari 4 yaitu sebesar 8,7445, berarti sudah menunjukkan sinyal yang memadai.

Persamaan model matematika pada analisis kadar protein merupakan koefisien dari setiap faktor yang terdapat pada persamaan di bawah ini.

$$Y = 666,15A + 1239,24B + 9785,24C + 9311,66D - 4030,55AB - 16003,56AC - 15332,90AD - 18039,56BC - 17197,18BD - 58585,11CD + 14283,63ABC + 13618,64ABD + 82503,24ACD + 82168,92BCD$$

Keterangan :

A : Tepung Sorgum

B : Pati Sagu

C : Tepung Kedelai

D : Tepung Mocaf

AB : Interaksi Tepung Sorgum dan Pati Sagu

AC : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai

AD : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf

BC : Interaksi Pati Sagu dan Tepung Kedelai

BD : Intraksi Pati Sagu dan Tepung Mocaf

CD : Intraksi Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

ABC : Interaksi Tepung Sorgum, Pati Sagu dan Tepung Kedelai

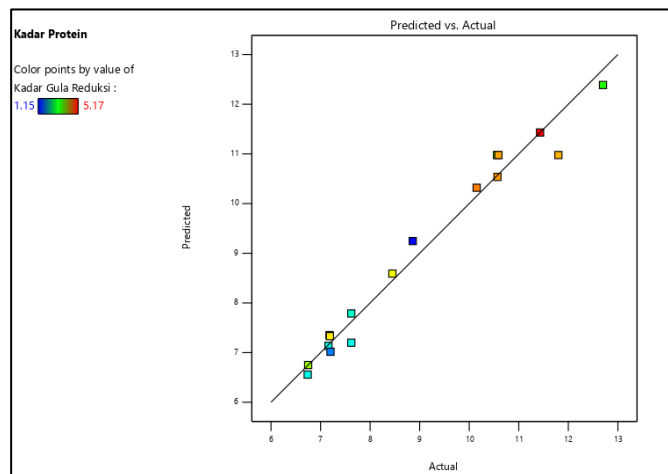
ABD : Intraksi Tepung Sorgum, Pati Sagu dan Tepung Mocaf

ACD : Intraksi Tepung Sorgum, Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

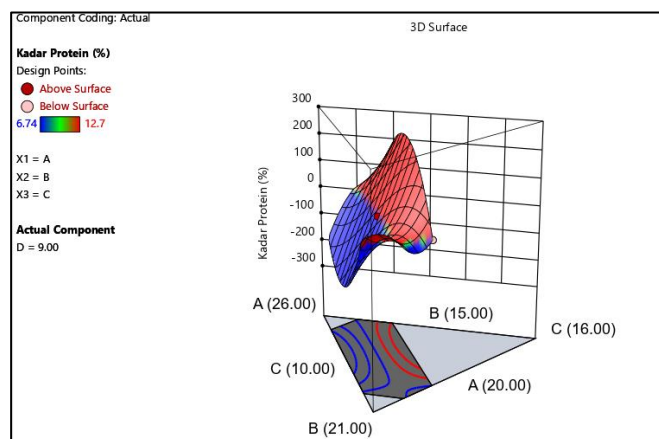
BCD : Intraksi Pati Sagu, Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

Berdasarkan persamaan model matematika di atas dapat disimpulkan bahwa komponen A (Tepung Sorgum), B (Pati Sagu), C (Tepung Kedelai) dan D (Tepung Mocaf) berpengaruh terhadap peningkatan kadar protein produk beras analog dengan indikasi tanda positif (+), masing-masing dengan nilai koefisien estimasi sebesar 666,15, 1239,24, 9785,24 dan 9311,66. Interaksi AB (Tepung Sorgum dan Pati Sagu), AC (Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai), AD (Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf), BC (Pati Sagu dan Tepung Kedelai), BD (Pati Sagu dan Tepung Mocaf), dan CD (Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf) semuanya dengan indikasi tanda negatif (−) yang berarti berkontribusi terhadap penurunan kadar protein. Sementara itu, interaksi tiga komponen seperti ABC (Tepung Sorgum, Pati Sagu, dan Tepung Kedelai), ABD (Tepung Sorgum, Pati Sagu, dan Tepung Mocaf), ACD (Tepung Sorgum, Tepung Kedelai, dan Tepung Mocaf), dan BCD (Pati Sagu, Tepung Kedelai, dan Tepung Mocaf), semuanya menunjukkan tanda positif (+) yang berarti memiliki kontribusi besar terhadap peningkatan kadar protein dalam produk beras analog.

Analisis menunjukkan bahwa tepung kedelai memberikan kontribusi paling besar terhadap peningkatan kadar protein beras analog dengan nilai koefisien estimasi tertinggi, yaitu 9715,24. Hal ini berkaitan dengan kandungan protein kedelai yang sangat tinggi, mencapai 35–40% dari bobot kering, jauh melebihi sorgum (10–12%), mocaf (1–2%), maupun sagu yang hampir seluruhnya terdiri dari pati. Dengan demikian, semakin tinggi proporsi kedelai dalam formulasi, semakin besar pula kadar protein yang dihasilkan (Liu, 2012; Muchtadi, 2010). Selain jumlahnya yang tinggi, protein kedelai juga memiliki kualitas yang baik karena mengandung asam amino esensial, khususnya lisin, yang umumnya rendah pada sereal seperti sorgum. Hal ini menjadikan kedelai tidak hanya berfungsi sebagai sumber protein utama, tetapi juga sebagai penyeimbang kualitas gizi produk beras analog (Kumar et al., 2010). Sementara itu, bahan lain yang dominan karbohidrat hanya memberikan kontribusi kecil terhadap kadar protein.



Gambar 19. Grafik Kenormalan *Internally Studentized Residuals* Kadar Protein



Gambar 20. Grafik *3D Surface* Respon Kadar Protein Beras Analog

Berdasarkan hasil grafik *3D Surface* terhadap respon kadar protein, diperoleh bahwa kombinasi bahan tepung sorgum 26%, pati sagu 15%, dan tepung kedelai 10% menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 12,7%, yang ditunjukkan oleh area berwarna merah terang. Sementara itu, kadar protein terendah sebesar 6,74% diperoleh pada kombinasi tepung sorgum 20%, pati sagu 21%, dan tepung kedelai 16%, yang digambarkan dengan area berwarna biru tua. Komponen tepung kedelai memberikan kontribusi paling besar terhadap peningkatan kadar protein, karena kandungan proteinnya yang tinggi dibandingkan komponen lainnya. Adapun peningkatan kadar protein juga didukung oleh adanya interaksi positif antara komponen tepung sorgum dan tepung kedelai pada komposisi tertentu, yang memperkuat nilai respon protein dalam formulasi beras analog. Berdasarkan

Fitriani dan Fitri, (2021) Bahwa penambahan bahan sumber protein nabati seperti kedelai secara signifikan dapat meningkatkan kadar protein total beras analog. Hal ini mendukung bahwa kombinasi sorgum dengan bahan tinggi protein mampu memenuhi kebutuhan gizi minimal sesuai acuan.

#### 4.1.5 Hasil Respon Organoleptik Atribut Warna

Tabel Hasil Respon Organoleptik Atribut Warna 17 Formulasi Pada Produk Beras Analog

Tabel 17. Hasil Respon Organoleptik Atribut Warna Nasi Analog 17 Formulasi

| Formulasi | Tepung Sorgum (%) | Pati Sagu (%) | Tepung Kedelai (%) | Tepung Mocaf (%) | Warna |
|-----------|-------------------|---------------|--------------------|------------------|-------|
| 1.        | 23,75             | 16,25         | 10,50              | 9,50             | 3,27  |
| 2.        | 21,67             | 18,33         | 12,00              | 8,00             | 3,13  |
| 3.        | 21,00             | 17,00         | 12,00              | 10,00            | 2,63  |
| 4.        | 21,00             | 20,00         | 11,00              | 8,00             | 2,97  |
| 5.        | 25,00             | 15,00         | 10,00              | 10,00            | 3,30  |
| 6.        | 23,00             | 19,00         | 10,00              | 8,00             | 3,20  |
| 7.        | 23,33             | 16,67         | 12,00              | 8,00             | 3,17  |
| 8.        | 23,00             | 15,00         | 12,00              | 10,00            | 2,93  |
| 9.        | 25,00             | 17,00         | 10,00              | 8,00             | 3,07  |
| 10.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 3,30  |
| 11.       | 20,67             | 20,00         | 10,00              | 9,33             | 3,20  |
| 12.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 3,23  |
| 13.       | 20,00             | 19,00         | 11,00              | 10,00            | 3,20  |
| 14.       | 25,00             | 15,00         | 11,33              | 8,67             | 3,30  |
| 15.       | 21,67             | 18,33         | 10,00              | 10,00            | 3,23  |
| 16.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 3,27  |
| 17.       | 20,00             | 19,00         | 12,00              | 9,00             | 3,17  |

Berdasarkan hasil analisis respon organoleptik atribut warna pada beras analog berbasis tepung sorgum maka didapatkan rata-rata atribut warna dengan nilai tertinggi yaitu pada formulasi 5, 10 dan 14 sebesar 3,30 dan atribut warna terendah terdapat pada formulasi 3 yaitu dengan nilai sebesar 2,63. Formulasi dengan nilai warna lebih tinggi umumnya memiliki kombinasi bahan yang mampu menghasilkan warna lebih menarik atau menyerupai beras pada umumnya, misalnya penggunaan pati sagu dan mocaf dalam proporsi seimbang yang dapat memberikan tampilan putih cerah (Rahman et al., 2020).

Sebaliknya, nilai warna yang rendah dapat disebabkan oleh dominasi bahan seperti tepung sorgum atau tepung kedelai yang memiliki pigmen alami lebih gelap atau kekuningan sehingga menurunkan kecerahan warna (Fitriani & Fitri, 2021).

Selain itu, reaksi pencokelatan non-enzimatis seperti reaksi Maillard antara gula pereduksi dan asam amino selama proses pemanasan juga dapat mempengaruhi warna akhir beras analog (Yuwono & Susanto, 2017). Faktor ini menyebabkan beberapa formulasi menghasilkan warna yang cenderung lebih kusam sehingga skor organoleptiknya lebih rendah.

Tabel 18. ANOVA Hasil Respon Organoleptik Atribut Warna Beras Analog

| Source                        | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | p-value |                 |
|-------------------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|-----------------|
| <b>Model</b>                  | 0.4691         | 13 | 0.0361      | 46.86   | 0.0044  | significant     |
| <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 0.1107         | 3  | 0.0369      | 47.91   | 0.0049  |                 |
| AB                            | 0.0003         | 1  | 0.0003      | 0.4383  | 0.5552  |                 |
| AC                            | 0.0004         | 1  | 0.0004      | 0.5410  | 0.5153  |                 |
| AD                            | 0.0004         | 1  | 0.0004      | 0.4841  | 0.5366  |                 |
| BC                            | 0.0004         | 1  | 0.0004      | 0.5497  | 0.5122  |                 |
| BD                            | 0.0004         | 1  | 0.0004      | 0.4917  | 0.5337  |                 |
| CD                            | 0.0005         | 1  | 0.0005      | 0.6197  | 0.4886  |                 |
| ABC                           | 0.0004         | 1  | 0.0004      | 0.4638  | 0.5447  |                 |
| ABD                           | 0.0003         | 1  | 0.0003      | 0.4015  | 0.5713  |                 |
| ACD                           | 0.0005         | 1  | 0.0005      | 0.6377  | 0.4829  |                 |
| BCD                           | 0.0005         | 1  | 0.0005      | 0.6255  | 0.4868  |                 |
| <b>Residual</b>               | 0.0023         | 3  | 0.0008      |         |         |                 |
| Lack of Fit                   | 0.0001         | 1  | 0.0001      | 0.0508  | 0.8426  | not significant |
| Pure Error                    | 0.0023         | 2  | 0.0011      |         |         |                 |
| <b>Cor Total</b>              | 0.4714         | 16 |             |         |         |                 |

Model *polynomial* yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* untuk respon atribut warna adalah model *special cubic*. Berdasarkan tabel ANOVA menunjukkan bahwa pada taraf 5% model yang direkomendasi kan adalah *significant*, dengan nilai P “Prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0044. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi formulasi memberikan perbedaan yang nyata atau *significant* terhadap respon organoleptik atribut warna dalam formula beras analog. Nilai *lack of fit* dari model yang dihasilkan adalah *not significant*. Hal ini menunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0.8426 dengan itu adanya kesesuaian antara model dengan data hasil uji organoleptik atribut warna.

Nilai rata-rata (*mean*) untuk hasil respon uji organoleptik atribut warna menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9951 dengan *standar deviasi* sebesar 0,0277. Nilai *adjusted*  $R^2$  sebesar 0,9739 dan *predicted*  $R^2$  tidak tersedia, model tetap dinilai baik berdasarkan indikator lainnya, maka selisih perbedaannya lebih dari 0,2. hal ini

menunjukkan efek blok yang terlalu besar. Nilai *adeq precision* lebih dari 4 yaitu sebesar 26,5486, berarti sudah menunjukkan sinyal yang memadai.

Persamaan model matematika pada hasil uji organoleptik atribut warna merupakan koefisien dari setiap faktor yang terdapat pada persamaan di bawah ini.

$$Y = 6,68A + 10,40B + 66,43C + 59,86D - 22,89AB - 101,24AC - 91,01AD - 114,89BC - 103,01BD - 393,28CD + 83,95ABC + 73,73ABD + 561,18ACD + 553,58BCD$$

Keterangan :

A : Tepung Sorgum

B : Pati Sagu

C : Tepung Kedelai

D : Tepung Mocaf

AB : Interaksi Tepung Sorgum dan Pati Sagu

AC : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai

AD : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf

BC : Interaksi Pati Sagu dan Tepung Kedelai

BD : Intraksi Pati Sagu dan Tepung Mocaf

CD : Intraksi Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

ABC : Interaksi Tepung Sorgum, Pati Sagu dan Tepung Kedelai

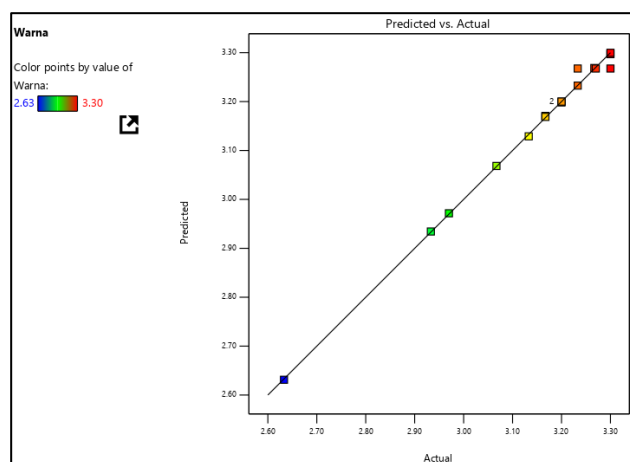
ABD : Intraksi Tepung Sorgum, Pati Sagu dan Tepung Mocaf

ACD : Intraksi Tepung Sorgum, Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

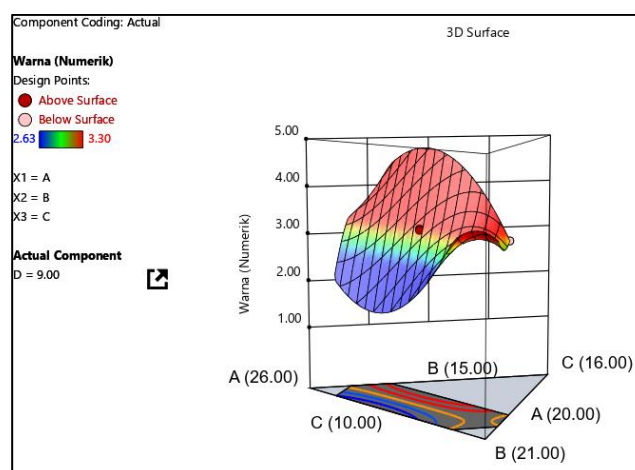
BCD : Intraksi Pati Sagu, Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

Berdasarkan persamaan model matematika di atas dapat disimpulkan bahwa komponen A (Tepung Sorgum), B (Pati Sagu), C (Tepung Kedelai) dan D (Tepung Mocaf) berpengaruh terhadap peningkatan nilai kesukaan warna pada produk beras analog dengan indikasi tanda positif (+), masing-masing dengan nilai koefisien estimasi sebesar 6,68, 10,40, 59,86 dan 66,43. Interaksi AB (Tepung Sorgum dan Pati Sagu), AC (Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai), AD (Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf), BC (Pati Sagu dan Tepung Kedelai), BD (Pati Sagu dan Tepung Mocaf), dan CD (Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf) semuanya dengan indikasi tanda negatif (–) yang berarti berkontribusi terhadap penurunan nilai kesukaan

warna pada produk beras analog. Sementara itu, interaksi tiga komponen seperti ABC (Tepung Sorgum, Pati Sagu, dan Tepung Kedelai), ABD (Tepung Sorgum, Pati Sagu, dan Tepung Mocaf), ACD (Tepung Sorgum, Tepung Kedelai, dan Tepung Mocaf), dan BCD (Pati Sagu, Tepung Kedelai, dan Tepung Mocaf), semuanya menunjukkan tanda positif (+) yang berarti memiliki kontribusi besar terhadap peningkatan kesukaan warna pada produk beras analog. Dengan adanya tepung kedelai yang warna nya beda dengan bahan lainnya sehingga membuat warna beras analog menjadi lebih sedikit oren.



Gambar 21. Grafik Kenormalan *Internally Studentized Residuals* Hasil Uji Organoleptik Atribut Warna



Gambar 22. Grafik *3D Surface* Respon Hasil Uji Organoleptik Atribut Warna

Berdasarkan hasil grafik *3D Surface* terhadap respon organoleptik atribut warna, dilihat dari warna dan bentuk permukaan. Nilai atribut warna paling tinggi

sebesar 3,30 dengan kombinasi formula tepung sorgum 26%, pati sagu 15%, dan tepung kedelai 10%, yang ditunjukkan oleh area berwarna merah terang pada permukaan grafik. Warna merah mencerminkan tingkat kesukaan panelis yang lebih tinggi terhadap warna produk beras analog, yang diasosiasikan dengan tampilan visual yang lebih menarik dan menyerupai warna beras pada umumnya. Sementara itu nilai atribut warna paling rendah sebesar 2,63 diperoleh dari kombinasi formula tepung sorgum 20%, pati sagu 21%, dan tepung kedelai 16%, yang digambarkan dengan area berwarna biru keunguan.

Warna ini menunjukkan bahwa panelis memberikan penilaian yang lebih rendah terhadap atribut warna produk dengan kombinasi tersebut, kemungkinan karena tampilan warna yang kurang cerah atau tidak menarik secara visual. Kontribusi tepung sorgum dan pati sagu terhadap atribut warna cukup signifikan, karena keduanya memiliki pengaruh terhadap intensitas warna akhir produk. Tepung sorgum yang memiliki warna khas kemerahan atau kecokelatan, dapat memberikan kesan lebih gelap pada produk, sedangkan pati sagu cenderung memberikan warna yang lebih pucat. Penambahan tepung kedelai dalam jumlah tinggi juga dapat mempengaruhi tampilan warna menjadi lebih keruh atau kusam.

#### 4.1.6 Hasil Respon Organoleptik Atribut Aroma

Tabel Hasil Respon Organoleptik Atribut Aroma 17 Formulasi Pada Produk Beras Analog

Tabel 19. Hasil Respon Organoleptik Atribut Aroma Nasi Analog 17 Formulasi

| Formulasi | Tepung Sorgum (%) | Pati Sagu (%) | Tepung Kedelai (%) | Tepung Mocaf (%) | Aroma |
|-----------|-------------------|---------------|--------------------|------------------|-------|
| 1.        | 23,75             | 16,25         | 10,50              | 9,50             | 2,97  |
| 2.        | 21,67             | 18,33         | 12,00              | 8,00             | 3,03  |
| 3.        | 21,00             | 17,00         | 12,00              | 10,00            | 2,80  |
| 4.        | 21,00             | 20,00         | 11,00              | 8,00             | 2,70  |
| 5.        | 25,00             | 15,00         | 10,00              | 10,00            | 2,77  |
| 6.        | 23,00             | 19,00         | 10,00              | 8,00             | 2,70  |
| 7.        | 23,33             | 16,67         | 12,00              | 8,00             | 2,73  |
| 8.        | 23,00             | 15,00         | 12,00              | 10,00            | 2,50  |
| 9.        | 25,00             | 17,00         | 10,00              | 8,00             | 2,90  |
| 10.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 2,67  |
| 11.       | 20,67             | 20,00         | 10,00              | 9,33             | 2,80  |
| 12.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 2,47  |
| 13.       | 20,00             | 19,00         | 11,00              | 10,00            | 3,00  |
| 14.       | 25,00             | 15,00         | 11,33              | 8,67             | 2,60  |
| 15.       | 21,67             | 18,33         | 10,00              | 10,00            | 2,27  |
| 16.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 2,80  |
| 17.       | 20,00             | 19,00         | 12,00              | 9,00             | 3,87  |

Berdasarkan hasil analisis respon organoleptik atribut aroma pada beras analog berbasis tepung sorgum maka didapatkan rata-rata atribut aroma dengan nilai tertinggi yaitu pada formulasi 17 sebesar 3,87 dan atribut aroma terendah terdapat pada formulasi 15 yaitu dengan nilai sebesar 2,27. Perbedaan ini erat kaitannya dengan komposisi bahan dan pembentukan senyawa volatil selama pemasakan. Formulasi atribut aroma tertinggi yaitu 17 dengan formulasi tepung sorgum sebesar 20% pati sagu sebesar 19% dan kedelai sebesar 12% yang kaya pati dari sagu dan mocaf menghasilkan aroma netral hingga sedikit manis, mirip beras putih, karena gelatinisasi pati cenderung memunculkan senyawa volatil seperti maltol yang beraroma manis (Purwandari et al., 2014).

Sebaliknya, formulasi atribut aroma terendah yaitu 15 dengan formulasi tepung sorgum sebesar 21,67%, pati sagu sebesar 18,33% dan kedelai sebesar 12,00% yang lebih dominan mengandung tepung sorgum dan kedelai menghasilkan aroma

khas biji-bijian dan sedikit langu. Hal ini disebabkan adanya senyawa fenolik seperti tanin pada sorgum yang memberikan aroma khas dan terkadang sepat (Beta et al., 2005), serta aktivitas enzim lipoksigenase pada kedelai yang memicu oksidasi asam lemak tak jenuh sehingga menghasilkan aldehid seperti heksanal dan nonanal yang beraroma langu atau “beany” (Liu, 1997). Faktor ini membuat aroma pada formulasi tersebut kurang disukai panelis.

Tabel 20. ANOVA Hasil Respon Organoleptik Atribut Aroma Beras Analog

|  | Source                        | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | p-value |                 |
|--|-------------------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|-----------------|
|  | <b>Model</b>                  | 1.53           | 9  | 0.1698      | 3.83    | 0.0451  | significant     |
|  | <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 0.3689         | 3  | 0.1230      | 2.78    | 0.1202  |                 |
|  | AB                            | 0.1522         | 1  | 0.1522      | 3.44    | 0.1062  |                 |
|  | AC                            | 0.2933         | 1  | 0.2933      | 6.62    | 0.0368  |                 |
|  | AD                            | 0.1445         | 1  | 0.1445      | 3.26    | 0.1138  |                 |
|  | BC                            | 0.0543         | 1  | 0.0543      | 1.23    | 0.3046  |                 |
|  | BD                            | 0.2157         | 1  | 0.2157      | 4.87    | 0.0631  |                 |
|  | CD                            | 0.0224         | 1  | 0.0224      | 0.5065  | 0.4997  |                 |
|  | <b>Residual</b>               | 0.3101         | 7  | 0.0443      |         |         |                 |
|  | Lack of Fit                   | 0.2539         | 5  | 0.0508      | 1.81    | 0.3933  | not significant |
|  | Pure Error                    | 0.0562         | 2  | 0.0281      |         |         |                 |
|  | <b>Cor Total</b>              | 1.84           | 16 |             |         |         |                 |

Model *polynomial* yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* untuk respon aroma warna adalah model. Berdasarkan *quadratic* tabel ANOVA menunjukkan bahwa pada taraf 5% model yang direkomendasikan adalah *significant*, dengan nilai P “Prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0451. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi formulasi memberikan perbedaan yang nyata atau *significant* terhadap respon organoleptik atribut aroma dalam formula beras analog. Nilai *lack of fit* dari model yang dihasilkan adalah *not significant*. Hal ini menunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0.3933 dengan itu adanya kesesuaian antara model dengan data hasil uji organoleptik atribut aroma.

Nilai rata-rata (*mean*) untuk hasil respon uji organoleptik atribut aroma menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,8313 dengan *standar deviasi* sebesar 0,2105. Nilai *adjusted*  $R^2$  sebesar 0,6145 dan *predicted*  $R^2$  -0,0372, maka selisih perbedaannya lebih dari 0,2, hal ini menunjukkan efek blok yang terlalu besar. Nilai *adeq precision* lebih dari 4 yaitu sebesar 8,6438, berarti sudah menunjukkan sinyal yang memadai.

Persamaan model matematika pada hasil uji organoleptik atribut aroma merupakan koefisien dari setiap faktor yang terdapat pada persamaan di bawah ini.

$$Y = 3,67A + 2,77B + 10,91C - 7,69D - 2,29AB - 15,84AC + 11,79AD - 6,96BC + 13,78BD + 5,29CD$$

Keterangan :

A : Tepung Sorgum

B : Pati Sagu

C : Tepung Kedelai

D : Tepung Mocaf

AB : Interaksi Tepung Sorgum dan Pati Sagu

AC : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai

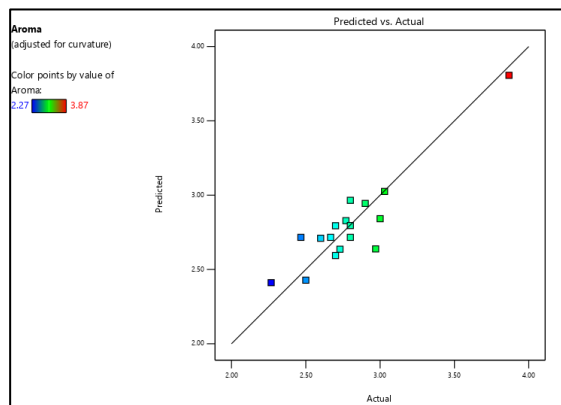
AD : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf

BC : Interaksi Pati Sagu dan Tepung Kedelai

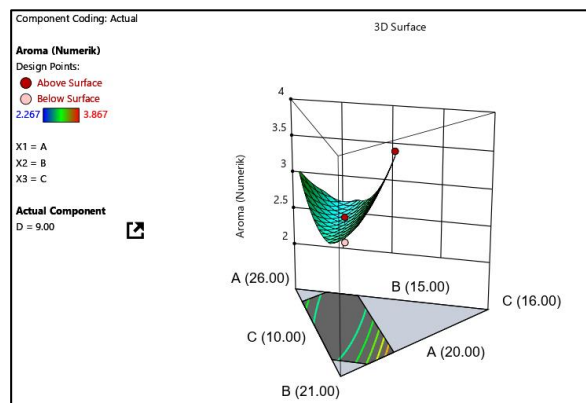
BD : Intraksi Pati Sagu dan Tepung Mocaf

CD : Intraksi Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

Berdasarkan persamaan model matematika di atas dapat disimpulkan bahwa komponen A (Tepung Sorgum), B (Pati Sagu) dan C (Tepung Kedelai) berpengaruh terhadap peningkatan nilai kesukaan warna pada produk beras analog dengan indikasi tanda positif (+), masing-masing dengan nilai koefisien estimasi sebesar 3,67, 2,77 dan 10,91. Komponen D (Tepung Mocaf) berkontribusi terhadap penurunan nilai kesukaan warna dengan nilai koefisien sebesar – 2,29 menunjukkan tanda negatif (-). Interaksi AB (Tepung Sorgum dan Pati Sagu), dan AC (Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai) dan BC (Pati Sagu dan Tepung Kedelai) berkontribusi terhadap penurunan nilai kesukaan aroma menunjukkan tanda negative (-), Sementara itu, AD (Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf), BD (Pati Sagu dan Tepung Mocaf), dan CD (Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf) semuanya dengan indikasi tanda positif (+) yang berarti berkontribusi terhadap peningkatan nilai kesukaan aroma pada produk beras analog.



Gambar 23. Grafik Kenormalan *Internally Studentized Residuals* Hasil Uji Organoleptik Atribut Aroma



Gambar 24. Grafik *3D Surface* Respon Hasil Uji Organoleptik Atribut Aroma

Berdasarkan hasil grafik *3D Surface* terhadap respon organoleptik atribut aroma, dilihat dari warna dan bentuk permukaan. Nilai atribut aroma paling tinggi sebesar 3,87 dengan kombinasi formula tepung sorgum 26%, pati sagu 15%, dan tepung kedelai 16%, yang ditunjukkan oleh area berwarna merah terang pada permukaan grafik. Warna merah mencerminkan tingkat kesukaan panelis yang lebih tinggi terhadap aroma produk beras analog. Sementara itu nilai atribut aroma paling rendah sebesar 2,27 diperoleh dari kombinasi formula tepung sorgum 20%, pati sagu 21%, dan tepung kedelai 10%, yang digambarkan dengan area berwarna biru keunguan. Warna ini menunjukkan bahwa panelis memberikan penilaian yang lebih rendah terhadap atribut aroma produk dengan kombinasi tersebut, kemungkinan karena aroma yang kurang khas atau munculnya bau dari bahan tertentu seperti kedelai dalam jumlah rendah. Kontribusi tepung sorgum dan pati sagu terhadap atribut aroma cukup signifikan, karena keduanya mampu

menyeimbangkan aroma khas dari kedelai dan mocaf. Tepung sorgum yang netral dapat membantu meredam aroma menyengat dari bahan lain, sedangkan pati sagu memiliki karakter aroma yang ringan dan tidak mendominasi (Purwandari et al., 2014). Penambahan tepung kedelai dalam jumlah tinggi bisa meningkatkan aroma gurih khas kacang-kacangan, namun perlu dikombinasikan dengan bahan lain untuk menciptakan profil aroma yang seimbang dan disukai oleh panelis.

#### 4.1.7 Hasil Respon Organoleptik Atribut Rasa

Tabel Hasil Respon Organoleptik Atribut Rasa 17 Formulasi Pada Produk Beras Analog

Tabel 21. Hasil Respon Organoleptik Atribut Rasa Nasi Analog 17 Formulasi

| Formulasi | Tepung Sorgum (%) | Pati Sagu (%) | Tepung Kedelai (%) | Tepung Mocaf (%) | Rasa |
|-----------|-------------------|---------------|--------------------|------------------|------|
| 1.        | 23,75             | 16,25         | 10,50              | 9,50             | 3,33 |
| 2.        | 21,67             | 18,33         | 12,00              | 8,00             | 2,80 |
| 3.        | 21,00             | 17,00         | 12,00              | 10,00            | 2,63 |
| 4.        | 21,00             | 20,00         | 11,00              | 8,00             | 2,50 |
| 5.        | 25,00             | 15,00         | 10,00              | 10,00            | 2,00 |
| 6.        | 23,00             | 19,00         | 10,00              | 8,00             | 2,20 |
| 7.        | 23,33             | 16,67         | 12,00              | 8,00             | 2,50 |
| 8.        | 23,00             | 15,00         | 12,00              | 10,00            | 2,17 |
| 9.        | 25,00             | 17,00         | 10,00              | 8,00             | 2,43 |
| 10.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 2,23 |
| 11.       | 20,67             | 20,00         | 10,00              | 9,33             | 2,40 |
| 12.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 2,33 |
| 13.       | 20,00             | 19,00         | 11,00              | 10,00            | 2,43 |
| 14.       | 25,00             | 15,00         | 11,33              | 8,67             | 2,23 |
| 15.       | 21,67             | 18,33         | 10,00              | 10,00            | 2,27 |
| 16.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 2,20 |
| 17.       | 20,00             | 19,00         | 12,00              | 9,00             | 2,60 |

Berdasarkan hasil analisis respon organoleptik atribut rasa pada beras analog berbasis tepung sorgum maka didapatkan rata-rata atribut rasa dengan nilai tertinggi yaitu pada formulasi 1 sebesar 3,33 dan atribut warna terendah terdapat pada formulasi 5 yaitu dengan nilai sebesar 2,00. Nilai tertinggi pada formulasi 1 dengan formulasi tepung sorgum sebesar 23,75%, pati sagu sebesar 16,25% dan kedelai sebesar 10,50% menunjukkan bahwa kombinasi bahan yang digunakan mampu menghasilkan cita rasa yang lebih disukai oleh panelis. Hal ini diduga karena

proporsi tepung sorgum yang seimbang dengan pati sagu dan tepung kedelai sehingga menghasilkan rasa netral, sedikit manis, dan gurih yang harmonis. Sebaliknya, nilai terendah pada formulasi 5 dengan formulasi tepung sorgum sebesar 25% pati sagu sebesar 15% dan kedelai sebesar 10% dapat disebabkan oleh penggunaan tepung sorgum dalam proporsi yang lebih dominan, sehingga menghasilkan rasa hambar dan kurang menarik bagi panelis. Menurut Beta et al. (2005), tepung sorgum memiliki rasa netral yang dapat berfungsi sebagai penyeimbang rasa. Pati sagu memberikan tekstur lembut dan rasa manis alami (Purwandari et al., 2014), sedangkan tepung kedelai menyumbangkan rasa gurih khas kacang-kacangan (Liu, 1997). Dengan demikian, variasi komposisi bahan berperan penting dalam menentukan tingkat penerimaan rasa beras analog oleh panelis.

Tabel 22. ANOVA Hasil Respon Uji Organoleptik Atribut Rasa Beras Analog

|  | Source                        | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | p-value |                 |
|--|-------------------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|-----------------|
|  | <b>Model</b>                  | 1.47           | 13 | 0.1135      | 10.80   | 0.0372  | significant     |
|  | <sup>(1)</sup> Linear Mixture | 0.1275         | 3  | 0.0425      | 4.05    | 0.1404  |                 |
|  | AB                            | 1.09           | 1  | 1.09        | 103.88  | 0.0020  |                 |
|  | AC                            | 1.09           | 1  | 1.09        | 104.08  | 0.0020  |                 |
|  | AD                            | 1.09           | 1  | 1.09        | 103.98  | 0.0020  |                 |
|  | BC                            | 1.10           | 1  | 1.10        | 104.32  | 0.0020  |                 |
|  | BD                            | 1.09           | 1  | 1.09        | 104.11  | 0.0020  |                 |
|  | CD                            | 1.09           | 1  | 1.09        | 104.24  | 0.0020  |                 |
|  | ABC                           | 1.09           | 1  | 1.09        | 104.07  | 0.0020  |                 |
|  | ABD                           | 1.09           | 1  | 1.09        | 103.35  | 0.0020  |                 |
|  | ACD                           | 1.09           | 1  | 1.09        | 104.23  | 0.0020  |                 |
|  | BCD                           | 1.10           | 1  | 1.10        | 104.33  | 0.0020  |                 |
|  | <b>Residual</b>               | 0.0315         | 3  | 0.0105      |         |         |                 |
|  | Lack of Fit                   | 0.0219         | 1  | 0.0219      | 4.57    | 0.1660  | not significant |
|  | Pure Error                    | 0.0096         | 2  | 0.0048      |         |         |                 |
|  | <b>Cor Total</b>              | 1.51           | 16 |             |         |         |                 |

Model *polynomial* yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* untuk respon atribut rasa adalah model *special cubic*. Berdasarkan tabel ANOVA menunjukkan bahwa pada taraf 5% model yang direkomendasi kan adalah *significant*, dengan nilai P “Prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0372. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi formulasi memberikan perbedaan yang nyata atau *significant* terhadap respon organoleptik atribut rasa dalam formula beras analog. Nilai *lack of fit* dari model yang dihasilkan adalah *not significant*. Hal ini menunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0.1660 dengan itu adanya kesesuaian antara model dengan data hasil uji organoleptik atribut rasa.

Nilai rata-rata (*mean*) untuk hasil respon uji organoleptik pada atribut rasa menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9791 dengan *standar deviasi* sebesar 0,1025. Nilai *adjusted*  $R^2$  sebesar 0,8885 dan *predicted*  $R^2$  tidak tersedia, model tetap dinilai baik berdasarkan indikator lainnya, maka selisih perbedaannya lebih dari 0,2. hal ini menunjukkan efek blok yang terlalu besar. Nilai *adeq precision* lebih dari 4 yaitu sebesar 13,9347, berarti sudah menunjukkan sinyal yang memadai.

Persamaan model matematika pada hasil uji organoleptik atribut rasa merupakan koefisien dari setiap faktor yang terdapat pada persamaan di bawah ini.

$$Y = -209,94A - 396,49B - 3162,59C - 2986,66D + 1301,65AB + 5186,13AC + 4925,91AD + 5845,74BC + 5536,20BD + 18838,71CD - 4644,33ABC - 4368,72ABD - 26497,46ACD - 26405,57BCD$$

Keterangan :

A : Tepung Sorgum

B : Pati Sagu

C : Tepung Kedelai

D : Tepung Mocaf

AB : Interaksi Tepung Sorgum dan Pati Sagu

AC : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai

AD : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf

BC : Interaksi Pati Sagu dan Tepung Kedelai

BD : Intraksi Pati Sagu dan Tepung Mocaf

CD : Intraksi Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

ABC : Interaksi Tepung Sorgum, Pati Sagu dan Tepung Kedelai

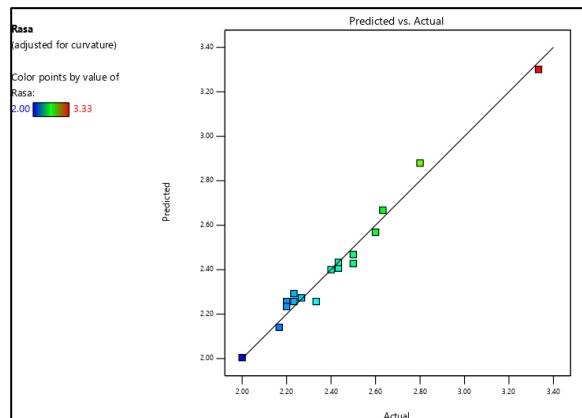
ABD : Intraksi Tepung Sorgum, Pati Sagu dan Tepung Mocaf

ACD : Intraksi Tepung Sorgum, Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

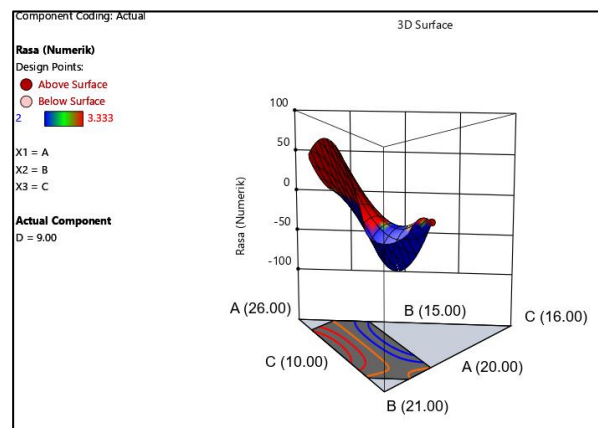
BCD : Intraksi Pati Sagu, Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

Berdasarkan persamaan model matematika di atas dapat disimpulkan bahwa komponen A (Tepung Sorgum) dan B (Pati Sagu) berpengaruh terhadap penurunan nilai kesukaan rasa pada produk beras analog dengan indikasi tanda negatif (-), masing-masing dengan nilai koefisien estimasi sebesar -209,94 dan -396,49B. Komponen D (Tepung Mocaf) dengan nilai koefisien sebesar -2986,66D dan

Komponen C (Tepung Kedelai) juga memberikan kontribusi terhadap penurunan nilai kesukaan rasa dengan nilai koefisien sebesar -3162,59C keduanya menunjukkan tanda negatif (-). Interaksi AB (Tepung Sorgum dan Pati Sagu), AC (Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai), AD (Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf), BC (Pati Sagu dan Tepung Kedelai), BD (Pati Sagu dan Tepung Mocaf), dan CD (Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf) semuanya dengan indikasi tanda positif (+) yang berarti berkontribusi besar terhadap peningkatan nilai kesukaan rasa pada produk beras analog. Sementara itu, interaksi tiga komponen seperti ABC (Tepung Sorgum, Pati Sagu, dan Tepung Kedelai), ABD (Tepung Sorgum, Pati Sagu, dan Tepung Mocaf), ACD (Tepung Sorgum, Tepung Kedelai, dan Tepung Mocaf), dan BCD (Pati Sagu, Tepung Kedelai, dan Tepung Mocaf), semuanya menunjukkan tanda negatif (-) yang berarti memiliki kontribusi terhadap penurunan kesukaan rasa pada produk beras analog. Kombinasi bahan yang tepat sangat penting untuk menghasilkan rasa beras analog yang optimal. Komponen pati sagu menjadi kunci dalam memperbaiki rasa saat dikombinasikan dengan bahan lain, sedangkan tepung kedelai dan mocaf perlu dibatasi dalam penggunaannya agar tidak menurunkan penilaian rasa secara keseluruhan.



Gambar 25. Grafik Kenormalan *Internally Studentized Residuals* Hasil Uji Organoleptik Atribut Rasa



Gambar 26. Grafik *3D Surface* Respon Hasil Uji Organoleptik Atribut Rasa

Berdasarkan hasil grafik *3D Surface* terhadap respon organoleptik atribut rasa, dilihat dari rasa dan bentuk permukaan. Nilai atribut rasa paling tinggi sebesar 3,33 dengan kombinasi formula, tepung sorgum 26%, pati sagu 15%, dan tepung kedelai 10% menghasilkan nilai respon rasa tertinggi, yang ditunjukkan oleh area berwarna merah terang pada grafik. Hal ini mengindikasikan bahwa proporsi tersebut menghasilkan cita rasa yang paling disukai oleh panelis dalam uji organoleptik. Sementara itu nilai atribut rasa paling rendah sebesar 2,22 diperoleh dari kombinasi formula tepung sorgum 20%, pati sagu 21%, dan tepung kedelai 16%, ditunjukkan oleh area berwarna biru tua, Kombinasi ini cenderung menghasilkan rasa yang kurang disukai, kemungkinan disebabkan oleh karakteristik rasa khas dari tepung kedelai dalam jumlah tinggi, serta ketidakseimbangan antara komponen karbohidrat dan protein. Peran tepung kedelai dan tepung mocaf perlu mendapat perhatian khusus, karena keduanya memiliki kecenderungan memengaruhi rasa secara negatif ketika digunakan dalam jumlah tinggi, seperti terlihat dari hasil analisis regresi sebelumnya (Rachmawati et al, 2017). Namun, dalam komposisi tertentu, interaksi antar bahan (terutama dengan pati sagu dan tepung sorgum) dapat memperbaiki rasa produk. Pemilihan proporsi bahan yang tepat menjadi kunci untuk menghasilkan cita rasa beras analog yang optimal dan disukai panelis. Grafik ini juga memperkuat hasil analisis model regresi bahwa interaksi antar bahan lebih berkontribusi terhadap peningkatan kualitas rasa dibanding penggunaan bahan secara tunggal.

#### 4.1.8 Hasil Respon Organoleptik Atribut Tekstur

Tabel Hasil Respon Organoleptik Atribut Tekstur 17 Formulasi Pada Produk Beras Analog

Tabel 23. Hasil Respon Organoleptik Atribut Tekstur Nasi Analog 17 Formulasi

| Formulasi | Tepung Sorgum (%) | Pati Sagu (%) | Tepung Kedelai (%) | Tepung Mocaf (%) | Tekstur |
|-----------|-------------------|---------------|--------------------|------------------|---------|
| 1.        | 23,75             | 16,25         | 10,50              | 9,50             | 2,93    |
| 2.        | 21,67             | 18,33         | 12,00              | 8,00             | 2,47    |
| 3.        | 21,00             | 17,00         | 12,00              | 10,00            | 2,60    |
| 4.        | 21,00             | 20,00         | 11,00              | 8,00             | 2,43    |
| 5.        | 25,00             | 15,00         | 10,00              | 10,00            | 2,47    |
| 6.        | 23,00             | 19,00         | 10,00              | 8,00             | 2,50    |
| 7.        | 23,33             | 16,67         | 12,00              | 8,00             | 2,63    |
| 8.        | 23,00             | 15,00         | 12,00              | 10,00            | 2,40    |
| 9.        | 25,00             | 17,00         | 10,00              | 8,00             | 3,10    |
| 10.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 2,60    |
| 11.       | 20,67             | 20,00         | 10,00              | 9,33             | 2,33    |
| 12.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 2,83    |
| 13.       | 20,00             | 19,00         | 11,00              | 10,00            | 2,80    |
| 14.       | 25,00             | 15,00         | 11,33              | 8,67             | 2,83    |
| 15.       | 21,67             | 18,33         | 10,00              | 10,00            | 2,30    |
| 16.       | 22,50             | 17,50         | 11,00              | 9,00             | 2,57    |
| 17.       | 20,00             | 19,00         | 12,00              | 9,00             | 2,80    |

Berdasarkan hasil analisis respon organoleptik atribut tekstur pada beras analog berbasis tepung sorgum maka didapatkan rata-rata atribut rasa dengan nilai tertinggi yaitu pada formulasi 9 sebesar 3,10 dan atribut tekstur terendah terdapat pada formulasi 15 yaitu dengan nilai sebesar 2,30. Formulasi 9 terdiri dari kombinasi tepung sorgum 25%, pati sagu 17%, dan tepung kedelai 10%, yang menghasilkan tekstur paling disukai panelis. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh keseimbangan antara kandungan serat pada sorgum, kemampuan pembentukan gel dari pati sagu, serta kontribusi protein dari tepung kedelai dalam jumlah moderat, sehingga menghasilkan tekstur yang kenyal namun tidak keras (Fitriani, 2021).

Sementara itu, formulasi 15 dengan kombinasi tepung sorgum 21,67%, pati sagu 18,33%, dan tepung kedelai 10,00% mendapatkan nilai terendah, kemungkinan karena penggunaan tepung kedelai dalam jumlah tinggi yang cenderung membuat tekstur lebih padat dan kurang elastis (Rachmawati et al.,

2017). Interaksi antara tepung sorgum dan pati sagu berperan penting dalam membentuk tekstur yang optimal, di mana keseimbangan proporsi bahan menjadi kunci untuk menghasilkan beras analog yang disukai panelis (Sari et al., 2019).

Kandungan amilosa dan amilopektin dalam pati sangat mempengaruhi sifat organoleptik beras analog, terutama tekstur setelah dimasak. Pati dengan kandungan amilosa tinggi cenderung menghasilkan nasi yang keras, pera, dan tidak lengket, karena molekul amilosa membentuk ikatan hidrogen yang kuat sehingga struktur lebih kaku (Fitzgerald et al., 2009). Sebaliknya, kandungan amilopektin yang tinggi menyebabkan nasi menjadi pulen dan lengket, karena struktur bercabang amilopektin mudah mengalami gelatinisasi dan membentuk tekstur lebih lunak (Tulyathan & Leecharatanaluk, 2007).

Dalam beras analog berbasis sorgum, sagu, kedelai, dan mocaf, variasi komposisi pati sangat menentukan preferensi panelis. Misalnya, tepung sorgum memiliki kadar amilosa relatif tinggi sehingga beras analog cenderung lebih keras, sementara mocaf (modifikasi singkong) dengan dominasi amilopektin memberikan tekstur lebih pulen. Kombinasi bahan-bahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk menyeimbangkan tekstur beras analog agar sesuai dengan karakteristik beras konsumsi masyarakat Indonesia yang umumnya menyukai nasi bertekstur pulen.

Tabel 24. ANOVA Hasil Respon Uji Organoleptik Atribut Tekstur Beras Analog

|  | Source                        | Sum of Squares | df | Mean Square | F-value | p-value |                 |
|--|-------------------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|-----------------|
|  | <b>Model</b>                  | 0.6790         | 9  | 0.0754      | 3.94    | 0.0422  | significant     |
|  | <sup>(*)</sup> Linear Mixture | 0.1122         | 3  | 0.0374      | 1.95    | 0.2099  |                 |
|  | AB                            | 0.0058         | 1  | 0.0058      | 0.3017  | 0.5999  |                 |
|  | AC                            | 0.0121         | 1  | 0.0121      | 0.6301  | 0.4534  |                 |
|  | AD                            | 0.0001         | 1  | 0.0001      | 0.0073  | 0.9341  |                 |
|  | BC                            | 0.0784         | 1  | 0.0784      | 4.09    | 0.0829  |                 |
|  | BD                            | 0.0389         | 1  | 0.0389      | 2.03    | 0.1973  |                 |
|  | CD                            | 0.1406         | 1  | 0.1406      | 7.34    | 0.0302  |                 |
|  | <b>Residual</b>               | 0.1341         | 7  | 0.0192      |         |         |                 |
|  | Lack of Fit                   | 0.0937         | 5  | 0.0187      | 0.9258  | 0.5925  | not significant |
|  | Pure Error                    | 0.0405         | 2  | 0.0202      |         |         |                 |
|  | <b>Cor Total</b>              | 0.8132         | 16 |             |         |         |                 |

Model *polynomial* yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* untuk respon tekstur warna adalah model. Berdasarkan *quadratic* tabel ANOVA

menunjukkan bahwa pada taraf 5% model yang direkomendasikan adalah *significant*, dengan nilai P “Prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0422. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi formulasi memberikan perbedaan yang nyata atau *significant* terhadap respon organoleptik atribut tekstur dalam formula beras analog. Nilai *lack of fit* dari model yang dihasilkan adalah *not significant*. Hal ini menunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0.5925 dengan itu adanya kesesuaian antara model dengan data hasil uji organoleptik atribut tekstur.

Nilai rata-rata (*mean*) untuk hasil respon uji organoleptik pada atribut tekstur menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,8351 dengan *standar deviasi* sebesar 0,1384. Nilai *adjusted*  $R^2$  sebesar 0,6230 dan *predicted*  $R^2$  0,2002 maka selisih perbedaannya lebih dari 0,2, hal ini menunjukkan efek blok yang terlalu besar. Nilai *adeq precision* lebih dari 4 yaitu sebesar 7,1519, berarti sudah menunjukkan sinyal yang memadai. Persamaan model matematika pada hasil uji organoleptik atribut tekstur merupakan koefisien dari setiap faktor yang terdapat pada persamaan di bawah ini.

$$Y = 3,70A + 1,83B - 2,01C - 0,6196D - 0,4469AB + 3,21AC + 0,03678AD + 8,36BC + 5,85BD + 13,25CD$$

Keterangan :

A : Tepung Sorgum

B : Pati Sagu

C : Tepung Kedelai

D : Tepung Mocaf

AB : Interaksi Tepung Sorgum dan Pati Sagu

AC : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai

AD : Interaksi Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf

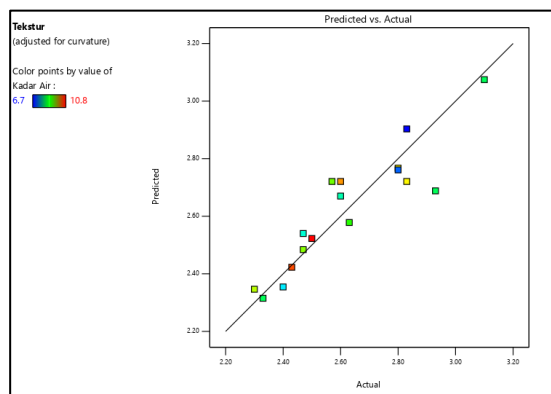
BC : Interaksi Pati Sagu dan Tepung Kedelai

BD : Intraksi Pati Sagu dan Tepung Mocaf

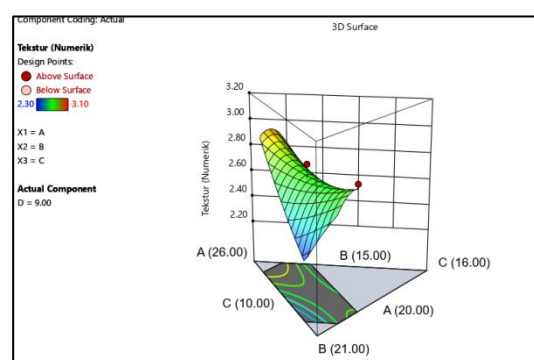
CD : Intraksi Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf

Berdasarkan persamaan model matematika di atas dapat disimpulkan bahwa komponen A (Tepung Sorgum), dan B (Pati Sagu) berpengaruh terhadap peningkatan nilai kesukaan warna pada produk beras analog dengan indikasi tanda

positif (+), masing-masing dengan nilai koefisien estimasi sebesar 3,70, dan 1,83. Komponen C (Tepung Kedelai), dan D (Tepung Mocaf) berkontribusi terhadap penurunan nilai kesukaan warna dengan nilai koefisien sebesar  $-2,01$  dan  $-0,6196$  menunjukkan tanda negatif (-). Interaksi AB (Tepung Sorgum dan Pati Sagu) berkontribusi terhadap penurunan nilai kesukaan aroma menunjukkan tanda negatif (-). Sementara itu, AC (Tepung Sorgum dan Tepung Kedelai) dan BC (Pati Sagu dan Tepung Kedelai) AD (Tepung Sorgum dan Tepung Mocaf), BD (Pati Sagu dan Tepung Mocaf), dan CD (Tepung Kedelai dan Tepung Mocaf) semuanya dengan indikasi tanda positif (+) yang berarti berkontribusi terhadap peningkatan nilai kesukaan aroma pada produk beras analog.



Gambar 27. Grafik Kenormalan *Internally Studentized Residuals* Hasil Uji Organoleptik Atribut Tekstur



Gambar 28. Grafik *3D Surface* Respon Hasil Uji Organoleptik Atribut Tekstur

Berdasarkan hasil *grafik 3D Surface* terhadap respon organoleptik atribut tekstur, dilihat dari warna dan bentuk permukaan. Nilai atribut tekstur paling tinggi sebesar 3,10 dengan kombinasi formula, tepung sorgum 26%, pati sagu 15%, dan tepung kedelai 10% menghasilkan nilai respon rasa tertinggi, nilai ini ditunjukkan

oleh area berwarna merah terang pada permukaan grafik. Kombinasi ini menghasilkan tekstur yang paling disukai oleh panelis, kemungkinan karena keseimbangan antara kandungan serat dari sorgum dan struktur pembentuk gel dari pati sagu, serta kontribusi protein dari tepung kedelai dalam jumlah moderat. Sementara itu nilai atribut rasa paling rendah sebesar 2,30 diperoleh dari kombinasi formula tepung sorgum 20%, pati sagu 21%, dan tepung kedelai 16%, ditunjukkan oleh area berwarna biru tua. Nilai yang rendah ini mengindikasikan bahwa formula tersebut menghasilkan tekstur yang kurang disukai, kemungkinan disebabkan oleh penggunaan tepung kedelai dalam jumlah tinggi yang cenderung menghasilkan tekstur agak keras atau padat, serta tingginya rasio pati yang dapat menurunkan elastisitas. Interaksi antara komponen terutama antara tepung sorgum dan pati sagu sangat berperan dalam pembentukan tekstur yang optimal. Penggunaan bahan secara berimbang dan tidak berlebihan menjadi kunci dalam menghasilkan tekstur beras analog yang disukai panelis. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Rachmawati et al. (2017) yang menyatakan bahwa penggunaan tepung kedelai dalam jumlah tinggi pada formulasi beras analog dapat menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap atribut tekstur. Hal ini diduga karena tepung kedelai memiliki serat kasar yang tinggi dan sifat padat yang memengaruhi hasil akhir. Namun, dalam komposisi tertentu, interaksi antara bahan (terutama tepung sorgum dan pati sagu) dapat memperbaiki kualitas tekstur.

## 4.2 Formulasi Optimal

### 4.2.1 Penetapan *Goal* dan *Importance*

Penetapan *goal* dan *importance* akan dilakukan pada setiap respon sebagai penentuan tujuan optimasi serta nilai pembobotan. Penetapan *goals* dipilih berdasarkan nilai yang diinginkan pada setiap variabel berubah terdiri dari *in range*, *minimize*, dan *maximize*. *Importance* dipilih berdasarkan tingkat kepentingan dari bobot setiap respon dan variabel berubah yaitu dimulai dari (+) di hingga (+++++). Semakin penting variabel berubah dan respon maka bobot *importance* semakin tinggi. Nilai *desirability* yang tinggi pada produk yang paling optimal akan sulit

didapatkan jika nilai importance yang dipilih besar. (Rahmadina, 2023). Penetapan goal dan importance dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 25. *Goal dan Importance* untuk Tahapan Optimasi Formulasi

| Varibel/ Respon    | Goal            | Batas Bawah | Batas Atas | Importance |
|--------------------|-----------------|-------------|------------|------------|
| Tepung Sorgum      | <i>In Range</i> | 20,00       | 25,00      | 3 (+++)    |
| Pati Sagu          | <i>In Range</i> | 15,00       | 20,00      | 3 (+++)    |
| Tepung Kedelai     | <i>In Range</i> | 10,00       | 12,00      | 3 (+++)    |
| Tepung Mocaf       | <i>In Range</i> | 8,00        | 10,00      | 3 (+++)    |
| Kadar Air          | <i>Minimize</i> | 6,7         | 10,8       | 5 (+++++)  |
| Kadar Gula Reduksi | <i>Minimize</i> | 1,25        | 4,60       | 4 (++++)   |
| Kadar Protein      | <i>Maximize</i> | 2,11        | 12,7       | 5 (+++++)  |
| Warna              | <i>Maximize</i> | 2,63        | 3,30       | 5 (+++++)  |
| Aroma              | <i>In range</i> | 2,27        | 3,87       | 3 (+++)    |
| Rasa               | <i>Maximize</i> | 2,00        | 3,33       | 5 (+++++)  |
| Tekstur            | <i>In range</i> | 2,30        | 3,10       | 3 (+++)    |

Komponen tepung sorgum dengan kisaran 20 – 25 %, pati sagu dengan kisaran 15 – 20%, tepung kedelai dengan kisaran 10 – 12 % dan tepung mocaf dengan kisaran 8 – 10% di optimalkan dengan target komponen *in range* dan tingkat kepentingannya *importance* 3 (+++).

Kadar air dioptimalkan dengan *goal minimize* dan tingkat *importance* nya 5 (+++++), karena kadar air yang lebih rendah pada beras analog diharapkan dapat memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas produk selama penyimpanan.

Kadar Gula Reduksi dioptimalkan dengan *goal minimize* dan tingkat *importance* nya 4 (++++), agar kadar gula reduksi dalam produk tetap rendah sehingga dapat mencegah perubahan warna dan rasa akibat reaksi pencoklatan non-enzimatis (reaksi *Maillard*).

Kadar Protein dioptimalkan dengan *goal maximize* dan tingkat *importance* nya 5 (+++++), Kadar protein yang tinggi diharapkan dapat meningkatkan nilai gizi dari beras analog, sehingga dapat mendekati standar nutrisi beras konsumsi pada umumnya.

Respon organoleptik atribut warna dioptimalkan dengan *goal maximize* dan tingkat *importance* nya 5 (+++++). Warna merupakan parameter pertama yang diamati oleh konsumen dan dapat menjadi indikator awal penerimaan produk

pangan. Oleh karena itu, semakin tinggi *range* panelis terhadap warna, maka produk dinilai semakin menarik dan disukai.

Respon organoleptik atribut aroma dioptimalkan dengan *goal in range* dan tingkat *importance* nya 3 (+++). Aroma pada bahan pangan banyak menentukan kelezatan dari bahan pangan tersebut. Aroma menjadi salah satu faktor penentu yang penting dalam suatu produk, semakin tinggi *range* nya maka semakin disukai oleh konsumen.

Respon organoleptik atribut rasa dioptimalkan dengan *goal maximize* dan tingkat *importance* nya 5 (+++++). Rasa merupakan faktor utama yang menentukan apakah produk dapat diterima oleh konsumen atau tidak. Semakin tinggi *range* atribut rasa, maka semakin besar kemungkinan produk disukai.

Respon organoleptik atribut tekstur dioptimalkan dengan *goal in ranged* dan tingkat *importance* nya 3 (+++), Pengukuran tekstur nasi analog dapat dinilai dari tingkat kepulenannya, tekstur yang diharapkan pada produk ini yaitu pulen dan menyerupai nasi pada umumnya.

#### 4.2.1 Penentuan Formulasi Optimal

Menurut Tiaraswara et al. (2016), Proses optimasi formula bertujuan untuk mendapatkan formulasi optimal dengan respon yang optimal. *Design Expert* merekomendasikan formulasi optimal berdasarkan hasil analisis respon kimia (kadar air, kadar gula reduksi dan kadar protein) dan respon organoleptik (warna, aroma, rasa, tekstur)

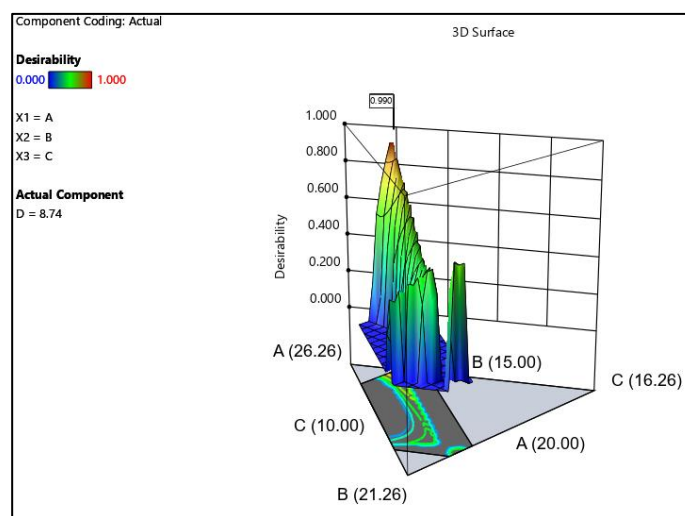
Nilai *desirability* adalah nilai fungsi tujuan optimasi yang menunjukkan kemampuan *software* untuk mencapai keinginan berdasarkan kriteria yang ditetapkan untuk produk akhir. Nilai *desirability* berkisar antara 0-1, nilai yang mendekati 1 menunjukkan *software* dapat menghasilkan produk formulasi optimal sesuai dengan variabel respon yang diinginkan (Nurhalimah, 2018). Nilai *desirability* yang mendekati 0 menandakan bahwa formulasi produk tersebut tidak dapat mencapai titik optimal berdasarkan variabel responnya (Rahmadina, 2023).

Tujuan optimasi adalah untuk mencari kondisi terbaik yang mempertemukan semua fungsi tujuan. Komponen-komponen yang dioptimasi diberikan pembobotan kepentingan untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

*Importance* merupakan pembobotan kepentingan yang dapat dipilih mulai dari 1 (+) hingga 5 (+++++) sesuai kepentingan variabel respon. Semakin banyak tanda positif yang diberikan menunjukkan tingkat kepentingan variabel respon yang semakin tinggi (Engelen, 2015).

Tabel 26. Hasil Formulasi Optimal Beras Analog

| No. | Tepung Sorgum (%) | Pati Sagu (%) | Tepung Kedelai (%) | Tepung Mocaf (%) | Kadar Air (%) | Kadar Gula Reduksi (%) | Kadar Protein (%) | Warna | Aroma | Rasa  | Tekstur | Desirability |          |
|-----|-------------------|---------------|--------------------|------------------|---------------|------------------------|-------------------|-------|-------|-------|---------|--------------|----------|
| 1   | 25,000            | 15,040        | 11,225             | 8,735            | 6,700         | 0,945                  | 8,867             | 3,278 | 2,732 | 3,333 | 2,919   | 0,990        | Selected |



Gambar 29. Grafik *desirability* Formulasi Optimal Produk

Berdasarkan grafik di atas dihasilkan nilai *desirability* pada formulasi optimal mendekati 1 sebesar 0,990. Hasil formulasi optimal di prediksi memiliki kadar air 6,700%, kadar gula reduksi sebesar 0,945%, kadar protein 8,867%, warna 3,278, aroma 2,732, rasa 3,333 dan tekstur 2,919.

Tabel 27. Hasil *Point Prediction* pada Produk

| Analysis           | Predicted Mean | Predicted Median | Observed | Std Dev  | SE Mean  | 95% CI low for Mean | 95% CI high for Mean | 95% TI low for 99% Pop | 95% TI high for 99% Pop |
|--------------------|----------------|------------------|----------|----------|----------|---------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| Kadar Air          | 6.04356        | 6.04356          |          | 0.637975 | 0.658448 | 4.48658             | 7.60054              | 1.8193                 | 10.2678                 |
| Kadar Gula Reduksi | 0.739031       | 0.739031         |          | 0.466328 | 0.695206 | -1.47343            | 2.95149              | -5.00088               | 6.47894                 |
| Kadar Protein      | 11.5925        | 11.5925          |          | 0.852386 | 1.27075  | 7.54837             | 15.6365              | 1.10065                | 22.0843                 |
| Warna              | 3.22           | 3.22             |          | 0.03     | 0.04     | 3.09                | 3.36                 | 2.88                   | 3.57                    |
| Aroma              | 2.62           | 2.62             |          | 0.21     | 0.22     | 2.10                | 3.13                 | 1.22                   | 4.01                    |
| Rasa               | 2.68           | 2.68             |          | 0.10     | 0.15     | 2.20                | 3.17                 | 1.42                   | 3.94                    |
| Tekstur            | 2.83           | 2.83             |          | 0.14     | 0.14     | 2.50                | 3.17                 | 1.92                   | 3.75                    |

Formulasi optimal tersebut dapat menghasilkan produk yang memiliki karakteristik sesuai dengan target optimal sebesar 95%.

Tabel 28. Hasil *Confirmation* pada Produk

| Analysis           | Predicted Mean | Predicted Median | Observed | Std Dev  | n | SE Pred  | 95% PI low | Data Mean | 95% PI high |
|--------------------|----------------|------------------|----------|----------|---|----------|------------|-----------|-------------|
| Kadar Air          | 6.04356        | 6.04356          |          | 0.637975 | 1 | 0.916824 | 3.87562    | 7.6       | 8.21151     |
| Kadar Gula Reduksi | 0.739031       | 0.739031         |          | 0.466328 | 1 | 0.837122 | -1.92507   | 3.29      | 3.40313     |
| Kadar Protein      | 11.9183        | 11.9183          |          | 0.734605 | 1 | 1.31872  | 7.72155    | 10.16     | 16.115      |
| Warna              | 3.22           | 3.22             |          | 0.03     | 1 | 0.05     | 3.07       | 3.13      | 3.38        |
| Aroma              | 2.62           | 2.62             |          | 0.21     | 1 | 0.30     | 1.90       | 2.63      | 3.33        |
| Rasa               | 2.68           | 2.68             |          | 0.10     | 1 | 0.18     | 2.10       | 2.10      | 3.27        |
| Tekstur            | 2.83           | 2.83             |          | 0.14     | 1 | 0.20     | 2.36       | 2.40      | 3.31        |

Tabel di atas digunakan untuk verifikasi respon formulasi optimal dengan mebandingkan hasil respon formulasi optimal dengan nilai *CI* dan *PI* yang dihasilkan oleh *Design Expert*. Tabel *Point Prediction* dan *confirmation* akan menghasilkan *confidence interval (CI)* dan *prediction interval (PI)* untuk setiap nilai prediksi respon pada taraf signifikan 5%.

#### 4.2.2 Verifikasi Formulasi Optimal

Formulasi optimal yang dihasilkan oleh *Design Expert* akan dianalisis Kembali berdasarkan respon kimia (kadar air, kadar gula reduksi dan kadar protein), respon organoleptic (warna, aroma, rasa dan tekstur). Tujuan dari tahap verifikasi adalah untuk mengetahui nilai actual dari formulasi optimal dan dibandingkan dengan prediksi yang dihasilkan oleh *Design Expert*.

*Design Expert* akan menghasilkan *confidence interval (CI)* dan *prediction interval (PI)* untuk setiap nilai prediksi respon pada taraf signifikansi 5%. *Confidence interval (CI)* merupakan rentang yang menunjukkan ekspektasi rata-rata hasil pengukuran berikutnya dan untuk mengatasi kesalahan acak dari banyaknya data. *Prediction interval (PI)* merupakan rentang yang menunjukkan ekspektasi hasil pengukuran respon berikutnya dengan kondisi yang sama (Engelen, 2015).

Oleh karena itu, *CI* dan *PI* perlu dibandingkan untuk mengkonfirmasi bahwa hasil verifikasi berbeda pada kisaran menunjukkan nilai ketepatan respon. Rentang nilai *confidence interval (CI)* akan lebih kecil jika dibandingkan dengan rentang nilai *prediction interval (PI)*, karena pengukuran *prediction interval (PI)* melibatkan beragam variasi sampel yang tidak diketahui untuk gambaran hasil

sampel produk akhir berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan (Rahmadina, 2023).

*PI* merupakan rentang yang menunjukkan ekspektasi hasil pengukuran respon berikutnya dengan kondisi sama. Jika mengulangi pengambilan sampel tanpa batas, *PI* 95% yang dibangun akan berisi pengamatan baru. Oleh karena itu, *CI* dan *PI* harus dibandingkan untuk mengkonfirmasi bahwa hasil verifikasi berbeda pada kisaran menunjukkan nilai ketepatan respon. Rentang nilai *CI* akan lebih kecil jika dibandingkan dengan rentang nilai *PI*, hal ini disebabkan pengukuran *PI* melibatkan beragam variasi sampel yang tidak diketahui untuk gambaran hasil sampel produk akhir dengan tingkat kepercayaan tertentu berdasarkan pengamatan yang telah diamati.

Tabel 29. Hasil Verifikasi Formulasi Optimal Produk

| Respon                | Prediksi | Aktual | Std. Dev | 95%<br>PI<br>Low | 95%<br>PI<br>High |
|-----------------------|----------|--------|----------|------------------|-------------------|
| Kadar Air             | 6,044    | 7,6    | 0,64     | 3,86             | 8,21              |
| Kadar Gula<br>Reduksi | 0,74     | 3,29   | 0,47     | -1,93            | 3,40              |
| Kadar Protein         | 11,92    | 10,16  | 0,73     | 7,72             | 16,115            |
| Warna                 | 3,22     | 3,13   | 0,03     | 3,07             | 3,38              |
| Aroma                 | 2,26     | 2,63   | 0,21     | 1,90             | 3,33              |
| Rasa                  | 2,68     | 2,10   | 0,10     | 2,10             | 3,27              |
| Tekstur               | 2,83     | 2,40   | 0,14     | 2,36             | 3,31              |

Berdasarkan data analisis yang dihasilkan, data tersebut memiliki hasil yang tidak berbeda jauh dengan prediksi yang dikeluarkan oleh program *Design Expert* 13. Keseluruhan hasil analisis masuk ke dalam rentang *PI* (*Prediction Interval*). *PI* (*Prediction Interval*) merupakan rentang yang menunjukkan ekspektasi hasil pengukuran pada kondisi sama pada taraf tertentu.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang: (5.1) Kesimpulan dan (5.2) Saran

### 5.1 Kesimpulan

*Design Expert* metode *d-optimal* dapat menghasilkan formulasi optimal beras analog dengan persentase variabel berubah terdiri dari tepung sorgum sebesar 25,00, pati sagu sebesar 15,003, tepung kedelai sebesar 11,606 dan tepung mocaf 8,391, serta nilai *desirability* sebesar 0,990. Formulasi optimal menghasilkan respon kimia yang terdiri dari kadar air sebesar 6,700%, kadar gula reduksi sebesar 0,945%, kadar protein sebesar 8,867%, Respon organoleptik yang terdiri dari atribut warna sebesar 3,22 (Agak Tidak Suka), aroma 2,64 (Tidak Suka), rasa 3,33 (Tidak Suka), dan tekstur 2,84 (Tidak Suka). Hasil ini membuktikan hipotesis bahwa beras analog berbasis tepung sorgum dapat diformulasikan secara optimal menggunakan metode *mixture D-optimal* pada *Design Expert* untuk menghasilkan mutu yang sesuai dengan standar yang diinginkan, meskipun perbaikan pada atribut organoleptik masih diperlukan untuk meningkatkan penerimaan konsumen.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat peneliti berikan terkait dengan hasil penelitian dan pembahasan berikut:

1. Dalam penelitian ini, proses pencetakan beras analog dilakukan menggunakan alat ekstruder tanpa cetakan butiran khusus, sehingga pembentukan butiran dilakukan secara manual dengan cara digunting. Perlu menggunakan alat pencetak beras khusus dengan skala yang lebih kecil dengan beras padi, atau skala laboratorium untuk penelitian, karena skala mesin besar akan membutuhkan bahan yang lebih banyak dan alat tersebut perlu dirancang untuk memudahkan pembersihan sisa-sisa bahan baku yang tertinggal di dalam mesin
2. Disarankan untuk melakukan penyederhanaan komposisi bahan dengan memfokuskan pada bahan utama yang memberikan kontribusi terbesar terhadap kualitas sensori, khususnya rasa. Kombinasi bahan yang terlalu

banyak, seperti tepung sorgum, pati sagu, tepung kedelai, dan tepung mocaf secara bersamaan, dapat menyebabkan interaksi antar bahan yang tidak sinergis sehingga menghasilkan rasa yang kurang natural atau cenderung kompleks dan kurang familiar bagi konsumen.

3. Kombinasi bahan dasar seperti sorgum, sagu, kedelai, dan mocaf memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda, sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi bahan pengikat alami (seperti pati amilosa tinggi, karagenan, atau gom arab) agar produk beras analog memiliki kekenyalan, bentuk, dan ketahanan fisik yang lebih stabil, terutama tanpa bantuan alat pencetak khusus.
4. Disarankan untuk meneliti lebih mendalam pengaruh proses ekstrusi terhadap perubahan sifat fisik (densitas, kekerasan, warna) dan sifat kimia (kadar air, kadar protein, gula reduksi) dari beras analog, sehingga dapat diketahui sejauh mana parameter ekstrusi mempengaruhi mutu produk akhir.
5. Disarankan sebaiknya beras analog disimpan dalam kemasan kedap udara dengan kadar air rendah ( $<14\%$ ) agar terhindar dari pertumbuhan kapang, serangga, dan kerusakan mutu. Penggunaan kemasan multilayer atau plastik dengan sifat barrier tinggi terhadap uap air dan oksigen sangat dianjurkan untuk mempertahankan kualitas selama penyimpanan.
6. Dan disarankan dilakukan uji organoleptik skala lebih luas untuk menilai daya terima konsumen terhadap rasa, tekstur, dan tampilan beras analog. Selain itu, edukasi gizi mengenai keunggulan beras analog (misalnya kandungan protein lebih tinggi atau serat lebih banyak dibanding beras padi) perlu ditingkatkan, agar masyarakat lebih terbuka menerima produk ini sebagai alternatif pangan pokok.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adicandra, R. M., & Estiasih, T. 2016. *Artificial Rice from White Greater Yam (Discorea alata L.): A Review*. Jurnal Pangan Dan Agroindustri, 4(1), 383–390.
- Kanius, A. 1990. Tanaman Padi. Yogyakarta.
- Ali, M. 2017. Optimalisasi Formulasi Bumbu Nasi Kuning Serbuk dengan Program *Design Expert* Metode *mixture d-optimal*. Skripsi. Program Studi Teknologi Pangan. Bandung. Universitas Pasundan.
- Aliawati, G. 2003. Teknik analisis kadar amilosa dalam beras. Buletin Teknik Pertanian, 8(2), 82–84.
- Andri, Y. 2013. Indeks glikemik dan karakterisasi kimia beras analog berbahan dasar jagung, sorgum dan sagu aren [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Anonim. 2005. *Design Expert 7.0.3. Stat Ease Inc., Minneapolis*.
- Arif, A. 2020. Sorgum : Benih Leluhur Untuk Masa Depan.
- Arsyad, H. 1993. Penuntun Praktis Bercocok Tanam kacang-kacangan. PD Makhara, 36.
- Astawan, M. 2008. Sehat Dengan Tempe : Panduan Lengkap Menjaga Kesehatan Dega Tempe. Dian Rakyat. Jakarta.
- Asep Dedy, Wisnu Cahyadi, Yusman Taufik dan Sumartini. 2022. Ketahanan Pangan. Manggu Makmur Tanjung Lestari. Bandung.
- Augustin, L. S. A., et al. (2015). *Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 25(9), 795–815.
- Atman. 2014. Strategi Meningkatkan Produksi Kedelai. Produksi Kedelai : Melalui PT. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Awika, J. M. and Rooney, L. W. 2004. *Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. Phytochemistry*, 65, 1199–1221.
- Ba, D., & Boyaci, I. H. 2007. *Modeling and optimization I : Usability of response surface methodology. Journal of Food Engineering*, 78(3), 836–845. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.024>
- Bas, D, 2007. *Modeling and Optimization I: Usability of Response Surface Methodology*, J Food Eng.
- Badan Pusat Statistik, 2021. Indonesia Dalam Angka tahun 2021. Badan Pusat

Statistik Nasional.

Badan Pusat Statistik. 2022. Statistik konsumsi pangan Indonesia 2022. *BPS*.

Bhattacharya, K.R. (2011). *Rice Quality: A Guide to Rice Properties and Analysis*. Woodhead Publishing.

Budijanto, S., & Yuliyanti. 2012. *Study of Preparation Sorghum Flour and Application for Analogues Rice Production Slamet*. *Jurnal Teknologi Pertanian Vol.*, 13(3), 177–186.  
<https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/download/372/735>

Cahyadi, W., Taufik, Y., & Rladi, F. (2023). *Sorgum Inovasi Teknologi dan Produk*. Dunia Pustaka Jaya.

Chafid, A. dan G. K. 2008. Modifikasi Tepung Sagu Menjadi Maltodekstrin Menggunakan Enzim  $\alpha$ -Amylase. Semarang : Universitas Diponogoro.

Chairunnisak, C., Sugiyanta, S., & Santosa, E. 2021. Pengaruh Nitrogen Terhadap Kualitas Beras Aromatik. *Jurnal Agronida*, 7(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.30997/jag.v7i1.4064>

Chikwendu, J. N., et al. (2014). *Nutrient composition of sorghum (Sorghum bicolor) and millet (Pennisetum glaucum) grains in Nigeria*. *African Journal of Food Science and Technology*, 5(3), 75–81.

Cornell, J. . 1990. *Experiments with Mixture, 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc.* New York. Chichester. Brisbane. Toronto. Singapore.

D., N. 2012. Dinamika populasi mikroba tanah dengan sistem pola tanam padi kedelai pada pertanian organik [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2017). *Fennema's Food Chemistry* (5th ed.). CRC Press.

Dasuki, U. A. 1991. *Sistematika Tumbuhan Tinggi*. Bandung : ITP press.

Dewi, H.T., T. I. dan E. purba. 2013. Pengaruh Waktu Penyiangan Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Sorgum (*Shorgum bicolor L.*). *Jurnal*

FM., S. 2007. *Soybeans and soymilk: does it make a difference for cardiovascular protection? Does it even matter? (editorial)*. *Am J Clin Nutr* [serial online].

Friedman, M. (1996). *Food Browning and Its Prevention: An Overview*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 631–653.

Gisslen, W. 2017. *Professional Cooking seventh edition*. John Wiley & Sons. United States of America.

Haryadi. 2006. *Teknologi Pengolahan Beras*. In UGM Press. Yogyakarta.

- Hasanah, L. 2022. Analisis Faktor-Faktor Pengaruh Terjadinya Impor Beras di Indonesia Setelah Swasembada Pangan. Lutfianasari Hasanah Fakultas Ekonomi Universitas Tidar , Magelang Produksi Beras , Luas Lahan Panen , dan PDB . *Analysis Of Factors Causing Rice Imports After F. Growth*: Jurnal Ilmiah Ekonomi Pembangunan, 1(2), 57–72.
- Herawati, H., F. Kusnandar, D.R. Adawiyah, S. B. 2014. Teknologi Proses Produksi Beras Tiruan Mendukung Diversifikasi Pangan. Jurnal Litbang Pertanian. Vol. 33(3), 87–130 ISSN 0216-4418.
- Hidayat, I. R., Zuhrotun, A., & Sopyan, I. 2021. *Design-expert Software s*. Majalah Farmasetika, 6(1), 99–120.
- Hilmi, R. Z., Hurriyati, R., & Lisnawati. 2018. PERBANDINGAN TEPUNG SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench) DENGAN TEPUNG SINGKONG (*Manihot Escolenta*) DAN KONSENTRASI GLISEROL MONOSTEARAT (GMS) TERHADAP KARAKTERISTIK BERAS ANALOG FORTIFIKASI. 3(2), 91–102.
- House, L. R., Rooney, L. W., & Waniska, R. D. (2000). *Storage, processing, and utilization of sorghum for food*. ICRISAT.
- Ibrahim, F.S., Babiker, E.E., Yousif, N. E., & El-Tinay, A. H. 2005. *Effect of Sensory, fermentation on biochemical and Flour, characteristics of sorghum Food, supplemented with whey protein*. Chemistry, 92, 285–292.
- Indrayati, S., & Oktaviani, R. 2021. Pemanfaatan Serbuk Kacang Kedelai (*Glycine max* L. Merr) sebagai Bahan Pengganti *Beef Extract* pada Media Nutrien Agar (NA) untuk Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. Prosiding Seminar Kesehatan Perintis E, 4(2), 2622–2256.
- Jannah, M., Tamrin, C. S. dan W. 2015. Pembuatan dan Uji Karakteristik Fisik Beras Analog Berbahan Baku Tepung Singkong yang Diperkaya dengan Protein Udang. Jurnal Teknik Pertanian Lampung 4(1): 51-56.
- Juliano, B.O. (1993). *Rice in Human Nutrition*. FAO Food and Nutrition Series No. 26. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Jenkins, D. J. A., et al. (2002). *Glycemic index: overview of implications in health and disease*. American Journal of Clinical Nutrition, 76(1), 266S–273S.
- Kartika, Bambang, Puji Hastuti, W. S. 1988. Pedoman uji inderawi bahan pangan. In Universitas Gadjadara. Yogyakarta.
- Kharunia., A. 2012. Pengembangan Beras Tiruan Berbasis Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Skripsi Sarjana. IPB. Bogor.
- Kinsella, J. E. (1979). *Functional properties of soy proteins*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 56(3), 242–258.

- Kholis, N., dan Hadi, F. 2010. Pengujian Bioassay Biskuit Balita Yang Disuplementasi Konsentrat Protein Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Pada Modeltikus Malnutrisi. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 11(3): 144- 151. <https://www.Academia.Edu/85617946/>.
- Kumar, V., Rani, A., Dixit, A. K., Pratap, D., & Bhatnagar, D. (2010). A comparative assessment of total and extractable mineral contents in soybean varieties: potential food and nutritional implications. *Food Chemistry*, 119(4), 1619–1626.
- Kurachi, H. 1995. *Process of Making Enriched Artificial Rice*. United States Patent, 5,403,606, 1–8.
- Kurniawati, M., Budijanto, S., & Dewi Yuliana, N. 2016. Karakterisasi dan Indeks Glikemik Beras Analog Berbahan Dasar Tepung Jagung. *Jurnal Gizi Pangan*, 11(3), 169–174. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jgizipangan>
- Lestari, D. 2013. Pengaruh Substitusi Tepung Tapioka Terhadap Tekstur Dan Nilai Organoleptik Dodol Susu. Skripsi. Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang.
- Lisnan, V. 2008. Pengembangan Beras Artificial dari Ubi Kayu (*Manihot esculenta*) dan Ubi Jalar (*Ipoemea batatas*) sebagai Upaya Diversifikasi Pangan. [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Liu, K. (2012). *Soybeans: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. Elsevier.
- Maarif. 1989. Teknik Optimalisasi Rekayasa Proses Pangan. Bogor : PAU-Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.
- Mahendra, Y. I., & Rachmawati, S. H. 2024. Pengaruh penggunaan tepung tapioka terhadap karakteristik fisik dan sensoris beras analog umbi talas rawa. Skripsi, Universitas Sriwijaya.
- Makmur, S. A. 2018. Penambahan tepung sagu dan tepung terigu pada pembuatan roti manis. *Gorontalo Agriculture Technology Journal*. 1(1): 1-9.
- Melo, V., Vargas, n., Quirino, T., and C., & C., C. M. 2013. *Moringa oleifera L. An Underutilized Tree With Macronutrients For Human Health*. *Journal Food Agriculture*. 25(10): 785-789. <https://Doi.Org/10.9755/Ejfa.V25i10.17003>.
- Miki S, Tomo K, Njelekera M, Takanori T, Armitage L, Nina B, et al. 2007. *Effect of dietary intake of soy protein and isoflavone on cardiovascular disease risk factors in high risk, middle-aged in Scotland*. *Jurnal of the American College of Nutrition* [Serial Online] 2003 23: 85-91.
- Mishra, A., Mishra, H. N., & Srinivasa Rao, P. 2012. *Preparation of rice analogues using extrusion technology*. *International Journal of Food Science and*

- Technology*, 47(9), 1789–1797. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03035>.
- Noviasari, S., F. Kusnandar, A. Setiyono, S. B. 2015. Beras Analog sebagai Pangan Fungsional dengan Indeks Glikemik Rendah. *Jurnal Gizi Dan Pangan.*, Vol. 10(3).
- Novitasari, et, A. 2013. Pengembangan Beras Analog dengan Memanfaatkan Jagung Putih. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan.*, Vol. 24: 1.
- Novitasari, R., & Mardesci, H. 2022. Pembuatan Bakso Ikan Gabus Dengan Pemanfaatan Tepung Sagu Yang Merupakan Potensi Lokal Sumber Daya Alam Kabupaten Indragiri Hilir. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(2), 71-78.
- Nugroho, A. 2012. Pemanfaatan *Software* dalam Penelitian. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada. Tersedia dalam Rezkywianti, Siska, 2016. Optimalisasi Formulasi Tepung Terigu, Tepung Pare, dan Tepung Daun Black Mulberry dalam Karakteristik Mi Kering Menggunakan Aplikasi *Design Expert Metode mixture d-optimal*. Skripsi
- Nurismanto, R., Sarofa, U., dan S., & T., A. 2017. Aktivitas Antioksidan Komponen Fungsional Tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera Lam*). *Jurnal Teknologi Pangan*. 6 (2) : 45-53.
- Nurmiah, S., Syarief, R., Sukarno, S., Peranginangin, R., & Nurmata, B. 2013. Aplikasi *Response Surface Methodology* pada Optimalisasi Kondisi Proses Pengolahan Alkali *Treated Cottonii* (ATC). <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v8i1.49>. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 8(1), 9–22.
- Pertanian., B. P. dan P. 2010. Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Tepung Sorgum. Jln. Tentara Pelajar No. 12 Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu. Bogor.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2015). Buletin Konsumsi Pangan Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Putri, A.A., Herlina, H. dan Subagio, A. 2018. Karakteristik Mocaf (*modified cassava flour*) Berdasarkan Metode Penggilingan dan Lama Fermentasi. *Jurnal Agroteknologi*, 12(1), Pp.79-89.
- Raissi, S., and Farzani, R. E. 2009. *Statistical process optimization through multi-response surface methodology*. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. Pp. 267–271.
- Ramadhani, A. 2019. Substitusi Tepung Terigu Dengan Tepung Sorgum (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) Terhadap Karakteristik Mutu Roti Manis Ubi Jalar Ungu (*Ippomea batatas L. Poiret*). Skripsi Universitas Andalas, 1–84.

- Rezza, M. 2024. Pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum (*Sorghum bicolor L.*) Eco Green kompos dan NPK Mutiara.
- Rimbawan, & Siagian, A. (2004). Indeks glikemik pangan: konsep dan penerapannya. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 2(2), 45–54.
- Kementerian Kesehatan RI. 2018. Tabel Komposisi Pangan Indonesia 2017. Jakarta: Kemenkes RI.
- Rosela. 2020. Peran Teknologi Dalam Peningkatan Produksi Sagu di Desa Takkalala Kecamatan Malangke Kabupaten Luwu Utara. Universitas Cokroaminoto Palopo, Program Studi Agribisnis, Palopo.
- Salim, E. 2012. Kiat Cerdas Wirausaha Aneka Olahan Kedelai. Lily Pubhliser. Yogyakarta.
- Samad, M. 2003. Pemuatan Beras Tiruan (Artificial Rice) Dengan Bahan Baku Ubi Kayu dan Sagu. J Saint Dan Teknologi BPPT, VII.IB.02.
- SAMOSIR, J. F. (2014). KARAKTERISTIK BERAS ANALOG BERBAHAN DASAR TALAS (*Colocasia sp*) DARI KABUPATEN KEPULAUAN MENTAWAI DENGAN CAMPURAN MOCAF DAN TEPUNG KACANG KEDELAI (*Glicine max L.*). Penambahan Natrium Benzoat Dan Kalium Sorbat (Antiinversi) Dan Kecepatan Pengadukan Sebagai Upaya Penghambatan Reaksi Inversi Pada Nira Tebu.
- Sari, A. M., Kurniawati, Li., & Mustofa, A. 2015. KARAKTERISTIK ROTI TAWAR DENGAN SUBSTITUSI TEPUNG SORGUM (*Sorghum bicolor (L) Moench*) TERFERMENTASI DAN TANPA FERMENTASI. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 8(1), 1–5.  
<https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.12784>
- Sepriyani, H., Devitria Rosa, & Indrasari. 2022. Pengaruh Pencucian dan Penambahan Tepung Sagu Terhadap Kadar Protein dan Lemak Surimi Ikan Patin (*Pangasius sp*).
- Slavin, J. (2013). *Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits*. *Nutrients*, 5(4), 1417–1435.
- Simatupang, R., et al. (2016). *Enzymatic hydrolysis of sago starch for glucose syrup production*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 27(1), 55–62.
- Sirappa, M. P. 2003. Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia Sebagai Komoditas Alternatif untuk Pangan, Pakan, dan Industri. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(4), 133–140.
- Soekarto, S. T. 1985. Penelitian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian. In Liberty. Yogyakarta.
- Soemarno. 2007. “Rancangan Teknologi Proses Pengolahan Tapioka dan Produk-

- Produknya". Malang: Universitas Brawijaya.
- Soerjodibroto, W. 2004. *Dietary fiber of adolescence in Jakarta. The Journal of the Indonesian Medical Association. Pp., 417– 423.*
- Suarni. 2001. Tepung Komposit Sorgum, Jagung, dan Beras untuk Pembuatan Kue Basah (cake). *Risalah Penelitian Jagung Dan Serealia*, Vol 6, :55-60.
- Suarni. 2004. Evaluasi Sifat Fisik dan Kandungan Kimia Biji Sorgum Setelah Penyosohan. *Jurnal Stigma*, XII (1), 88–91.
- Suarni. 2004. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. *J. Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 23(4), 145–151.
- Subagio, A. 2006. Ubi Kayu Substitusi Berbagai Tepung-tepungan. *Food Review*, 1 (3), 18-22.
- Sudarmadji, S. B. H. dan S. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. In Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Suprpti, M. L. 2003. *Teknologi Pengolahan Pangan: Pembuatan Tempe*. Cetakan I. Kanisius. Yogyakarta.
- Suryana, A. 2014. MENUJU KETAHANAN PANGAN INDONESIA BERKELANJUTAN 2025 : TANTANGAN DAN PENANGANANNYA *Toward Sustainable Indonesian Food Security 2025 : Challenges and Its Responses*. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 32(2), 123–135.
- Suyanto, P. 2008. Prospek dan manfaat isoflavon untuk Kesehatan. [Dikutip Pada 27 April 2025]. Tersedia Dari: URL: <http://www.Indoskripsi.Com>.
- Syamsir, E., Purwiyatno, H., Dedi, F., Nuri, A., D., & Feri, K. 2012. Karakteristik Tapioka dari Lima Varietas Ubi Kayu (*Manihot utilisima Crantz*) Asal Lampung. *Jurnal Agrotek* 5(1): 93-105.
- Syarief, R. dan A. I. 1988. *Pengetahuan Bahan Pangan Untuk Industri Pertanian*. In PT. Meditama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Tabri, F. dan Z. 2013. Budi daya tanaman sorgum. *Sorgum: Inovasi Teknologi dan Pengembangan*. Badan Penelitian Tanaman Serealia.
- USDA, U. S. D. of A. 2019. *Classification for Kingdom Plantae Down to Subspecies Sorghum bicolor (L.) Moench ssp. Bicolor*. <https://Plants.USDA.gov/Java/ClassificationServlet?-Source=dislay&classid=SOBIB>. Tanggal Akses 19 Maret 2025.
- Utomo, D., Rekna, W dan Rakhmad, W. 2013. Pemanfaatan Ikan Gabus (*Ophiocephalus striatus*) Menjadi Bakso dalam Rangka Perbaikan Gizi Masyarakat dan Upaya Meningkatkan Nilai Ekonomisnya. *Skripsi Fakultas Pertanian*. Universitas Yudharta Pasuruan, Pasuruan.

- Wahjuningsih, S. B., & Susanti, S. 2018. *Chemical, Physical, and Sensory Characteristics of Analog Rice Developed from The Mocaf, Arrowroot, and Red Bean Flour*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102(1), 1–10.
- Wahjuningsih, S. B. 2012. Kajian Pembuatan Tepung Mokal dengan Metoda Biang dari Berbagai Varietas Ubi Kayu (*Manihot esculenta Crantz*). *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Agroindustri 2012* ISBN : 978–602 18810–0–2, 137–146.
- Wanita, Y. P., & Wisnu, E. 2013. Pengaruh Cara Pembuatan Mocaf Terhadap Kandungan Amilosa dan Derajat Putih Tepung. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang Dan Umbi*, 22, 588–596.
- Widara, S. S. 2012. Studi Pembuatan Beras Analog dari Berbagai Sumber Karbohidrat Menggunakan Teknologi *Hot Extrusion*. Skripsi at Institut Pertanian Bogor.
- Warle, S., et al. (2015). *Evaluation of amylase activity in sorghum*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(9), 689–696.
- Winarno, F. G. 1991. Kimia Pangan dan Gizi. In Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Winarsih, N. 2010. Pengaruh Penggunaan Kulit ari Kedelai sebagai pengganti Konsetrat Terhadap Konsumsi Pakan dan Pertumbuhan Bobot Badan Sapi Peranakan Ongale. Malang Skripsi Jurusan Nutrisi Dan Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya Malang.
- Yanica, L. A. 2013. Indeks Glikemik dan Karakterisasi Kimia Beras Analog Berbahan Dasar Jagung, Sorgum, dan Sagu Aren. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Yuliani, N. N., Suyatna, I. N., & Lestari, S. D. (2019). Kapasitas daya ikat air tepung kedelai dan aplikasinya pada produk pangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 30(2), 123–131.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Analisis Kadar Air Metode Gravimetri (Sudarmadji,1996)

Prinsip : Berdasarkan penguapan yang ada dalam bahan dengan jalan pemanasan, kemudian ditimbang sampai berat konstan. Pengurangan bobot merupakan kandungan air yang terdapat dalam bahan.

Tujuan : Untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam beras analog berbasis tepung sorgum (*Sorgum Bicolor L*), tepung sagu (*Metroxylon sagu*) dan tepung kacang kedelai (*Glycine max (L).Merril*) dengan penambahan tepung tapioka dan air.

Prosedur : Sampel ditimbang dengan teliti 1-5 gram, kemudian diletakan pada kaca arloji yang sebelumnya telah diketahui berat keringnya. Selanjutnya dimasukan kedalam oven pada suhu 100° -105°C selama 3-5 jam. Setelah itu didinginkan dalam eksikator dan setelah dingin kemudian ditimbang. Sampel beserta cawan pengering dioven kembali selama 30 menit, selanjutnya didinginkan kembali dalam esikator dan ditimbang. Perlakuan ini diulangi sampai tercapai berat konstan.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$W_0$  = Cawan Konstan

$W_1$  = Cawan Konstan + Sampel

$W_2$  = Cawan Konstan + Sampel Kering

## Lampiran 2. Analisis Gula Reduksi Metode *Luff-Schoorl* (Sudarmadji et.,al. 1984)

Analisis gula reduksi bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan gula yang terdapat dalam beras analog berbasis tepung sorgum, sagu, kedelai dan mocaf yang dihitung sebagai gula reduksi.

Prosedur pengukuran analisa gula reduksi adalah:

1. Sampel ditimbang 2-5 gram dan ditambahkan aquadest hingga tanda batas dalam labu takar.
2. Dipipet 10 ml, larutan sampel masing-masing ke dalam erlenmeyer.
3. Ditambahkan 10 ml reagen *Luff-Schoorl* dan aquadest 50 ml
4. Dipanaskan hingga mendidih selama 15 menit, dan lalu ddinginkan hingga dingin
5. Tambahkan 5 ml larutan asam sulfat 6 N dan ditambahkan 1,5 gram KI aduk hingga homogen
6. Dititrasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1N hingga warna kuning mentah (pucat).
7. Ditambahkan 2 ml amilum 1%, lalu dihomogenkan.
8. Ditirasi kembali dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1N hingga tepat larutan berwarna coklat susu.
9. Ditentukan kadar gula reduksi, dengan rumus:

|                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{Kadar gula reduksi (\%)} = \frac{\text{mg gula reduksi}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\%$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Lampiran 3. Prosedur Analisis Kadar Protein Metode *Kjeldahl* (AOAC, 2005)

- Tahap Destruksi: 2-5 gram sampel dan garam kjeldahl (5 gram  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat, 0,25 gram  $\text{HgO}$ , 0,2 gram selenium, 2 butir batu didih) dimasukkan kedalam labu kjeldahl. Labu diletakan dalam ruang asam dengan posisi miring (sudut 450), tambahkan 25 mL.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat melalui dinding labu. Dilakukan pemanasan menggunakan api kecil sampai terbentuk arang, setelah itu api diperbesar biarkan sampai mendidih dan terbentuk larutan jernih, lalu dinginkan, kemudian tambahkan 25 ml. aquadest hingga homogen dengan hati-hati dan tanda bataskan pada labu takar.
- Tahap Destilasi: Masukkan 25 ml. larutan hasil destruksi dengan 20 ml.  $\text{NaOH}$  30%, 5 mL.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 50 m. aquadest, dan 2 butir granul Zn kedalam labu destilasi. Masukkan kedalam tabung destilasi yang ujung adapternya tercelup dalam labu erlenmeyer yang berisikan larutan  $\text{HCl}$  0,1 N. Proses ini dihentikan ketika destilat tidak mengubah lakmus merah (lakmus merah tetap merah).
- Tahap Titrasi: Destilat yang didapat ditambahkan indikator phenolphthalein sebanyak 3 tetes kemudian dilakukan titrasi menggunakan larutan  $\text{NaOH}$  0,1 N baku hingga TAT berwarna merah muda.

|               |                                                                                                                                                  |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NaOH          | $= \frac{\text{mg asam oksalat}}{V \text{ NaOH} \times \text{BE asam oksalat}}$                                                                  |
| N Total (%)   | $= \frac{(V \text{ blanko} - V \text{ Titrasi}) \times \text{NaOH} \times \text{FP} \times \text{BAN}}{W \text{ sampel} \times 1000} \times 100$ |
| Kadar Protein | $= \% \text{ N} \times \text{Faktor Konversi Protein}$                                                                                           |

Keterangan :

|     |                                                   |
|-----|---------------------------------------------------|
| Vb  | = Volume HCL Titrasi Blanko (mL)                  |
| Vs  | = Volume HCL Titrasi Sampel (mL)                  |
| N   | = Normalitas $\text{NaOH}$ standar yang digunakan |
| Fp  | = Faktor Pengenceran                              |
| BAN | = Berat Atom Nitrogen                             |

#### Lampiran 4. Formulir Pengujian Organoleptik Uji Hedonik

## FORMULIR PENGUJIAN ORGANOLEPTIK UJI HEDONIK

Tanggal Pegujian :

Nama Panelis :

Nama Produk : Beras Analog

Instruksi :

Berikan penilaian saudara terhadap warna, aroma, rasa, dan tekstur, berdasarkan kriteria penilaian sebagai berikut dengan penilaian yang bersifat hedonik (kesukaan berdasarkan skala numerik) :

1. Sangat Tidak Suka
2. Tidak Suka
3. Agak Tidak Suka
4. Suka Suka
5. Suka
6. Sangat Suka

Tabel 30. Kriteria Penilaian

[illegible]

## Lampiran 5. Formulasi Beras Analog

Tabel 31. Formulasi Beras Analog

| Formula ke- | Bahan             |                   |                 |                 |                    |                    |                  |                  |         |         |             |             |
|-------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------|---------|-------------|-------------|
|             | Tepung Sorgum (%) | Tepung Sorgum (g) | Tepung Sagu (%) | Tepung Sagu (g) | Tepung Kedelai (%) | Tepung Kedelai (g) | Tepung Mocaf (%) | Tepung Mocaf (g) | Air (%) | Air (g) | Tapioka (%) | Tapioka (g) |
| 1.          | 23,75             | 59,38             | 16,25           | 40,63           | 10,50              | 26,25              | 9,50             | 23,75            | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 2.          | 21,67             | 54,18             | 18,33           | 45,83           | 12,00              | 30                 | 8,00             | 20               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 3.          | 21,00             | 52,5              | 17,00           | 42,5            | 12,00              | 30                 | 10,00            | 25               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 4.          | 21,00             | 52,5              | 20,00           | 50              | 11,00              | 27,5               | 8,00             | 20               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 5.          | 25,00             | 62,5              | 15,00           | 37,5            | 10,00              | 25                 | 10,00            | 25               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 6.          | 23,00             | 57,5              | 19,00           | 47,5            | 10,00              | 25                 | 8,00             | 20               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 7.          | 23,33             | 58,33             | 16,67           | 41,68           | 12,00              | 30                 | 8,00             | 20               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 8.          | 23,00             | 57,5              | 15,00           | 37,5            | 12,00              | 30                 | 10,00            | 25               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 9.          | 25,00             | 62,5              | 17,00           | 42,5            | 10,00              | 25                 | 8,00             | 20               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 10.         | 22,50             | 56,25             | 17,50           | 43,75           | 11,00              | 27,5               | 9,00             | 22,5             | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 11.         | 20,67             | 51,68             | 20,00           | 50              | 10,00              | 25                 | 9,33             | 23,33            | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 12.         | 22,50             | 56,25             | 17,50           | 43,75           | 11,00              | 27,5               | 9,00             | 22,5             | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 13.         | 20,00             | 50                | 19,00           | 47,5            | 11,00              | 27,5               | 10,00            | 25               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 14.         | 25,00             | 62,5              | 15,00           | 37,5            | 11,33              | 28,33              | 8,67             | 21,68            | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 15.         | 21,67             | 54,18             | 18,33           | 45,83           | 10,00              | 25                 | 10,00            | 25               | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 16.         | 22,50             | 56,25             | 17,50           | 43,75           | 11,00              | 27,5               | 9,00             | 22,5             | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |
| 17.         | 20,00             | 50                | 19,00           | 47,5            | 12,00              | 30                 | 9,00             | 22,5             | 35      | 87,5    | 5           | 12,5        |

\*Warna yang sama merupakan formulasi yang sama

## Lampiran 6. Hasil Penelitian

### ● Dokumentasi Proses Pembuatan Beras Analog

#### Dokumentasi Alat

Tabel 32. Alat Pembuatan Beras Analog

| Keterangan             | Dokumentasi                                                                          |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Ekstruder Kecil        |   |
| <i>Oven Dhyderator</i> |  |
| <i>Tray</i>            |  |

## Dokumentasi Bahan

Tabel 33. Alat Pembuatan Beras Analog

| Keterangan     | Dokumentasi                                                                           |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Tepung Sorgum  |    |
| Pati Sagu      |   |
| Tepung Kedelai |  |
| Tepung Mocaf   |  |
| Tepung Tapioka |  |
| Air            |  |

## Dokumentasi Pembuatan Beras Analog

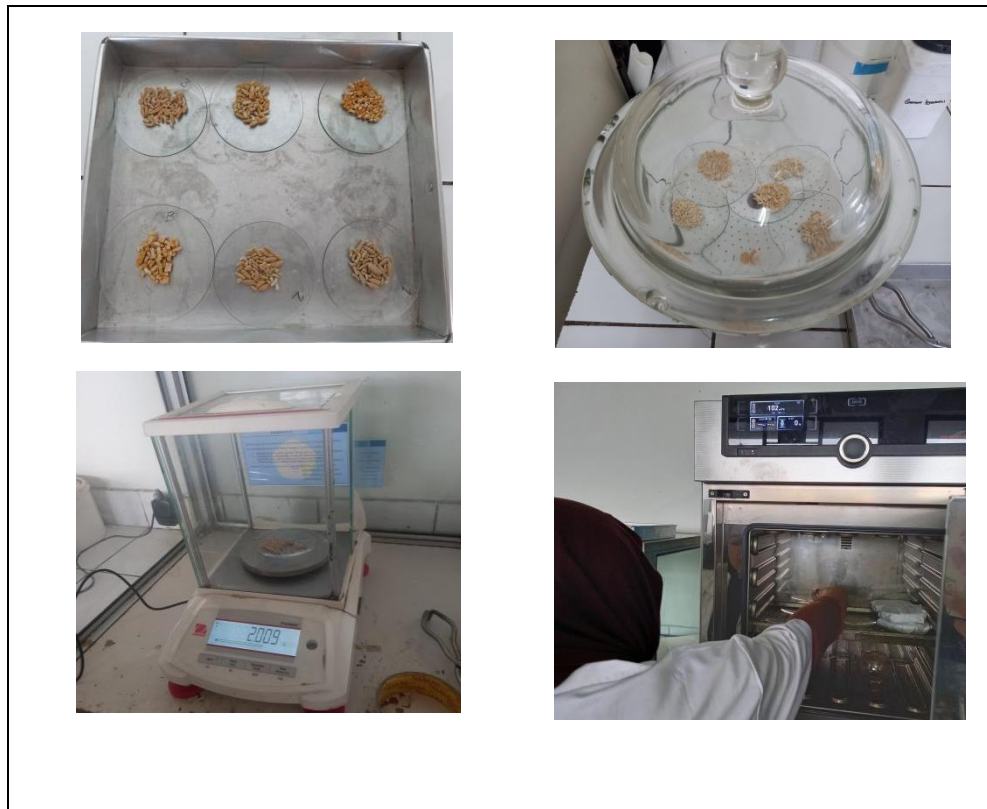
Tabel 34. Pembuatan Beras Analog

| Keterangan        | Dokumentasi                                                                           |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Penimbangan Bahan |     |
| Pencampuran       |    |
| Pengulenan        |   |
| Pencetakan        |   |
| Pengeringan       |  |

|                                           |                                                                                      |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Hasil Beras Kering                        |    |
| Hasil Beras 17 Formulasi                  |    |
| Hasil Beras Setelah di Masak              |   |
| Hasil 17 Formulasi Beras Setelah di Masak |  |

- Dokumentasi Analisis Kimia Kadar Air

Tabel 35. Analisis Kadar Air



### - Perhitungan Kadar Air Beras Analog

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan

Diketahui

Cawan Konstan ( $W_0$ ) = 20,809

Cawan Konstan + Sampel ( $W_1$ ) = 26,995

Cawan Konstan + Sampel Kering ( $W_2$ ) = 26,450

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air (\%)} &= \frac{26,995 - 26,487}{26,995 - 20,809} \times 100\% \\ &= 8,2\% \end{aligned}$$

**- Analisis Kadar Air**

Tabel 36. Hasil Analisis Kadar Air

| Formulasi | Ulangan | Kadar Air (%) | Rata-Rata |
|-----------|---------|---------------|-----------|
| F1        | 1       | 8,2           | 8,40      |
|           | 2       | 8,6           |           |
| F2        | 1       | 9,30          | 9,30      |
|           | 2       | 9,36          |           |
| F3        | 1       | 8,03          | 8,05      |
|           | 2       | 8,07          |           |
| F4        | 1       | 10,70         | 10,50     |
|           | 2       | 10,30         |           |
| F5        | 1       | 8,20          | 7,90      |
|           | 2       | 7,60          |           |
| F6        | 1       | 10,60         | 10,80     |
|           | 2       | 11,00         |           |
| F7        | 1       | 9,20          | 8,90      |
|           | 2       | 8,60          |           |
| F8        | 1       | 7,35          | 7,65      |
|           | 2       | 7,95          |           |
| F9        | 1       | 8,60          | 8,40      |
|           | 2       | 8,20          |           |
| F10       | 1       | 6,30          | 10,20     |
|           | 2       | 6,00          |           |
| F11       | 1       | 8,60          | 8,40      |
|           | 2       | 8,25          |           |
| F12       | 1       | 10,00         | 9,80      |
|           | 2       | 9,60          |           |
| F13       | 1       | 6,80          | 7,10      |
|           | 2       | 7,40          |           |

| Formulasi | Ulangan | Kadar Air (%) | Rata-Rata |
|-----------|---------|---------------|-----------|
| F14       | 1       | 6,90          | 6,70      |
|           | 2       | 6,50          |           |
| F15       | 1       | 9,80          | 9,50      |
|           | 2       | 9,20          |           |
| F16       | 1       | 9,40          | 9,20      |
|           | 2       | 9,00          |           |
| F17       | 1       | 10,00         | 9,80      |
|           | 2       | 9,60          |           |

- Dokumentasi Analisis Kadar Gula Reduksi

Tabel 37. Analisis Gula Reduksi



### - Perhitungan Analisis Kadar Gula Reduksi

$$\text{Kadar gula reduksi (\%)} = \frac{\text{mg gula reduksi}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\%$$

Diketahui :

$$W \text{ KIO}_3 = 0,043 \text{ gram}$$

$$\text{BE KIO}_3 = 35,667$$

$$V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 12,30 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 &= \frac{W \text{ KIO}_3}{\text{BE KIO}_3 \times V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \\ &= \frac{0,043 \times 1000}{35,667 \times 12,30} = 0,0989\text{N} \end{aligned}$$

$$V \text{ blanko} = 13,50 \text{ mL}$$

$$FP = 100/10$$

$$\text{mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{(\text{v blanko} - \text{v sampel}) \times \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{0,1}$$

$$\text{mg gula (tabel)} = d + \left[ \frac{(b-a)}{(c-a)} \times (e - d) \right]$$

$$\text{mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{(13,50 - 12,40) \times 0,0989}{0,1} = 1,0879$$

$$\text{mg gula (tabel)} = 2,4 + \left[ \frac{(1,0879-1)}{(2-1)} \right] \times (4,8 - 2,4)$$

$$= 2,61 \text{ mg}$$

$$\text{Kadar gula reduksi (\%)} = \frac{2,61}{2,055 \times 1000} \times 10 \times 100\%$$

$$= 1,27 \%$$

**- Analisis Kadar Gula Reduksi**

Tabel 38. Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi

| Formulasi | Ulangan | Kadar Gula Reduksi (%) | Rata-Rata |
|-----------|---------|------------------------|-----------|
| F1        | 1       | 1,27                   | 1,25      |
|           | 2       | 1,23                   |           |
| F2        | 1       | 2,26                   | 2,24      |
|           | 2       | 2,22                   |           |
| F3        | 1       | 1,68                   | 1,65      |
|           | 2       | 1,62                   |           |
| F4        | 1       | 2,39                   | 2,36      |
|           | 2       | 2,33                   |           |
| F5        | 1       | 2,26                   | 2,26      |
|           | 2       | 2,24                   |           |
| F6        | 1       | 1,19                   | 1,15      |
|           | 2       | 1,11                   |           |
| F7        | 1       | 4,16                   | 4,12      |
|           | 2       | 4,08                   |           |
| F8        | 1       | 4,28                   | 4,25      |
|           | 2       | 4,22                   |           |
| F9        | 1       | 3,54                   | 3,51      |
|           | 2       | 3,50                   |           |
| F10       | 1       | 3,80                   | 3,78      |
|           | 2       | 3,76                   |           |
| F11       | 1       | 4,54                   | 4,52      |
|           | 2       | 4,50                   |           |
| F12       | 1       | 4,55                   | 4,52      |
|           | 2       | 4,49                   |           |
| F13       | 1       | 5,19                   | 5,17      |
|           | 2       | 5,15                   |           |

| Formulasi | Ulangan | Kadar Air (%) | Rata-Rata |
|-----------|---------|---------------|-----------|
| F14       | 1       | 3,32          | 3,29      |
|           | 2       | 3,26          |           |
| F15       | 1       | 4,58          | 4,56      |
|           | 2       | 4,54          |           |
| F16       | 1       | 4,49          | 4,47      |
|           | 2       | 4,45          |           |
| F17       | 1       | 4,70          | 4,67      |
|           | 2       | 4,64          |           |

- Dokumentasi Analisis Kadar Protein

Tabel 39. Analisis Kadar Protein



### - Perhitungan Analisis Kadar Protein

$$N \text{ Total (\%)} = \frac{(V \text{ blangko} - V \text{ Titasi}) \times NaOH \times FP \times BAN}{W \text{ sampel} \times 1000} \times 100$$

Diketahui :

W As. oksalat = 0,065 gram

BE oksalat = 63,035

V NaOH = 10,60 mL

$$N \text{ NaOH} = \frac{W \text{ As. Oksalat} \times 1000}{BE \text{ Oksalat} \times V \text{ NaOH}}$$

$$N \text{ NaOH} = \frac{0,065 \times 1000}{63,035 \times 10,60} = 0,0973 \text{ N}$$

$$V \text{ Titration Blanko} = 26,50 \text{ mL}$$

$$\text{Faktor Pengenceran (FK)} = 100/10 = 10$$

$$W \text{ Sampel} = 2,014 \text{ g}$$

$$V \text{ Titration Sampel} = 24,80 \text{ mL}$$

$$\text{BA Nitrogen} = 14,008$$

$$N \text{ Total (\%)} = \frac{(V \text{ blanko} - V \text{ Titration}) \times N \text{ NaOH} \times \text{FK} \times \text{BAN}}{W \text{ sampel} \times 1000} \times 100$$

$$N \text{ Total (\%)} = \frac{(26,50 - 24,80) \times 0,0973 \times 14,008 \times 10}{2,012 \times 1000} \times 100$$

$$= 1,15162\%$$

$$\text{Kadar Protein} = 1,15162 \% \times 6,25 = 7,20\%$$

**- Analisis Kadar Protein**

Tabel 40. Hasil Analisis Kadar Protein

| Formulasi | Ulangan | Kadar Protein (%) | Rata-Rata |
|-----------|---------|-------------------|-----------|
| F1        | 1       | 7,20              | 7,18      |
|           | 2       | 7,16              |           |
| F2        | 1       | 7,65              | 7,62      |
|           | 2       | 7,59              |           |
| F3        | 1       | 7,17              | 7,20      |
|           | 2       | 7,23              |           |
| F4        | 1       | 7,64              | 7,62      |
|           | 2       | 7,60              |           |
| F5        | 1       | 7,20              | 7,16      |
|           | 2       | 7,16              |           |
| F6        | 1       | 6,71              | 6,74      |
|           | 2       | 6,77              |           |
| F7        | 1       | 8,89              | 8,86      |
|           | 2       | 8,83              |           |
| F8        | 1       | 8,42              | 8,45      |
|           | 2       | 8,47              |           |
| F9        | 1       | 7,21              | 7,19      |
|           | 2       | 7,17              |           |
| F10       | 1       | 10,58             | 10,56     |
|           | 2       | 10,54             |           |
| F11       | 1       | 6,75              | 6,75      |
|           | 2       | 6,75              |           |
| F12       | 1       | 10,61             | 10,59     |
|           | 2       | 10,57             |           |
| F13       | 1       | 11,46             | 11,43     |
|           | 2       | 11,40             |           |

| Formulasi | Ulangan | Kadar Air (%) | Rata-Rata |
|-----------|---------|---------------|-----------|
| F14       | 1       | 12,73         | 12,70     |
|           | 2       | 12,67         |           |
| F15       | 1       | 10,60         | 10,57     |
|           | 2       | 10,54         |           |
| F16       | 1       | 11,84         | 11,80     |
|           | 2       | 11,76         |           |
| F17       | 1       | 10,18         | 10,15     |
|           | 2       | 10,12         |           |

● Dokumentasi Uji Organoleptik



Tabel 41. Hasil Organoleptik Atribut Warna

| PANELIS   | Kode Sampel |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |   |      |
|-----------|-------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|---|------|
|           | 103         |       | 217  |       | 384  |       | 156  |       | 492  |       | 178  |       | 721  |       | 119  |       | 204  |       | 590  |       | 132  |       | 267  |       | 314  |       | 223  |       | 186  |       | 342  |       | 125  |       |   |      |
|           | DA          | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    | DA   | DT    |   |      |
| 1         | 4           | 2.12  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 3 | 1.87 |
| 2         | 3           | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3 | 1.87 |
| 3         | 5           | 2.35  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 1    | 1.22  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 2 | 1.58 |
| 4         | 3           | 1.87  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3 | 1.87 |
| 5         | 4           | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 2 | 1.58 |
| 6         | 3           | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3 | 1.87 |
| 7         | 4           | 2.12  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 2 | 1.58 |
| 8         | 5           | 2.35  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 1    | 1.22  | 1    | 1.22  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4 | 2.12 |
| 9         | 2           | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 5    | 2.35  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 1    | 1.22  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 2 | 1.58 |
| 10        | 2           | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 1    | 1.22  | 1    | 1.22  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 3    | 1.87  | 1    | 1.22  | 1 | 1.22 |
| 11        | 4           | 2.12  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3 | 1.87 |
| 12        | 3           | 1.87  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 5    | 2.35  | 2 | 1.58 |
| 13        | 2           | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2 | 1.58 |
| 14        | 3           | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 1    | 1.22  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 1    | 1.22  | 1    | 1.22  | 3    | 1.87  | 3 | 1.87 |
| 15        | 3           | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3 | 1.87 |
| 16        | 2           | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 2 | 1.58 |
| 17        | 3           | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 5    | 2.35  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4 | 2.12 |
| 18        | 2           | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2 | 1.58 |
| 19        | 2           | 1.58  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4 | 2.12 |
| 20        | 2           | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2 | 1.58 |
| 21        | 4           | 2.12  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3 | 1.87 |
| 22        | 3           | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 6    | 2.55  | 3    | 1.87  | 5    | 2.35  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 4 | 2.12 |
| 23        | 4           | 2.12  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3 | 1.87 |
| 24        | 3           | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 1    | 1.22  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2 | 1.58 |
| 25        | 5           | 2.35  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 5    | 2.35  | 3    | 1.87  | 6    | 2.55  | 1    | 1.22  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 6    | 2.55  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 5 | 2.35 |
| 26        | 3           | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4 | 2.12 |
| 27        | 2           | 1.58  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 1    | 1.22  | 1    | 1.22  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 1    | 1.22  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 3 | 1.87 |
| 28        | 5           | 2.35  | 5    | 2.35  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 6    | 2.55  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 6    | 2.55  | 6    | 2.55  | 5    | 2.35  | 5 | 2.35 |
| 29        | 4           | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 6    | 2.55  | 3    | 1.87  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 4    | 2.12  | 5    | 2.35  | 4 | 2.12 |
| 30        | 4           | 2.12  | 5    | 2.35  | 2    | 1.58  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 5    | 2.35  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 3    | 1.87  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 3    | 1.87  | 4    | 2.12  | 2    | 1.58  | 4    | 2.12  | 4 | 2.12 |
| Jumlah    | 98          | 57.71 | 94   | 56.69 | 79   | 52.57 | 89   | 55.32 | 99   | 57.50 | 96   | 56.63 | 95   | 56.49 | 84   | 53.53 | 92   | 55.81 | 99   | 58.06 | 96   | 57.00 | 97   | 57.46 | 96   | 56.92 | 99   | 58.08 | 97   | 56.93 | 98   | 57.32 | 95   | 56.81 |   |      |
| Rata-Rata | 3.27        | 1.92  | 3.13 | 1.89  | 2.63 | 1.75  | 2.97 | 1.84  | 3.30 | 1.92  | 3.20 | 1.89  | 3.17 | 1.88  | 2.80 | 1.78  | 3.07 | 1.86  | 3.30 | 1.94  | 3.20 | 1.90  | 3.23 | 1.92  | 3.20 | 1.90  | 3.30 | 1.94  | 3.23 | 1.90  | 3.27 | 1.91  | 3.17 | 1.89  |   |      |

Tabel 42. Hasil Organoleptik Atribut Aroma

| PANELIS   | Kode Sampel |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 103         |       | 217   |       | 384   |       | 156   |       | 492   |       | 178   |       | 721   |       | 119   |       | 204   |       | 590   |       | 132   |       | 267   |       | 314   |       | 223   |       | 186   |       | 342   |       | 125   |       |
|           | DA          | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    |
| 1         | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  |
| 2         | 3           | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  |
| 3         | 4           | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 4         | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  |
| 5         | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  |
| 6         | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  |
| 7         | 4           | 2.12  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  |
| 8         | 3           | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  |
| 9         | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  |
| 10        | 2           | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  |
| 11        | 4           | 2.12  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  |
| 12        | 1           | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  |
| 13        | 2           | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 14        | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  |
| 15        | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 16        | 2           | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  |
| 17        | 4           | 2.12  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  |
| 18        | 2           | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 19        | 2           | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 20        | 3           | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  |
| 21        | 2           | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  |
| 22        | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  |
| 23        | 5           | 2.35  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  |
| 24        | 1           | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  |
| 25        | 2           | 1.58  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  |
| 26        | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  |
| 27        | 2           | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  |
| 28        | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  |
| 29        | 2           | 1.58  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 5     | 2.35  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  |
| 30        | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  |
| Jumlah    | 87.00       | 54.70 | 93.00 | 55.93 | 81.00 | 53.04 | 79.00 | 52.37 | 81.00 | 53.02 | 83.00 | 53.41 | 82.00 | 53.27 | 75.00 | 51.32 | 87.00 | 54.51 | 80.00 | 52.73 | 84.00 | 53.81 | 74.00 | 50.87 | 90.00 | 55.36 | 78.00 | 52.12 | 68.00 | 49.17 | 84.00 | 53.66 | 86.00 | 54.11 |
| Rata-Rata | 2.900       | 1.823 | 3.100 | 1.864 | 2.700 | 1.768 | 2.633 | 1.746 | 2.700 | 1.767 | 2.767 | 1.780 | 2.733 | 1.776 | 2.500 | 1.711 | 2.900 | 1.817 | 2.667 | 1.758 | 2.800 | 1.794 | 2.467 | 1.696 | 3.000 | 1.845 | 2.600 | 1.737 | 2.267 | 1.639 | 2.800 | 1.789 | 2.867 | 1.804 |

Tabel 43. Hasil Organoleptik Atribut Rasa

| PANELIS   | Kode Sampel |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 103         |       | 217   |       | 384   |       | 156   |       | 492   |       | 178   |       | 721   |       | 119   |       | 204   |       | 590   |       | 132   |       | 267   |       | 314   |       | 223   |       | 186   |       | 342   |       | 125   |       |
|           | DA          | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    |       |       |
| 1         | 2           | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  |
| 2         | 2           | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  |
| 3         | 4           | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  |
| 4         | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  |
| 5         | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  |
| 6         | 2           | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  |
| 7         | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 6     | 2.55  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  |
| 8         | 5           | 2.35  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  |
| 9         | 2           | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  |
| 10        | 1           | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 5     | 2.35  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  |
| 11        | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  |
| 12        | 4           | 2.12  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 13        | 2           | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  |
| 14        | 4           | 2.12  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  |
| 15        | 4           | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  |
| 16        | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  |
| 17        | 2           | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  |
| 18        | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 19        | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  |
| 20        | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  |
| 21        | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  |
| 22        | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 6     | 2.55  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  |
| 23        | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  |
| 24        | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 25        | 2           | 1.58  | 1     | 1.22  | 5     | 2.35  | 6     | 2.55  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 6     | 2.55  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 6     | 2.55  | 5     | 2.35  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  |
| 26        | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 6     | 2.55  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  |
| 27        | 5           | 2.35  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 5     | 2.35  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  |
| 28        | 3           | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  |
| 29        | 2           | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 6     | 2.55  | 2     | 1.58  | 6     | 2.55  | 5     | 2.35  | 5     | 2.35  | 5     | 2.35  | 5     | 2.35  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  |
| 30        | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  |
| Jumlah    | 91          | 55.86 | 73    | 50.64 | 77    | 51.55 | 74    | 50.81 | 72    | 49.90 | 71    | 49.61 | 81    | 52.95 | 74    | 50.83 | 96    | 56.67 | 78    | 51.93 | 72    | 49.95 | 89    | 55.14 | 88    | 54.36 | 85    | 53.38 | 71    | 49.97 | 76    | 51.33 | 82    | 52.71 |
| Rata-Rata | 3.033       | 1.862 | 2.433 | 1.688 | 2.567 | 1.718 | 2.467 | 1.694 | 2.400 | 1.663 | 2.367 | 1.654 | 2.700 | 1.765 | 2.467 | 1.694 | 3.200 | 1.889 | 2.600 | 1.731 | 2.400 | 1.665 | 2.967 | 1.838 | 2.933 | 1.812 | 2.833 | 1.779 | 2.367 | 1.666 | 2.533 | 1.711 | 2.733 | 1.757 |

Tabel 44. Hasil Organoleptik Atribut Tekstur

| PANELIS   | Kode Sampel |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 103         |       | 217   |       | 384   |       | 156   |       | 492   |       | 178   |       | 721   |       | 119   |       | 204   |       | 590   |       | 132   |       | 267   |       | 314   |       | 223   |       | 186   |       | 342   |       | 125   |       |
|           | DA          | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    | DA    | DT    |
| 1         | 2           | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 2         | 2           | 1.58  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  |
| 3         | 4           | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 4         | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  |
| 5         | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  |
| 6         | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  |
| 7         | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 5     | 2.35  |
| 8         | 4           | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  |
| 9         | 2           | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  |
| 10        | 2           | 1.58  | 5     | 2.35  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  |
| 11        | 3           | 1.87  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  |
| 12        | 1           | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 13        | 2           | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  |
| 14        | 5           | 2.35  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  |
| 15        | 2           | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  |
| 16        | 4           | 2.12  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  |
| 17        | 3           | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  |
| 18        | 4           | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  |
| 19        | 4           | 2.12  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  |
| 20        | 4           | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  |
| 21        | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  |
| 22        | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  |
| 23        | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  |
| 24        | 3           | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  | 1     | 1.22  |
| 25        | 4           | 2.12  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  |
| 26        | 4           | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 1     | 1.22  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  |
| 27        | 3           | 1.87  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 1     | 1.22  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  |
| 28        | 4           | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  |
| 29        | 4           | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 6     | 2.55  | 3     | 1.87  | 6     | 2.55  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  | 5     | 2.35  | 2     | 1.58  | 5     | 2.35  | 4     | 2.12  |
| 30        | 5           | 2.35  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 4     | 2.12  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 4     | 2.12  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  | 2     | 1.58  | 3     | 1.87  |
| Jumlah    | 100.00      | 58.20 | 84.00 | 53.83 | 79.00 | 52.17 | 75.00 | 51.46 | 60.00 | 46.62 | 66.00 | 48.80 | 75.00 | 51.08 | 65.00 | 48.38 | 73.00 | 50.46 | 67.00 | 48.70 | 72.00 | 49.96 | 70.00 | 49.75 | 73.00 | 50.67 | 67.00 | 48.78 | 68.00 | 49.02 | 66.00 | 48.32 | 78.00 | 51.85 |
| Rata-Rata | 3.333       | 1.940 | 2.800 | 1.794 | 2.633 | 1.739 | 2.500 | 1.715 | 2.000 | 1.554 | 2.200 | 1.627 | 2.500 | 1.703 | 2.167 | 1.613 | 2.433 | 1.682 | 2.233 | 1.623 | 2.400 | 1.665 | 2.333 | 1.658 | 2.433 | 1.689 | 2.233 | 1.626 | 2.267 | 1.634 | 2.200 | 1.611 | 2.600 | 1.728 |

## Lampiran 7. Verifikasi Formulasi Optimal

## - Hasil Analisis Kadar Air

Tabel 45. Analisis Formulasi Optimal Kadar Air

| <b>Formulasi</b>   | <b>Tepung<br/>Sorgum</b> | <b>Pati Sagu</b> | <b>Tepung<br/>Kedelai</b> | <b>Tepung<br/>Mocaf</b> | <b>Rata-Rata<br/>Kadar Air<br/>(%)</b> |
|--------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
| Formula<br>Optimal | 24,99                    | 15,00            | 11,69                     | 8,32                    | 7,6                                    |

## - Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi

Tabel 46. Analisis Formulasi Optimal Gula Reduksi

| <b>Formulasi</b>   | <b>Tepung<br/>Sorgum</b> | <b>Pati Sagu</b> | <b>Tepung<br/>Kedelai</b> | <b>Tepung<br/>Mocaf</b> | <b>Rata-Rata<br/>Kadar<br/>Gula<br/>Reduksi<br/>(%)</b> |
|--------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|
| Formula<br>Optimal | 24,99                    | 15,00            | 11,69                     | 8,32                    | 3,29                                                    |

## - Hasil Analisis Kadar Protein

Tabel 47. Analisis Formulasi Optimal Kadar Protein

| <b>Formulasi</b>   | <b>Tepung<br/>Sorgum</b> | <b>Pati Sagu</b> | <b>Tepung<br/>Kedelai</b> | <b>Tepung<br/>Mocaf</b> | <b>Rata-Rata<br/>Kadar<br/>Protein<br/>(%)</b> |
|--------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|
| Formula<br>Optimal | 24,99                    | 15,00            | 11,69                     | 8,32                    | 10,16                                          |

- Hasil Analisis Organoleptik Atribut Warna

Tabel 48. Analisis Formulasi Optimal Organoleptik atribut Warna

| <b>Formulasi</b>   | <b>Tepung<br/>Sorgum</b> | <b>Pati Sagu</b> | <b>Tepung<br/>Kedelai</b> | <b>Tepung<br/>Mocaf</b> | <b>Rata-Rata<br/>atribut<br/>Warna</b> |
|--------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
| Formula<br>Optimal | 24,99                    | 15,00            | 11,69                     | 8,32                    | 3,13                                   |

- Hasil Analisis Organoleptik Atribut Aroma

Tabel 49. Analisis Formulasi Optimal Organoleptik atribut Aroma

| <b>Formulasi</b>   | <b>Tepung<br/>Sorgum</b> | <b>Pati Sagu</b> | <b>Tepung<br/>Kedelai</b> | <b>Tepung<br/>Mocaf</b> | <b>Rata-Rata<br/>atribut<br/>Aroma</b> |
|--------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
| Formula<br>Optimal | 24,99                    | 15,00            | 11,69                     | 8,32                    | 2,63                                   |

- Hasil Analisis Organoleptik Atribut Rasa

Tabel 50. Analisis Formulasi Optimal Organoleptik atribut Rasa

| <b>Formulasi</b>   | <b>Tepung<br/>Sorgum</b> | <b>Pati Sagu</b> | <b>Tepung<br/>Kedelai</b> | <b>Tepung<br/>Mocaf</b> | <b>Rata-Rata<br/>atribut<br/>Rasa</b> |
|--------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Formula<br>Optimal | 24,99                    | 15,00            | 11,69                     | 8,32                    | 2,10                                  |

- Hasil Analisis Organoleptik Atribut Tekstur

Tabel 51. Analisis Formulasi Optimal Organoleptik atribut Tekstur

| <b>Formulasi</b>   | <b>Tepung<br/>Sorgum</b> | <b>Pati Sagu</b> | <b>Tepung<br/>Kedelai</b> | <b>Tepung<br/>Mocaf</b> | <b>Rata-Rata<br/>atribut<br/>Tekstur</b> |
|--------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| Formula<br>Optimal | 24,99                    | 15,00            | 11,69                     | 8,32                    | 2,40                                     |

Tabel 52. Analisis Organoleptik Produk Optimal

| PANELIS   | OPTIMAL |       |       |       |      |       |         |       |
|-----------|---------|-------|-------|-------|------|-------|---------|-------|
|           | WARNA   |       | AROMA |       | RASA |       | TEKSTUR |       |
|           | DA      | DT    | DA    | DT    | DA   | DT    | DA      | DT    |
| 1         | 4       | 2.12  | 3     | 1.87  | 2    | 1.58  | 1       | 1.22  |
| 2         | 3       | 1.87  | 4     | 2.12  | 2    | 1.58  | 1       | 1.22  |
| 3         | 2       | 1.58  | 3     | 1.87  | 3    | 1.87  | 3       | 1.87  |
| 4         | 3       | 1.87  | 3     | 1.87  | 2    | 1.58  | 2       | 1.58  |
| 5         | 4       | 2.12  | 4     | 2.12  | 2    | 1.58  | 3       | 1.87  |
| 6         | 3       | 1.87  | 2     | 1.58  | 3    | 1.87  | 3       | 1.87  |
| 7         | 4       | 2.12  | 2     | 1.58  | 3    | 1.87  | 2       | 1.58  |
| 8         | 3       | 1.87  | 3     | 1.87  | 1    | 1.22  | 2       | 1.58  |
| 9         | 3       | 1.87  | 4     | 2.12  | 1    | 1.22  | 5       | 2.35  |
| 10        | 2       | 1.58  | 4     | 2.12  | 2    | 1.58  | 4       | 2.12  |
| 11        | 5       | 2.35  | 3     | 1.87  | 2    | 1.58  | 4       | 2.12  |
| 12        | 3       | 1.87  | 2     | 1.58  | 3    | 1.87  | 4       | 2.12  |
| 13        | 3       | 1.87  | 1     | 1.22  | 3    | 1.87  | 3       | 1.87  |
| 14        | 3       | 1.87  | 1     | 1.22  | 3    | 1.87  | 3       | 1.87  |
| 15        | 4       | 2.12  | 3     | 1.87  | 1    | 1.22  | 1       | 1.22  |
| 16        | 3       | 1.87  | 4     | 2.12  | 2    | 1.58  | 1       | 1.22  |
| 17        | 4       | 2.12  | 3     | 1.87  | 1    | 1.22  | 2       | 1.58  |
| 18        | 2       | 1.58  | 2     | 1.58  | 3    | 1.87  | 2       | 1.58  |
| 19        | 2       | 1.58  | 3     | 1.87  | 2    | 1.58  | 2       | 1.58  |
| 20        | 2       | 1.58  | 4     | 2.12  | 2    | 1.58  | 3       | 1.87  |
| 21        | 3       | 1.87  | 4     | 2.12  | 3    | 1.87  | 3       | 1.87  |
| 22        | 4       | 2.12  | 2     | 1.58  | 3    | 1.87  | 4       | 2.12  |
| 23        | 3       | 1.87  | 2     | 1.58  | 2    | 1.58  | 2       | 1.58  |
| 24        | 4       | 2.12  | 1     | 1.22  | 1    | 1.22  | 2       | 1.58  |
| 25        | 4       | 2.12  | 1     | 1.22  | 1    | 1.22  | 1       | 1.22  |
| 26        | 3       | 1.87  | 1     | 1.22  | 2    | 1.58  | 2       | 1.58  |
| 27        | 2       | 1.58  | 3     | 1.87  | 3    | 1.87  | 2       | 1.58  |
| 28        | 2       | 1.58  | 3     | 1.87  | 2    | 1.58  | 1       | 1.22  |
| 29        | 3       | 1.87  | 2     | 1.58  | 2    | 1.58  | 1       | 1.22  |
| 30        | 4       | 2.12  | 2     | 1.58  | 1    | 1.22  | 3       | 1.87  |
| Jumlah    | 94      | 56.83 | 79    | 52.33 | 63   | 47.84 | 72      | 50.18 |
| Rata-Rata | 3.13    | 1.89  | 2.63  | 1.74  | 2.10 | 1.59  | 2.40    | 1.67  |