

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Determinasi Daun Binahong

Penelitian ini menggunakan daun binahong hijau dan merah. Selanjutnya, dilakukan uji determinasi daun binahong di Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Jurusan Biologi, FMIPA Unpad. Dengan cara mengirim foto sampel tanaman binahong hijau dan daun binahong merah kepada pengurus laboratorium. Determinasi tumbuhan merupakan langkah awal sebelum melakukan penelitian, determinasi dilakukan untuk mengetahui dan memastikan kebenaran tumbuhan yang dipakai dalam penelitian ini. Hasil determinasi dari tumbuhan binahong dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 7. Determinasi Tumbuhan Binahong

Identifikasi	Hasil
Nama Ilmiah	<i>Anredera cordifolia</i> (Ten.) Steenis
Sinonim	<i>Boussingaultia cordata</i> Spreng.
Nama Lokal	Daun Binahong
Suku/Famili	Basellaceae
Kingdom	Plantae
Divisi	Magnoliophyta
Class	Magnoliopsida
Ordo	Caryophyllales
Genus	<i>Anredera</i>
Spesies	<i>Anredera cordifolia</i> (Ten.) Steenis

4.2 Pembuatan Simplisia Daun Binahong

Tanaman binahong yang dipakai pada penelitian ini yaitu bagian daunnya. Daun binahong didapatkan dari Kota Jambi, Jambi, dengan jumlah 3000 gram. Daun tersebut terlebih dahulu disortasi basah untuk membersihkan kotoran yang menempel, lalu dipotong-potong dan dikeringkan memakai oven dengan suhu 50°C agar kandungan senyawa aktif di dalamnya tetap terjaga. Jika suhu pengeringan simplisia tidak tahan panas dan mudah menguap diatas suhu tersebut maka akan merusak senyawa yang terkandung didalam simplisia yang akan digunakan⁵³. Penggunaan oven bertujuan untuk mempersingkat waktu pengeringan dengan

panas yang merata dan suhu yang stabil. Tujuan pengeringan adalah untuk menghentikan aktivitas enzim yang dapat menurunkan kualitas simplisia, dengan demikian, simplisia dapat bertahan lebih lama dan disimpan tanpa cepat rusak⁵⁴. Setelah kering, daun binahong digiling menggunakan mesin penggiling hingga diperoleh serbuk kering sebanyak 375,37 gram.

Selanjutnya dilakukan perhitungan susut pengeringan dengan membandingkan berat kering sampel dengan berat awalnya. Rendemen ekstrak dinyatakan baik jika nilainya lebih dari 10%, karena semakin besar nilai rendemen, maka kandungan zat aktif yang berhasil dihasilkan dari bahan baku akan lebih banyak⁵⁵. Diperoleh rendemen simplisia dari daun binahong (*Anredera cordifolia*) sebesar 12,512%.

Tabel 8. Susut Pengeringan Daun Binahong

Sampel	Berat Simplisia	Susut Pengeringan	Syarat
Simplisia daun binahong	375,37 g	12,512 %	<10%

4.3 Ekstraksi Sampel

Dalam penelitian ini, ekstraksi menggunakan etanol 70% dilakukan dengan metode maserasi. Teknik maserasi dipilih karena mudah dilakukan dan tidak memerlukan alat yang rumit, tekniknya mudah, biayanya lebih efisien, serta tidak memerlukan pemanasan sehingga senyawa dalam sampel tetap terjaga dan tidak mudah terdegradasi.⁵⁶ Senyawa yang akan ditarik pada maserasi ini adalah senyawa flavonoid dan fenolik yang bersifat polar. Etanol 70% dipakai sebagai pelarut karena memiliki sifat universal, mampu melarutkan senyawa polar, semi polar, hingga non polar. Dengan demikian, pelarut ini efektif untuk mengekstraksi senyawa flavonoid dan fenolik dalam penelitian ini.

Tabel 9. Rendemen Ekstrak Etanol Daun Binahong

Sampel	Berat Ekstrak	Berat serbuk	Rendemen
Simplisia daun binahong	164,32 g	375,37 g	43,77 %

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, rendemen ekstrak daun binahong adalah sebesar 43,77%. Nilai rendemen ekstrak yang memenuhi syarat yaitu <

11,9%. Semakin besar nilai rendemen yang diperoleh, akan semakin banyak pula zat aktif yang terkandung dalam ekstrak yang dihasilkan.

4.4 Pemeriksaan Karakteristik Ekstrak

4.4.1 Parameter Spesifik

Parameter spesifik yang diamati pada penelitian ini meliputi identifikasi ekstrak dan organoleptik. Tujuannya adalah untuk memberikan informasi objektif mengenai nama ekstrak, nama latin tanaman, nama Indonesia, serta mengamati bentuk, warna, aroma, dan rasa ekstrak.

Tabel 10. Identitas dan Organoleptis Ekstrak Etanol Daun Binahong

Parameter	Hasil
Identitas	
Nama Ekstrak	Ekstrak Etanol Daun Binahong
Nama Latin Tumbuhan	<i>Anredera cordifolia</i> (Ten.) Steenis
Bagian Tanaman	Folium (daun)
Nama Indonesia	Binahong
Organoleptis	
Bau	Bau khas ekstrak binahong
Bentuk	Ekstrak kental
Rasa	Pahit
Warna	Hijau kehitaman

Penelitian ini menggunakan daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) sebagai sampel. Berdasarkan uji organoleptik, ekstrak daun tersebut bertekstur kental, berwarna hijau gelap kehitaman, beraroma khas daun binahong, dan memiliki rasa yang pahit

4.4.2 Parameter Non Spesifik

Dalam penelitian ini, parameter non spesifik yang diuji meliputi kadar air dan kadar abu total. Pengujian ini bertujuan untuk menilai mutu serta kestabilan simplisia yang digunakan. Data hasil pengujian kadar air dan abu total disajikan pada tabel berikut.

Tabel 11. Kadar Air dan Kadar Abu

Parameter	Kadar (%)
Kadar air	52,0070%
Kadar abu total	36,3139%

Pengujian kadar air pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan residu berupa air setelah proses pengeringan pada ekstrak. Persentase kadar air yang terlalu tinggi dalam ekstrak kental akan meningkatkan kemungkinan terjadinya pertumbuhan mikroba seperti jamur dan bakteri pada ekstrak, serta mempercepat proses degradasi⁵⁷. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air dalam ekstrak sebesar 52,0070%. Dalam hal ini, kadar air yang terkandung dalam ekstrak lebih tinggi yaitu lebih dari 8,9% menyebabkan ekstrak memiliki potensi untuk mengalami pertumbuhan jamur sehingga dapat merusak stabilitas dari ekstrak yang digunakan³³. Untuk mengatasi hal tersebut sebaiknya ekstrak yang digunakan dilakukan pemekatan ulang menggunakan waterbath agar menghasilkan ekstrak yang lebih kental dan kering.

Uji kadar abu total pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya kandungan pengotor, baik dari dalam bahan maupun dari luar selama proses pembuatan ekstrak. Hasil uji menunjukkan bahwa kadar abu total dalam ekstrak kental tidak melebihi 7,2%³³. Pada penelitian ini, hasil uji kadar abu pada ekstrak sebesar 36,3139%. Pada penelitian ini, kadar abu total ekstrak lebih tinggi dibandingkan standar yang ditetapkan. Ini menunjukkan bahwa kandungan zat anorganik dari awal proses hingga ekstrak kental dihasilkan terbilang cukup tinggi. Kadar abu total yang tinggi pada ekstrak dapat menyebabkan penurunan kualitas ekstrak serta berpotensi menyebabkan kerusakan pada senyawa aktif yang terdapat dalam ekstrak⁵⁷. Untuk mengetahui lebih lanjut apakah banyak zat pengotor mencemari ekstrak yang digunakan, sebaiknya dilakukan uji lebih lanjut seperti uji cemaran logam agar ekstrak yang digunakan memenuhi syarat standar kadar air dan kadar abu ekstrak yang baik.

4.5 Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder pada tumbuhan yang berpotensi memiliki aktivitas biologis.

Tabel 12. Skrining Fitokimia

Uji Fitokimia	Reagen	Hasil	Keterangan
Alkaloid	Mayer	+	Terbentuknya endapan putih
	Dragendorf	+	Terbentuknya endapan coklat
Flavonoid	NaOH 10%	+	Terbentuk warna kuning kecoklatan
Saponin	Aquadest	+	Terbentuknya busa
Steroid	Asam asetat anhidrat+H ₂ SO ₄	-	-
Fenolik	FeCl ₃ 1%	+	Terbentuk warna biru – hitam

Berdasarkan hasil uji fitokimia pada tabel di atas, ekstrak etanol daun binahong diketahui mengandung metabolit sekunder berupa alkaloid, flavonoid, saponin, dan fenolik. Hasil ini sesuai dengan penelitian Nafisah et al. (2024) yang menemukan bahwa ekstrak daun binahong dengan pelarut etanol 70% juga memiliki kandungan senyawa tersebut¹⁶.

Pada uji alkaloid, ekstrak etanol daun binahong terbukti mengandung alkaloid yang ditandai dengan munculnya endapan berwarna putih setelah penambahan reagen Mayer. Pembentukan endapan putih terjadi karena adanya interaksi antar ion kalium (K⁺) yang terdapat dalam reagen mayer bereaksi dengan alkaloid sehingga menimbulkan endapan yang kompleks antara ion kalium (K⁺) dengan alkaloid. Jika ditambahkan dengan reagen dragendorf pada uji alkaloid ini, ekstrak daun binahong menunjukkan hasil positif untuk alkaloid yaitu ditunjukkan dengan munculnya endapan coklat, yang terbentuk karena adanya ikatan koordinasi antara ion K⁺. dan senyawa alkaloid³⁵.

Pada uji flavonoid, ekstrak daun binahong terbukti memiliki kandungan flavonoid, karena adanya pergantian warna menjadi kuning hingga kuning kecoklatan setelah penambahan NaOH 10%. Pada pengujian flavonoid yang dilakukan, ekstrak daun binahong terbentuk warna kuning kecoklatan pada ekstrak. Pembentukan warna ini terjadi karena apabila senyawa dari basa kuat direaksikan dengan flavonoid akan terbentuk reaksi yang membentuk senyawa kristin dan mengalami penguraian menjadi molekul asetofenon⁵⁸.

Hasil uji saponin pada ekstrak daun binahong menunjukkan adanya busa yang tetap stabil, menandakan hasil positif. Busa ini terbentuk karena saponin memiliki dua bagian berbeda, yaitu bagian yang suka air (hidrofilik) dan yang tidak suka air (hidrofobik). Bagian hidrofilik menghadap ke luar, sementara bagian hidrofobik menghadap ke dalam, membentuk misel yang menyebabkan terbentuknya busa sebagai tanda keberadaan saponin dalam ekstrak⁵⁹. Saat diuji dengan FeCl_3 , ekstrak daun binahong menunjukkan warna biru tua sebagai tanda adanya senyawa fenolik. Warna ini muncul karena reaksi antara gugus hidroksil fenolik dan FeCl_3 ⁶⁰.

Ekstrak daun binahong negatif mengandung steroid. Hal ini terjadi karena kurangnya kemampuan dari senyawa steroid yang telah dilarutkan dalam asam asetat anhidrat dengan H_2SO_4 untuk membentuk warna. Kandungan steroid dalam ekstrak ditunjukkan dengan munculnya warna hijau atau biru setelah ditambahkan reagen asam asetat anhidrat dan H_2SO_4 . Asam asetat anhidrat membantu membuat senyawa asetil, lalu H_2SO_4 memecah air yang bereaksi dengan senyawa tersebut sehingga menghasilkan warna. Warna ini muncul karena oksidasi steroid yang membentuk ikatan rangkap khusus⁵⁹.

4.6 Kadar Total Flavonoid dan Fenolik Ekstrak Daun Binahong

Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Daun Binahong

Untuk mengetahui kadar flavonoid total yaitu diujikan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis menggunakan kurva standar. Menentukan panjang gelombang maksimum dilakukan untuk mendapatkan nilai absorbansi tertinggi. Kuersetin dipakai sebagai standar karena bagian dari flavonoid flavonol yang kuat, mempunyai gugus keton pada C-4 serta gugus hidroksil di C-3 atau C-5. Banyak tanaman obat juga mengandung kuersetin dalam jumlah besar. Dalam penetapan kadar flavonoid, ditambahkan AlCl_3 untuk membentuk kompleks yang menyebabkan panjang gelombang bergeser ke daerah visible, sedangkan kalium asetat digunakan untuk mengetahui adanya gugus 7-hidroksil. Pengukuran panjang gelombang standar kuersetin dilakukan antara rentang 400–800 nm³⁷.

Panjang gelombang maksimum yang dihasilkan adalah 400 nm. Selanjutnya dibuat kurva standar menggunakan berbagai konsentrasi 100, 200, 300, 400, dan

500 ppm, lalu diamati pada panjang gelombang tersebut. Dari hasil pengukuran dalam berbagai konsentrasi tersebut maka dibuat regresi linear berdasarkan absorbansi dan konsentrasi kuersetin.

Hasil kurva kalibrasi menunjukkan persamaan regresi absorbansi kuersetin pada konsentrasi 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm yaitu $y = 0,0006x - 0,2798$, dan koefisien korelasi (r) sebesar 0,9938. Nilai ini mendekati 1, artinya didapatkan hubungan linear antara konsentrasi larutan standar kuersetin dengan nilai absorbansinya. Sebagai sampel, digunakan 10 mg ekstrak etanol daun binahong, dengan pengujian dilakukan tiga kali untuk memperoleh data rata-rata dan standar deviasi yang akurat.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Kadar Flavonoid Total

Sampel Uji	Rata-rata Kadar Flavonoid Total (%) $\pm$ SD
Ekstrak Daun Binahong	42,46 $\pm$ 0,4%

Kadar flavonoid total dihitung menggunakan persamaan regresi linier dari kurva standar yaitu $y = 0,0006x - 0,2798$. Hasil perhitungan menunjukkan nilai rata-rata kadar flavonoid total pada ekstrak etanol daun binahong sebanyak 42,46 gQE/100g. Ini berarti setiap 100 gram ekstrak etanol daun binahong mengandung flavonoid yang artinya sama dengan 42,46 gram kuersetin. Kandungan flavonoid yang cukup tinggi ini menggambarkan bahwa ekstrak daun binahong memiliki kandungan yang amat besar sebagai antibakteri.

Penetapan Kadar Fenolik Total Ekstrak Daun Binahong

Penentuan kadar fenolik total dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis menggunakan kurva standar. Panjang gelombang maksimum ditetapkan untuk memperoleh nilai absorbansi tertinggi. Dalam pengujian ini, asam galat digunakan sebagai larutan standar karena termasuk turunan asam hidroksibenzoat yang memiliki sifat stabil, murni, serta tergolong sebagai asam fenol sederhana⁴⁰.

Pengujian fenolik total menggunakan Folin-Ciocalteu dan Na_2CO_3 7,5%. Ketika reagen Folin-Ciocalteu bereaksi dengan senyawa fenolik, akan terjadi perubahan warna larutan dari kuning menjadi biru. Intensitas warna biru ditentukan

dengan jumlah kandungan fenol dalam larutan sampel akan memengaruhi intensitas warna biru yang terbentuk, dimana semakin tinggi konsentrasi senyawa fenolik maka warna biru yang dihasilkan akan semakin pekat. Asam galat dipakai sebagai standar untuk menetapkan fenolik total karena termasuk turunan asam hidroksibenzoat yang stabil serta merupakan asam fenol sederhana. Penentuan panjang gelombang dari standar asam galat untuk penetapan kadar flavonoid pada rentang 600-800 nm⁴⁰.

Pada penelitian ini diperoleh panjang gelombang maksimum sebesar 780 nm. Selanjutnya dibuat kurva standar dengan menggunakan beberapa konsentrasi yaitu 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm, yang masing-masing diukur dengan panjang gelombang maksimum 780 nm tersebut. Hasil pengukuran absorbansi pada setiap konsentrasi kemudian digunakan untuk membuat persamaan regresi linear antara konsentrasi asam galat dengan nilai absorbansinya.

Hasil kurva kalibrasi menunjukkan persamaan regresi untuk absorbansi asam galat pada konsentrasi 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm yaitu $y = 0,0008x - 0,3763$ dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,8947. Nilai koefisien korelasi tersebut mendekati angka 1 yang menandakan adanya hubungan linear antara konsentrasi larutan standar asam galat dengan nilai absorbansi yang diukur. Pada penelitian ini, sampel yang digunakan adalah 10 mg ekstrak etanol daun binahong, dan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk memperoleh data yang akurat, kemudian dihitung nilai rata-rata dan standar deviasinya.

Tabel 14. Hasil Perhitungan Kadar Fenolik Total

Sampel Uji	Rata-rata Kadar Fenolik Total (%) $\pm$ SD
Ekstrak Daun Binahong	76,58 $\pm$ 1,2 %

Kadar fenolik total dihitung berdasarkan persamaan regresi linear kurva baku yaitu $y = 0,0008x - 0,3763$. Berdasarkan hasil perhitungan, rata-rata kadar fenolik total dalam ekstrak etanol daun binahong adalah sebesar 76,58 gGAE/100g, yang berarti setiap 100 gram ekstrak etanol daun binahong mengandung senyawa fenolik yang setara dengan 76,58 gram asam galat. Kandungan fenolik yang cukup

tinggi ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun binahong memiliki potensi besar sebagai agen antibakteri.

4.7 Optimasi Formula Pasta Gigi Gel

Penentuan optimasi formula pasta gigi gel terhadap basis carbopol 940 dan trietanolamin dilakukan menggunakan software *design of experimental* dengan metode *simplex lattice design*. Pada penelitian ini untuk menentukan formula optimum terdiri dari dua bahan yang berbeda. Carbopol 940 dan trietanolamin dipilih sebagai bahan yang di optimasi karena keduanya saling memiliki pengaruh terhadap kekentalan dan nilai pH pada pasta gigi gel. Batas atas dan bawah carbopol 940 yang digunakan adalah 0,5-2%, dimana rentang ini sesuai dengan persyaratan pada *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Sedangkan batas atas dan bawah trietanolamin mengacu pada penelitian terdahulu adalah 1-2,5%⁶¹. Hasil dari penentuan software *design of experimental* didapatkan hasil running sebanyak 8 formula dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Perbandingan Konsentrasi Carbopol 940 dan Trietanolamin
Rekomendasi *Design Experimental*

<i>Run</i>	<i>Component 1</i> A: Carbopol (%)	<i>Component 2</i> B: Trietanolamin (%)
1	1,625	1,375
2	1,25	1,75
3	0,5	2,5
4	0,875	2,125
5	0,5	2,5
6	2	1
7	1,25	1,75
8	2	1

Bahan lain juga diperlukan dalam pembuatan pasta gigi gel seperti ekstrak daun binahong sebagai zat aktif, Sorbitol digunakan sebagai humektan. Natrium benzoat berfungsi sebagai pengawet untuk mencegah kontaminasi mikroba karena tingginya kandungan air pada sediaan⁶². Natrium lauril sulfat berfungsi sebagai pembusa mempermudah pelepasan kotoran seperti sisa makanan pada permukaan gigi sehingga memberikan sensasi bersih⁶³. Selain itu gula stevia berfungsi sebagai pemanis untuk menutupi rasa tidak enak dan pahit dari ekstrak daun binahong.

Peppermint oil berfungsi untuk memberikan aroma dan rasa segar pada pasta gigi gel, serta aquadest sebagai pelarut⁶².

4.8 Evaluasi Fisik Sediaan Pasta Gigi Gel

Evaluasi fisik sediaan pasta gigi gel dilakukan untuk mengetahui kestabilan dari sediaan pasta gigi gel yang telah diformulasikan dan juga untuk menentukan formula optimal dari pasta gigi gel ekstrak daun binahong. Evaluasi fisik yang dilakukan terdiri dari uji organoleptis, pH, homogenitas, stabilitas, viskositas, daya sebar dan tinggi busa.

1. Uji Organoleptis

Pengujian organoleptis ini diujikan untuk melihat bentuk, bau, warna dan rasa yang dihasilkan pada sediaan pasta gigi gel. Hasil uji organoleptis formula pasta gigi gel ekstrak daun binahong bisa dilihat di tabel 16.

Tabel 16. Hasil Uji Organoleptis Sediaan Pasta Gigi Gel

Formula	Bentuk	Bau	Warna	Rasa
F1	Kental	Khas Ekstrak dan Mint	Hijau Tua	Manis
F2	Sedikit Kental	Khas Ekstrak dan Mint	Hijau Tua	Manis
F3	Cair	Khas Ekstrak dan Mint	Hijau Tua	Manis
F4	Sedikit Kental	Khas Ekstrak dan Mint	Hijau Tua	Manis
F5	Cair	Khas Ekstrak dan Mint	Hijau Tua	Manis
F6	Sangat Kental	Khas Ekstrak dan Mint	Hijau Tua	Manis
F7	Sedikit Kental	Khas Ekstrak dan Mint	Hijau Tua	Manis
F8	Sangat Kental	Khas Ekstrak dan Mint	Hijau Tua	Manis

Keterangan :Komposisi Carbopol : TEA (F1=1,625:1,375; F2=1,25:1,75; F3=0,5:2,5; F4=0,875:2,125; F5=0,5:2,5; F6=2:1; F7=1,25:1,75; F8=2:1)

Berdasarkan hasil pengamatan uji organoleptis, dari delapan formula tersebut memiliki sifat organoleptis dengan bau, warna dan rasa yang sama yaitu memiliki bau khas ekstrak dan mint, warna hijau tua serta rasa yang manis. Namun memiliki perbedaan pada bentuk sediaan pasta gigi gel yang dihasilkan mulai dari cair, sedikit kental, kental dan sangat kental. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi yang bervariasi antara carbopol 940 dan trietanolamin yang digunakan tidak memengaruhi bau, warna dan rasa tetapi dapat mempengaruhi kekentalan dari

sediaan pasta gigi gel. Semakin banyak konsentrasi carbopol yang dipakai maka sediaan pasta gigi gel yang dihasilkan akan lebih kental. Selain itu trietanolamin juga memberikan konsistensi pada carbopol sehingga dapat membentuk pasta gigi gel yang mengembang secara maksimal⁶⁴.

2. Uji pH

pH diujikan untuk memastikan berapa tingkat keasaman yang dihasilkan oleh sediaan pasta gigi gel, apakah memenuhi syarat nilai pH sediaan pasta gigi gel. Rentang pH yang aman untuk sediaan pasta gigi yaitu antara 4,5-10,5^{41,42}. Jika pH sediaan pasta gigi gel terlalu asam akan menyebabkan terjadinya demineralisasi enamel gigi sedangkan pH yang lebih basa dapat mengiritasi mukosa mulut. Maka dari itu pasta gigi gel perlu disesuaikan untuk kenyamanan pengguna serta efektivitas dari sediaan pasta gigi gel⁶⁵.

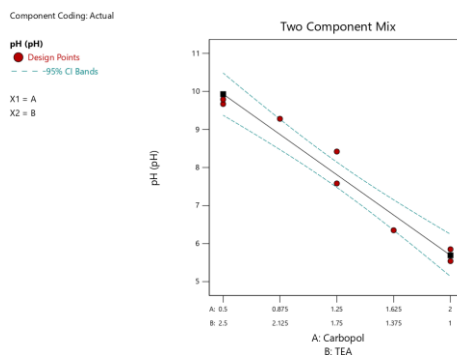
Tabel 17. Hasil Pengujian pH Pasta Gigi Gel

Formula	pH
F1	6,35
F2	8,42
F3	9,67
F4	9,28
F5	9,79
F6	5,54
F7	7,58
F8	5,85

Keterangan :Komposisi Carbopol : TEA (F1=1,625:1,375; F2=1,25:1,75; F3=0,5:2,5; F4=0,875:2,125; F5=0,5:2,5; F6=2:1; F7=1,25:1,75; F8=2:1)

Berdasarkan tabel diatas nilai pH yang didapatkan yaitu antara 5-9. Penggunaan konsentrasi carbopol 940 dan trietanolamin yang berbeda dapat mempengaruhi nilai pH sediaan, hal ini disebabkan karena terjadi reaksi gugus karboksilat pada carbopol dengan air membentuk H_3O^+ yang bersifat asam, dimana carbopol memiliki pH asam yaitu 2,5-4. Pada F1, F6 dan F8 konsentrasi carbopol yang digunakan lebih tinggi dari pada konsentrasi trietanolamin sehingga didapatkan pH pasta gigi gel yang cenderung asam ($pH < 7$). Sedangkan pada F2,

F3, F4, F5 dan F7 konsentrasi trietanolamin yang digunakan lebih tinggi dari pada konsentrasi carbopol sehingga pH pasta gigi gel yang dihasilkan bersifat lebih basa ($\text{pH} > 7$). Hal ini karena trietanolamin memiliki pH basa yaitu 10,5.



Gambar 11. Grafik Variasi Dua Komponen terhadap Respon pH

Persamaan nilai pH menurut *simplex lattice design* sebagai berikut :

$$\text{pH} = 5,69 (A) + 9,93 (B) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

(A) = Konsentrasi Carbopol 940

(B) = Konsentrasi Trietanolamin

Grafik diatas merupakan grafik model variasi dua komponen terhadap respon pH menggunakan *design Of eksperimental*. Model respon pH yang digunakan berdasarkan analisis ANOVA adalah *Linier* dengan *p-value significant* yaitu $< 0,0001$ dan *Lack of Fit (LoF) not significant* yaitu 0,4483. *P-value* harus *significant* dan LoF harus *not significant* untuk menunjukkan bahwa model tersebut sesuai untuk menggambarkan data hasil eksperimen. Jika *LoF significant* maka model regresi yang digunakan tidak cukup baik karena terdapat perbedaan signifikan antara respon yang diprediksi oleh model dengan respon sebenarnya. Hal ini menunjukkan adanya perubahan yang signifikan terkait respon pH akibat adanya berbagai konsentrasi carbopol 940 dan trietanolamin.

Dari persamaan (1), dapat dilihat bahwa nilai pH sangat dipengaruhi oleh carbopol 940 dan trietanolamin. Dimana semakin banyak komposisi carbopol 940 dan lebih sedikit komposisi trietanolamin akan semakin kecil nilai pH pada sediaan pasta gigi gel. Sebaliknya, lebih sedikit konsentrasi carbopol 940 dan semakin banyak konsentrasi trietanolamin maka akan semakin tinggi nilai pH pasta gigi gel

tersebut. Trietanolamin paling berpengaruh dalam meningkatkan pH dibandingkan dengan carbopol 940, ditandai dengan nilai persamaan trietanolamin yang lebih besar dibandingkan carbopol 940. Hal ini sama dengan penelitian Jamaludin *et al* (2024)⁶⁶, yang menunjukkan bahwa tingginya konsentrasi trietanolamin menyebabkan peningkatan pH gel.

3. Uji Homogenitas

Hasil pengujian homogenitas 8 formula pasta gigi gel ekstrak daun binahong yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 18.

Tabel 18. Hasil Pengujian Homogenitas Pasta Gigi Gel

Formula	Homogenitas
F1	Homogen
F2	Homogen
F3	Homogen
F4	Homogen
F5	Homogen
F6	Homogen
F7	Homogen
F8	Homogen

Berdasarkan tabel diatas seluruh formula didapatkan hasil homogenitas yang baik, yaitu tidak adanya butiran kasar yang tampak dalam sediaan pasta gigi gel. Hal tersebut menggambarkan bahwa ekstrak dan seluruh bahan telah tercampur secara merata dalam basis gel. Pengujian homogenitas sangat penting untuk memastikan partikel yang berukuran kecil dan seragam dapat terdispersi merata dalam sediaan, sehingga meningkatkan stabilitas fisik pasta gigi gel dan mencegah terjadinya pemisahan atau pengendapan selama penyimpanan⁶⁷. Hasil ini menggambarkan bahwa konsentrasi carbopol 940 dan trietanolamin tidak memengaruhi homogenitas gel.

4. Uji Stabilitas

Pengujian stabilitas diujikan untuk memastikan bahwa sediaan yang telah dibuat mempunyai jaminan mutu dan memenuhi karakteristik yang telah ditentukan sebelum digunakan. Salah satu metode dipercepat dalam uji stabilitas adalah

dengan menggunakan teknik sentrifugasi. Dalam metode ini sediaan diputar dengan kecepatan tinggi, setara dengan efek gravitasi yang dialami oleh produk selama satu tahun penyimpanan. Tujuan utama uji stabilitas ini adalah untuk menjamin bahwa campuran bahan aktif dalam pasta gigi gel tetap homogen dan tidak mengalami pemisahan fase selama masa simpan⁶⁸.

Hasil uji stabilitas yang telah dilakukan menggunakan metode sentrifugasi dapat dilihat pada Lampiran . Hasil uji stabilitas terhadap 8 formula menggambarkan bahwa sediaan pasta gigi gel tersebut memiliki stabilitas yang baik, yaitu tidak adanya pemisahan yang terjadi pada bahan yang telah tercampur dengan bentuk fisik yang tetap konsisten dan tidak mengalami pemisahan. Beberapa faktor seperti suhu, kelembapan, dan cahaya dapat memengaruhi stabilitas pasta gigi gel yang dihasilkan. Jika cara penyimpanan tidak tepat maka akan merusak sediaan serta efektivitas yang terkandung dalam sediaan pasta gigi gel akan berkurang⁶⁹.

5. Uji Viskositas

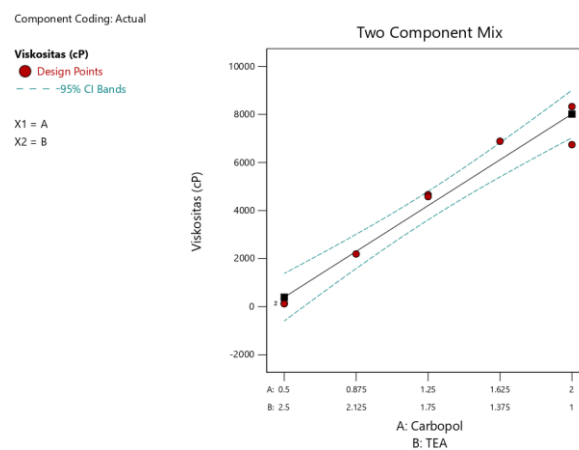
Pengujian viskositas diujikan untuk meyakinkan bahwa sediaan pasta gigi gel mempunyai kekentalan yang tepat, agar sediaan pasta gigi gel mudah diaplikasikan sehingga nyaman saat digunakan. Hasil uji viskositas formula pasta gigi gel ekstrak daun binahong dapat diamati pada tabel 19.

Tabel 19. Hasil Pengujian Viskositas Pasta Gigi Gel

Formula	Viskositas
F1	6884
F2	4659
F3	136,1
F4	2193
F5	121,7
F6	6740
F7	4579
F8	8325

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai viskositas yang berbeda pada masing-masing formula, hal ini disebabkan karena perbedaan konsentrasi carbopol

940. Dapat dilihat pada F1, F2, F4, F6, F7 dan F8 pada formula ini telah memenuhi rentang nilai standar viskositas sediaan pasta gigi gel yaitu 2000-50000 cP⁴². Dibandingkan dengan formula lain, F3 dan F5 memiliki viskositas yang relatif lebih rendah, karena komposisi carbopol 940 yang dipakai lebih sedikit. Namun pada F6 didapatkan viskositas yang lebih rendah dari pada F8 meskipun konsentrasi carbopol dan trietanolamin yang digunakan sama. Penurunan viskositas ini dipengaruhi oleh faktor lain yang berkontribusi dalam menurunkan viskositas gel pasta gigi, seperti adanya perbedaan suhu juga berpengaruh terhadap polimer sediaan. Ketika pasta gigi gel dalam kondisi panas maka rantai polimer akan mengalami pergerakan (terlepas satu sama lain), dimana struktur jaringan pasta gigi gel menjadi lebih longgar dan lebih mudah mengalir sehingga menyebabkan viskositas pasta gigi gel menurun.



Gambar 12. Grafik Variasi Dua Komponen terhadap Respon Viskositas

Persamaan nilai viskositas menurut *simplex lattice design* sebagai berikut:

$$\text{Viskositas} = 8016,44 (A) + 393,01 (B) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

(A) = Konsentrasi Carbopol 940

(B) = Konsentrasi Trietanolamin

Grafik diatas merupakan grafik model variasi dua komponen terhadap respon viskositas menggunakan *design Of eksperimental*. Model respon viskositas yang digunakan adalah *Linier* dengan *p-value significant* yaitu <0,0001 dan *Lack of Fit* (LoF) *not significant* yaitu 0,4322. *P-value* harus *significant* dan LoF harus

not significant untuk menunjukkan bahwa model tersebut sesuai untuk menggambarkan data hasil eksperimen. Jika *LoF significant* maka model regresi yang digunakan tidak cukup baik karena terdapat perbedaan signifikan antara respon yang diprediksi oleh model dengan respon sebenarnya.

Berdasarkan persamaan (2) dapat dikatakan perubahan respon viskositas yang signifikan dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi carbopol 940 dan trietanolamin. Dimana dengan meningkatkan konsentrasi carbopol 940 dan mengurangi konsentrasi trietanolamin akan meningkatkan nilai viskositas pada sediaan pasta gigi gel. Namun, lebih sedikit komposisi carbopol 940 dan lebih banyak komposisi trietanolamin maka akan menurunkan nilai viskositas pasta gigi gel tersebut⁴². Carbopol 940 memiliki pengaruh lebih dominan dalam meningkatkan viskositas dibandingkan trietanolamin, yang ditandai dengan nilai koefisien positif pada carbopol 940 lebih besar dari pada trietanolamin. Kondisi ini sama dengan penelitian Jamaludin *et al* (2024)⁶⁶, yang menyebutkan bahwa carbopol lebih dominan berpengaruh dalam meningkatkan viskositas sediaan dibandingkan trietanolamin.

6. Uji Daya Sebar

Pengujian daya sebar bertujuan untuk menilai sejauh mana pasta gigi gel dapat tersebar secara merata di permukaan gigi dan memberikan kemudahan saat aplikasi. Daya sebar yang memenuhi syarat standar nilai yakni pada rentang 5 sampai 7 cm⁷. Tabel 20 menyajikan hasil uji daya sebar formula pasta gigi gel yang mengandung ekstrak daun binahong.

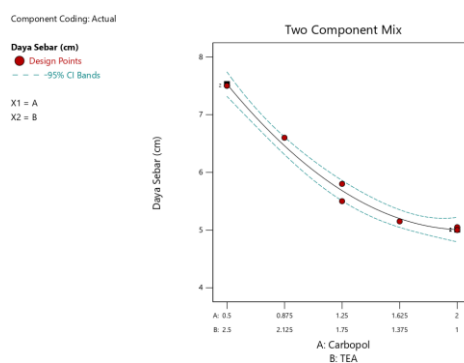
Tabel 20. Hasil Pengujian Daya Sebar Pasta Gigi Gel

Formula	Daya Sebar
F1	5,15
F2	5,8
F3	7,5
F4	6,6
F5	7,5
F6	5,05
F7	5,5

F8

5

Berdasarkan hasil uji daya sebar di atas, formula F1, F2, F4, F6, F7, dan F8 telah memenuhi rentang syarat daya sebar, yaitu 5–7 cm. Namun, formula F3 dan F5 menunjukkan nilai daya sebar yang paling tinggi. Hal ini disebabkan oleh komposisi carbopol yang digunakan lebih rendah serta penggunaan trietanolamin yang lebih tinggi pada kedua formula tersebut. Sedangkan, pada formula F6 dan F8 memiliki nilai daya sebar yang paling rendah. Dimana F6 dan F8 memiliki komposisi carbopol yang paling tinggi dan TEA paling rendah. Selain itu, nilai daya sebar juga dipengaruhi oleh nilai viskositas dimana tingginya nilai viskositas sediaan pasta gigi gel maka nilai daya sebar yang dihasilkan akan lebih kecil⁴¹.



Gambar 13. Grafik Variasi Dua Komponen terhadap Respon Daya Sebar

Persamaan nilai daya sebar menurut *simplex lattice design* sebagai berikut:

$$\text{Daya sebar} = 5,01 (A) + 7,53 (B) - 2,34 (A)(B) \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

(A) = Konsentrasi Carbopol 940

(B) = Konsentrasi Trietanolamin

Grafik diatas merupakan grafik model variasi dua komponen terhadap respon daya sebar menggunakan *design Of eksperimental*. Model yang digunakan untuk daya sebar adalah model *Quadratic* dengan *p-value significant* yaitu <0,0001 dan *Lack of Fit* (LoF) *not significant* yaitu 0,5063. *P-value* harus *significant* dan LoF harus *not significant* untuk menunjukkan bahwa model tersebut sesuai untuk menggambarkan data hasil eksperimen. Jika LoF *significant* maka model regresi yang digunakan tidak cukup baik karena terdapat perbedaan signifikan antara respon yang diprediksi oleh model dengan respon sebenarnya.

Berdasarkan persamaan (3), dapat dikatakan perubahan respon viskositas dipengaruhi oleh konsentrasi carbopol 940 dan trietanolamin. Dimana semakin banyak konsentrasi carbopol 940 dan semakin sedikit konsentrasi trietanolamin akan menurunkan nilai daya sebar. Sebaliknya, semakin sedikit konsentrasi carbopol 940 dan semakin banyak konsentrasi trietanolamin akan meningkatkan nilai daya sebar. Trietanolamin lebih dominan dalam meningkatkan daya sebar dibandingkan dengan carbopol 940, ditandai juga dengan nilai persamaan yang lebih besar. Tetapi dari persamaan diatas, kombinasi kedua bahan tersebut dapat menurunkan nilai daya sebar sediaan pasta gigi gel, ditandai dengan koefisien interaksi keduanya memiliki nilai negatif. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Jamaludin *et al* (2024)⁶⁶, yang menyatakan bahwa trietanolamin lebih berpengaruh dalam meningkatkan daya sebar.

7. Uji Tinggi Busa

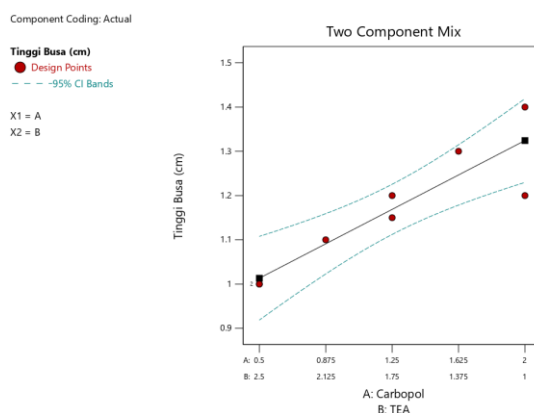
Uji tinggi busa dilakukan untuk melihat seberapa baik sediaan pasta gigi gel menghasilkan busa. Hal ini berkaitan dengan efektivitas pembersihan serta kenyamanan pengguna. Syarat tinggi busa yang baik yaitu tidak lebih dari 1,5 cm⁴¹. Hasil pengujian tinggi busa formula pasta gigi gel ekstrak daun binahong dapat dilihat pada tabel 21.

Tabel 21. Hasil Pengujian Tinggi Busa Pasta Gigi Gel

Formula	Tinggi Busa
F1	1,3
F2	1,15
F3	1
F4	1,1
F5	1
F6	1,2
F7	1,2
F8	1,4

Berdasarkan hasil uji tinggi busa, seluruh sediaan pasta gigi gel telah memenuhi persyaratan tinggi busa, yaitu kurang dari 1,5 cm. Formula F3 dan F5 menunjukkan nilai tinggi busa yang lebih rendah, karena konsentrasi carbopol 940

yang digunakan pada kedua formula tersebut lebih sedikit. Namun, pada formula F8 diperoleh tinggi busa yang lebih tinggi dibandingkan F6, meskipun keduanya memiliki konsentrasi carbopol dan trietanolamin yang sama. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh faktor lain yang dapat mempengaruhi tinggi busa sediaan pasta gigi gel. Beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi tinggi busa antara lain jenis dan konsentrasi surfaktan, adanya zat tambahan lain dalam formula, serta metode pengadukan yang digunakan selama proses pembuatan. Selain itu, komposisi surfaktan (natrium lauril sulfat), pH, serta suhu dan teknik pengujian. pH netral hingga sedikit basa akan membentuk busa yang optimal. Metode saat pengujian seperti kecepatan dan durasi pengocokan juga mempengaruhi hasil tinggi busa yang terbentuk⁷⁰.



Gambar 14. Grafik Variasi Dua Komponen terhadap Respon Tinggi Busa

Persamaan nilai tinggi busa menurut *simplex lattice design* sebagai berikut:

$$\text{Tinggi busa} = 1,32 (A) + 1,01 (B) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

(A) = Konsentrasi Carbopol 940

(B) = Konsentrasi Trietanolamin

Grafik diatas merupakan grafik model variasi dua komponen terhadap respon tinggi busa menggunakan *design Of eksperimental*. Model yang digunakan untuk respon tinggi busa adalah *Linier* dengan *p-value significant* yaitu <0,0024 dan *Lack of Fit (LoF) not significant* yaitu 0,8812. *P-value* harus *significant* dan *LoF* harus *not significant* untuk menunjukkan bahwa model tersebut sesuai untuk menggambarkan data hasil eksperimen. Jika *LoF significant* maka model regresi

yang digunakan tidak cukup baik karena terdapat perbedaan signifikan antara respon yang diprediksi oleh model dengan respon sebenarnya.

Berdasarkan persamaan (4), dapat dikatakan bahwa perubahan respon tinggi busa dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi carbopol 940 dan trietanolamin. Dimana semakin banyak konsentrasi carbopol 940 dan sedikit konsentrasi trietanolamin akan meningkatkan tinggi busa pada sediaan pasta gigi gel. Sedangkan, lebih sedikit komposisi carbopol 940 dan lebih banyak komposisi trietanolamin maka akan mengurangi tinggi busa pasta gigi gel tersebut. Hal ini menggambarkan carbopol 940 memiliki pengaruh lebih dominan dalam meningkatkan tinggi busa dibandingkan trietanolamin, yang ditandai dengan persamaan carbopol 940 lebih besar dari pada trietanolamin. Kondisi ini sama dengan penelitian Jamaludin *et al* (2024)⁶⁶, yang menyebutkan bahwa carbopol memiliki pengaruh lebih dominan dibandingkan dengan trietanolamin dalam pembentukan busa.

4.9 Penentuan Formula Optimal Pasta Gigi Gel

Penentuan formula optimal pada penelitian ini dilakukan dengan analisis *software* desain eksperimental menggunakan *simplex lattice design*. Tipe optimasi yang dipakai dalam penelitian ini adalah optimasi *numerical*, karena komponen yang akan dioptimasi terdiri dari 2 komposisi bahan. Cara untuk menentukan formula optimal, terlebih dahulu menetapkan nilai (*goal*) yang diinginkan terhadap masing-masing respon. Dimana konsentrasi carbopol 940 dan trietanolamin berperan sebagai variabel bebas, sementara respon yang terpengaruh yaitu pH, viskositas, daya sebar dan tinggi busa merupakan variabel terikat. Setelah didapatkan hasil pengujian sifat fisik pasta gigi gel, data yang diperoleh dianalisis menggunakan *software* desain eksperimental. Analisis ini didasarkan pada kriteria spesifik yang diinginkan untuk masing-masing respon fisik seperti *minimize*, *maximize*, *in range*, *target* atau *equal to*.

Tabel 22. Kriteria Formula Optimal

Respon	Target	Range Nilai
pH	<i>in range</i>	4,5 – 10,5
Viskositas	<i>maximize</i>	2000 – 8325 cP

Daya Sebar	<i>in range</i>	5 cm – 7 cm
Tinggi Busa	<i>in range</i>	0,1 cm – 1,5 cm

Goal respon pH yang dipilih adalah "*in range*" dengan rentang 4,5 – 10,5 yang merupakan rentang pH yang aman untuk pasta gigi gel. Rentang *goal* ini dipilih untuk menentukan besarnya pH pasta gigi gel ekstrak daun binahong yang diuji masih dalam rentang pH pasta gigi gel. Dari nilai pH yang telah didapatkan diharapkan sediaan yang dibuat tidak menyebabkan terjadinya iritasi pada mukosa serta demineralisasi enamel gigi⁷¹.

Goal respon viskositas yang dipilih adalah "*maximize*" dengan rentang 2000 – 50000 cP berdasarkan syarat viskositas untuk pasta gigi gel. Respon yang dipilih berdasarkan hasil uji viskositas pasta gigi gel yaitu berada pada rentang 2000 – 8235 cP. Hal ini karena dilihat dari hasil nilai viskositas semua sediaan pasta gigi gel yang telah diuji, dengan nilai viskositas dibawah 2000 cP menghasilkan pasta gigi gel yang terlalu encer. Sediaan yang ideal memiliki viskositas dalam rentang yang seimbang, tidak terlalu tinggi maupun terlalu rendah. Viskositas yang terlalu tinggi akan menyebabkan sediaan menjadi sangat kental sehingga sulit untuk digunakan, sedangkan viskositas yang terlalu rendah akan membuat sediaan menjadi encer dan tidak mampu menempel dengan baik pada permukaan gigi⁵².

Goal untuk respon daya sebar yang dipilih adalah "*in range*" dengan rentang 5–7 cm. Rentang ini dipilih karena terdapat beberapa formula tidak memenuhi persyaratan nilai daya sebar dari hasil uji daya sebar pasta gigi gel yang telah dilakukan, sehingga dipilih rentang standar daya sebar yang baik untuk pasta gigi gel. Dengan ini diharapkan pasta gigi gel yang dihasilkan memiliki daya sebar yang baik, sehingga dapat dengan mudah merata di permukaan gigi tanpa memerlukan gosokan berlebih saat pengaplikasian⁷².

Goal untuk respon tinggi yang dipilih adalah "*in range*" pada rentang 0,1 – 1,5 cm merupakan syarat rentang tinggi busa yang baik untuk pasta gigi gel. Rentang *goal* ini dipilih untuk menentukan nilai tinggi busa sediaan pasta gigi gel yang diuji agar tetap dalam rentang tinggi busa pasta gigi gel yang baik. Dengan ini diharapkan nilai tinggi busa sediaan pasta gigi gel menghasilkan tinggi busa yang baik, sehingga dapat meningkatkan persepsi kebersihan pengguna dan juga dapat

mempermudah penyebaran sediaan saat digunakan⁴¹. Adapun prediksi formula optimum pasta gigi gel ekstrak daun binahong yang diperoleh melalui analisis *software* desain eksperimental dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 23. Prediksi Formula Optimal

Carbopol (g)	TEA (g)	pH	Viskositas (cP)	Daya Sebar (cm)	Tinggi Busa (cm)	Nilai Desirability
2%	1%	5,691	8016,436	5,007	1,324	0,951

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa formula optimal dipilih dengan nilai *desirability* yang paling mendekati 1. Nilai *desirability* ini menunjukkan sejauh mana hasil optimasi memenuhi kriteria yang telah ditetapkan untuk setiap respon. Nilai *desirability* yang paling mendekati angka 1 menunjukkan bahwa sediaan yang dihasilkan sangat sesuai dengan target yang diinginkan. Dalam penelitian ini, telah didapatkan hasil nilai *desirability* yaitu 0,951. Kondisi ini menggambarkan bahwa sediaan yang dihasilkan sangat mendekati kondisi optimal yang diinginkan. Formula optimal yang dihasilkan yaitu dengan komposisi carbopol 940 2%, dan trietanolamin 1%. Kemudian nilai respon yang diprediksi yaitu nilai pH 5,691, nilai viskositas 8016,436 cP, nilai daya sebar 5,007 cm dan nilai tinggi busa 1,324 cm.

Hasil prediksi respon dari formula optimal pasta gigi gel yang diperoleh dianalisis lebih lanjut dengan membandingkannya terhadap hasil pengujian nyata melalui uji statistik *one sample t-test*, guna memastikan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara data prediksi dengan hasil eksperimen. Proses verifikasi formula optimal dilakukan dengan membuat formula optimal sebanyak 3 kali replikasi sediaan pasta gigi gel ekstrak daun bianhong, kemudian mengevaluasi respon fisik seperti pH, viskositas, daya sebar, dan tinggi busa sediaan pasta gigi gel lalu dibandingkan dengan nilai prediksi dari *simplex lattice design*.

Tabel 24. Hasil Verifikasi dan *T-Test* Formula Optimal

Respon Uji	Hasil Uji			Rata-	Sig. (2-	Nilai
Fisik	R I	R II	R III	Rata±Standar	tailed)	Prediksi
				Devisiensi (SD)		
pH	5,52	5,44	5,68	5,546 ± 0,122	0,177	5,691

Viskositas	7653	8805	9030	$8496 \pm 738,676$	0,378	8016,436
Daya Sebar	5	5,1	5,5	$5,2 \pm 0,264$	0,334	5,007
Tinggi Busa	1,4	1,3	1,5	$1,4 \pm 0,1$	0,319	1,324

Dari hasil uji formula optimal secara nyata kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan uji *saphiro-wilk*. Jika nilai $p > 0,05$ maka data tersebut terdistribusi normal dan jika nilai $p < 0,05$ maka data tersebut tidak terdistribusi normal. Berdasarkan hasil uji normalitas pada setiap respon uji fisik menghasilkan nilai signifikansi $> 0,05$, hal ini menunjukkan bahwa semua data telah terdistribusi normal⁷³. Data yang sudah terdistribusi normal dapat dilakukan uji one sample t-test antara respon nyata dengan respon prediksi dari *simplex lattice design* dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji one sample t-test dapat dilihat pada table 25.

Tabel 25. Hasil Uji *One Sample T-Test* Formula Optimal

Respon	Nilai p	Keterangan
pH	0,177	Tidak berbeda signifikan
Viskositas	0,378	Tidak berbeda signifikan
Daya Sebar	0,334	Tidak berbeda signifikan
Tinggi Busa	0,319	Tidak berbeda signifikan

Keterangan :

$P > 0,05$ = tidak ada perbedaan yang signifikan

Pengujian *one sample t-test* dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan antara hasil respon fisik nyata dengan hasil prediksi pada *simplex lattice design*. Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai $p > 0,05$ yang berarti semua respon fisik formula optimal tidak ada perbedaan yang signifikan dengan respon prediksi pada *simplex lattice design*. Sehingga hal ini mencerminkan bahwa *software* desain eksperimental yang digunakan valid serta penentuan formula pasta gigi gel ekstrak daun binahong dengan metode ini dapat dipercaya⁷³.

4.10 Uji Aktivitas Antibakteri terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Pengujian antibakteri pada penelitian ini dilakukan dengan 2 metode yaitu metode cakram untuk uji aktivitas antibakteri ekstrak daun binahong dan metode sumuran untuk uji aktivitas antibakteri formula optimal sediaan pasta gigi gel.

Media yang digunakan pada bakteri *Staphylococcus aureus* ini yaitu menggunakan media Nutrient Agar. Metode cakram dipilih karena cocok untuk sediaan yang cukup cair seperti ekstrak daun binahong, selain itu juga memiliki beberapa keunggulan seperti perlakuan yang sederhana, mudah dilakukan serta praktis sehingga memberikan sensitivitas tinggi dalam pengujian aktivitas antimikroba pada konsentrasi tertentu⁷⁴. Sedangkan untuk metode sumuran dipilih sebagai metode uji sediaan pasta gigi gel yaitu memiliki kemudahan dalam pengukuran zona hambat. Hal ini karena dapat menunjukkan aktivitas antibakteri tidak hanya di permukaan agar saja, tetapi juga hingga bagian bawah media⁷⁵.

Hasil pengujian aktivitas antibakteri ekstrak daun binahong, formula optimal, kontrol positif dan kontrol negatif dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 26. Hasil Zona Hambat Bakteri *Staphylococcus aureus*

Sampel	Replikasi Zona Hambat (mm)			Rata-Rata (mm) ± SD	Kategori
	I	II	III		
Formula	19,23	19,415	20,64	19,76 ± 0,766	Kuat
Optimal					
K+	33,84	32,685	33,69	33,40 ± 0,628	Sangat kuat
K -	0	0	0	0	Tidak ada
Ekstrak	15,56	15,59	15,66	15,60 ± 0,051	Kuat

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa ekstrak daun binahong memiliki daya menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* didapatkan hasil zona hambat 15,66 mm dalam kategori kuat. Zona hambat ini dipengaruhi oleh konsentrasi zat aktif yang digunakan, semakin tinggi konsentrasi zat aktif maka akan semakin luas zona hambat yang terbentuk. Selain itu, terdapat beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil uji aktivitas antibakteri meliputi jumlah inokulum, ukuran organisme uji, suhu selama inkubasi, tingkat keasaman (pH), kandungan media pertumbuhan, serta tingkat aktivitas metabolik mikroorganisme⁷⁶.

Uji aktivitas antibakteri terhadap formula optimal sediaan pasta gigi gel ekstrak daun binahong dilakukan untuk mengetahui seberapa besar zona hambat yang dimiliki formula optimal sediaan pasta gigi gel ekstrak daun binahong yang

telah dibuat, sehingga dapat mengetahui efektifitas dari formula optimal sediaan pasta gigi gel dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa formula optimal pasta gigi gel ekstrak daun binahong memiliki daya menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* yang berbeda pada setiap replikasi. Dari hasil uji antibakteri formula optimal pasta gigi gel, dilakukan analisis statistik menggunakan *One-Way ANOVA*, hal ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan terhadap masing-masing daya hambat setiap formula optimal pasta gigi gel, kontrol positif dan kontrol negatif. Sebelum dilakukan analisis *One-Way ANOVA* dilakukan uji normalitas terlebih dahulu menggunakan uji *kolmogorov-smirnov*. Jika nilai $p > 0,05$ maka data tersebut terdistribusi normal dan jika nilai $p < 0,05$ maka data tersebut tidak terdistribusi normal. Didapatkan nilai signifikansi hasil uji normalitas daya hambat antibakteri formula optimal yaitu $0,130 > 0,05$ maka dapat dikatakan bahwa data tersebut telah terdistribusi normal⁷³.

Data yang telah terdistribusi normal dapat dilakukan uji *one-way ANOVA* agar mengetahui signifikansi daya hambat ketiga replikasi formula optimal sediaan pasta gigi gel, kontrol positif dan kontrol negatif. Berdasarkan analisis didapatkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ hal ini menunjukkan adanya perbedaan daya hambat yang signifikan terhadap setiap replikasi formula optimal pasta gigi gel⁷³. Replikasi 1 didapatkan hasil zona hambat 19,23 mm dalam kategori kuat, replikasi 2 didapatkan hasil zona hambat 19,415 mm dalam kategori kuat dan replikasi 3 didapatkan hasil zona hambat 20,64 mm dalam kategori sangat kuat. Untuk kontrol positif menggunakan antibiotik *Cefadroxil* didapatkan hasil zona hambat 33,84 mm tergolong dalam kategori sangat kuat. Sedangkan kontrol negatif menggunakan basis pasta gigi gel tanpa zat aktif tidak memiliki zona hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Hasil analisis *duncan* daya hambat dapat dilihat pada lampiran 22. Berdasarkan hasil pengujian dapat dinyatakan bahwa ada perbedaan yang bermakna antara setiap kelompok uji. Dimana formula optimal pasta gigi gel lebih efektif menghambat pertumbuhan bakteri dibandingkan dengan kontrol negatif, namun formula optimal tidak seefektif kontrol positif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.