

## BAB IV

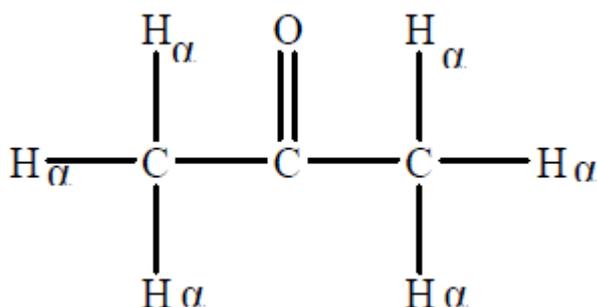
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Sintesis Senyawa Gamavuton-0 (GVT-0)

Kanker merupakan kondisi yang terjadi akibat pertumbuhan tidak normal dari sel-sel pada jaringan tubuh. Salah satu senyawa yang memiliki efek farmakologis sebagai antikanker adalah senyawa kurkumin. Namun, kurkumin memiliki bioavailabilitas yang rendah dan mudah terdegradasi dalam suasana lembab dan basa. Oleh karena itu banyak dilakukan penelitian mengenai modifikasi kurkumin, termasuk diantaranya sintesis turunan kurkumin. Salah satu turunan kurkumin yang sudah diketahui adalah Gamavuton-0 (GVT0). GVT-0 dapat disintesis dengan *starting material* vanilin dan aseton dengan perbandingan secara teoritis 2:1. Metode yang digunakan untuk mensintesis senyawa GVT-0 adalah metode SAMTISAR (Samhoedi-Timmerman-Sardjiman) yang telah dimodifikasi. Metode ini menggunakan reaksi kondensasi Aldol atau lebih khususnya disebut reaksi kondensasi Claisen-Schmidt yang ditambahkan katalis asam maupun basa untuk mempercepat reaksi. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses sintesis GVT-0 diantaranya perbandingan *starting material*, waktu lama pemanasan, dan derajat keasaman yang digunakan pada proses sintesis tersebut.

Penelitian yang dilakukan Fahrurozi (2008), GVT-0 disintesis menggunakan *starting material* vanilin dan aseton dengan penambahan asam tanpa menggunakan pelarut. Modifikasi pada metode ini terletak pada penggunaan pelarut untuk melarutkan vanilin. Vanilin yang terlarut memiliki luas permukaan lebih besar dibandingkan vanilin bentuk padat sehingga akan dapat mempercepat

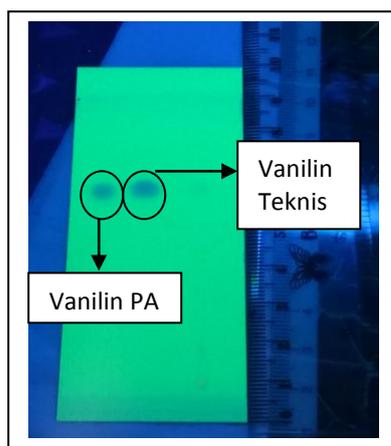
laju reaksi. Hal ini dikarenakan semakin besarnya luas permukaan berbanding lurus dengan meningkatnya kecepatan reaksi. Pemilihan penggunaan *starting material* vanilin dan aseton berdasarkan diskoneksi analisis struktur senyawa GVT-0. Struktur senyawa GVT-0 apabila dibagi menjadi tiga daerah, akan terbagi menjadi satu struktur molekul aseton dan dua struktur vanilin. Dalam sintesis GVT-0 reaksi yang terjadi adalah reaksi kondensasi Claisen Schmidt. Reaksi ini dapat terjadi pada senyawa yang memiliki  $H_{\alpha}$  seperti aseton (Gambar 9) dengan senyawa karbonil yang tidak memiliki  $H_{\alpha}$  seperti pada vanilin.



**Gambar 9. Gambar Atom Hidrogen  $H_{\alpha}$  pada aseton**

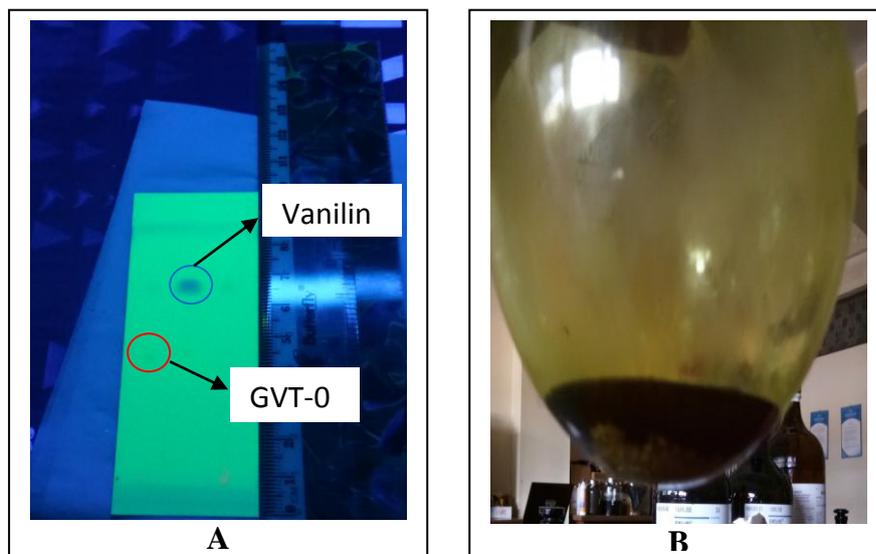
Pada penelitian ini vanillin teknis yang digunakan diperoleh dari Brataco. Oleh karena itu, Vanilin perlu diidentifikasi terlebih dahulu karena yang digunakan pada penelitian ini merupakan vanilin teknis bukan pro analisis. Hal ini bertujuan agar vanilin teknis yang digunakan memang layak digunakan dalam penelitian ini. Sedangkan aseton tidak perlu dilakukan identifikasi karena merupakan aseton pro analisis. Identifikasi vanilin dilakukan dengan 2 cara yaitu secara organoleptik dan uji KLT. Hasil identifikasi organoleptik vanilin dari Brataco berupa serbuk kristal, berbentuk jarum, berwarna putih, dengan rasa dan bau khas vanilin yang sesuai dengan pemerian vanilin pada Farmakope Edisi IV.

Selanjutnya dilakukan identifikasi menggunakan KLT dengan perbandingan nilai Rf vanilin teknis dan pro analisis. Nilai Rf Vanilin pro analisis sebesar 0,72, sedangkan nilai Rf vanilin teknis 0,725 (Gambar 10). Setelah melakukan uji organoleptik dan uji KLT pada vanilin, maka vanilin tersebut dapat digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 10. Hasil KLT Vanilin ( Pro analisis Rf= 0,72, Teknis Rf= 0,725 deteksi pada sinar UV  $\lambda$  254 nm)**

Dalam melakukan optimasi sintesis GVT-0 dengan desain eksperimen aplikasi *response surface methodology*, sudah tidak perlu melakukan validasi metode sintesis yang digunakan dalam penelitian. Hal ini dikarenakan metode yang digunakan telah di validasi oleh penelitian sebelumnya. Validasi metode yang dilakukan oleh Sabtanti, dkk (2014) bertujuan untuk memastikan metode yang digunakan dapat menghasilkan GVT-0. Validasi metode tersebut dilakukan dengan cara membandingkan GVT-0 hasil yang didapatkan dengan hasil penelitian sebelumnya. Secara organoleptik dan uji KLT yang dilakukan, hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fahrurozi (2008) yaitu diperoleh senyawa berwarna kuning kehijauan dan berbentuk kristal dan diperoleh nilai Rf yang sama dengan penelitian yaitu 0,5.



**Gambar 11. A. Hasil KLT ( $R_f$  Vanilin = 0,725 ;  $R_f$  GVT-0 = 0,5 Deteksi pada  $\lambda$  254 nm). B. Hasil Sintesis GVT-0**

Proses sintesis GVT-0 pada penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap sintesis GVT-0 dan dilanjutkan dengan tahap pemurnian (kristalisasi). Sebelum melakukan sintesis GVT-0 terlebih dahulu melakukan penyiapan alat dan bahan yang dibutuhkan. Dengan melihat hasil desain eksperimen yang telah dilakukan menggunakan aplikasi *response surface methodology*, dilakukan perhitungan massa vanilin yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari perhitungan yang ada didapatkan 3 massa vanilin berbeda, 3 volume aseton berbeda, dan 3 waktu lama pemanasan yang berbeda.

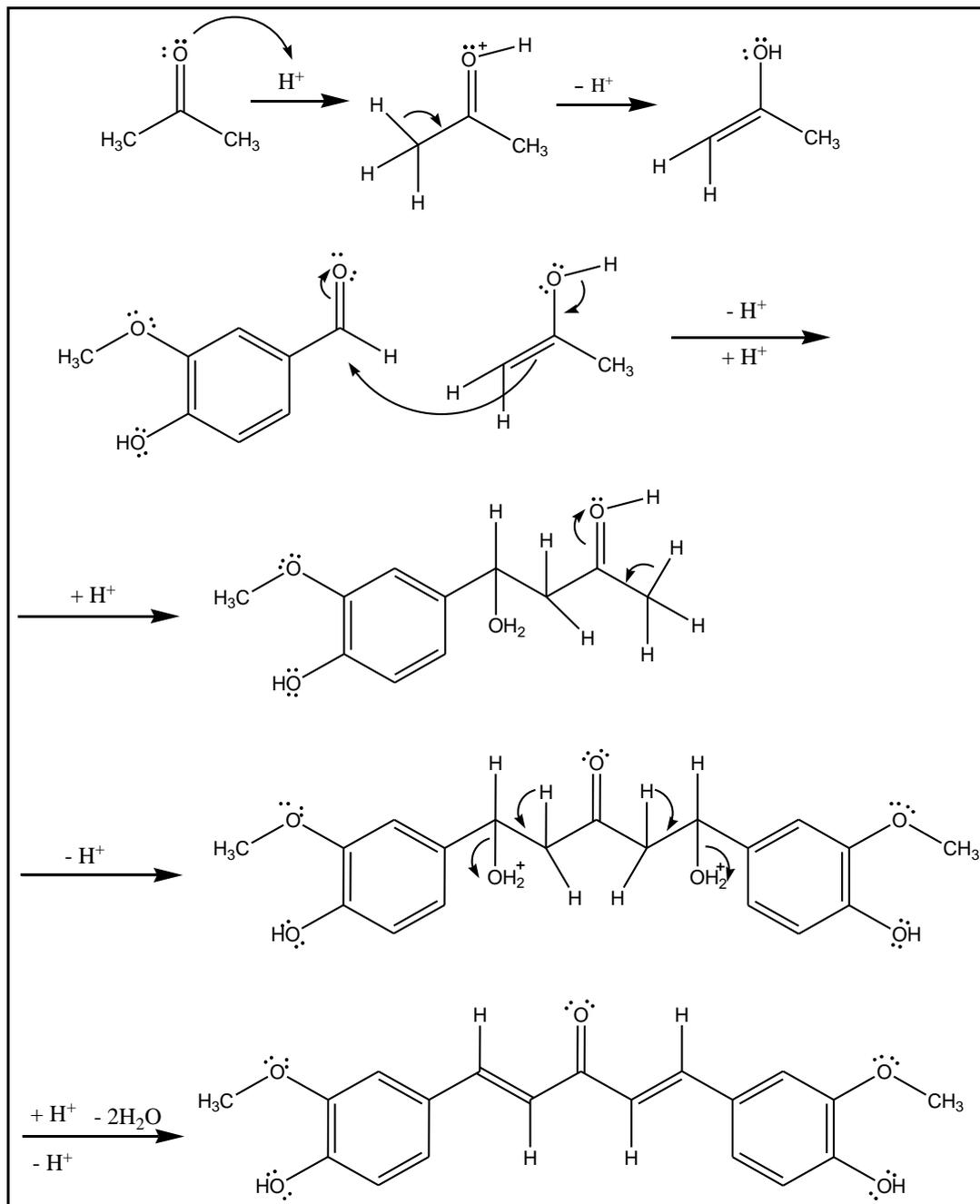
Tahap sintesis GVT-0 menggunakan pemanasan yang berguna untuk mempercepat reaksi. Pemanasan tersebut menggunakan *heating mantle* dan kondensor. *Heating mantle* dipilih karena dapat memberikan panas yang konstan dan merata, sedangkan kondensor digunakan sebagai pendingin pada saat reaksi yang dapat mengkondensasi kembali uap aseton saat pemanasan sehingga mengoptimalkan reaksi pada saat sintesis GVT-0. Sintesis GVT-0 dilakukan

dengan melarutkan vanilin dalam etanol dan membuat larutan asam aseton. Proses pelarutan menggunakan mortir dan stamper. Hal ini bertujuan untuk mempercepat pelarutan vanilin oleh etanol 95%. Pembuatan aseton-HCL dilakukan dengan mencampurkan aseton 10 ml dan HCL 37% dengan kadar tertentu. HCL 37% berfungsi sebagai katalis asam. Selanjutnya adalah mencampurkan vanilin yang telah larut dengan 1 ml larutan HCL-aseton dan dimasukkan dalam labu alas bulat. Labu alas bulat bagian bawah diletakkan pada *heating mantel* dengan skala pemanasan 4,5 dan bagian atasnya dihubungkan dengan kondensor. Proses pemanasan dilakukan dengan waktu yang berbeda yaitu 1 jam, 2,5jam, dan 4 jam. Dalam proses pemanasan, akan terbentuk larutan kuning kehijauan sampai kuning kecoklatan. Selanjutnya labu alas bulat ditutup dengan alumunium foil dan dimasukkan dalam baskom berisi air dan dimasukkan dalam almari pendingin (2-8°C) selama 12 atau 24 jam. Hal ini bertujuan untuk menghentikan reaksi yang terjadi secara tiba-tiba karena dengan penghentian tiba-tiba dan didiamkan pada suhu dingin akan mempercepat terbentuknya kristal GVT-0.

Reaksi dalam pembentukan GVT-0 menggunakan reaksi kondensasi Claisen Schmidt yang terdiri dalam beberapa tahapan, yaitu:

- 1) Protonasi atom O pada karbonil keton (aseton). Protonasi akan membentuk intermediate enol yang berperan sebagai nukleofil.
- 2) Nukleofil yang terbentuk akan menyerang atom C karbonil aldehid vanilin. Hal tersebut dikarenakan atom C karbonil memiliki muatan yang lebih positif sehingga akan lebih reaktif dan menghasilkan  $\alpha\beta$ -unsaturated karbonil.

3) Atom O keton  $\alpha\beta$ -unsaturated karbonil akan membentuk senyawa antara intermediate enol. Senyawa ini akan menyerang gugus karbonil aldehid vanilin kedua untuk membentuk ikatan GVT-0. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Reaksi Sintesis GVT-0

Selanjutnya setelah melakukan proses sintesis GVT-0, tahap kedua adalah pemurnian (kristalisasi) senyawa hasil sintesis GVT-0. Proses ini dilakukan dengan memisahkan senyawa hasil menggunakan kloroform dalam corong pisah, kloroform berfungsi untuk memisahkan GVT-0 dengan larutan. Fase kloroform diambil dan dimasukkan dalam cawan porselen serta ditambahkan Na sulfat anhidrat, yang berfungsi untuk mengikat air yang masih tersisa dalam fase kloroform. Selanjutnya fase kloroform diuapkan hingga tersisa residu hitam. Residu hitam tersebut masih mengandung Na sulfat anhidrat yang dapat dihilangkan dengan penambahan asam asetat glasial secukupnya, lalu diaduk dan ditambahkan aquadest dingin sampai bau asam asetat glasial hilang lalu disaring. Proses tersebut menghasilkan senyawa sampel bebas etanol, asam, dan aseton. Sampel yang telah disaring tersebut ditambahkan aquadest panas dengan suhu (70-80°C). Aduk dan saring. Proses ini bertujuan untuk memisahkan GVT-0 dengan vanilin yang tidak bereaksi. Vanilin akan larut dalam air panas dan ketika disaring akan terlihat residu vanilin pada air saringan, sedangkan endapan hasil penyaringan pada kertas saring mengandung senyawa GVT-0.

#### **B. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Senyawa Gamavuton-0 (GVT-0)**

Setelah melakukan tahapan pemurnian (kristalisasi) hasil sintesis GVT-0, selanjutnya adalah melakukan uji kemurnian dengan menggunakan instrumen analisis kualitatif sebagai berikut:

##### 1) Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Uji kemurnian senyawa GVT-0 menggunakan instrumen analisis kualitatif KLT didasarkan pada kemampuan fase gerak membawa sampel

secara *ascending* melalui fase diam yang digunakan. GVT-0 memiliki berat molekul yang lebih besar dari aseton maupun vanilin, sehingga GVT-0 memiliki nilai  $R_f$  yang lebih kecil dari vanilin.

Prosedur analisis KLT yang perlu diperhatikan adalah penyiapan fase gerak dan fase diam KLT. Fase diam yang digunakan dalam KLT adalah penyerap berukuran kecil dengan diameter partikel antara 10-30 mikroliter. Semakin sempit kisaran ukuran fase diam, maka akan semakin baik kinerja KLT dalam efisiensi dan resolusinya. (Gandjar, Roham A (2007).

Pengujian KLT pada senyawa GVT-0 menggunakan fase diam silika gel GF 254. Silika gel GF 254 adalah fase diam yang mengandung gypsum dengan penambahan bahan fluoresensi sehingga akan menghasilkan warna pada UV 254. Sedangkan fase gerak yang digunakan berupa campuran kloroform : etil asetat (5:1). Pemilihan fase gerak kloroform dan etil asetat akan menghasilkan fase gerak yang memiliki kepolaran yang lebih tinggi dari kloroform dan lebih rendah dari etil asetat. Plat KLT dibuat dengan panjang 10 cm dan diberikan jarak elusidasi 8 cm dengan batas atas dan bawah masing-masing 1 cm. Penggunaan fase diam dan fase gerak dalam analisis menggunakan KLT ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Fahrurozi (2009).

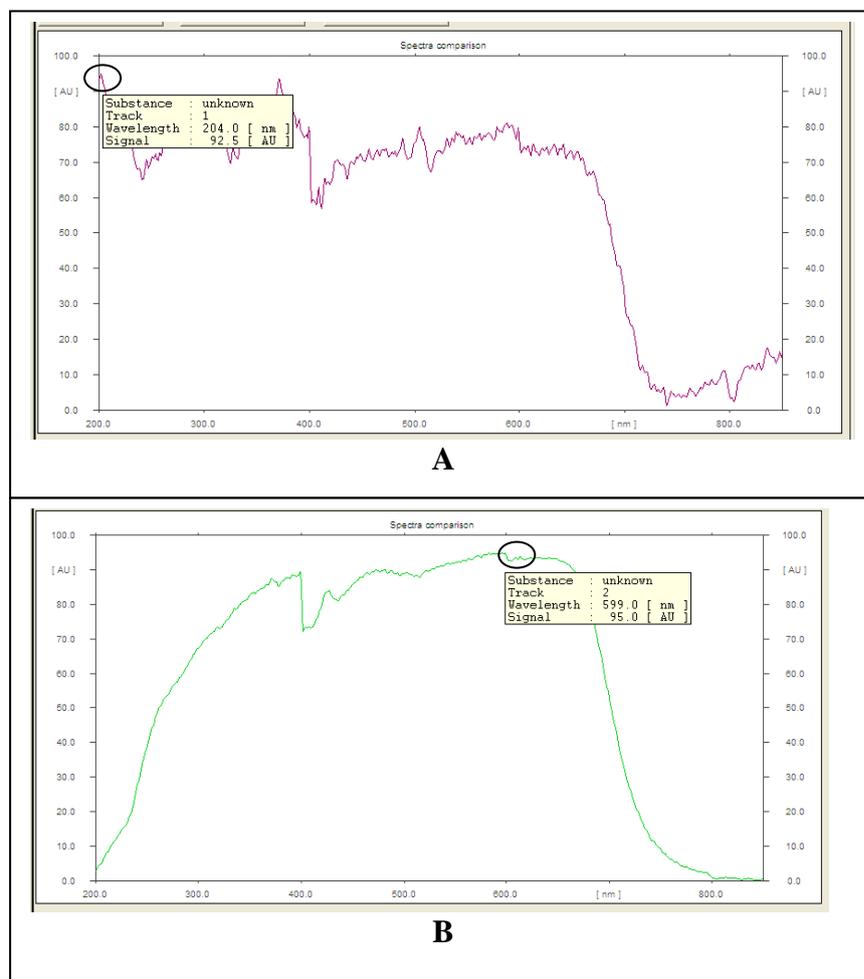
Berdasarkan pengujian dengan menggunakan analisis kualitatif KLT didapatkan nilai  $R_f$  GVT-0 sebesar 0,5, sedangkan senyawa pembanding vanilin sebesar 0,72. Dilihat dari penelitian sebelumnya yang dilakukan

oleh Fahrurzi (2009) nilai  $R_f$  yang didapatkan tidak jauh berbeda yaitu pada GVT-0 sebesar 0,5 dan vanilin sebesar 0,73. Adanya kesamaan nilai  $R_f$  menandakan memang adanya senyawa vanilin dan GVT-0 dalam sampel. Namun, hasil elusidasi plat KLT senyawa GVT-0 masih terdapat senyawa vanilin yang menandakan bahwa sintesis GVT-0 yang dihasilkan belum murni sebagai senyawa GVT-0.

## 2) Densitometri

Setelah dilakukan analisis menggunakan KLT, selanjutnya lempeng KLT dilakukan *scanning* panjang gelombang dengan menggunakan Densitometri. Densitometri adalah suatu instrumen yang dapat mengukur intensitas radiasi yang direfleksikan dari permukaan lempeng ketika disinari dengan lampu UV atau Visibel (Sinar Tampak). Solut yang mampu menyerap sinar akan dicatat sebagai puncak (*peak*) pada pencatat (*recorder*) (Rohman, A., 2007). *Scanning* vanilin dengan densitometri dilakukan pada panjang gelombang antara 200-400 nm. Hal ini dikarenakan vanilin merupakan senyawa yang tidak berwarna dan akan menyerap sinar pada panjang gelombang 200-400 nm. GVT-0 merupakan senyawa berwarna yang akan diukur pada panjang gelombang 400-800. Berdasarkan analisis menggunakan densitometri, puncak tertinggi vanilin diperoleh pada panjang gelombang 204 nm, hal ini menandakan bahwa vanilin merupakan senyawa yang menyerap pada panjang gelombang UV. Berbeda dengan vanilin, GVT-0 diperoleh pada panjang gelombang 599 nm. Hal ini sesuai dengan GVT-0 sebagai senyawa berwarna yang

menyerap panjang gelombang Vis. Hasil *scanning* senyawa vanilin dan GVT-0 dapat dilihat pada Gambar 13.

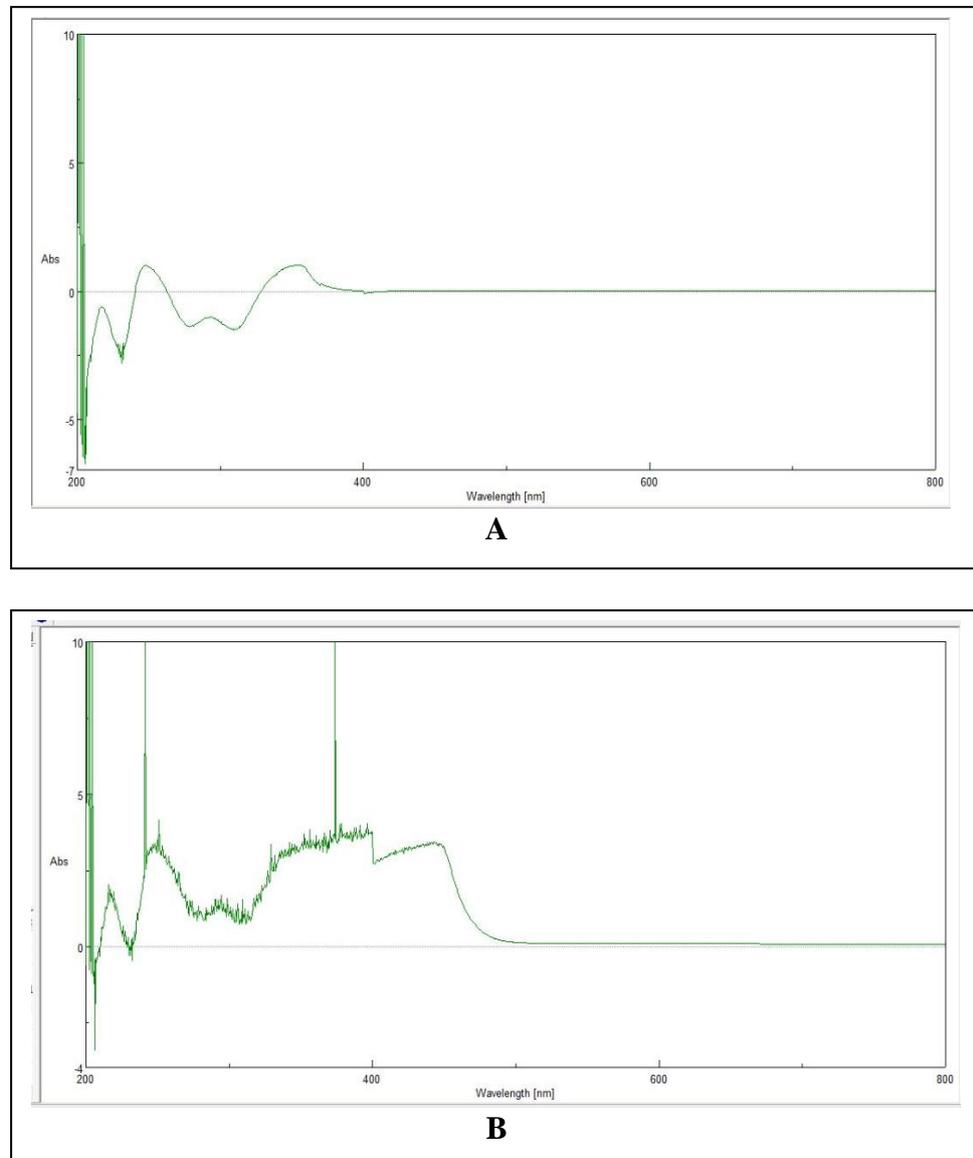


**Gambar 13. (A) Hasil *Scanning* Vanilin dan (B) Hasil *Scanning* GVT-0**

### 3) Spektrofotometri UV-Vis

Analisis kualitatif selanjutnya adalah menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Analisis ini bertujuan untuk menentukan serapan panjang gelombang maksimum pada GVT-0 dengan pembanding standar vanilin. Analisis ini berguna untuk mendukung analisis kualitatif dengan

menggunakan densitometer. Hasil analisis kualitatif spektrofotometri UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 14.



**Gambar 14. Hasil Spektrofotometri UV-Vis (A) Vanilin (B) GVT-0**

Pada gambar diatas dapat dilihat hasil serapan panjang gelombang vanilin dan GVT-0, dimana vanilin menyerap sinar pada daerah yang memiliki panjang gelombang 375 nm sedangkan GVT-0 pada panjang gelombang 435 nm. Hal ini menunjukkan telah terbentuknya senyawa baru

yang berbeda dari starting material vanilin yang digunakan sebagai pembanding. Menurut Abdul Rahman (2007), senyawa berwarna kuning kecoklatan akan menyerap panjang gelombang sekitar 400-435 nm. Sehingga dalam analisis kualitatif spektrofotometri UV-Vis telah menunjukkan bahwa vanilin merupakan senyawa tidak berwarna yang menyerap pada sinar UV sedangkan GVT-0 merupakan senyawa yang menyerap pada sinar Vis.

#### 4) Titik Lebur

Pada penelitian ini dilakukan uji titik lebur dengan menggunakan Melting Point Apparatus DMP 100. Uji titik lebur digunakan untuk mengetahui titik lebur GVT-0. Pada uji titik lebur diperoleh rentang temperatur pertama kali kristal meleleh hingga kristal tersebut meleleh seluruhnya yaitu 130-150°C. Hasil uji titik lebur terhadap kristal hasil rendemen sintesis GVT-0 belum dapat dibandingkan dengan hasil titik lebur kristal GVT-0 karena belum ada penelitian sebelumnya terhadap titik lebur tersebut. Berdasarkan teori kristal solid yang murni memiliki rentang titik lebur yang sempit yaitu 1-2°C (Brittain, 2009).



**Gambar 15. Hasil Uji Ttitik Lebur GVT-0**

Sedangkan analisis kuantitatif GVT-0 dilakukan dengan menghitung hasil rendemen GVT-0 yang didapat. Hasil rendemen tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

**Table 3. Hasil Sintesis GVT-0**

No	Percobaan Ke	Starting Material	Katalis ( $\mu$ l)	Waktu (Jam)	HR1 (gram)	HR2 (gram)	rata-rata
1	1	4	40	2,5	5,3469	5,6234	5,48515
2	2	3	60	2,5	4,5073	4,1836	4,34545
3	3	4	60	2,5	5,5895	6,2356	5,91255
4	4	3	40	2,5	4,1192	4,4316	4,2754
5	5	4	50	1	4,4515	5,4986	4,97505
6	6	3,5	60	1	5,0697	4,7805	4,9251
7	7	4	50	4	5,6802	5,3228	5,5015
8	8	3	50	1	4,5204	4,9113	4,71585
9	9	3,5	40	1	4,1303	4,4374	4,28385
10	10	3	50	4	4,7295	5,0518	4,89065
11	11	3,5	50	2,5	5,2521	5,2139	5,233
12	12	3,5	50	2,5	4,8048	5,1119	4,95835
13	13	3,5	50	2,5	4,829	5,131	4,98
14	14	3,5	40	4	4,2007	4,5841	4,3924
15	15	3,5	60	4	5,0556	4,6379	4,84675

### C. Optimasi Sintesis GVT-0 Menggunakan Analisis Aplikasi *Response*

#### *Surface Methodology (RSM)*

Dalam melakukan penelitian ini dilakukan desain eksperimen terhadap sintesis GVT-0 dengan menggunakan perangkat lunak *Portable Statgraphics Centurion 15.2.11.0* yaitu aplikasi *response surface methodology*. Hal ini bertujuan untuk mengoptimasi sintesis GVT-0 untuk mendapatkan kondisi optimum dari sintesis GVT-0 yang menghasilkan rendemen maksimum dengan menghemat waktu dan biaya.

Dalam penerapan aplikasi *response surface methodology*, menggunakan tiga faktor yaitu *raw starting material*, katalis, dan waktu lama pemanasan yang dapat dilihat pada Table 5. Dimana nilai *raw starting material* berkisar antara 3-4, katalis 40-60 mikroliter, sedangkan waktu lama pemanasan adalah 1-4 jam.

Faktor	Level		
	Low	Middle	High
A: Raw starting material	3 mol	3,5 mol	4 mol
B: Katalis	40 $\mu$ l	50 $\mu$ l	60 $\mu$ l
C: Waktu lama pemanasan	1 jam	2,5 jam	4 jam

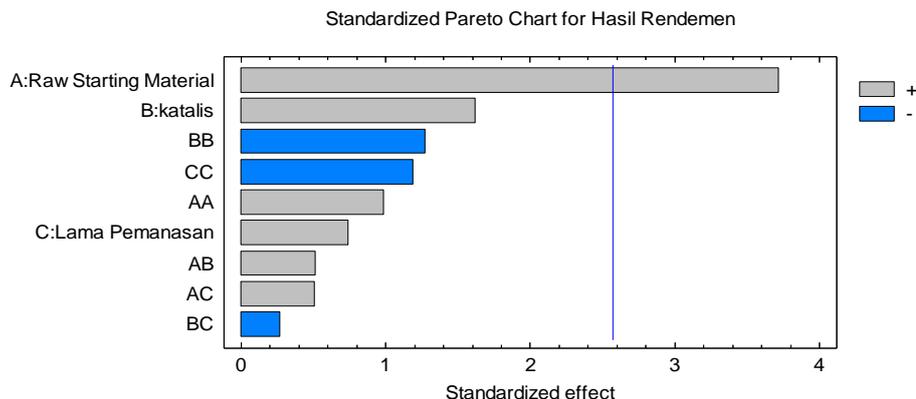
**Table 4. Faktor Sintesis GVT-0**

Setelah memasukkan masing-masing nilai faktor pada aplikasi tersebut dengan memilih Box Benhken diperoleh desain eksperimen sebanyak 15 percobaan untuk mendapatkan rendemen sintesis GVT-0 yang optimum (Lihat Table 3). Dalam percobaan tersebut dilakukan replikasi sebanyak 1x guna untuk mendapatkan nilai rata-rata rendemen sintesis GVT-0 pada masing-masing percobaan yang lebih akurat. Hasil rendemen sintesis GVT-0 yang telah dilakukan dapat dilihat pada Table 4.

Berdasarkan desain eksperimen yang dilakukan, persentase hasil sintesis GVT-0 dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$\begin{aligned} \% \text{ Hasil Rendemen} = & 6,84845 - 5,26231 (\text{Raw Starting Material}) + 0,195773 \\ & (\text{Katalis}) + 0,283075 (\text{Waktu Lama Pemanasan}) + 0,712517 (\text{Raw Starting} \\ & \text{Material})^2 + 0,0178675 (\text{Raw Starting Material}) (\text{Katalis}) + 0,117217 (\text{Raw} \\ & \text{Starting Material}) (\text{Waktu Lama Pemanasan}) - 0,00230608 (\text{Katalis})^2 - 0,003115 \\ & (\text{Katalis}) (\text{Waktu Lama Pemanasan}) - 0,0953259 (\text{Waktu Lama Pemanasan})^2 \end{aligned}$$

(5)



**Gambar 16. Grafik Pareto Hasil Sintesis GVT-0**

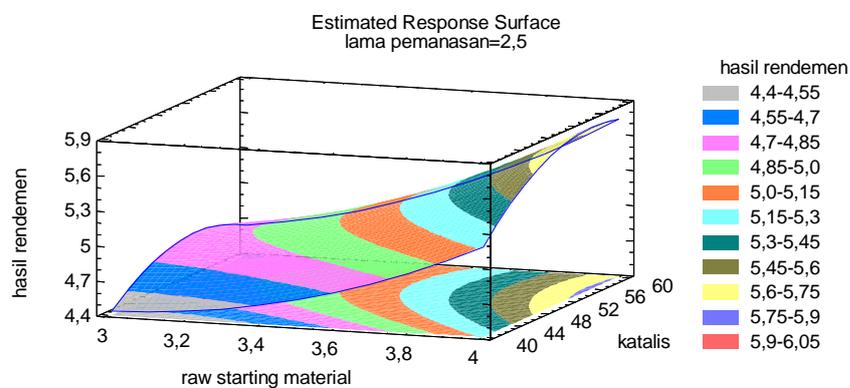
Grafik Pareto diatas menunjukkan efek standar interaksi antara masing-masing faktor yang mempengaruhi hasil rendemen sintesis GVT-0. Faktor yang paling signifikan dalam meningkatkan hasil rendemen sintesis GVT-0 adalah efek *raw starting material* sebagai faktor tunggal > efek katalis sebagai faktor tunggal > efek kuadrat dari *raw starting material* > efek waktu lama pemanasan sebagai faktor tunggal > interaksi antara *raw starting material* dan katalis > interaksi antara *raw starting material* dan waktu lama pemanasan. Sementara itu, urutan faktor yang paling signifikan untuk mengurangi hasil rendemen sintesis GVT-0 adalah efek kuadrat katalis > efek kuadrat dari waktu lama pemanasan > interaksi antara katalis dan waktu lama pemanasan.

Analisis ANOVA dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penting yang mempengaruhi hasil sintesis GVT-0 pada P-value = 0,05 dan hasil analisis ANOVA disajikan pada Tabel 6. Faktor penting yang mempengaruhi hasil sintesis GVT-0 ditunjukkan oleh P-nilai kurang dari 0,05. Tabel 6 menunjukkan bahwa hanya *raw starting material* sebagai faktor tunggal memberi efek signifikan bagi hasil rendemen sintesis GVT-0 (P-value = 0,0138).

**Table 5. Analisis ANOVA Pada Sintesis GVT-0**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Raw Starting Material	1,66248	1	1,66248	13,80	<b>0,0138</b>
B:katalis	0,317226	1	0,317226	2,63	0,1655
C:Lama Pemanasan	0,0668774	1	0,0668774	0,56	0,4897
AA	0,117157	1	0,117157	0,97	0,3693
AB	0,0319248	1	0,0319248	0,27	0,6286
AC	0,0309144	1	0,0309144	0,26	0,6339
BB	0,196358	1	0,196358	1,63	0,2577
BC	0,0087329	1	0,0087329	0,07	0,7985
CC	0,169858	1	0,169858	1,41	0,2883
Total error	0,602134	5	0,120427		
Total (corr.)	3,22494	14			

Dalam penelitian ini, untuk menguji pengaruh faktor terhadap respon hasil sintesis GVT-0, representasi grafik yang dikenal sebagai plot kontur model regresi diperoleh dengan menggunakan Persamaan 5 ditunjukkan pada Gambar 17. Seperti diilustrasikan dalam Gambar 13, meningkatkan konsentrasi raw starting material ke tingkat tertentu menyebabkan peningkatan hasil rendemen sintesis GVT-0.

**Gambar 17. Kontur Plot Sintesis GVT-0**

Kontur plot diatas menunjukkan bahwa kondisi optimum dalam sintesis GVT-0 untuk mendapatkan rendemen sintesis GVT-0 yang maksimum adalah dengan kondisi perbandingan *raw starting material* 4:1, katalis sebanyak 56 mikroliter, dan waktu lama pemanasan selama 3 jam.

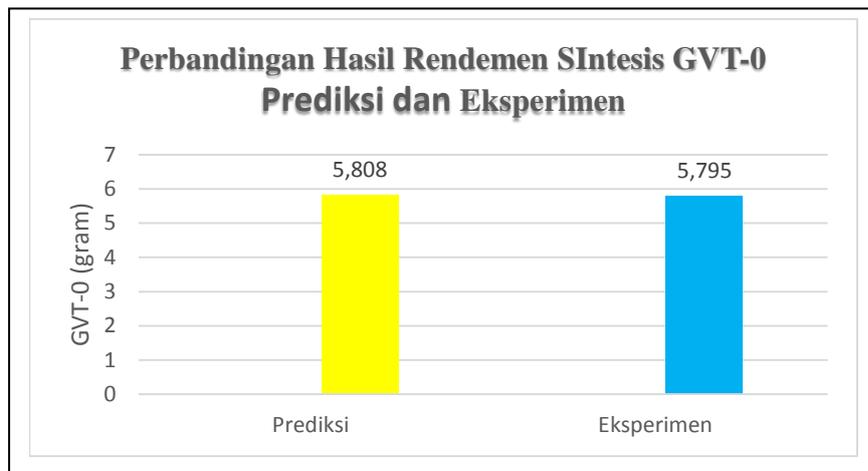
**Tabel 6. Kondisi Optimum Sintesis GVT-0**

<i>Factor</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Optimum</i>
<i>Raw Starting Material</i>	3,0	4,0	4,0
Katalis	40,0	60,0	55,8969
Lama Pemanasan	1,0	4,0	3,03036

Percobaan dilakukan dalam satu kali replikasi menggunakan kondisi optimum yang diperoleh dan didapatkan hasil rendemen sintesis GVT-0 adalah 5,795 dengan nilai prediksi 5,808 gram (Gambar 18). Untuk mengetahui tingkat kesalahan dari perbedaan berat yang diperoleh dari hasil perhitungan dan eksperimen dapat dihitung menggunakan Persamaan 6.

$$\text{Perbedaan berat} = \frac{\text{prediksi berat GVT-0} - \text{berat hasil eksperimen}}{\Delta \text{prediksi berat GVT-0}} \times 100\% \quad (6)$$

Hasil perhitungan antara prediksi berat GVT-0 dan eksperimen sebesar 0,22%. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan berat < 5% dari nilai AQL yang sudah ditetapkan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa persamaan yang didapat dari analisis bisa digunakan untuk memprediksi hasil optimum rendem GVT-0. Berikut diagram batang dari berat GVT-0 prediksi dan Eksperimen dapat dilihat pada Gambar 18.



**Gambar 18. Perbandingan Hasil Rendemen Sintesis GVT-0 Prediksi dan Eksperimen**