

1. Profil mutu fisik gel pewarna rambut bunga telang

Hasil dari masing- masing uji mutu fisik didapatkan profil campuran bahan dari persamaan dan perhitungan berdasarkan *Factorial Design*. Hasil yang didapat akan digunakan untuk menentukan formula optimum.

Tabel 1. Profil mutu fisik gel untuk penentuan formula optimum

Formula (<i>carbomer</i> : CMC Na)	Viskositas (d.Pas)	Daya Sebar (cm)	Daya Lekat (detik)	pH
1 (0,5:3)	33,33±2,58	4,34±0,06	2,07±0,04	5,55±0,40
2 (0,5:3)	47,00±1,54	5,58±0,08	2,05±0,16	5,72±0,19
3 (2:6)	111,66±9,83	3,47±0,05	53,47±1,44	4,83±0,39
4 (2:6)	113,33±8,16	3,24±0,06	53,18±1,65	5,54±0,19
5 (0,5:6)	24,33±1,03	4,64±0,15	1,28±0,07	6,30±0,06
6 (0,5:6)	26,33±1,03	4,07±0,12	1,40±0,03	6,80±0,13
7 (2:3)	85,00±5,47	2,74±0,05	5,21±0,13	5,56±0,09
8 (2:3)	76,66±5,16	3,61±0,06	5,32±0,08	5,76±0,03

Tabel 10 menunjukkan hasil mutu fisik gel yang didasarkan pada viskositas, daya lekat, pH dan daya sebar. Profil mutu fisik didapatkan dengan pembuatan 4 formula gel dari *factorial design* menggunakan 2 faktor dan 2 level yang selanjutnya direplikasi 2 kali sehingga dibuat 8 formula dengan uji mutu fisik yang telah dilakukan. Selanjutnya dari masing-masing uji mutu fisik didapatkan persamaan dan *contour plot* serta kurva hubungan kedua faktor pada *factorial design* untuk mengetahui interaksi kedua komponen. Gel ini selanjutnya dibuat acuan untuk menentukan formula optimum.

2. Viskositas gel pewarna rambut

Viskositas suatu gel mempengaruhi efek yang akan ditimbulkan, gel yang terlalu encer menyebabkan waktu lekat yang singkat sehingga efektivitas penghantaran zat aktif menjadi rendah maka warna yang dihasilkan kurang maksimal sebaliknya jika viskositas sediaan gelnya kental, maka semakin lama gel akan melengkat pada kulit, semakin lama juga waktu penetrasi obat ke dalam kulit sehingga warna yang dihasilkan optimal. Viskositas adalah suatu pernyataan tahanan dari suatu cairan untuk mengalir, makin tinggi viskositas, akan makin besar tahanannya. Pada penelitian ini didapatkan viskositas yang berbeda pada tiap formula. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan konsentrasi *carbomer* dan CMC

Na yang terkandung pada tiap formulanya. Semakin tinggi konsentrasi *carbomer* 934 maka viskositas sediaan gel semakin meningkat. Peningkatan jumlah *gelling agent* dapat memperkuat matriks penyusun gel sehingga mengakibatkan kenaikan viskositas (Goeswin, 2008). Persamaan viskositas dari *Factorial Design* sebagai berikut :

$$Y = +56,94 + 31,96 (A) + 4,21 (B) + 11,63 (A) (B) \dots \dots \dots (2)$$

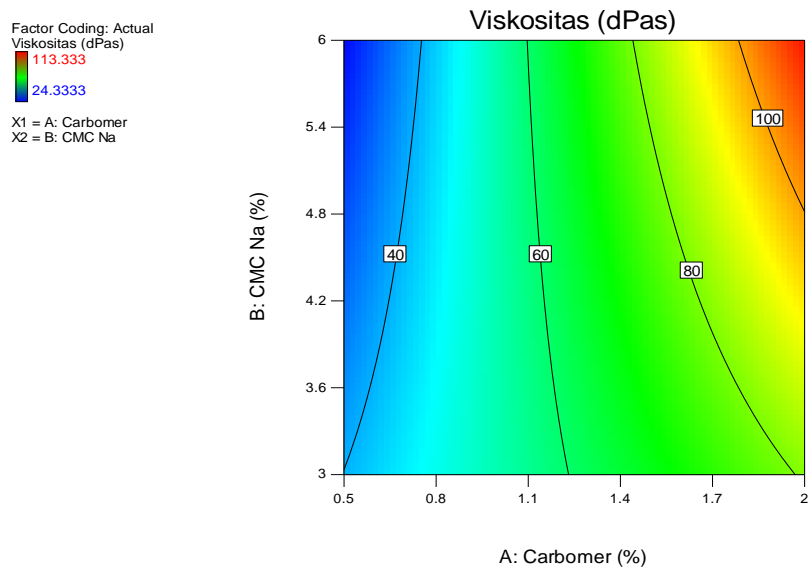
Keterangan

Y : viskositas pewarna rambut

A : *Carbomer* (bagian)

B : CMC Na (bagian)

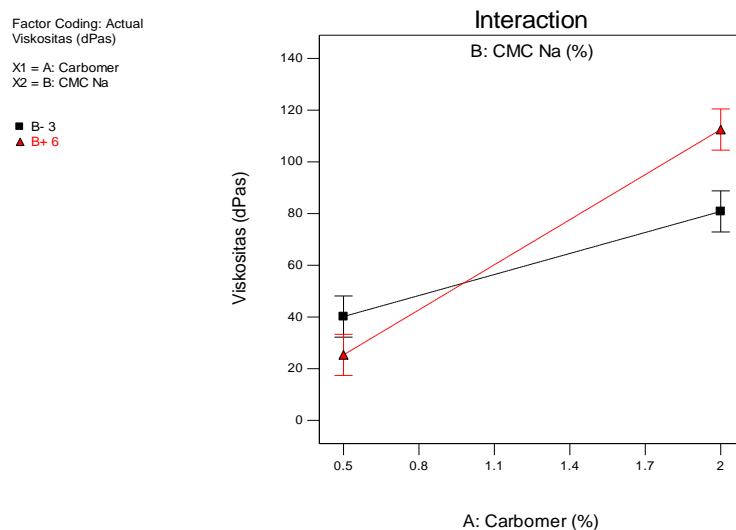
Berdasarkan nilai koefisien persamaan diatas dapat dilihat pengaruh masing-masing komponen dan interaksi dari dua komponen tersebut. Komponen *carbomer* (31,96) dan CMC Na (4,21), yang paling dominan dalam meningkatkan viskositas gel adalah *carbomer*. sedangkan kombinasi antara *carbomer* dan CMC-Na (11,63) berpengaruh meningkatkan viskositas sediaan.



Gambar 1. Contour plot uji viskositas

Dari persamaan *Factorial design* dapat diperoleh kesimpulan bahwa penambahan *carbomer* dan CMC Na dapat berpengaruh terhadap viskositas gel pewarna rambut.

Contour plot respon viskositas menggambarkan efek *carbomer* dan CMC Na terhadap viskositas. Daerah yang berwarna biru menunjukkan nilai viskositas terendah sedangkan daerah yang berwarna merah menunjukkan nilai viskositas tertinggi. Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin banyak *carbomer* yang ditambahkan maka kurva garis akan bergeser ke kanan mendekati daerah yang berwarna merah (viskositas meningkat) sedangkan semakin sedikit *carbomer* yang ditambahkan maka kurva garis akan bergeser ke kiri mendekati daerah yang berwarna biru (viskositas turun). *Carbomer* adalah *gelling agent* yang memiliki viskositas yang sangat tinggi yaitu 40.000-60.000 (cP) (Rowe *et al.*, 2009), sehingga penambahannya berpengaruh positif terhadap viskositas sediaan gel. Hal ini sesuai dengan penelitian Puspita (2010) bahwa *carbomer* berefek positif terhadap viskositas gel, artinya semakin banyak *carbomer* yang ditambahkan maka viskositas gel akan semakin meningkat.



Gambar 2. Kurva interaksi carbomer dan CMC Na terhadap viskositas

Pada gambar 5 menunjukkan reaksi yang dihasilkan dengan kombinasi *carbomer* dan CMC Na, interaksi antara faktor *carbomer* dan CMC Na mempunyai pengaruh meningkatkan kekentalan gel. Faktor *carbomer* mempunyai pengaruh yang paling besar pada peningkatan viskositas gel. Dapat dilihat pada garis warna hitam menunjukkan CMC Na level rendah mempunyai viskositas yang tinggi dengan penambahan *carbomer* dapat meningkatkan viskositas gel. Pada garis

warna merah CMC Na level tinggi mempunyai viskositas yang besar dibandingkan dengan level rendah. semakin bertambahnya *carbomer*, viskositas semakin besar. Hal ini terjadi karena *Carbomer* yang terdispersi dalam air akan membentuk larutan koloid asam yang mempunyai viskositas rendah sehingga dilakukan netralisasi dengan penambahan trietanolamin untuk menghasilkan gel yang kental. Viskositas netralisasi gel *carbomer* tinggi pada pH 6-11, dan viskositas akan menurun jika pH kurang dari 3 atau lebih besar dari 12 (Madan & Singh, 2010).

3. Daya sebar gel pewarna rambut

Uji daya sebar dimaksudkan untuk mengetahui penyebaran sediaan gel pada sediaan pewarna rambut. Penyebaran gel yang baik antara 5-7 cm (Garg *et al.*, 2002). Daya sebar pada masing-masing formula berbeda, formula 1,3,4 dan 7 merupakan formula yang memiliki daya sebar sesuai parameter. Hal ini dikarenakan pada masing-masing formula tersebut ditambahkan sedikit *carbomer* sehingga viskositas gel rendah dan daya sebar nya bagus. Pemberian *carbomer* dengan konsentrasi rendah akan menurunkan viskositas sehingga diameter daya sebar gel semakin besar (Mursyid, 2017). Persamaan daya sebar dari *Factorial Design* menggunakan program *Design Expert* sebagai berikut :

$$Y = +7,40 - 1,49 (A) + 0,036 (B) + 0,053 (A) (B) \dots\dots\dots(3)$$

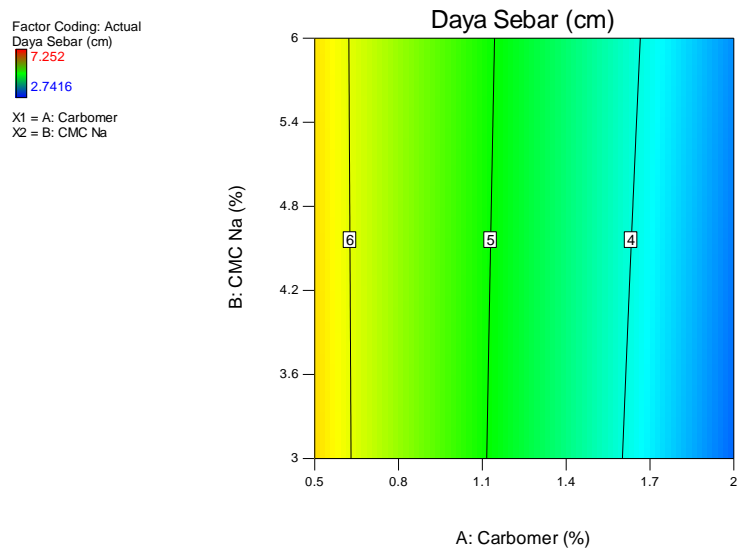
Keterangan:

Y : daya sebar pewarna rambut

A : *Carbomer* (bagian)

B : CMC Na (bagian)

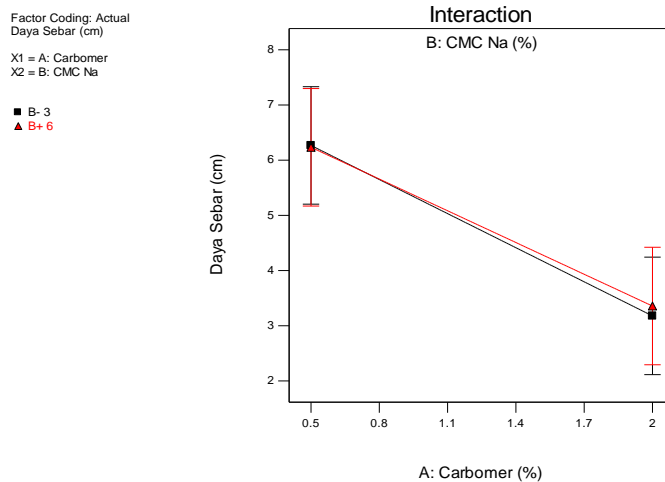
Berdasarkan nilai koefisien persamaan diatas dapat dilihat pengaruh masing-masing komponen dan interaksi dari dua komponen tersebut. Komponen *carbomer* (-1,49) dan CMC Na (0,036), *carbomer* merupakan faktor terbesar yang menyebabkan penurunan daya sebar gel. Hal ini berbanding terbalik oleh *carbomer* yang mampu meningkatkan viskositas gel sehingga daya sebar semakin kecil. sedangkan kombinasi antara *carbomer* dan CMC-Na (0,053) berpengaruh meningkatkan daya sebar meskipun tidak banyak. Dari persamaan *Factorial design* dapat diperoleh kesimpulan bahwa penambahan *carbomer* dan CMC Na dapat berpengaruh terhadap daya sebar gel pewarna rambut.



Gambar 3. *Contour plot* uji daya sebar

Gambar 6 menggambarkan efek penegasan bahwa *carbomer* memberikan pengaruh dalam menurunkan daya sebar sediaan. Daerah yang berwarna biru menunjukkan nilai daya sebar terendah sedangkan daerah yang berwarna kuning menunjukkan nilai daya sebar tertinggi. Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin banyak *carbomer* yang ditambahkan maka kurva garis akan bergeser ke kanan mendekati daerah yang berwarna biru (daya sebar menurun) sedangkan semakin sedikit *carbomer* yang ditambahkan maka kurva garis akan bergeser ke kiri mendekati daerah yang berwarna kuning (daya sebar meningkat).

Pada gambar 7 menunjukkan reaksi yang dihasilkan dengan kombinasi *carbomer* dan CMC Na, interaksi antara faktor *carbomer* dan CMC Na mempunyai pengaruh menurunkan daya sebar gel. Perlu diketahui bahwa nilai viskositas berbanding terbalik dengan nilai daya sebar (Garg *et al.*, 2002). Semakin tinggi nilai viskositas, maka tingkat kekentalan suatu sediaan semakin tinggi pula karena jumlah polimer yang mengalami *cross link* dan membentuk basis gel semakin banyak. Faktor *carbomer* level tinggi dan level rendah mempunyai pengaruh yang besar pada penurunan daya sebar gel.



Gambar 4. Kurva interaksi carbomer dan CMC Na terhadap daya sebar

Garis warna hitam CMC Na level rendah dan warna merah CMC Na level tinggi menunjukkan bahwa daya sebar yang menurun seiring dengan penambahan *carbomer*. Campuran kedua komponen tidak menunjukkan peningkatan daya sebar gel. Hasil uji statistik ANOVA menunjukkan ada perbedaan yang bermakna pada daya sebar sediaan ($p < 0,05$).

4. Daya lekat gel pewarna rambut

Lamanya melekat gel merupakan kemampuan gel untuk melekat dan melapisi permukaan rambut sewaktu digunakan agar dapat memberikan warna maksimal pada rambut. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 9 memperlihatkan bahwa formula 2 dan 7 memiliki daya lekat yang kuat karena semakin tinggi konsentrasi *carbomer* maka semakin besar daya lekat yang dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi daya lekat gel adalah jumlah dan kekuatan matriks gel. Semakin banyak dan kuat matriks gel maka daya lekatnya akan meningkat dengan mekanisme putusnya ikatan hidrogen yang terjadi antara polimer (*carbomer*) dengan air sehingga ikatan antara sesama rantai polimer semakin kuat. (Zatz *et al.*, 1996). persamaan daya lekat dari *Factorial Design* menggunakan program *Design Expert* sebagai berikut :

$$Y = +17,97 + 13,80 (A) + 11,83 (B) + 12,19 (A) (B) \dots \dots \dots (4)$$

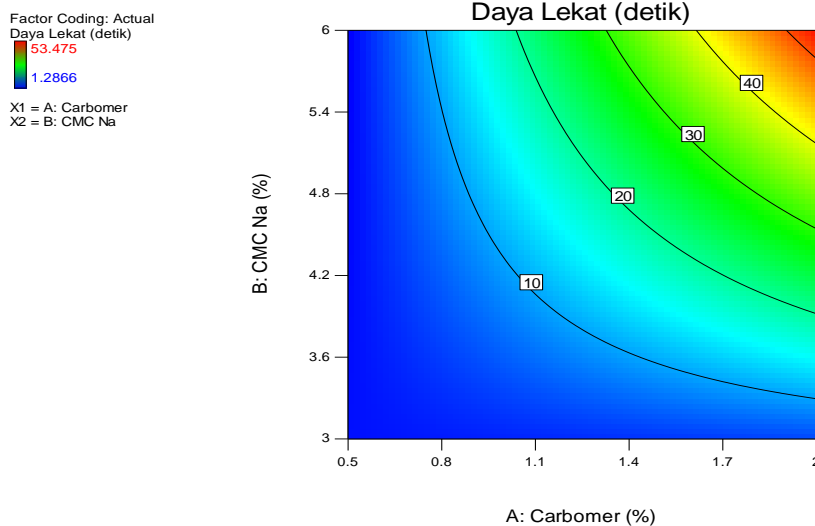
Keterangan:

Y : daya lekat pewarna rambut

A : *Carbomer* (bagian)

B : CMC Na (bagian)

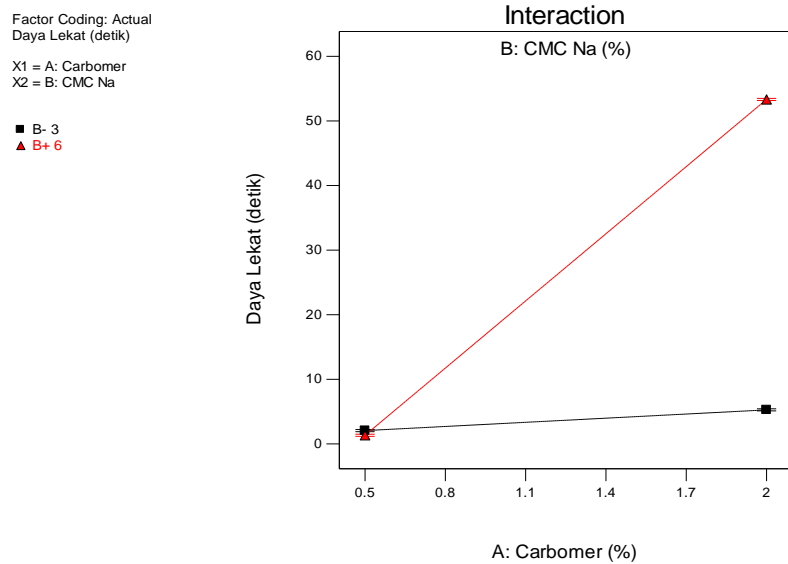
Berdasarkan nilai koefisien persamaan 4 dapat dilihat pengaruh masing-masing komponen dan interaksi dari dua komponen tersebut. Komponen *carbomer* (13,80) dan CMC Na (11,83), *carbomer* merupakan faktor dominan yang peningkatan daya lekat gel. Hal ini berbanding lurus dengan viskositas dan berbanding terbalik dengan daya sebar. kombinasi antara *carbomer* dan CMC-Na (12,19) berpengaruh meningkatkan daya lekat sediaan. Dari persamaan *Factorial design* dapat diperoleh kesimpulan bahwa penambahan *carbomer* dan CMC Na dapat berpengaruh meningkatkan daya lekat gel pewarna rambut. Hal ini dipertegas dalam *contour plot* uji daya lekat .



Gambar 5. Contour plot uji daya lekat

Gambar 8 *Contour plot* respon viskositas menggambarkan efek *carbomer* dan CMC Na terhadap daya lekat. Daerah yang berwarna biru menunjukkan nilai daya lekat terendah sedangkan daerah yang berwarna merah menunjukkan nilai daya lekat tertinggi. Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin banyak *carbomer* dan CMC Na yang ditambahkan maka kurva garis akan bergeser ke atas mendekati daerah yang berwarna merah (daya lekat meningkat) sedangkan semakin sedikit *carbomer* dan CMC Na yang ditambahkan maka kurva garis akan bergeser ke kiri bawah mendekati daerah yang berwarna biru (daya lekat turun). semakin tinggi faktor *carbomer* maka daya lekat gel semakin naik, karena *carbomer* merupakan

gelling agent yang dapat menaikkan viskositas gel sehingga daya lekat gel semakin lama dengan semakin tinggi penambahan *carbomer*. Hasil uji statistik ANOVA menunjukkan ada perbedaan yang bermakna pada waktu daya lekat sediaan ($p < 0,05$). Interaksi antar *carbomer* dengan CMC Na dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 6. Kurva interaksi carbomer dan CMC Na terhadap daya lekat

Gambar 9 menunjukkan interaksi antara faktor *carbomer* dan CMC Na terhadap daya lekat gel. *Carbomer* mempunyai pengaruh meningkatkan kekentalan gel. Faktor *carbomer* mempunyai pengaruh yang paling besar pada peningkatan viskositas gel. Pada garis warna hitam CMC Na level rendah mampu sedikit meningkatkan daya lekat, dengan penambahan *carbomer* dapat meningkatkan daya lekat gel. garis warna merah CMC Na level tinggi mempunyai daya lekat yang besar dengan bertambahnya *carbomer* berefek menaikkan daya lekat gel. *carbomer* dengan level tinggi dapat mempertahankan daya lekat gel. Hal ini terjadi karena *carbomer* membentuk koloid dengan penambahan air panas (Rowe *et al.*, 2009). Koloid terbentuk karena zat terdispersinya (*carbomer*) mengabsorpsi medium pendispersinya (air) sehingga menjadi kental dan bersifat lengket, maka dapat disimpulkan dengan meningkatnya konsentrasi *carbomer*, koloid yang terbentuk akan semakin banyak sehingga meningkatkan daya lekatnya.

5. pH gel pewarna rambut

Nilai pH tidak boleh terlalu asam karena dapat menyebabkan iritasi kulit, dan tidak boleh terlalu basa karena dapat menyebabkan kulit bersisik (Supomo *et al.*, 2015). Pada hasil pengukuran pH sediaan gel memiliki nilai pH 4-6. Larutan CMC-Na stabil pada pH 2-10. Viskositas cenderung menurun pada pH 10, oleh karena itu larutan CMC-Na berada dalam keadaan baik pada pH 7-9 Larutan karbomer stabil pada pH 6-11 sedangkan pada pH kurang dari 3 dan lebih dari 12 dapat mengurangi kekentalan (Rowe *et al.*, 2009). persamaan pH dari persamaan *Factorial Design* menggunakan program *Design Expert* sebagai berikut :

$$Y = +3,91 - 0,21 (A) - 0,015 (B) - 0,047 (A) (B) \dots \dots \dots (5)$$

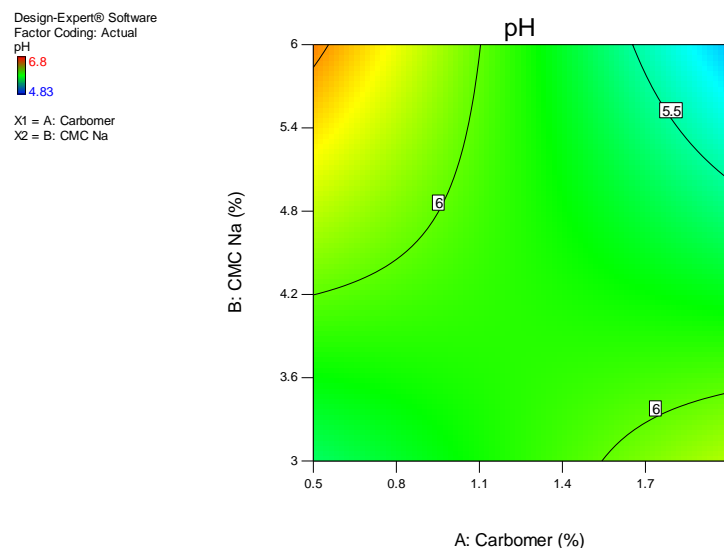
Keterangan:

Y : pH pewarna rambut

A : *Carbomer* (bagian)

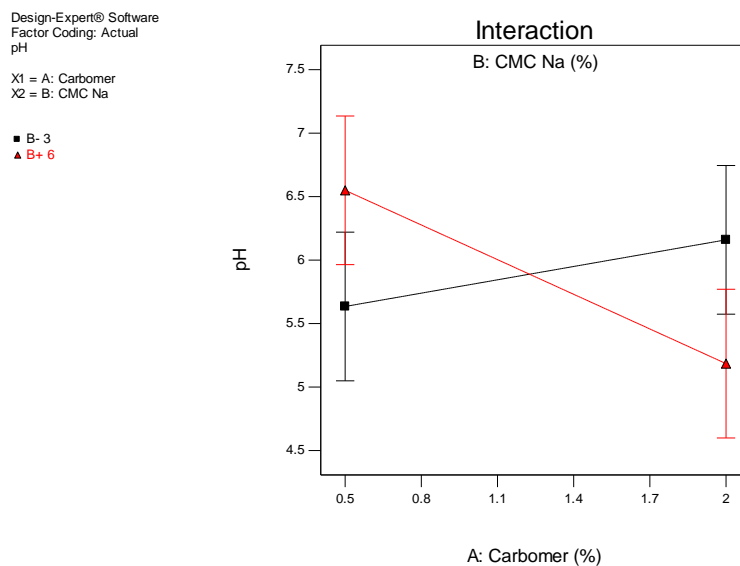
B : CMC Na (bagian)

Dari persamaan 5 menunjukkan bahwa interaksi antara kedua faktor menurunkan respon sebesar (-0,021). *Carbomer* menurunkan respon pH sebesar (-0,21) dan CMC Na menurunkan respon sebesar (-0,015). Hasil persamaan 5, faktor *carbomer* paling berpengaruh terhadap respon pH gel, karena *carbomer* bersifat asam dan mempunyai pH 2,5-4,0 (Rowe *et al.*, 2009).



Gambar 7. *Contour plot* pH

Gambar 10 menggambarkan efek *carbomer* dan CMC Na terhadap pH. Daerah yang berwarna biru menunjukkan nilai pH terendah sedangkan daerah yang berwarna merah menunjukkan nilai pH tertinggi. Gambar 10 menunjukkan bahwa semakin banyak *carbomer* yang ditambahkan maka kurva garis akan bergeser ke atas mendekati daerah yang berwarna biru (pH menurun) sedangkan semakin sedikit *carbomer* yang ditambahkan maka kurva garis akan bergeser ke kiri atas mendekati daerah yang berwarna merah (pH meningkat). semakin tinggi faktor *carbomer* maka pH gel semakin kecil, karena *carbomer* merupakan *gelling agent* yang memiliki pH asam yaitu 2,5-4,0. Sehingga semakin banyak penambahan *carbomer* dalam sediaan, pH yang dihasilkan akan semakin kecil (asam). Hasil uji statistik ANOVA menunjukkan ada perbedaan yang bermakna pada pH sediaan ($p < 0,05$). Hubungan Interaksi antara *carbomer* dengan CMC Na dapat dilihat pada gambar 11 yang menunjukkan bahwa pH dipengaruhi oleh faktor *carbomer*.



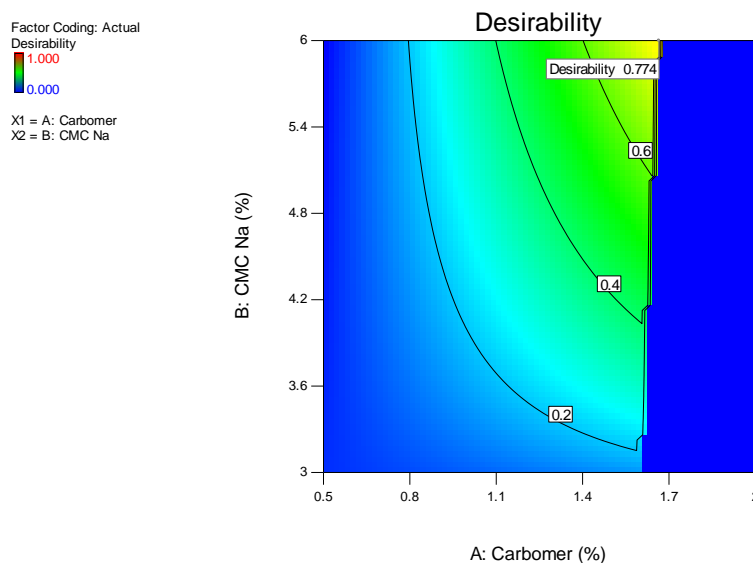
Gambar 8. Kurva interaksi carbomer dan CMC Na terhadap daya lekat

Gambar 11 menunjukkan interaksi antara faktor *carbomer* dan CMC Na terhadap pH gel. Faktor *carbomer* mempunyai pengaruh yang paling besar pada peningkatan pH gel. Pada garis warna hitam CMC Na level rendah mampu meningkatkan pH gel dengan penambahan *carbomer* level rendah. Pada garis warna merah CMC Na level tinggi mempunyai pH yang besar dengan bertambahnya *carbomer* berefek menurunkan pH gel. Hal ini disebabkan oleh pH

dari *carbomer* yang asam yaitu 2,5-4,0, sehingga semakin besar jumlah *carbomer* yang ditambahkan, tingkat keasaman sediaan akan lebih tinggi.

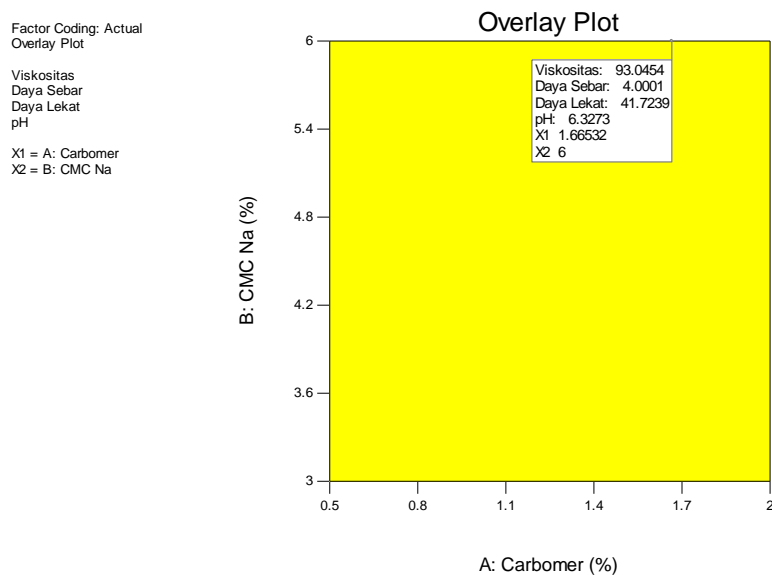
F. Penetapan Formula Optimum

Optimasi gel dalam penelitian ini didasarkan pada pengujian terhadap uji viskositas, uji daya sebar, daya lekat dan pH sediaan gel pewarna rambut menggunakan metode *factorial design*. Berdasarkan data uji fisik 8 formula yang telah dilakukan, didapatkan formula optimum dengan nilai *desirability* tertinggi yaitu 0,774. Kisaran nilai *desirability* antara 0 sampai 1, Nilai *desirability* yang semakin mendekati 1 menunjukkan semakin sempurna solusi atau rekomendasi formula yang diberikan oleh metode *factorial design*. Nilai 0,774 yang didapatkan menunjukkan bahwa solusi rancangan formula yang diberikan cukup baik meskipun tidak mencapai 1.



Gambar 9. Diagram *desirability*

Nilai *desirability* merupakan nilai fungsi tujuan optimasi yang menunjukkan kemampuan program untuk memenuhi keinginan berdasarkan kriteria yang ditetapkan. Tujuan optimasi bukan untuk memperoleh nilai *desirability* 1 tetapi untuk mencari kondisi terbaik yang mempertemukan semua fungsi tujuan (Raissi & Farzani, 2009).



Gambar 10. Model grafik analisis formula optimum

Berdasarkan program didapatkan formula optimum dengan *desirability* 0,774 yang diprediksi dari daerah optimum tersebut dengan komposisi *carbomer* 1,66% dan CMC Na 6%. Program juga memprediksi rancangan formula untuk respon viskositas sebesar 93,04 dPas, daya sebar sebesar 4,00 cm, daya lekat sebesar 41,72 detik, dan pH sebesar 6,32.

G. Pembuatan dan pemeriksaan stabilitas mutu fisik formula optimum

Formula optimum rancangan *factorial design* dibuat sediaan dengan replikasi 5 kali. Rekomendasi formula optimum gel pewarna rambut dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 2. Komposisi formula optimum gel pewarna rambut

Bahan	Komposisi (%)	Respon Formula Optimum
Ekstrak bunga telang	2	
Carbomer	1,66	
CMC-Na	6	Viskositas = 93,04 (d.Pas)
Gliserin	3	Daya sebar = 4,00 (cm)
Trietanolamin	2	Daya lekat = 41,72 (detik)
Nipagin	0,2	pH = 6,32
Pengharum	Secukupnya	
Air suling hingga	100	

Hasil analisis formula optimum gel pewarna rambut berdasarkan metode *factorial design* selanjutnya dilakukan uji stabilitas meliputi organoleptis,

homogenitas, daya sebar, daya lekat, viskositas dan pH. Uji stabilitas menggunakan metode *freeze and thaw* selama 3 siklus. Hasil pengujian dibandingkan dengan hasil prediksi dari metode *factorial design* untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara respon mutu fisik percobaan dengan respon prediksi.