

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

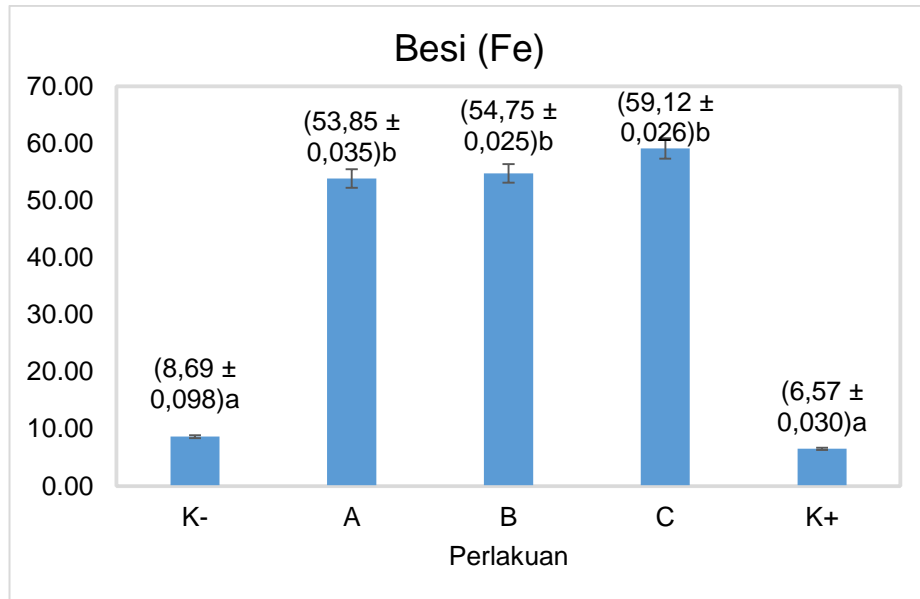
Hasil Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *brownies* optimum berdasarkan analisa fisika yaitu daya tekstur, pada analisa kimia yaitu kadar air, kadar protein, kadar lemak, kadar abu dan kadar karbohidrat, uji besi (Fe) dan uji serat pangan, sedangkan pada analisa organoleptik yaitu berdasarkan uji hedonik dan skoring. Sebelum dilakukan penelitian, dilakukan analisa kimia pada bahan baku yaitu tepung tempe dan *Spirullina*. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik kimia dari bahan baku sehingga dapat diketahui peningkatan kualitas produk dari awal sebelum diproses sampai terbentuk produk yang sudah jadi. Hasil produk *brownies* dapat dilihat pada lampiran 8

4.1 Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik *Brownies* Kukus Tahap Pertama

Karakteristik fisikokimia *brownies* yang diuji pada penelitian tahap pertama ini diantara lain yaitu kadar zat besi (Fe), daya tekstur dan organoleptik (aroma, warna, rasa, tekstur) dengan perbedaan proporsi tepung terigu dan tepung tempe. Ada pun data hasil uji *brownies* kukus akan di jelaskan pada penjelasan berikut ini.

4.1.1 Kadar Zat Besi (Fe)

Zat besi adalah salah satu gizi penting yang terdapat pada setiap sel hidup, baik sel tumbuhan maupun sel hewan (Soekirman, 2000). Zat besi dalam bahan pangan sebagian besar terdapat dalam bentuk oksidasi (Fe^{+++} , ferri) dan sebagian kecil terdapat dalam bentuk tereduksi (Fe^{++} , ferro) (Muchtadi, 2009). Grafik rerata hasil penelitian kadar zat besi *brownies* kukus dapat dilihat pada gambar 4. dan lampiran Analisa perhitungan besi dapat dilihat pada lampiran 9.



Keterangan:

K-: *Brownies* kontrol negatif (0%)

A: *Brownies* penambahan tepung tempe (5%)

B: *Brownies* penambahan tepung tempe (10%)

C: *Brownies* penambahan tepung tempe (15%)

K+: *Brownies* Komersial

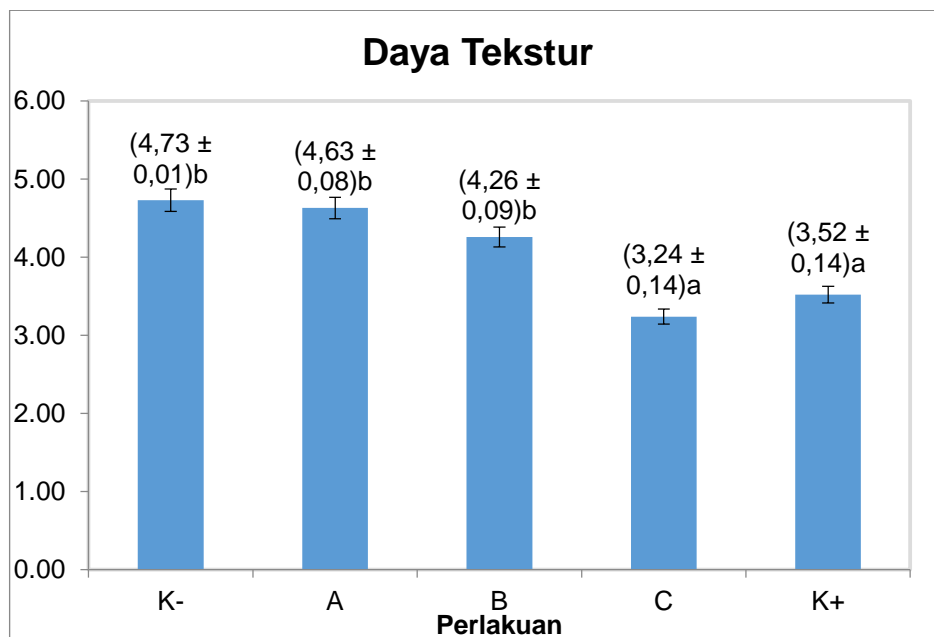
Gambar 4. Grafik histogram kadar zat besi (Fe)

Grafik histogram pada gambar 4 terlihat bahwa hasil rerata nilai kadar zat besi (Fe) *brownies* kukus terendah pada penelitian ini didapat pada perlakuan Kontrol + yaitu *brownies* komersial dengan hasil 6,57%. Sedangkan hasil tertinggi didapat pada perlakuan (tepung terigu 85% : tepung tempe 15%) dengan nilai 59,12%. Dimana perlakuan A tidak berbeda nyata terhadap perlakuan B dan C namun berbeda nyata terhadap perlakuan K- (Kontrol negatif) dan K+ (Komersial). Perlakuan B tidak berbeda nyata terhadap perlakuan A dan C namun berbeda nyata terhadap perlakuan K – dan K+. Perlakuan C tidak berbeda nyata dengan A dan B, tapi berbeda nyata terhadap perlakuan K- dan K+. Perlakuan K- tidak berbeda nyata dengan K+ tapi berbeda nyata terhadap perlakuan A, B, dan C. A-C tidak beda nyata tapi beda nyata dari pada K+ dan K- f hitung beda nyata.

Analisis kadar zat besi pada *brownies* kukus rata – rata pada penelitian ini berkisar 6,57% – 58,12% terdapat kecenderungan meningkat penggunaan dengan penambahan tepung tempe semakin meningkat karena tepung tempe yang kering. Jika dibandingkan dengan biskuit substitusi tepung tempe lebih kecil yaitu 24,90% dengan penambahan tepung tempe 4% (Mukti, 2010). Semakin tinggi substitusi tepung tempe, maka kadar zat besi semakin meningkat secara signifikan ($p=0,005$).

4.1.2 Daya Tekstur

Tekstur merupakan aspek yang penting untuk penilaian mutu produk pangan. Tekstur termasuk dalam salah satu faktor yang mempengaruhi penerimaan konsumen terhadap produk pangan (Hellyer, 2004).



Keterangan:

K-: *Brownies* kontrol negatif (0%)

A: *Brownies* penambahan tepung tempe (5%)

B: *Brownies* penambahan tepung tempe (10%)

C: *Brownies* penambahan tepung tempe (15%)

K+: *Brownies* Komersial

Gambar 5. Grafik histogram daya tekstur

Grafik histogram pada gambar 5. Terlihat bahwa hasil rerata tertinggi analisis daya tekstur pada *brownies* kukus pada penelitian ini didapat pada perlakuan (85% tepung terigu : 15% tepung tempe) dengan nilai 4,66 N. Sedangkan hasil terendah didapat pada perlakuan K+ dengan nilai 2,84 N. Dimana perlakuan A tidak berbeda nyata terhadap perlakuan B dan K- namun berbeda nyata terhadap perlakuan C dan K+. Perlakuan B tidak berbeda nyata terhadap perlakuan A dan K- namun berbeda nyata terhadap perlakuan C dan K+. Perlakuan C tidak berbeda nyata dengan K+, tapi berbeda nyata terhadap perlakuan A, B dan K+. Perlakuan K- tidak berbeda nyata dengan A dan B tapi berbeda nyata terhadap perlakuan C dan K+. Perlakuan K+ tidak berbeda nyata dengan C tetapi berbeda nyata dengan perlakuan A, B dan K-. Analisa perhitungan daya tekstur dapat dilihat pada lampiran 9.

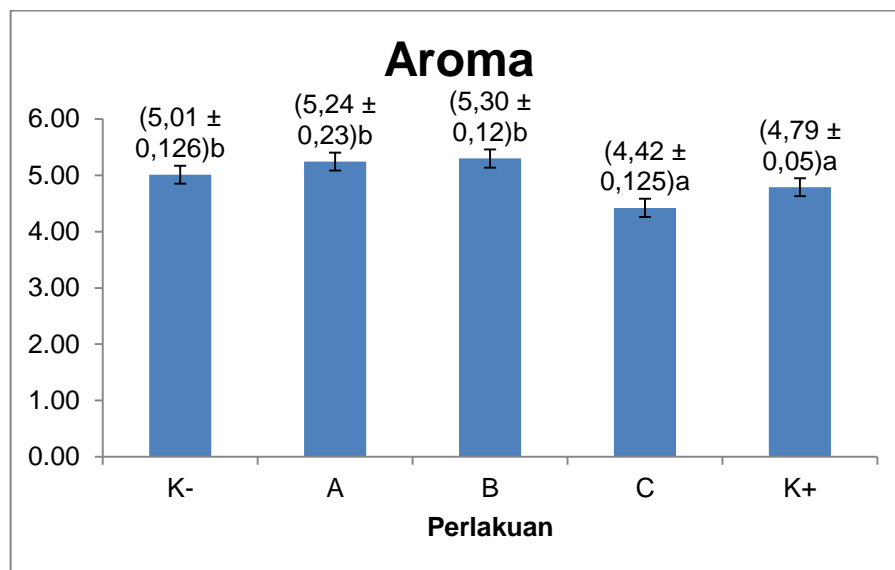
Pada penelitian Febrial (2009), hasil daya tekstur diperoleh paling tertinggi 5,74 N dan terendah dengan nilai 4,03 N. Penggunaan tepung tempe yang lebih rendah dari tepung terigu, serta pengaruh minimnya margarine menyebabkan tekstur *brownies* tempe kurang elastis dan kurang lembut dibandingkan proporsi *brownies* tanpa tepung tempe

Tingginya nilai Air pada saat pengukusan memungkinkan adonan untuk menyerap lebih banyak air untuk melarutkan dan mendistribusikan bahan-bahan dalam adonan secara merata sehingga dapat membentuk struktur adonan yang lebih baik (Berenbaum, 2003)

4.1.3 Aroma

Aroma merupakan parameter yang berpengaruh terhadap penerimaan produk pada responden, dimana aroma dari salah satu bahan pangan akan

berpengaruh terhadap tingkat kesukaan responden dimana responden tidak akan menyukai aroma yang tidak sesuai atau menyimpang dari seharusnya. Hasil analisis data menunjukkan bahwa *brownies* tepung tempe berpengaruh sangat nyata terhadap hedonik aroma *brownies* dan terjadi interaksi. Perolehan hasil panelis aroma *brownies* dapat dilihat pada gambar 6. Hasil analisa organoleptik Aroma dapat dilihat pada lampiran 10.



Keterangan:

K-: *Brownies* kontrol negatif (0%)

A: *Brownies* penambahan tepung tempe (5%)

B: *Brownies* penambahan tepung tempe (10%)

C: *Brownies* penambahan tepung tempe (15%)

K+: *Brownies* Komersial

Gambar 6. Grafik histogram Aroma Organoleptik

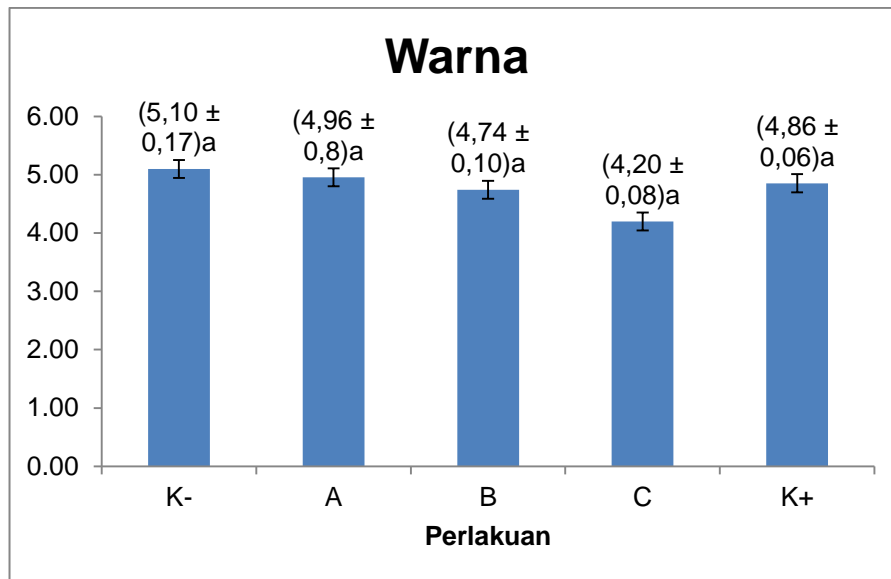
Berdasarkan Gambar 6. menunjukkan semakin tinggi proporsi tepung tempe maka hasil aroma pada organoleptik *brownies* kukus semakin menurun. Hal ini diduga panelis yang tidak menyukai aroma dari tepung tempe yang bau menyengat (tenggik), maka aroma *brownies* yang dihasilkan semakin tidak disukai oleh panelis. Dimana perlakuan A tidak berbeda nyata terhadap perlakuan B dan K- namun berbeda nyata terhadap perlakuan C dan K+. Perlakuan B tidak berbeda nyata terhadap perlakuan A dan K- namun berbeda

nyata terhadap perlakuan C dan K+. Perlakuan C tidak berbeda nyata dengan K+, tapi berbeda nyata terhadap perlakuan A, B dan K+. Perlakuan K- tidak berbeda nyata dengan A dan B tapi berbeda nyata terhadap perlakuan C dan K+. Perlakuan K+ tidak berbeda nyata dengan C tetapi berbeda nyata dengan perlakuan A, B dan K-.

Hasil nilai terbaik uji organoleptik aroma *brownies* kukus dengan substitusi tepung tempe pada penelitian ini adalah 5,30 %. Jika dibandingkan dengan kontrol negatif yang memiliki nilai 5,01 % maka nilai lebih tinggi dari *brownies* substitusi tepung tempe tadi. Dan jika dibandingkan dengan hasil penelitian Febrial dan Arif (2009), mengenai penambahan tepung tempe pada *brownies* dengan nilai hedonik aroma sebesar 5,73 %, maka penelitian ini memiliki hasil hedonik aroma yang lebih rendah

4.1.4 Warna

Warna merupakan parameter yang juga berpengaruh terhadap penerimaan produk pada responden, dimana warna merupakan parameter pertama yang dilihat oleh responden dalam hal penerimaan terutama pada produk baru. Data pengamatan dan analisa uji organoleptik parameter warna *brownies* dengan substitusi tepung tempe dapat dilihat pada Lampiran 10. Hasil analisis data menunjukkan bahwa substitusi tepung tempe berpengaruh sangat nyata terhadap hedonik rasa *brownies* dan terjadi interaksi. Perolehan hasil uji organoleptik panelis terhadap warna *brownies* dapat dilihat pada Gambar 7.



Keterangan:

K-: *Brownies* kontrol negatif (0%)

A: *Brownies* penambahan tepung tempe (5%)

B: *Brownies* penambahan tepung tempe (10%)

C: *Brownies* penambahan tepung tempe (15%)

K+: *Brownies* Komersial

Notasi yang berbeda menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan $P < 0.05$

Gambar 7. Grafik histogram Organoleptik Warna

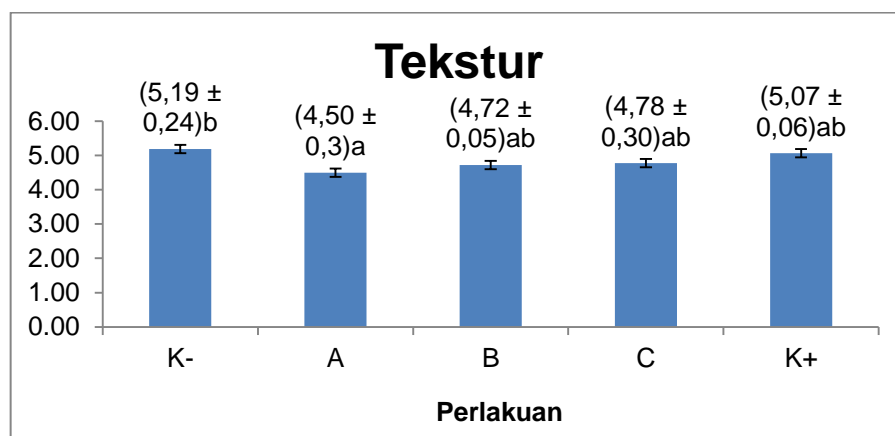
Berdasarkan Gambar 7. menunjukkan semakin tinggi proporsi tepung tempe, maka hasil organoleptik warna *brownies* semakin meningkat. Warna *brownies* coklat pudar dipengaruhi oleh penambahan dari proporsi tepung tempe dan coklat yaitu mempunyai warna kekuningan (Wikanta, 2010). Sehingga semakin banyak proporsi tepung tempe yang ditambahkan, maka warna *brownies* yang dihasilkan tersebut semakin coklat memudar. Dimana perlakuan A, B, C, K- dan K+ tidak berbeda nyata semuanya tidak berbeda nyata.

Hasil nilai tertinggi uji organoleptik warna *brownies* pada penelitian ini adalah 4,96%. Jika dibandingkan dengan kontrol negatif yang memiliki nilai 5,10 dan *brownies* kontrol positif 4,86 % maka nilai penelitian kedua ini lebih rendah dari *brownies* substitusi tepung tempe.

Menurut penelitian Maulina (2015), tentang cake substitusi tepung tempe pada cake kontrol dengan rerata kesukaan 3,55 dan substitusi tepung tempe 15% dengan rerata kesukaan 3,53 serta warna kuning cerah pada substitusi tepung tempe 30% dengan rerata kesukaan 3,45 dan substitusi tepung tempe 45% dengan rerata kesukaan 3,4 masih dipandang menarik oleh masyarakat.

4.1.5 Tekstur

Tekstur merupakan salah satu syarat untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap suatu produk pangan, dimana tekstur dari suatu bahan pangan akan berpengaruh terhadap tingkat kesukaan responden dimana responden tidak akan menyukai jika tekstur tidak sesuai yang diharapkan. Data pengamatan dan analisa uji organoleptik parameter tekstur *brownies* dengan substitusi tepung tempe dapat dilihat pada Lampiran 10. Hasil analisis data menunjukkan bahwa substitusi tepung tempe berpengaruh sangat nyata terhadap tekstur *brownies* dan terjadi interaksi. Perolehan hasil uji kesukaan panelis terhadap hedonik tekstur *brownies* dapat dilihat pada Gambar 8.



Keterangan:

K-: *Brownies* kontrol negatif (0%)

A: *Brownies* penambahan tepung tempe (5%)

B: *Brownies* penambahan tepung tempe (10%)

C: *Brownies* penambahan tepung tempe (15%)

K+: *Brownies* Komersial

Gambar 8. Grafik histogram Organoleptik Tekstur

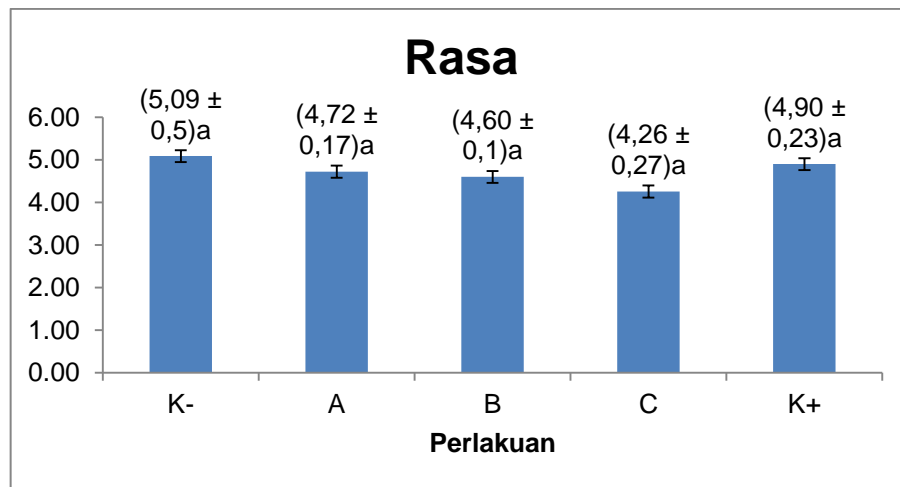
Berdasarkan Gambar 8. menunjukkan semakin tinggi proporsi tepung tempe, maka hasil organoleptik tekstur *brownies* semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh kandungan kadar air yang terdapat pada produk, semakin rendah kadar air suatu produk maka tekstur akan semakin meningkat. Air merupakan komponen terpenting dalam bahan makanan, karena air mempengaruhi kenampakan, tekstur, serta citarasa makanan (Winarno 2002). Dimana perlakuan A sangat berbeda nyata terhadap perlakuan B, C K- dan K+. Perlakuan B tidak berbeda nyata terhadap perlakuan C dan K+ namun berbeda nyata terhadap perlakuan A dan K-. Perlakuan C tidak berbeda nyata dengan B dan K+, tapi berbeda nyata terhadap perlakuan A dan K-. Perlakuan K- sangat berbeda nyata dengan A, B, C dan K+. Perlakuan K+ tidak berbeda nyata dengan B dan C tetapi berbeda nyata dengan perlakuan A dan K-.

Hasil nilai tertinggi uji organoleptik hedonik tekstur *brownies* tepung tempe pada penelitian ini adalah 4,78 %. Jika dibandingkan dengan kontrol negatif lebih tinggi yaitu 5,19 % dan kontrol positif lebih tinggi yaitu 5,07 %. Dan jika dibandingkan dengan hasil penelitian febril dan arif (2009) yaitu yang tertinggi 4,13% dan yang terendah 3,40%, jauh lebih rendah dibandingkan dengan penelitian ini.

4.1.6 Rasa

Rasa merupakan parameter yang sangat penting terhadap penerimaan pada responden, dimana rasa merupakan parameter utama yang dipilih oleh responden dalam penerimaan terutama pada produk baru. Data pengamatan dan analisa uji organoleptik parameter rasa *brownies* dengan substitusi tepung tempe dapat dilihat pada Lampiran 10. Hasil analisis data menunjukkan bahwa substitusi tepung tempe berpengaruh sangat nyata terhadap organoleptik rasa

beownies dan terjadi interaksi. Perolehan hasil uji organoleptik rasa *brownies* dapat dilihat pada Gambar 9.



Keterangan:

K-: *Brownies* kontrol negatif (0%)

A: *Brownies* penambahan tepung tempe (5%)

B: *Brownies* penambahan tepung tempe (10%)

C: *Brownies* penambahan tepung tempe (15%)

K+: *Brownies* Komersial

Notasi yang berbeda menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan $P < 0.05$

Gambar 9. Grafik histogram Organoleptik Rasa

Berdasarkan Gambar 9. menunjukkan semakin tinggi proporsi tepung tempe, maka hasil organoleptik rasa *brownies* semakin menurun. Hal ini diduga karena rasa *brownies* yaitu mempunyai bau yang agak tengik. Sehingga semakin banyak proporsi tepung tempe yang ditambahkan, maka rasa *brownies* yang dihasilkan tersebut akan semakin turun. Dimana perlakuan A, B, C, K- dan K+ tidak berbeda nyata semuanya terhadap perlakuan.

Hasil nilai tertinggi uji organoleptik rasa *brownies* substitusi tepung tempe pada penelitian ini adalah 4,72% yaitu pada (85% tepung terigu : 15% tepung tempe). Jika dibandingkan dengan kontrol negatif yang memiliki nilai 5,09% lebih rendah dan apa bila dibandingkan dengan *brownies* kontrol positif yang memiliki nilai 4,90% lebih tinggi hanya berbeda tipis. Dan jika dibandingkan dengan hasil

penelitian febrial dan arif (2009), mengenai penambahan tepung tempe pada *brownies* dengan nilai hedonik rasa sebesar 4,70 %, maka penelitian ini memiliki hasil hedonik rasa yang lebih rendah.

Dari data hasil penelitian tahap pertama, hasil terbaik dari analisis fisikokimia dan organoleptik dari semua perlakuan berdasarkan hasil uji analisis dari perlakuan A (95% tepung terigu : tepung tempe 5%), B (90% tepung terigu : 10 tepung tempe), C (85% tepung terigu : 15% tepung tempe), kontrol – (100% tepung terigu : 0%), dan kontrol + (komersial) didapat hasil De Garmo perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan B dengan perbandingan (90% tepung terigu : 10% tepung tempe) dengan nilai kadar zat besi (Fe) 54,75%, daya tekstur 4,26 N, organoleptik yaitu pada aroma 5,30%, warna 4,74%, tekstur 4,72%, dan rasa 4,60%. Jika dibandingkan dengan SNI 01-3840-1995 tentang roti manis, maka hasil tersebut masih dalam standart. Sehingga nilai terbaik pada penelitian pendahuluan ini bisa sebagai acuan untuk melanjutkan ke penelitian selanjutnya yaitu penelitian kedua (utama). Hasil uji De Garmo penelitian Pendahuluan dapat dilihat pada Lampiran 11. Dan perbandingan hasil *brownies* pendahuluan antara sni 01-3840-1995 tentang roti manis dapoat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Tabel Pebandingan Hasil Penelitian Tahap Satu

| No | Parameter | Penelitian Pendahuluan | SNI tentang roti manis |
|----|-----------|---------------------------|---------------------------|
| 1. | Bau | Normal | Normal |
| 2. | Rasa | Normal | Normal |

Sumber :SNI 01-3840-1995

Berdasarkan hasil dari tabel 15. Menunjukkan hasil yang sama dikarenakan syarat mutu dari *brownies* dan SNI roti manis memenuhi standart pangan. Sedangkan parameter lain seperti zat besi pada tahap penelitian satu ini

diperoleh 54,75%, lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sugiharto (2014) tentang roti manis dengan jumlah kadar zat besi 39.20%, ini dikarenakan penambahan proporsi tepung tempe tinggi yaitu 10%. Mineral dalam makanan dapat berkurang dalam proses pencucian maupun perebusan. Sehingga proses pemanggangan tidak terlalu berpengaruh terhadap oksidasi zat besi (Food Safety and Standards Authority of India, 2010). Untuk daya tekstur 4,36 N dibandingkan dengan penelitian Windaryati (2013) 4,22 N tidak berbeda jauh. Tekstur *brownies* dengan berbeda – beda proporsi tepung dalam perendaman pembuatan *brownies* lebih rendah jika dibandingkan dengan tepung alami. Semakin banyak persentasi proposi tepung maka tekstur *brownies* akan semakin keras.

4.2 Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik *Brownies* Kukus Tahap Kedua

Adapun karakteristik fisikokimia *brownies* kukus yang diuji pada penelitian tahap kedua ini diantaranya yaitu kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, kadar karbohidrat, serat pangan, zat besi (Fe), daya tekstur dan organoleptik (aroma, warna, tektur, dan rasa).

Dalam mencari optimasi dari desain RSM diperlukan nilai batas bawah dan batas atas sebagai pembatas. Proporsi tepung terigu sebagai batas bawah sebesar 33 gram dan batas atas 39 gram, Proporsi tepung tempe sebagai batas bawah sebesar 3 gram, dan batas atas sebesar 9 gram, sedangkan proporsi *Spirulina* sebagai batas bawah sebesar 26 gram dan batas atas 32 gram dimana proporsi tersebut diperoleh dari penelitian pendahuluan. Selanjutnya, setelah mendapatkan formulasi terbaik yang disarankan oleh *software Design Expert* 10.0. Setelah didapat batas bawah, titik tengah dan batas atas dari setiap variabel dilakukan desain eksperimen dengan *software Design Expert 10 trail*. Tahap

selanjutnya adalah dilakukan tiga pengujian yaitu uji *Sum of Squares*, uji *Lack of Fit*, dan *R-squared*. Fungsi dilakukan tiga pengujian untuk menentukan suatu model yang sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Pada analisa permukaan respon menggunakan rancangan Box Bhenken terdapat beberapa model statistik yang dapat digunakan untuk menganalisa data hasil penelitian yang telah didapatkan. Beberapa model statistik yang ditawarkan dalam *software design expert* adalah model linier, linier dengan interaksi (2FI), kuadratik serta kubik. Pemilihan model yang paling sesuai untuk menentukan respon optimum berdasarkan evaluasi model dari sistem komputerisasi Design Expert, yaitu jumlah kuadrat dari urutan model (*Sequential Model Surn of Square*), pengujian ketidaktepatan model statistik (*Lack of Fit Test*) dan ringkasan model statistik (*Model Summary Statistics*)

4.2.1 Optimasi Proporsi Tepung Terigu, Tepung Tempe Dan *Spirulina*

Hasil pengukuran pengaruh kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, karbohidrat, serat pangan, zat besi, daya tekstur, dan organoleptik dapat dilihat pada Tabel 10. Nilai kadar air (Y1) yang berkisar antara 19,22% hingga 23,66%, nilai respon kadar abu (Y2) berkisar antara 0,82% hingga 1,38%, Nilai kadar lemak (Y3) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 21,06% hingga 28,05%, Nilai kadar protein (Y4) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 25,34% hingga 35,51%, Nilai kadar karbohidrat (Y5) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 38,25% hingga 47,10%, Nilai serat pangan (Y6) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 44,70% hingga 49,85%. Nilai zat besi (Y7) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 67,44% hingga 90,62%, Nilai daya tekstur (Y8) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 4,05% hingga 5,28%, Nilai aroma (Y9) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 4,90% hingga

5,50%, Nilai warna (Y10) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 4,08% hingga 5,24%, Nilai rasa (Y11) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 3,02% hingga 4,50%, Nilai tekstur (Y12) yang terbentuk pada proses ini berkisar antara 4,99% hingga 5,54%.

Nilai kadar air tertinggi (23,66%) didapatkan pembuatan *brownies* dengan proporsi tepung terigu 39 g, tepung tempe 6 g, *Spirulina* 32 g, nilai kadar abu tertinggi (1,38%) pada proporsi tepung terigu 36 g, tepung tempe 9 g, *Spirulina* 32 g, nilai kadar lemak tertinggi (28,05%) pada proporsi tepung terigu 39 g, tepung tempe 3 g, *Spirulina* 29 g, nilai kadar protein tertinggi (35,51%) pada kombinasi proporsi tepung terigu 36 g, tepung tempe 9 g, *Spirulina* 32 g, nilai kadar karbohidrat tertinggi (47,10%) pada kombinasi proporsi tepung terigu 36 g, tepung tempe 9 g, *Spirulina* 32 g, nilai kadar serat pangan tertinggi (49,85%) pada kombinasi proporsi tepung terigu 36 g, tepung tempe 9 g, *Spirulina* 32 g, nilai zat besi tertinggi (90,62%) pada proporsi tepung terigu 36 g, tepung tempe 9 g, *Spirulina* 32 g, nilai kadar daya tekstur tertinggi (5,28%) pada kombinasi proporsi tepung terigu 33 g, tepung tempe 6 g, *Spirulina* 32 g, nilai aroma tertinggi (5,50%) pada proporsi tepung terigu 36 g, tepung tempe 9 g, *Spirulina* 32 g, nilai warna tertinggi (5,24%) pada proporsi tepung terigu 39 g, tepung tempe 6 g, *Spirulina* 26 g, nilai rasa tertinggi (4,50%) pada proporsi tepung terigu 33 g, tepung tempe 6 g, *Spirulina* 29 g dan nilai tekstur tertinggi (5,54%) pada proporsi tepung terigu 33 g, tepung tempe 6 g, *Spirulina* 32 g. Sedangkan untuk mendapatkan hasil respon kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, karbohidrat, serat pangan, zat besi, daya tekstur, dan organoleptik yang optimal maka ditentukan hasil ketiga faktor proporsi tepung terigu, tepung tempe, dan *Spirulina* secara bersamaan menggunakan RSM seperti terlihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil dari Penelitian Brownies Kukus Subtitusi Tepung Tempe dan *Spirulina* Pada Berbagai Kondisi Proses

| Run | Faktor (X1) tepung terigu (g) | Faktor (X2) tepung tempe (g) | Faktor (X3) <i>Spirulina</i> (g) | Respon (Y1) Air (%) | Respon (Y2) Abu (%) | Respon (Y3) Lemak (%) | Respon (Y4) Protein (%) | Respon (Y5) Karbohidrat (%) | Respon (Y6) serat pangan (%) | Respon (Y7) Besi (%) | Respon (Y8) daya tekstur (N) | Respon (Y9) Aroma | Respon (Y10) Warna | Respon (Y11) Rasa | Respon (Y12) Tekstur |
|-----|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 36 | 3 | 26 | 20,51 | 0,88 | 21,08 | 25,34 | 39,96 | 44,70 | 72,82 | 4,26 | 5,11 | 4,66 | 4,25 | 5,23 |
| 2 | 36 | 9 | 26 | 21,01 | 0,95 | 22,50 | 26,82 | 40,58 | 48,83 | 76,00 | 4,66 | 5,41 | 5,08 | 4,05 | 4,99 |
| 3 | 36 | 9 | 32 | 22,92 | 1,38* | 27,50 | 35,51* | 47,10* | 49,85* | 90,62* | 5,26 | 5,50* | 5,12 | 3,50 | 5,32 |
| 4 | 33 | 3 | 29 | 21,22 | 0,96 | 26,09 | 27,15 | 41,35 | 47,60 | 67,61 | 4,55 | 5,10 | 4,56 | 3,92 | 5,16 |
| 5 | 39 | 3 | 29 | 21,37 | 1,01 | 28,05* | 28,38 | 41,22 | 47,28 | 69,63 | 4,37 | 5,01 | 4,35 | 4,15 | 5,26 |
| 6 | 39 | 6 | 26 | 19,22 | 0,90 | 24,20 | 26,18 | 42,18 | 48,70 | 82,74 | 4,82 | 5,36 | 5,24* | 4,10 | 5,46 |
| 7 | 33 | 6 | 32 | 22,56 | 1,16 | 26,56 | 31,44 | 45,92 | 49,60 | 89,38 | 5,28* | 5,10 | 5,01 | 3,89 | 5,54* |
| 8 | 33 | 3 | 29 | 20,05 | 0,98 | 26,11 | 26,25 | 41,56 | 47,06 | 76,71 | 4,58 | 5,11 | 4,58 | 4,20 | 5,18 |
| 9 | 39 | 3 | 29 | 21,11 | 1,08 | 28,01 | 26,48 | 41,66 | 47,55 | 67,44 | 4,35 | 5,05 | 4,32 | 4,08 | 5,24 |
| 10 | 33 | 9 | 29 | 22,51 | 0,99 | 24,48 | 27,71 | 38,25 | 45,25 | 74,48 | 4,05 | 4,90 | 4,08 | 4,50* | 5,08 |
| 11 | 39 | 6 | 32 | 23,66* | 1,10 | 26,50 | 35,05 | 46,56 | 48,82 | 86,42 | 5,05 | 4,96 | 4,25 | 3,25 | 5,46 |
| 12 | 36 | 3 | 26 | 19,62 | 0,82 | 21,06 | 28,61 | 39,71 | 44,76 | 72,56 | 4,28 | 5,15 | 4,64 | 4,64 | 5,25 |
| 13 | 36 | 3 | 32 | 23,32 | 1,35 | 23,20 | 34,62 | 46,94 | 49,82 | 82,74 | 5,00 | 5,21 | 4,38 | 4,38 | 5,06 |

Keterangan : * nilai respon tertinggi

Hasil analisis ragam (ANOVA) (Tabel 17), menunjukkan bahwa model yang terpilih untuk di setiap semua respon adalah kuadratik (*quadratic model*), karena model ini yang memiliki nilai R^2 yang tertinggi dibandingkan dengan model yang lain yaitu 0,9540 untuk kadar air, 0,9834 untuk kadar abu, 0,9324 kadar lemak, 0,9443 untuk protein, 0,9981 kadar karbohidrat, 0,9761 serat pangan, 0,9342 zat besi, 0,9820 unuk daya tekstur, 0,9932 aroma, 0,9416 warna, 0,9333 rasa, dan 0,9799 tekstur. Selain itu, model ini signifikan dengan nilai p lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0193 kadar air, 0,0027 kadar abu, 0,0399 kadar lemak, 0,0277 kadar protein, < 0.0001 karbohidrat, 0,0054 serat pangan, 0,0379 zat besi, 0,0031 daya teksur, 0,0005 aroma, 0,0303 warna, 0,0388 rasa, dan 0,0039 tekstur. Hasil ANOVA juga menunjukkan bahwa masing-masing komponen yaitu proporsi tepung terigu, tepung tempe dan *Spirulina* berpengaruh nyata (signifikan) terhadap setiap respon. Analisa hasil ANOVA dapat dilihat pada lampiran 12.

Tabel 17. Analisis Model Terhadap Respon

| Respon | Model | Persamaan Matematika | Significant (P<0,05) | R ² |
|-------------------|-----------|--|----------------------|----------------|
| Kadar air | Kuadratik | $Y = 1,09A + 0,38B + 2,12C - 0,76AB + 1,62AC - 0,56BC - 0,72A^2 - 0,76B^2 + 0,00C^2$ | 0,0193 | 0,9540 |
| Kadar abu | Kuadratik | $Y = 0,16A + 0,052B + 0,37C + 0,038AB - 0,20AC - 0,029BC - 0,081A^2 + 0,14B^2 + 0,00C^2$ | 0,0027 | 0,9834 |
| Kadar lemak | Kuadratik | $Y = 3,08A + 0,48B + 3,76C + 1,30AB - 2,63AC + 1,20BC + 4,22A^2 + 3,99B^2 + 0,00C^2$ | 0,0399 | 0,9324 |
| Kadar protein | Kuadratik | $Y = 0,11A + 0,27B + 6,38C + 0,19AB + 1,44AC + 0,44BC - 3,35A^2 - 2,04B^2 + 0,00C^2$ | 0,0277 | 0,9443 |
| Kadar karbohidrat | Kuadratik | $Y = 2,57A + 0,27B + 5,76C + 1,73AB - 2,20AC - 0,24BC - 2,02A^2 - 1,13B^2 + 0,00C^2$ | < 0.0001 | 0,9981 |
| Serat pangan | Kuadratik | $Y = 2,87A + 1,52B + 2,86C + 1,70AB - 3,07AC - 1,70BC - 0,19A^2 + 0,82B^2 + 0,00C^2$ | 0,0054 | 0,9761 |
| Zat besi | Kuadratik | $Y = 3,35A + 2,59B + 9,36C + 2,74AB - 5,38AC + 1,90BC - 6,54A^2 - 8,86B^2 + 0,00C^2$ | 0,0379 | 0,9342 |
| Daya tekstur | Kuadratik | $Y = 0,42A + 0,15B + 0,62C + 0,34AB - 0,49AC - 0,054BC - 0,23A^2 - 0,19B^2 + 0,00C^2$ | 0,0031 | 0,9820 |
| Aroma | Kuadratik | $Y = 0,36A + 0,13B + 0,081C + 0,23AB - 0,43AC + 4,167E - 0,03BC - 0,11A^2 + 0,23B^2 + 0,00C^2$ | 0,0005 | 0,9932 |
| Warna | Kuadratik | $Y = 0,63A + 0,17B + 0,014C + 0,41AB - 0,95AC + 0,13BC - 0,16A^2 + 0,090B^2 + 0,00C^2$ | 0,0303 | 0,9416 |
| Rasa | Kuadratik | $Y = 0,050A - 0,042B - 0,38C - 0,28AB - 0,43AC - 0,16BC + 0,077A^2 + 0,27B^2 + 0,00C^2$ | 0,0388 | 0,9333 |
| Tekstur | Kuadratik | $Y = 0,093A - 0,099B + 0,090C + 0,015AB - 0,12AC + 0,21BC + 0,035A^2 - 0,24B^2 + 0,00C^2$ | 0,0039 | 0,9799 |

4.3 Analisis Setiap Respon

4.3.1 Analisis Respon Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu faktor uji yang memegang peranan penting dalam proses pembuatan *brownies*. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon kadar air adalah sebagai berikut:

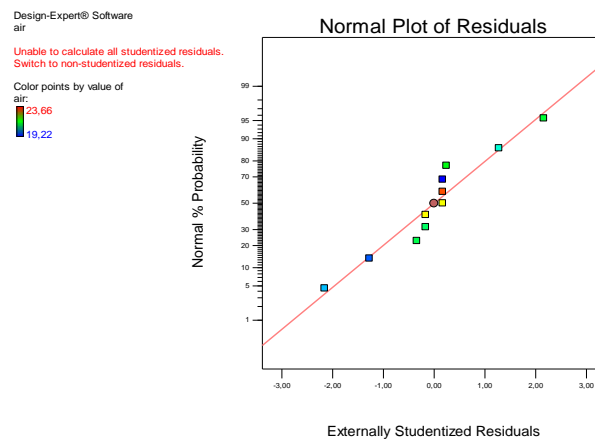
$$\text{Kadar air } Y = 1,09A + 0,38B + 2,12C - 0,76AB + 1,62AC - 0,56BC - 0,72A^2 - 0,76B^2 + 0,00C^2$$

Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon kadar air akan berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antara proporsi tepung terigu, *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Respon kadar air akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan proporsi tepung tempe, interaksi antara proporsi tepung terigu dan *Spirulina*, interaksi antara tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar tepung terigu, antar tepung tempe dan antar *Spirulina* dengan nilai konstanta yaitu negatif.

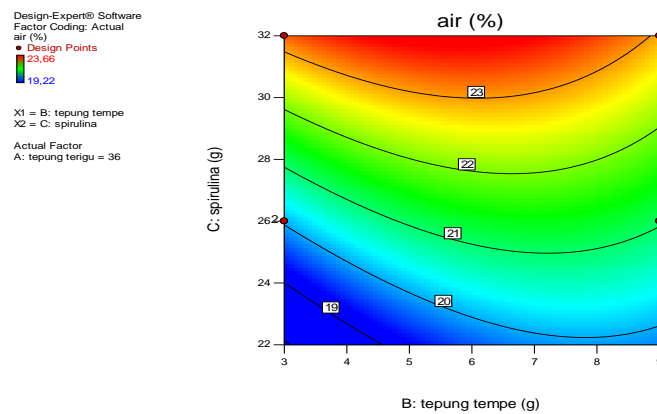
Hal ini sesuai dari penelitian Dwis (2017) menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan *Spirulina* maka kadar air makin menurun dan kandungan protein *Spirulina* yang bersifat hidrofilik akan banyak berkaitan dengan air karena di dalam protein terdapat gugus asam amino yang bersifat polar sedangkan kandungan penambahan tepung tempe berdampak kepada kadar air karena kandungan protein juga tinggi, Hal ini karena tepung tempe dari tempe sudah mengalami proses fermentasi yang menguraikan asam-asam amino kedelai. Nilai biologis dan daya cerna protein tidak mengalami perubahan yang signifikan pada banyak bahan pangan yang dikeringkan (Fellow 2000).

Grafik *normal plot of residual* yang mengindikasikan hubungan antara nilai aktual dan nilai yang diprediksikan pada Gambar 5, mendekati garis kenormalan yang menunjukkan data untuk respon kadar air menyebar normal. Hal ini berarti bahwa hasil aktual akan mendekati hasil yang diprediksikan oleh Program *DX 10 trail* (Kumari *et al.*, 2008).

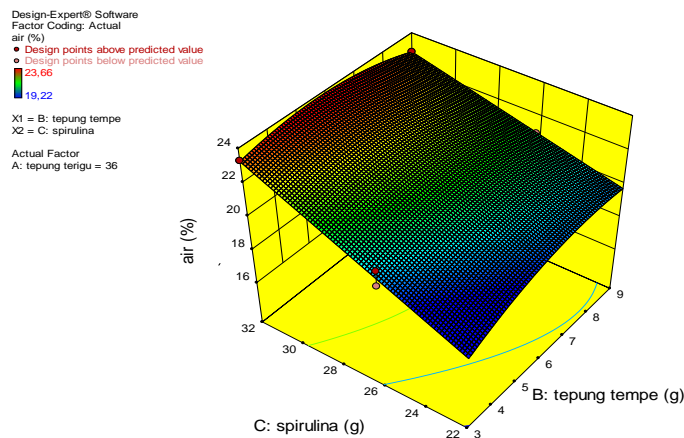


Gambar 10. Plot Kenormalan Residual Respon Air

Grafik *plot* pada Gambar 11, menunjukkan bagaimana kombinasi antar komponen saling mempengaruhi nilai respon kadar air. Warna-warna yang berbeda pada grafik *contour plot* menunjukkan nilai kadar air. Warna biru muda menunjukkan nilai respon kadar air terendah, yaitu 19,22%. Warna hijau menunjukkan respon fraksi gel tertinggi, yaitu 23,66%. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan respon kadar air yang sama. Ini sesuai dari penelitian Bentuk permukaan dari hubungan interaksi antar komponen proporsi ini dapat dilihat lebih jelas pada grafik tiga dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 11. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Kadar air



Gambar 12. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Kadar air

Hasil kadar air pada penelitian ini adalah sebesar 19,22 – 23,66%. Hasil tersebut sesuai dengan SNI 01 3840 -1995 tentang roti manis, bahwa kadar air produk *brownies* maksimal adalah 40%. Akan tetapi, jika hasil tersebut dibandingkan dengan penelitian Febri (2009) yang memiliki hasil berkisar antara 30,00 – 30,26%, maka kadar air pada penelitian ini lebih rendah. Hal tersebut dikarenakan pada penelitian Febrial (2009) menggunakan penambahan tepung kacang komang dan tempe komang. Namun jika dibandingkan dengan penelitian Dwis (2017), mengenai produk *Spirulina* pada biskuit dengan hasil sebesar 1,83 – 2,93%, maka penelitian ini memiliki hasil yang sangat jauh berbeda. Karena

penambahan *Spirulina* pada penelitian ini sangat tinggi yaitu 32%, pada penelitian Dwis (2017) penambahan *Spirulina* paling tinggi 8%.

4.3.2 Analisis Respon Kadar Abu

Kadar abu merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan kadar abu dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon kadar abu adalah sebagai berikut:

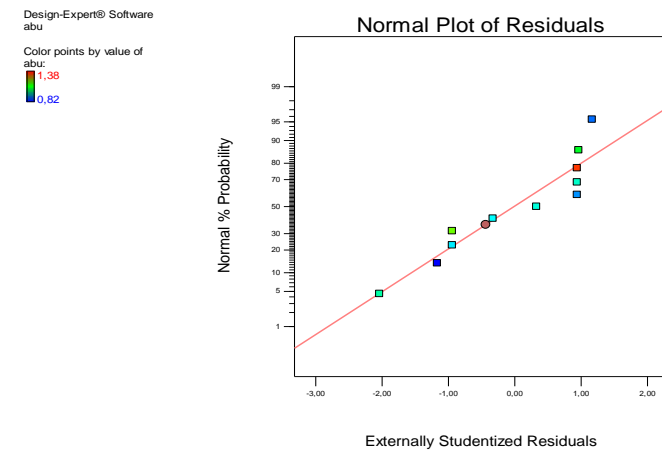
$$Y = 0,16A + 0,052B + 0,37C + 0,038AB - 0,20AC - 0,029BC - 0,081A^2 + 0,14B^2 + 0,00C^2$$

Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon kadar air akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Respon kadar abu akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Pada Gambar 13, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan kadar abu secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

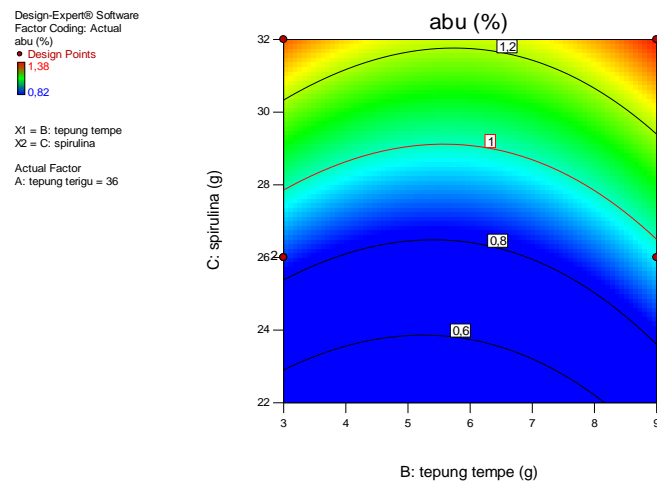
Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar proporsi *Spirulina* dan tepung tempe, maka semakin meningkat nilai kadar abu yang dihasilkan. karena abu biasanya dihubungkan dengan banyaknya mineral yang terdapat pada bahan mineral yang berasal dari tepung terigu, *Spirulina* (Sari, 2013). Kadar abu pada tepung terigu yaitu 1,83% (Suarni, 2001), kadar abu tepung tempe yaitu 2,15% (Syafutri, 2014) dan kadar abu *Spirulina* yaitu 8,02% (Acchedya, 2016). Sedangkan kandungan mineral pada *Spirulina* meliputi kalsium (70 mg), besi (15

mg), magnesium (40 mg), sodium (90 mg), selenium (10 mcg), potasium (140 mg), dan fosfor (80 mg) (Erlania, 2009). Dengan demikian lazim jika kadar abu biskuit yang dihasilkan tinggi. Tingginya kadar abu tersebut juga dipengaruhi oleh tingginya kandungan mineral dari *Spirulina*, sehingga bagus apabila dikonsumsi oleh tubuh.

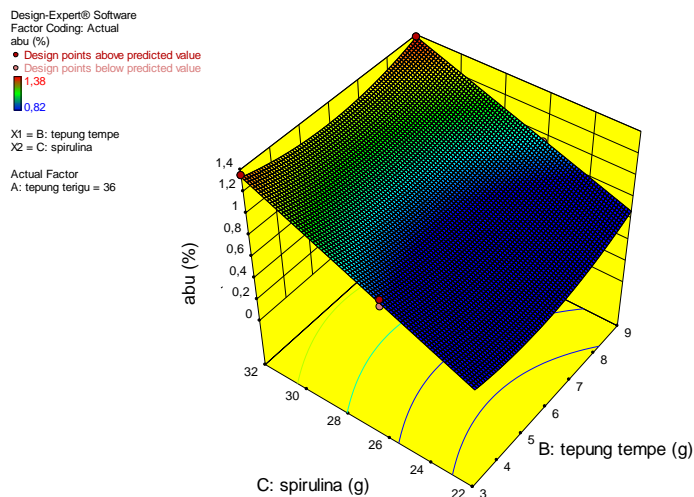


Gambar 13. Plot Kenormalan Residual Respon Abu

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 13 menunjukkan data untuk respon kadar abu yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 14 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon kadar abu yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 15 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 14. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Kadar Abu



Gambar 15. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon kadar abu

Pada penelitian ini kadar abu yang dihasilkan sebesar 0,82 – 1,38%. Hasil tersebut tidak sesuai dengan SNI 01 3840 -1995 yang menyebutkan bahwa kadar abu produk maksimal 3%, hal ini dikarenakan banyaknya bahan – bahan yang ditambahkan untuk membuat *brownies* mempunyai kandungan mineral yang tinggi. Akan tetapi jika dibandingkan dengan penelitian Dwis (2017)

mengenai produk biskuit yang ditambah *Spirulina* dengan hasil sebesar 1,76% – 3,34%, maka hasil yang didapat tidak jauh berbeda.

4.3.3 Analisis Respon Kadar Lemak

Kadar lemak merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan kadar lemak dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon kadar lemak adalah sebagai berikut:

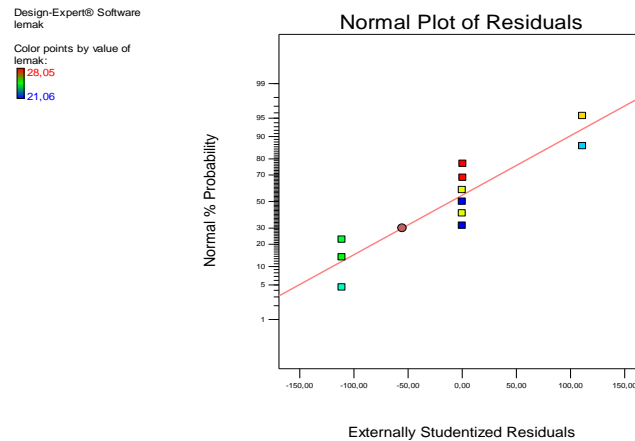
$$Y = 3,08A + 0,48B + 3,76C + 1,30AB - 2,63AC + 1,20BC + 4,22A^2 + 3,99B^2 + 0,00C^2$$

Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon kadar lemak akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Respon kadar lemak akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan proporsi *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar proporsi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Pada Gambar 16, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan kadar lemak secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

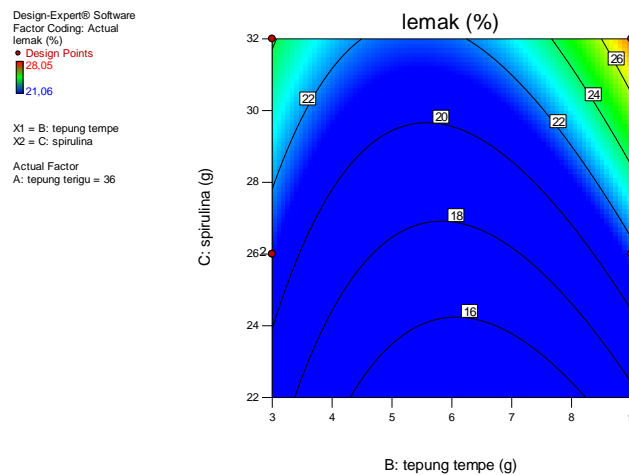
Hal ini menunjukkan pada penelitian dwis (2017) adanya penambahan *Spirulina* yang digunakan terjadi kenaikan kadar lemak *brownies*. Hal ini diduga karena meningkatnya konsentrasi yang ditambahkan 8% sebesar 19,10%. Pada

penelitian Syafutri (2014) 9,15% lebih rendah dikarenakan kandungan protein didalam tepung tempe tinggi.

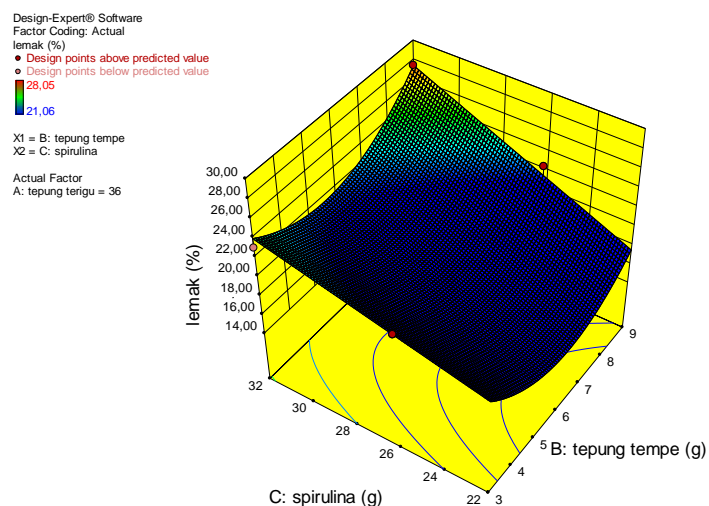


Gambar 16. Plot Kenormalan Residual Respon kadar lemak

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 16 menunjukkan data untuk respon kadar lemak yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 17 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon kadar lemak, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon kadar lemak yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 18 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 17. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Kadar lemak



Gambar 18. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Lemak

Pada penelitian ini, kadar lemak biskuit yang dihasilkan adalah sebesar 21,06% - 28,05%. Hasil tersebut tidak memenuhi standar SNI 01 3840 -1995 bahwa, kadar lemak *brownies* maksimal 3,0% dikarenakan SNI roti yang kandungan mineral tidak ada. Akan tetapi, jika dibandingkan dengan penelitian dwis (2017) mengenai biskuit yang ditambah Spirulina dan tepung mocaf, yang menghasilkan kadar lemak sebesar 15,61 - 19,10%, maka pada penelitian ini

kadar lemak yang dihasilkan relative lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini penambahannya menggunakan *Spirulina* dan tepung tempe. Dimana kadar lemak *Spirulina* sebesar 6 – 6,5% (Christawardana dan Nur, 2013).

4.3.4 Analisis Respon Kadar Protein

Kadar protein merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan kadar protein dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon kadar protein adalah sebagai berikut:

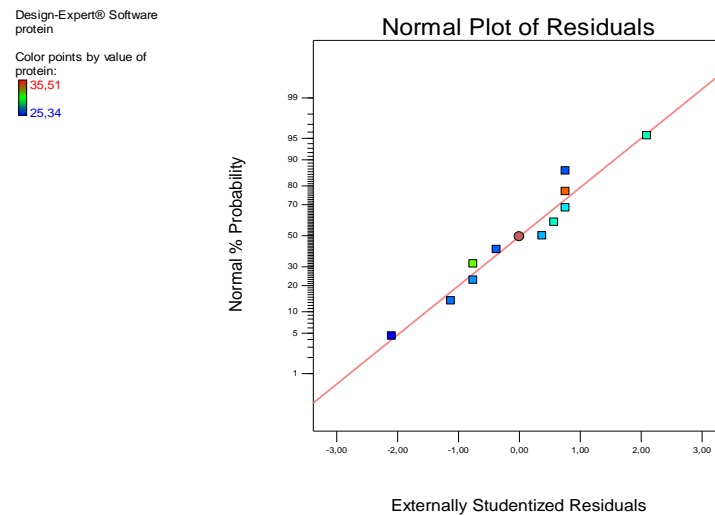
$$Y = 0,11A + 0,27B + 6,38C + 0,19AB + 1,44AC + 0,44BC - 3,35A^2 - 2,04B^2 + 0,00C^2$$

Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon kadar protein akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Respon kadar protein akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Pada Gambar 19, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan kadar protein secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

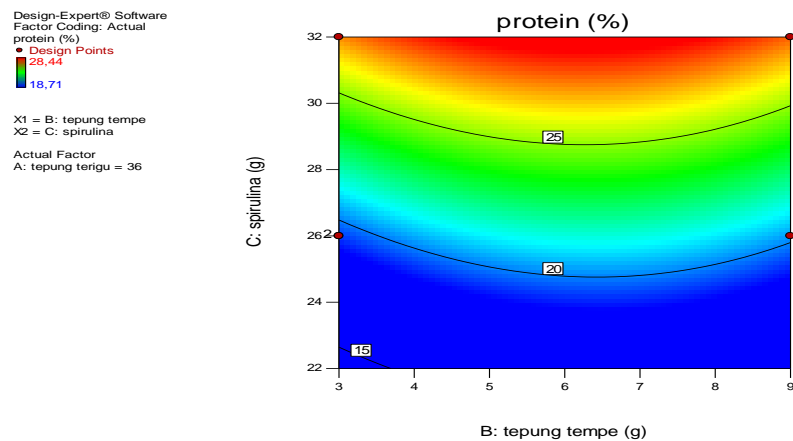
Menurut Dwis (2017) adanya penambahan *Spirulina* yang digunakan terjadi peningkatan kadar protein. Hal ini diduga karena tingginya kadar protein *Spirulina* mempengaruhi kadar protein. Pada tepung tempe sedikit lebih rendah

Proses pengeringan dapat menyebabkan kerusakan protein. Tempe dikenal memiliki daya cerna protein yang cukup tinggi, sekitar 86.1 % (Cahyadi 2009)

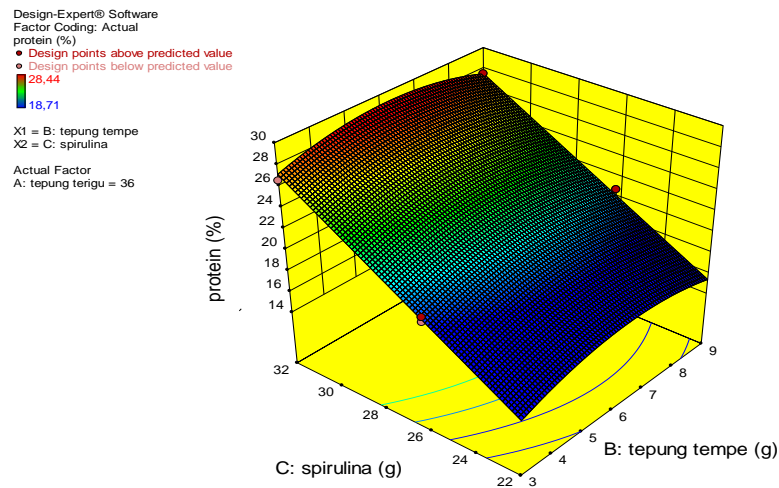


Gambar 19. Plot Kenormalan Residual Respon Protein

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 19 menunjukkan data untuk respon yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 20 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon protein yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 21 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 20. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Kadar Protein



Gambar 21. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Protein

Pada hasil penelitian ini, kadar protein yang diperoleh sebesar Hasil tersebut sesuai 25,34% - 35,51%. Dan jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang diteliti oleh Dwis (2017) mengenai *brownies* yang ditambah *Spirulina* yang menghasilkan kadar protein sebesar 9,19 – 12,12%. maka penelitian ini memiliki hasil protein yang lebih rendah. Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini penambahannya menggunakan *Spirulina*. Dimana kadar protein *Spirulina* sebesar 55-70%. Sedangkan protein pada penelitian Febrial

(2009) adalah 9,37% - 10,43% ini lebih rendah karena adanya kandungan kacang komang yang tinggi pada *brownies*.

4.3.5 Analisis Respon Kadar Karbohidrat

Kadar karbohidrat merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan kadar karbohidrat dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon kadar karbohidrat adalah sebagai berikut:

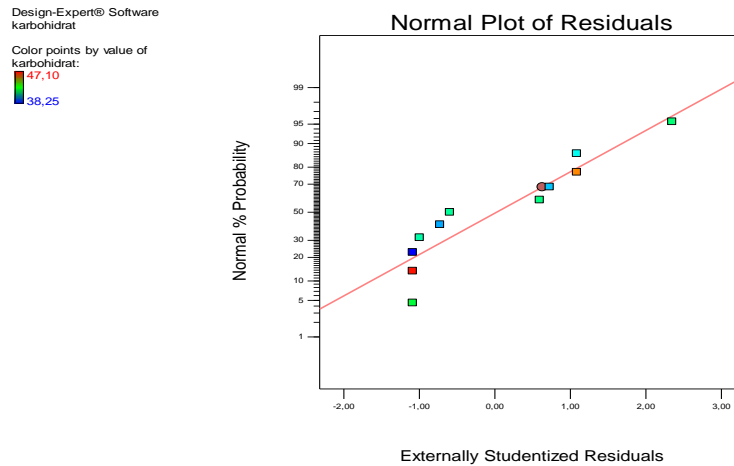
$$Y = 2,57A + 0,27B + 5,76C + 1,73AB - 2,20AC - 0,24BC - 2,02A^2 - 1,13B^2 + 0,00C^2$$

Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon kadar karbohidrat akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Respon kadar karbohidrat akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Pada Gambar 22, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan kadar karbohidrat secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

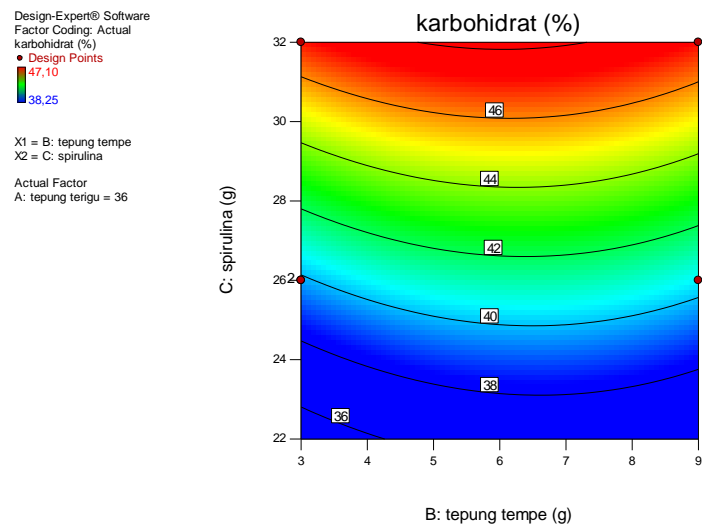
Hal ini menunjukkan pada penelitian Dwis (2017) seiring dengan meningkatnya konsentrasi *Spirulina* yang ditambahkan terjadi kenaikan kadar karbohidrat *brownies*. Hal tersebut dikarenakan kandungan karbohidrat *Spirulina* yang tinggi, dimana kadar karbohidrat *Spirulina* sebesar 15 – 25% (Erlania,

2009). Pada penelitian Syafutri (2014) kandungan karbohidrat pada tepung tempe 64,29% ini terlalu tinggi karena nilai gizi kalori nya tinggi juga menyebabkan kandungan karbohidrat nya tinggi.

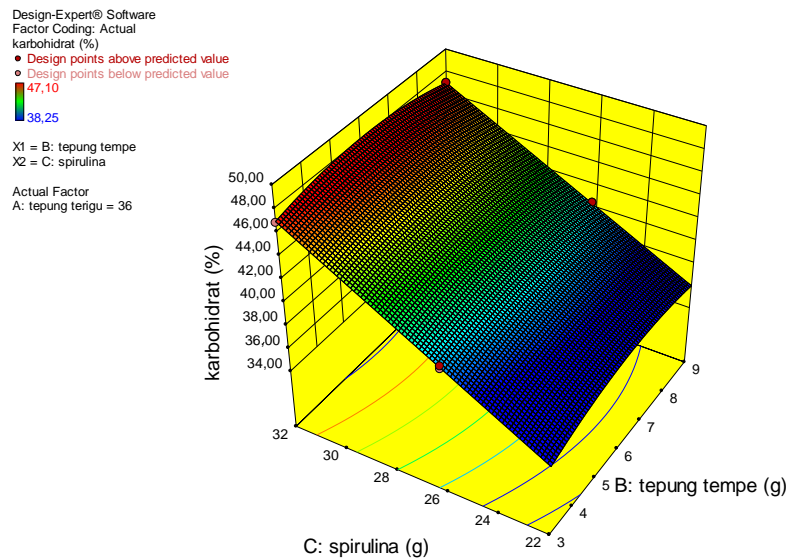


Gambar 22. Plot Kenormalan Residual Respon Karbohidrat

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 22 menunjukkan data untuk respon yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 23 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 24 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 23. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Kadar karbohidrat



Gambar 24. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Karbohidrat

Pada penelitian ini hasil kadar karbohidrat yang dihasilkan 38,25% - 47,10% sebesar, sehingga jika dibandingkan dengan penelitian Dwis (2017) mengenai produk biskuit yang ditambah dengan Spirulina dengan hasil sebesar 14,72 – 27,80%, maka pada penelitian ini hasilnya jauh lebih rendah. Hal ini dikarenakan uji yang digunakan dalam menentukan kadar karbohidrat adalah

dengan metode *by different* dimana metode *by different* hanya dapat dengan mengurangi kadar air, kadar protein, kadar lemak dan kadar abu dari total bahan pangan yang diujikan sehingga dapat menyebabkan keakurasiannya berkurang sedangkan penelitian Dwis (2017) menggunakan metode *luff-schoorl* yaitu dengan mengidentifikasi gula pereduksi saja (Manikharda, 2011).

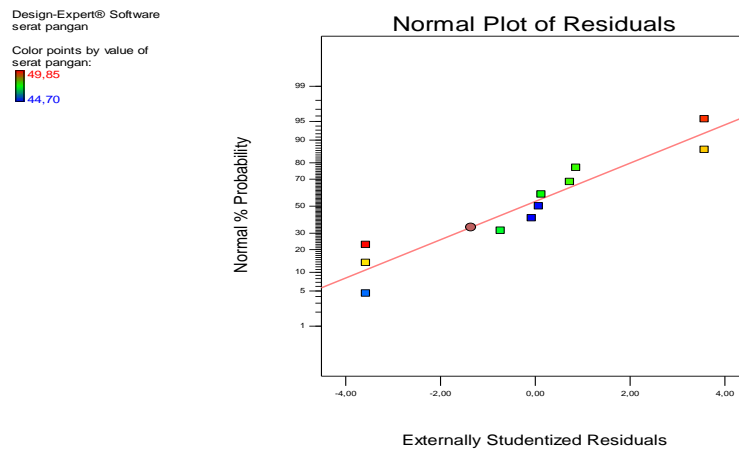
4.3.6 Analisis Respon Serat Pangan

Serat pangan merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan Serat pangan dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon Serat pangan adalah sebagai berikut:

$$Y = 2,87A + 1,52B + 2,86C + 1,70AB - 3,07AC - 1,70BC - 0,19A^2 + 0,82B^2 + 0,00C^2$$

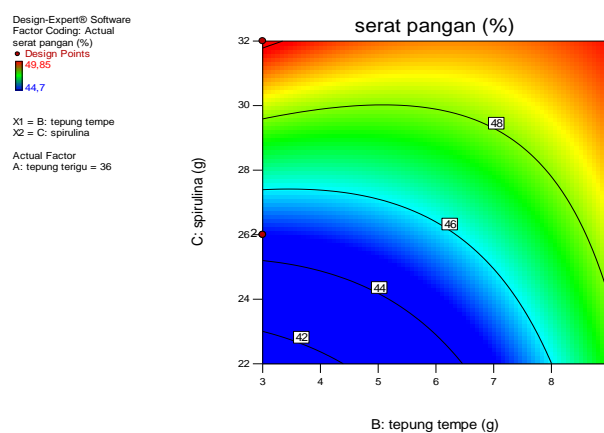
Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon Serat pangan akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Respon Serat pangan akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Pada Gambar 25, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan Serat pangan secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

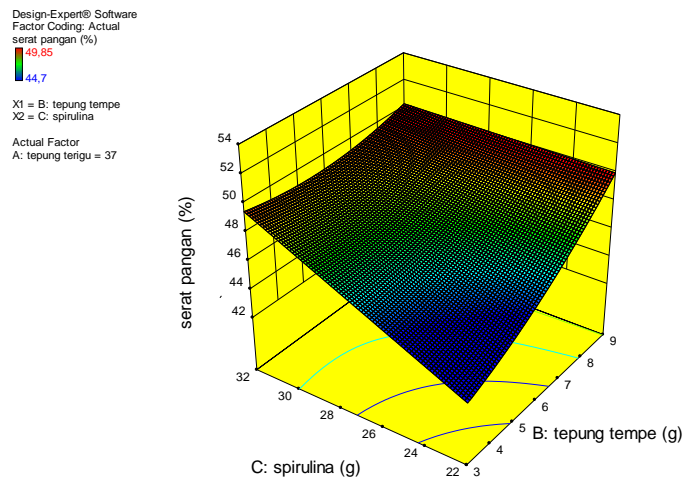


Gambar 25. Plot Kenormalan Residual Respon Serat pangan

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 25 menunjukkan data untuk respon serat pangan yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 26 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon Serat pangan yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 27 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 26. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Serat pangan



Gambar 27. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Serat pangan

Serat pangan (*dietry fiber*) merupakan bagian tumbuhan yang dapat dikonsumsi dan tersusun dari karbohidrat yang memiliki sifat restitan terhadap prosesn pencemaran daan penyerapan, dimana tidak dapat tercerna oleh enzim pencernaan manusia. Serat pangan dibagi menjadi 2 kelompok yaitu searat pangan larut air dan serat pangan tidak larut air (Muchtadi, 2001).

Berdasarkan hasil penelitian serat pangan *brownies* dari Saleh (2016), diperoleh 10,86% lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian ini didapat hasil 44,70% - 49,85% dapat dikatakan bahan pangan yang mengundang serat pangan sebab menurut *department of nutrition, ministry of health and institute of health singapura* (1999), suatu produk dapat diklaim sebagai sumber atau mengandung serat pangan jika terdapat lebih dari atau sama dengan 3 g/100g produk. Untuk perhitungan SDF – IDF dapat dilihat pada lampiran 13.

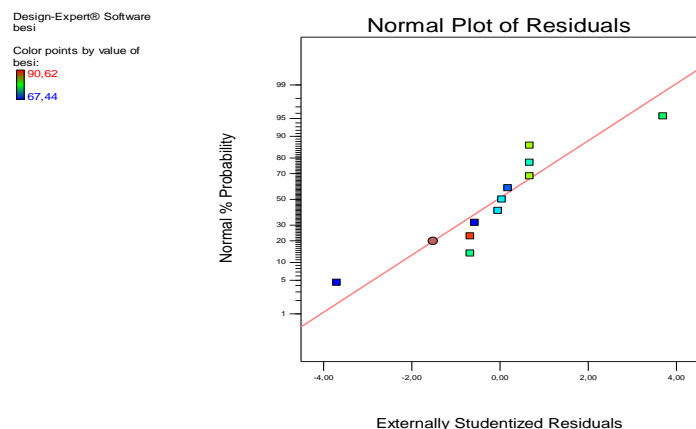
4.3.7 Analisis Respon Zat Besi

Zat besi merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan zat besi dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon zat besi adalah sebagai berikut:

$$Y = 3,35A + 2,59B + 9,36C + 2,74AB - 5,38AC + 1,90BC - 6,54A^2 - 8,86B^2 + 0,00C^2$$

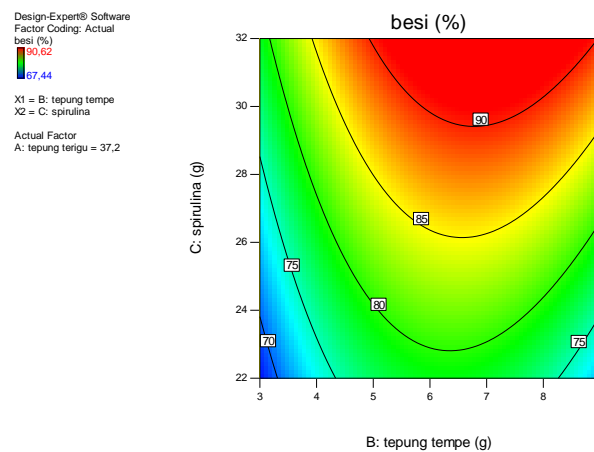
Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon zat besi akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Respon zat besi akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Pada Gambar 28, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan zat besi secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

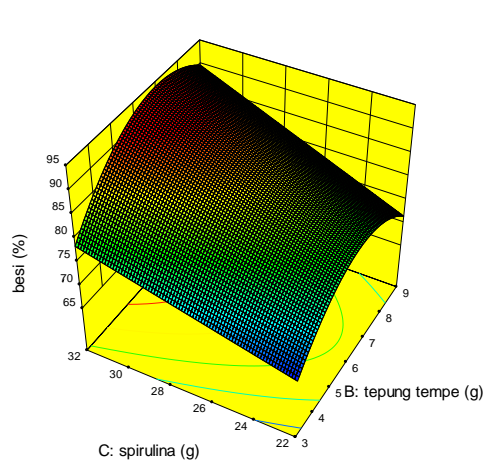


Gambar 28. Plot Kenormalan Residual Respon Zat besi

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 28 menunjukkan data untuk respon yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 29 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 30 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 29. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Zat besi



Gambar 30. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Zat besi

Kadar zat besi pada roti manis P1 (10%) 23,77% *Spirulina* memenuhi anjuran komposisi makanan tambahan berdasarkan WHO yang berkisar 18% - 30%. Sedangkan kadar zat besi pada roti manis P2 (15%) 30,79% *Spirulina* dan P3 (20%) 39,20% *Spirulina* melebihi anjuran WHO. Dari penelitian ini didapat hasil yaitu 67,44% - 90,62%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar substitusi tepung *Spirulina*, semakin tinggi kadar zat besi. Selain itu, selain kadar zat besi pada *spirulina*, juga terdapat kadar zat besi pada tepung terigu yang digunakan. Pada penelitian lain diketahui bahwa tepung terigu yang digunakan mengandung 5,14 - 6,4 mg per 100 g tepung terigu (Maria, 2009).

Menurut *Food Safety and Standards Authority of India* (2010), Kadar zat besi masih tinggi karena zat besi merupakan salah satu mineral. Mineral relatif lebih stabil pada proses pengolahan berupa panas, cahaya, dan pH dibanding dengan vitamin. Mineral dalam makanan dapat berkurang dalam proses pencucian maupun perebusan. Sehingga proses pemanggangan tidak terlalu berpengaruh terhadap oksidasi zat besi.

4.3.8 Analisis Respon Daya Tekstur

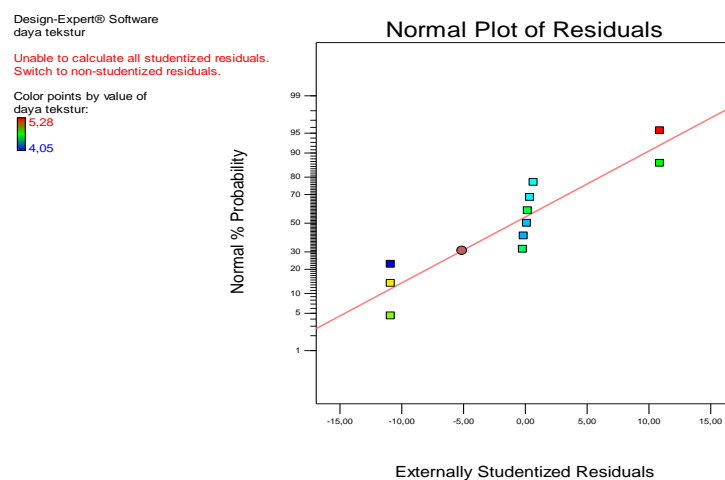
Daya tekstur merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan daya tekstur dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon daya tekstur adalah sebagai berikut:

$$Y = 0,42A + 0,15B + 0,62C + 0,34AB - 0,49AC - 0,054BC - 0,23A^2 - 0,19B^2 + 0,00C^2$$

Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

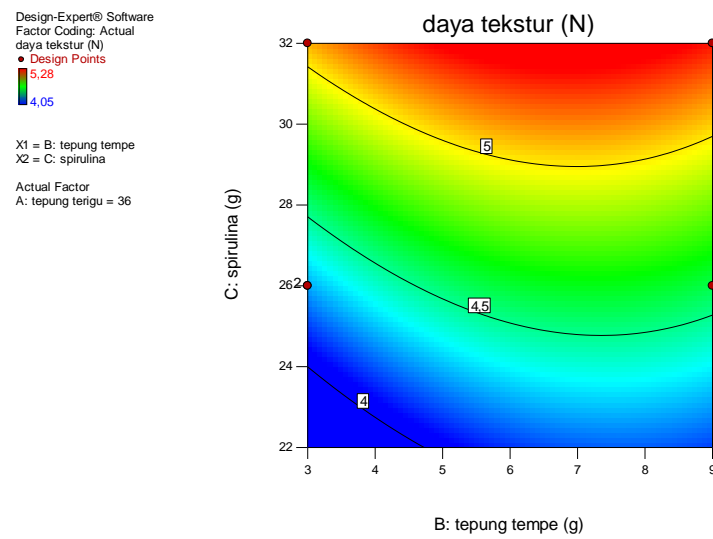
Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon daya tekstur akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan

dengan nilai konstanta yang negatif. Respon daya tekstur akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Pada Gambar 31, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan daya tekstur secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

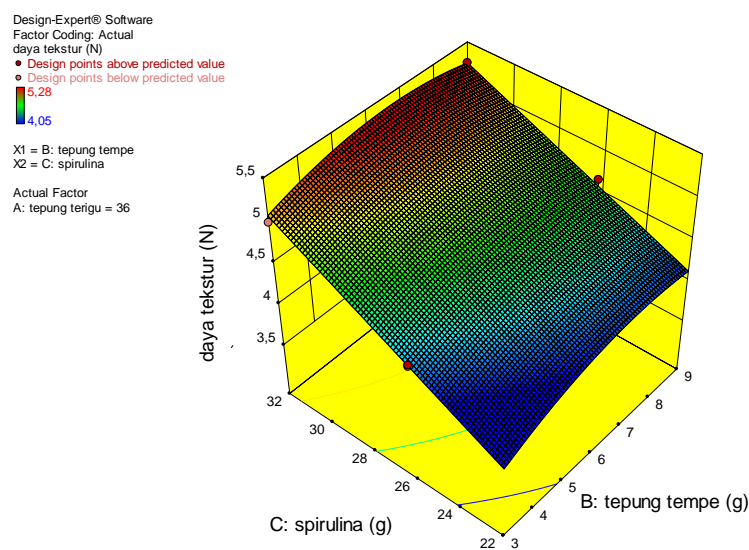


Gambar 23. Plot Kenormalan Residual Respon daya tekstur

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 31 menunjukkan data untuk respon yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 32 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 33 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 32. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon daya tekstur



Gambar 33. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon daya tekstur

Dari hasil penelitian febril (2009) berkisar 42,03 – 54,74 N lebih rendah dari daya tekstur pada penelitian ini yaitu 4,05 – 5,28 N. hal ini dikarena kan kandungan Spirulina dan tepung tempe. Selain itu dipengaruhi oleh sumber lemak (margarin dan *dark cooking chocolate*) yang lebih banyak. Berbeda dengan *brownies* yang dibuat dari bahan dasar tepung terigu yang mempunyai

kadar gluten dan protein rendah, tekstur yang dihasilkan lebih soft, padat dan mengembang (Saleh, 2016)

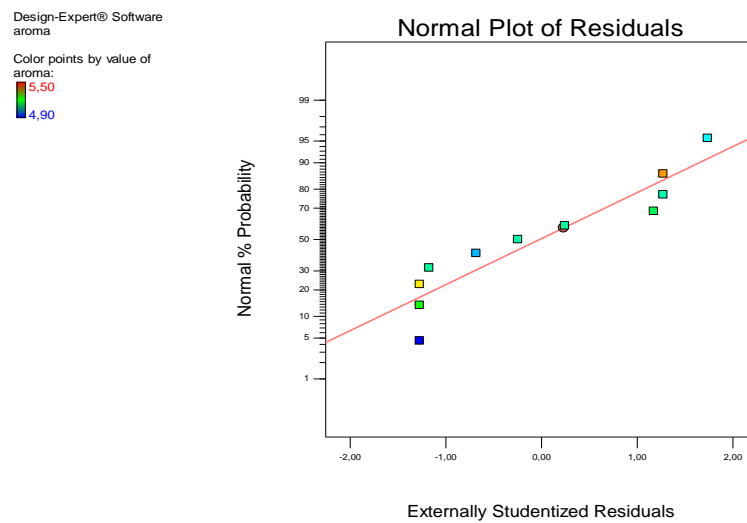
4.3.9 Analisis Respon Aroma

Aroma merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan Aroma dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon Aroma adalah sebagai berikut:

$$Y = 0,36A + 0,13B + 0,081C + 0,23AB - 0,43AC + 4,167E - 003BC - 0,11A^2 + 0,23B^2 + 0,00C^2$$

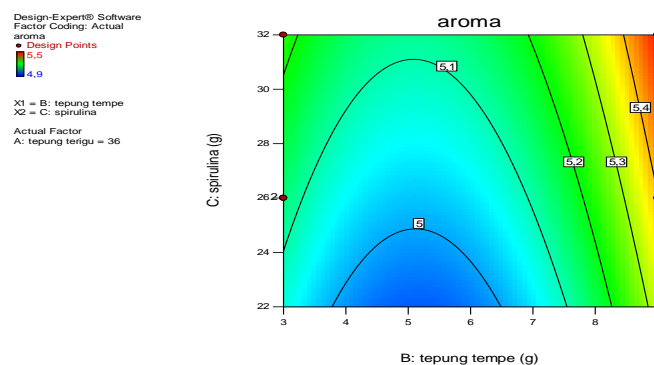
Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon Aroma akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Respon Aroma akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Pada Gambar 34, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan aroma secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

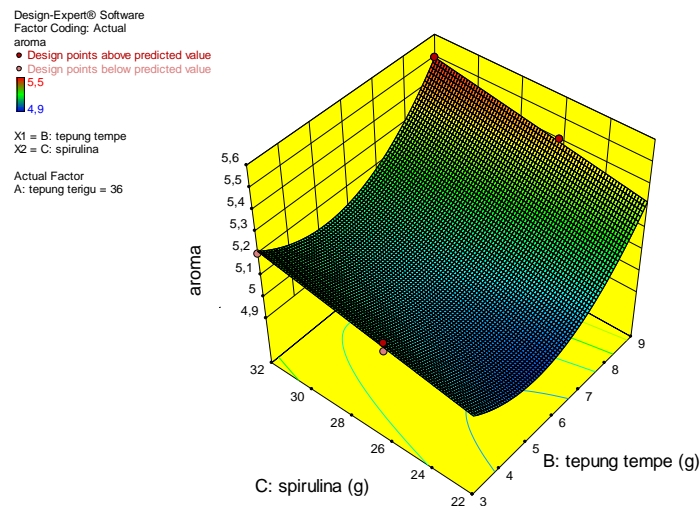


Gambar 34. Plot Kenormalan Residual Respon Aroma

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 34 menunjukkan data untuk respon yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 35 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 36 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 35. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Aroma



Gambar 36. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Aroma

Menurut Febrial (2009) *Brownies* tempe memiliki aroma langu yang khas. Aroma ini muncul diduga akibat adanya oksidasi komponen lemak yang terurai pada saat tempe dikukus. Aroma semakin kuat seiring penambahan jumlah tepung tempe. Semakin meningkat aroma langunya, tingkat kesukaannya semakin menurun. Begitu pula ditambahkan oleh penelitian Sugiarto (2014) Aroma roti manis memiliki tingkat kesukaan netral pada semua perlakuan, dengan kesukaan tertinggi pada roti manis 10% penambahan *Spirulina*. Selain rasa amis, aroma langu juga menjadi salah satu karakteristik sensorik dari mikroalga seperti spirulina. Aroma ini juga mempengaruhi pemilihan aroma roti manis. Panelis berpendapat bahwa seharusnya untuk menghilangkan aroma langu, dapat dengan pemblansiran, namun pemblansiran dapat mengurangi kadar mineral yang terdapat pada spirulina. Alternatif lain untuk meningkatkan aroma adalah memberikan vanilla rasa.

4.3.10 Analisis Respon Warna

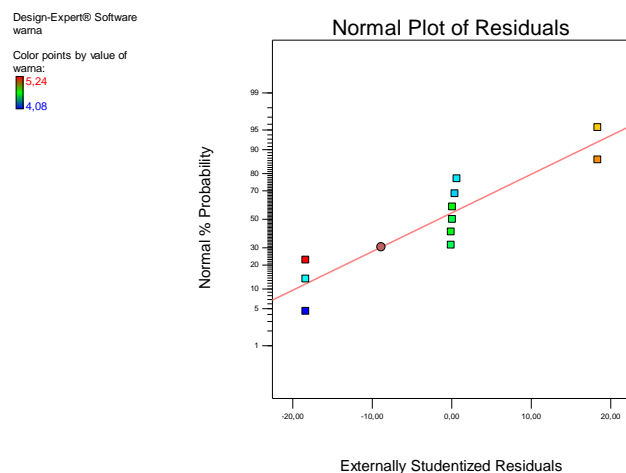
Warna merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan Warna dalam pembuatan *brownies*

dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon Warna adalah sebagai berikut:

$$Y = 0,63A + 0,17B + 0,014C + 0,41AB - 0,95AC + 0,13BC - 0,16A^2 + 0,090B^2 + 0,00C^2$$

Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

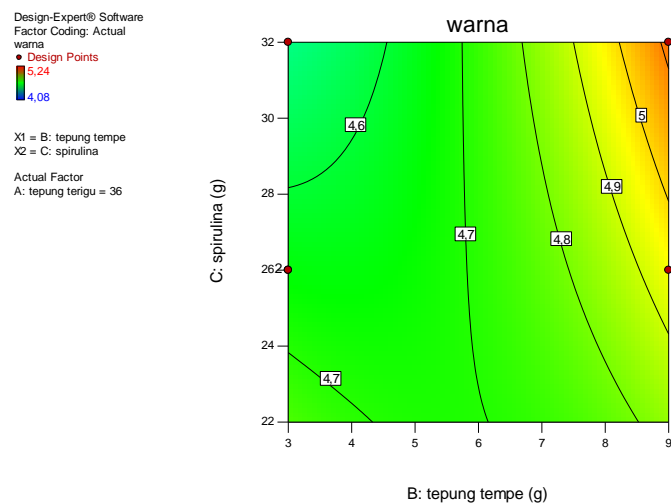
Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon Warna akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Respon Warna akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Pada Gambar 37, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan warna secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.



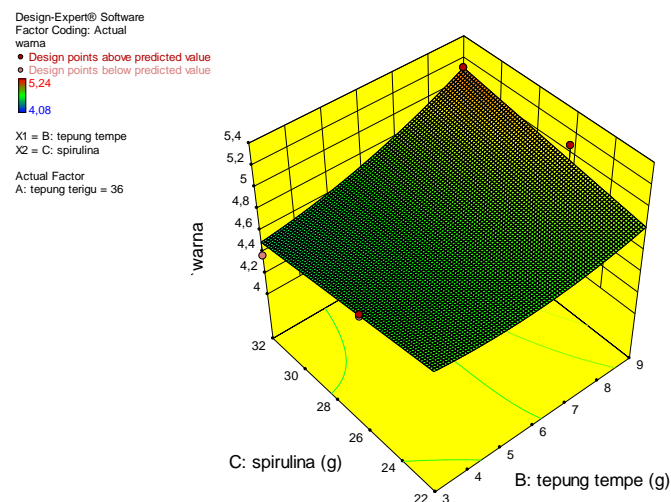
Gambar 37. Plot Kenormalan Residual Respon Warna

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 37 menunjukkan data untuk respon warna yang menyebar normal. Grafik *contour*

plot pada Gambar 38 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon warna, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon warna yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 39 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 38. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Warna



Gambar 39. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Warna

Menurut penelitian Murni (2016) pada penambahan tepung tempe pada kue basah, penambahan proporsi banyak dapat meningkatkan perubahan warna disebabkan karena tepung tempe berwarna krem, semakin banyak prosentase penggunaan tepung tempe maka tingkatan warna krem menjadi semakin nyata. Pada penelitian Sugiarto (2014) Warna roti manis yang dihasilkan yaitu hijau tua. Warna hijau tua berasal klorofil pada *Spirulina*. Semakin besar substitusi spirulina pada roti manis menghasilkan warna yang semakin gelap. Panelis yang tidak menyukai warna roti manis *Spirulina* menyatakan bahwa warna roti terlalu gelap sehingga kurang menarik. Warna roti manis mempengaruhi pemilihan oleh panelis, dan begitu npula dampak yang terjadi pada *brownies* dalam penelitian ini semakin banyak penambahan akan membuat warna semakin gelap.

4.3.11 Analisis Respon Rasa

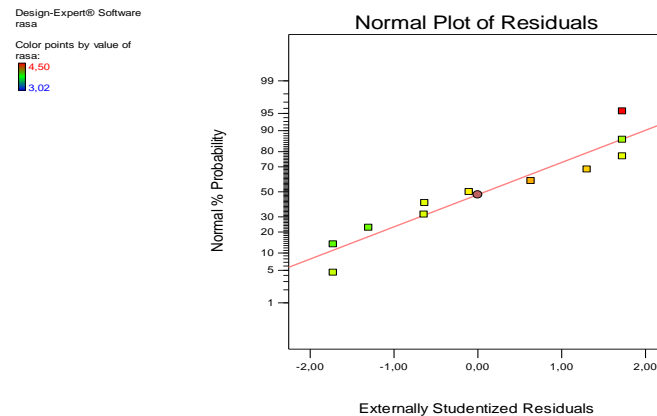
Rasa merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan Rasa dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon rasa adalah sebagai berikut:

$$Y = 0,050A - 0,042B - 0,38C - 0,28AB - 0,43AC - 0,16BC + 0,077A^2 + 0,27B^2 + 0,00C^2$$

Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

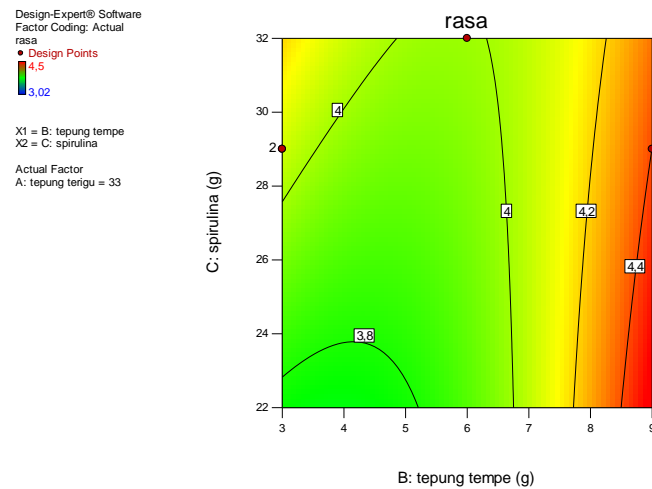
Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon rasa akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Respon rasa akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi

Spirulina. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Pada Gambar 40, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan kadar abu secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

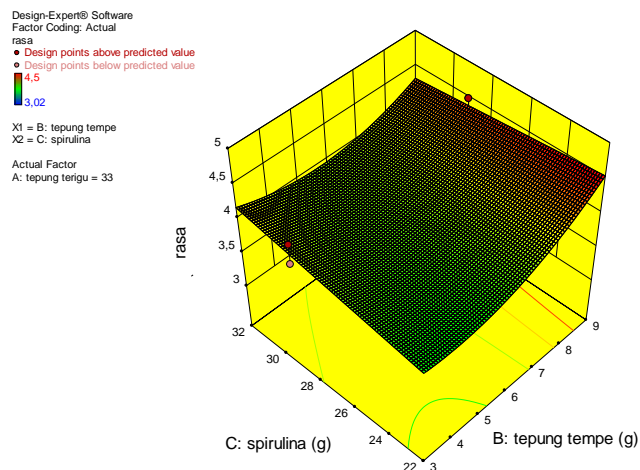


Gambar 40. Plot Kenormalan Residual Respon Rasa

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 40 menunjukkan data untuk respon rasa yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 41 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon rasa, melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon rasa yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 42 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 41. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Rasa



Gambar 42. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Rasa

Dari penelitian Febrial (2009) yang diperoleh responden pun dapat dilihat bahwa untuk satu produk testimoninya beragam memberikan penilaian organoleptik terutama terhadap rasa *brownies*. seorang menyatakan sangat suka, tiga orang menyatakan suka, dan ada seorang yang menyatakan tidak suka. Semakin penambahan tepung tempe pada *brownies* maka panelis tidak semakin suka dikarenakan rasa dari tepung tempe. Pada penelitian Sugiarto (2014), rasa pada roti manis Spirulina dengan penambahan semakin banyak

memberikan pengaruh tidak suka pada panelis. Hal ini dikarenakan terdapat rasa amis yang mencolok yang merupakan karakteristik sensorik dari mikroalga seperti *Spirulina*. Semakin banyak substitusi tepung *Spirulina*, maka rasa amis akan semakin terasa dan mempengaruhi pemilihan rasa roti manis yang dihasilkan

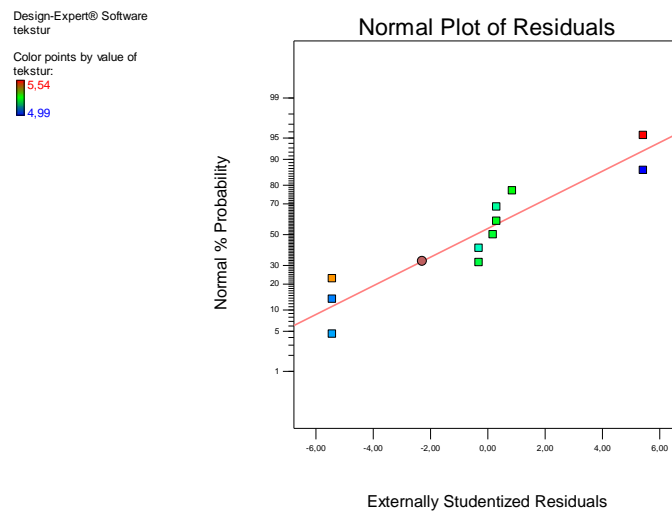
4.3.12 Analisis Respon Tekstur

Tekstur merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan kemampuan tekstur dalam pembuatan *brownies* dalam pangan. Persamaan RSM untuk optimasi kondisi proses pembuatan *brownies* terhadap respon tekstur adalah sebagai berikut:

$$Y = 0,093A - 0,099B + 0,090C + 0,015AB - 0,12AC + 0,21BC + 0,035A^2 - 0,24B^2 + 0,00C^2$$

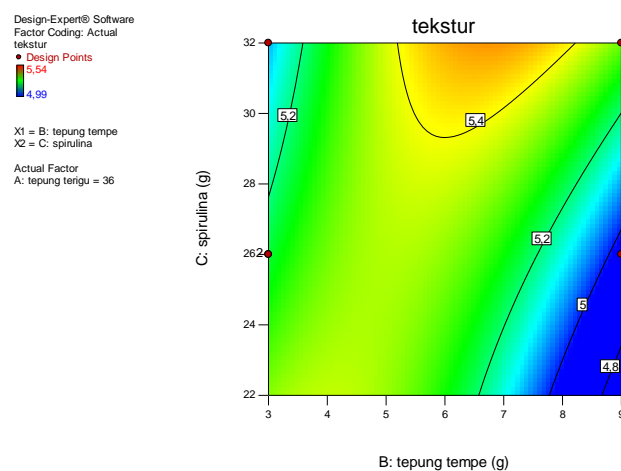
Dimana : A: Tepung terigu, B: Tepung tempe dan C: *Spirulina*

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon tekstur akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan proporsi tepung terigu, tepung tempe dan interaksi antar proporsi tepung terigu dan *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Respon tekstur akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan *Spirulina*, interaksi antar konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe, interaksi antar tepung tempe dan *Spirulina*, interaksi antar proporsi tepung terigu antar konsentrasi tepung tempe dan antar proporsi *Spirulina*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Pada Gambar 43, diperlihatkan bahwa kenaikan dan penurunan tekstur secara nyata hanya dipengaruhi oleh konsentrasi tepung terigu dan tepung tempe.

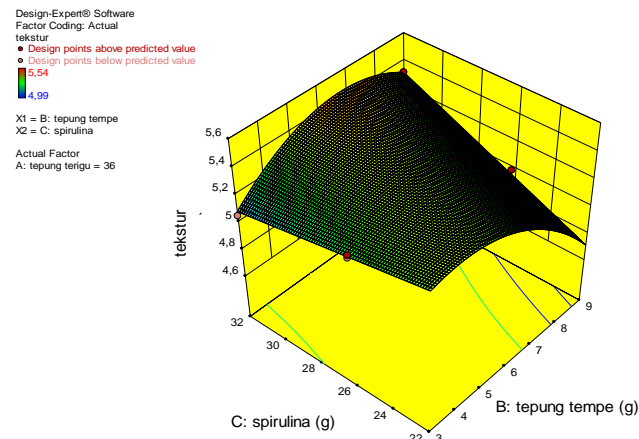


Gambar 43. Plot Kenormalan Residual Respon Tekstur

Grafik kenormalan *internally studentized residual* pada Gambar 43 menunjukkan data untuk respon tekstur yang menyebar normal. Grafik *contour plot* pada Gambar 44 menunjukkan kombinasi antara komponen yang saling mempengaruhi terhadap nilai respon tekstur melalui warna-warna yang berbeda. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* merupakan kombinasi antara tiga komponen formula kondisi proses pengolahan dengan proporsi berbeda yang menghasilkan nilai respon tekstur yang sama. Grafik tiga dimensi (3-D) pada Gambar 45 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antar komponen formula kondisi proses pengolahan.



Gambar 44. Grafik Contour Plot Hasil Uji Respon Tekstur



Gambar 45. Grafik Tiga Dimensi Hasil Uji Respon Tekstur

Penurunan ini terjadi seiring penambahan tepung tempe dan kurangnya margarin dan coklat batang pada formulasi. Dengan semakin bertambahnya tepung, maka jumlah air yang tersedia untuk melarutkan dan mendistribusikan adonan semakin berkurang. Hal ini menyebabkan tekstur menjadi kurang kompak. Sedangkan pengurangan margarin dan coklat batang menyebabkan struktur *brownies* yang terbentuk lebih padat tetapi rapuh. Margarin dan coklat batang merupakan sumber lemak yang berperan dalam melembutkan tekstur dan memacu pengembangan. Dari hasil penelitian Sigarto (2014) tentang roti manis substitusi *Spirulina* memberikan pengaruh sangat buruk pada tekstur roti yang semakin keras dan tidak lembut oleh karena itu, Pembuatan roti dengan substitusi tepung spirulina memerlukan tambahan *bread improver* karena tidak tersedianya gluten dalam tepung spirulina. Bahan ini berfungsi untuk meningkatkan daya tarik menarik antara butir pati, sehingga dapat menahan gas yang terdapat dalam adonan. Penambahan *bread improver* akan menghasilkan adonan yang cukup mengembang dan akhirnya akan diperoleh roti dengan volume yang relatif besar, remah yang halus, dan tekstur yang lembut.

4.4 Optimasi Kondisi Proses Pembuatan *Brownies*

Optimasi dilakukan setelah didapat model matematika untuk masing-masing respon. Optimasi dilakukan untuk mendapatkan respon yang sesuai dengan yang diinginkan (*desirability*). Tujuan dari optimasi untuk meminimumkan usaha yang diperlukan atau biaya operasional dan memaksimumkan yang diinginkan. Tabel 18, menunjukkan komponen-komponen yang dioptimasi, targetnya, batas minimum dan maksimumnya.

Tabel 18. Komponen respon yang dioptimasi, target dan batas pada tahapan optimasi formula

| Respon | Target | Batas Bawah | Batas Atas |
|------------------|----------|-------------|------------|
| tepung terigu | Range | 33 | 39 |
| tepung tempe | Range | 3 | 9 |
| <i>Spirulina</i> | Range | 22 | 32 |
| Air | Maksimal | 19,22 | 23,66 |
| Abu | Maksimal | 0,82 | 1,38 |
| Lemak | Maksimal | 21,06 | 28,05 |
| Protein | Maksimal | 25,34 | 35,51 |
| Karbohidrat | Maksimal | 38,25 | 47,1 |
| serat pangan | Maksimal | 44,7 | 49,85 |
| Besi | Maksimal | 67,44 | 90,62 |
| daya tekstur | Maksimal | 4,05 | 5,28 |
| Aroma | Maksimal | 4,9 | 5,5 |
| Warna | Maksimal | 4,08 | 5,24 |
| Rasa | Maksimal | 3,02 | 4,5 |
| Tekstur | Maksimal | 4,99 | 5,54 |

Proporsi tepung terigu, tepung tempe dan *Spirulina* merupakan optimalkan dengan kisaran batas bawah dan batas atas seperti pada Tabel 18. Proporsi tepung terigu, tepung tempe dan *Spirulina* akan mempengaruhi kualitas *brownies* kukus yang dihasilkan. Respon kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, karbohidrat, serat pangan, zat besi, daya tekstur, dan organoleptik merupakan respon yang dioptimalkan dengan target maksimal. Semua respon merupakan respon yang erat kaitannya dengan sifat fungsionalnya yang dibutuhkan oleh berbagai industry pangan fungsional, dan merupakan parameter yang penting untuk diketahui karena berhubungan dengan *brownies* dalam memberikan penambahan kecukupan asupan gizi untuk tubuh.

Berdasarkan proses optimasi, program DX 10.0® memberikan 6 solusi formula optimum yang dapat dilihat pada Tabel 19 . Kondisi proses proporsi tepung terigu 36 g, tepung tempe 3 g, *Spirulina* 26 g, dengan respon kadar air 20,51%, kadar abu 0,88%, kadar lemak 21,08%,kadar protein 25,34%, kadar karbohidrat 39,96%, serat pangan 44,70% zat besi 72,82%, daya tekstur 4,26 N, aroma 5,11, warna 4,66, rasa 4,25,tekstur 5,23 dengan direkomendasikan sebagai solusi formula yang optimal, karena memiliki nilai semua respon yang tinggi serta nilai *desirability* yang tinggi yaitu 1.

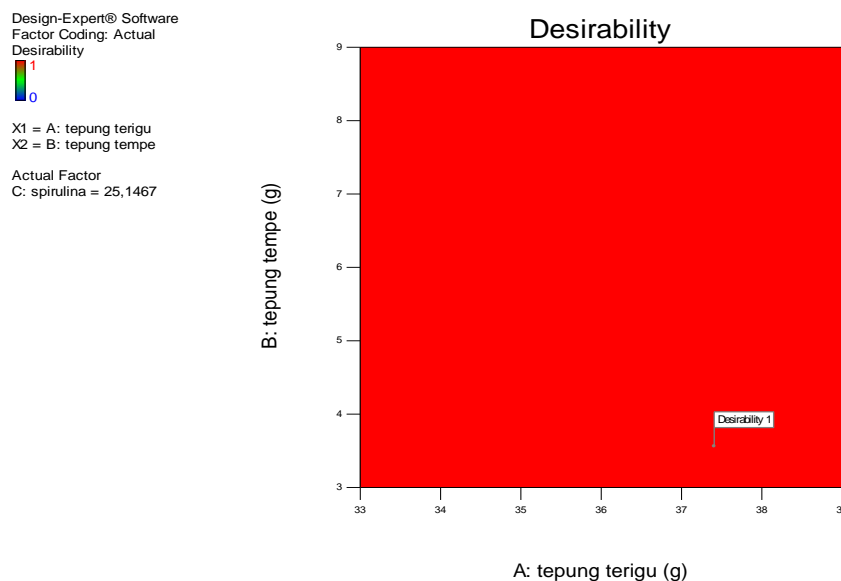
Montgomery (2001), menyatakan bahwa nilai *desirability* tersebut adalah untuk menentukan derajat ketepatan hasil solusi optimal. Nilai *desirability* yang mendekati satu maka semakin tinggi nilai ketepatan optimasi, sehingga bisa disimpulkan bahwa dengan proporsi tepung terigu 36 g, tepung tempe 3 g, *Spirulina* 26 g akan menghasilkan produk *brownies* kukus yang memiliki optimal yang sesuai dengan target, dan diprediksi menghasilkan produk dengan kadar air 20,51%, kadar abu 0,88%, kadar lemak 21,08%,kadar protein 25,34%, kadar karbohidrat 39,96%, serat pangan 44,70% zat besi 72,82%, daya tekstur 4,26 N, aroma 5,11, warna 4,66, rasa 4,25, tekstur 5,23.

Tabel 20. Formula yang dihasilkan dalam Tahapan Optimasi

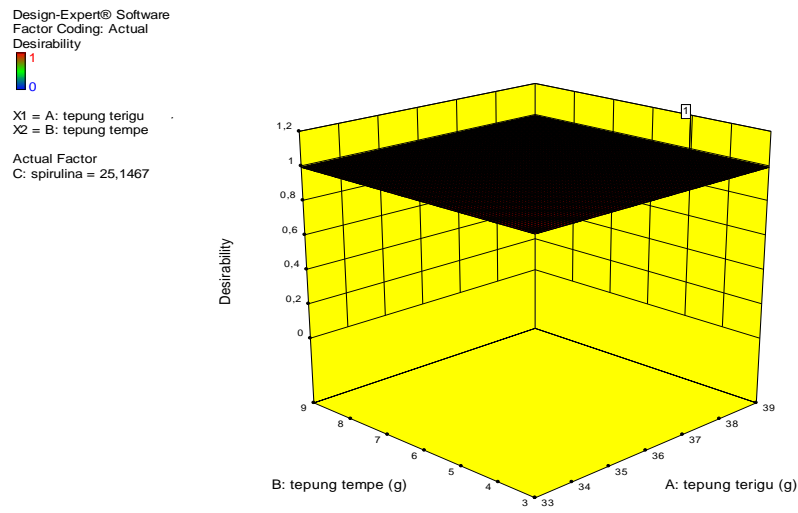
| Number | tepung terigu* | tepung tempe* | spirulina* | air | abu | lemak | protein | karbohidrat | serat pangan | besi | daya | tekstur | aroma | warna | rasa | tekstur | Desirability |
|--------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| 1 | <u>38,131</u> | <u>4,308</u> | <u>31,599</u> | <u>23,741</u> | <u>1,147</u> | <u>23,988</u> | <u>34,563</u> | <u>46,035</u> | <u>48,518</u> | <u>83,441</u> | <u>4,914</u> | <u>4,952</u> | <u>4,174</u> | <u>3,481</u> | <u>5,311</u> | <u>1,000</u> | <u>Selected</u> |
| 2 | 33,000 | 9,000 | 29,000 | 22,466 | 0,975 | 25,427 | 27,197 | 38,354 | 45,627 | 73,381 | 4,128 | 4,913 | 4,212 | 4,401 | 5,113 | 1,000 | |
| 3 | 36,000 | 3,000 | 32,000 | 23,276 | 1,335 | 24,147 | 34,107 | 47,044 | 50,197 | 81,641 | 5,078 | 5,223 | 4,512 | 3,901 | 5,093 | 1,000 | |
| 4 | 39,000 | 6,000 | 26,000 | 19,176 | 0,885 | 25,147 | 25,667 | 42,284 | 49,077 | 81,641 | 4,898 | 5,373 | 5,372 | 4,001 | 5,493 | 1,000 | |
| 5 | 33,000 | 6,000 | 32,000 | 22,604 | 1,175 | 25,613 | 31,953 | 45,816 | 49,223 | 90,479 | 5,202 | 5,087 | 4,878 | 3,989 | 5,507 | 1,000 | |
| 6 | 39,000 | 3,000 | 29,000 | 21,262 | 1,053 | 27,556 | 27,686 | 41,388 | 47,226 | 69,085 | 4,321 | 5,024 | 4,269 | 4,165 | 5,234 | 1,000 | |

Keterangan : * Nilai respon yang disarankan oleh RSM

Gambar 46 47, dan 48 , menjelaskan hasil optimasi dalam bentuk *contour* (2D) dan tiga dimensi (3D). Grafik *Contour plot* merupakan gambaran dua dimensi dari respon yang disajikan dengan menggunakan model prediksi untuk nilai respon. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan nilai *desirability* tertentu yang sama. Titik prediksi pada gambar tersebut menunjukkan kombinasi antara proporsi berbeda – beda yang menghasilkan nilai *desirability* sebesar 1. Grafik tiga dimensi (3-D) menunjukkan proyeksi dari grafik *contour plot*. Area yang rendah pada grafik tiga dimensi menunjukkan nilai *desirability* yang rendah, sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai *desirability* yang tinggi.



Gambar 46. Grafik *contour plot* nilai *desirability* formula optimum



Gambar 47. Grafik contour plot nilai desirability formula optimum



Gambar 48. Bar Graph keseluruhan nilai desirability formula optimum

4.5 Verifikasi Solusi Formula Optimum

Pada hasil verifikasi kondisi optimum yang direkomendasikan program *Design Expert 10 trail* dengan *RSM Box-Behnken*, diperoleh *brownies* kukus dengan kadar air 20,63%, kadar abu 0,97%, kadar lemak 26,10%, kadar protein 26,70%, kadar karbohidrat 41,46%, serat pangan 47,33%, zat besi 72,16%, daya tekstur 4,57 N, aroma 5,11, warna 4,57, rasa 4,06, dan tekstur 5,17. Jika dibandingkan dengan nilai yang diprediksikan tidak ada perbedaan dengan verifikasi (Tabel 20), maka nilai hasil verifikasi berada di kisaran 95% *PI low* dan 95% *PI high*.

Tabel 20. Prediksi dan hasil verifikasi nilai respon solusi formula optimum hasil optimasi dengan program *Design Expert 10 trail*.

| Respon | Prediksi | Formula | | | | |
|--------------|----------|------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | | Verifikasi | 95% CI low | 95% CI high | 95% PI Low | 95% CI high |
| Air | 22,44 | 20,63 | 19,59 | 21,67 | 18,83 | 24,67 |
| Abu | 1,10 | 0,97 | 0,90 | 1,04 | 0,84 | 1,26 |
| Lemak | 29,88 | 26,10 | 23,92 | 28,28 | 22,32 | 34,56 |
| Protein | 31,80 | 26,70 | 23,75 | 29,64 | 21,32 | 38,12 |
| Karbohidrat | 42,23 | 41,46 | 41,01 | 41,90 | 40,68 | 43,20 |
| serat pangan | 49,00 | 47,33 | 46,36 | 48,30 | 45,66 | 51,08 |
| Besi | 84,24 | 72,16 | 65,19 | 79,13 | 60,08 | 99,22 |
| daya tekstur | 4,88 | 4,57 | 4,38 | 4,75 | 4,25 | 5,27 |
| Aroma | 5,19 | 5,11 | 5,06 | 5,15 | 5,02 | 5,30 |
| Warna | 5,10 | 4,57 | 4,27 | 4,87 | 4,04 | 5,75 |
| Rasa | 4,62 | 4,06 | 3,74 | 4,38 | 3,50 | 5,31 |
| Tekstur | 5,31 | 5,17 | 5,09 | 5,25 | 5,03 | 5,48 |

Optimasi menggunakan Program *Desaign Expert 10 trail* dengan *RSM-Box-Behnken* menghasilkan formula pengolahan yang optimal dengan proporsi tepung terigu 33 g, tepung tempe 3 g, *Spirulina* 29 g. Pada kondisi ini dihasilkan *brownies* kukus kadar air 20,63%, kadar abu 0,97%, kadar lemak 26,10%, kadar protein 26,70%, kadar karbohidrat 41,46%, serat pangan 47,33%, zat besi 72,16%, daya tekstur 4,57 N aroma 5,11, warna 4,57, rasa 4,06, dan tekstur 5,17

Dari hasil penelitian ini di dapatkan zat besi tinggi dalam penambahan *brownies* kukus dengan substitusi tepung tempe dan *Spirulina*, dengan proporsi penambahan *Spirulina* makin tinggi akan berpengaruh pada zat besi *brownies*. Dari penelitian Sugiarto (2014) memberikan penjelasan bahwa penambahan *Spirulina* pada roti manis dapat memberikan zat besi yang tinggi tetapi tidak sesuai dengan anjuran WHO yaitu kadar penambahan zat besi adalah sebesar minimal 18% dan maksimal 30%. Jadi terlalu banyak penambahan zat besi juga tidak baik untuk perkembangan tubuh. Dari penelitian ini hasil *brownies* yang dapat dikonsumsi adalah sepotong (5 cm persegi) dari *brownies* untuk memenuhi kecukupan gizi besi (Fe). Kelebihan besi jarang terjadi karena makanan, tetapi dapat disebabkan oleh suplemen besi. Gejala pada orang yang berkelebihan besi adalah rasa nek, muntah, diare, denyut jantung meningkat, sakit kepala, mengigau, dan pingsan (Almatsier, 2002).