



**OPTIMASI TITANIUM DIOKSIDA DAN ZINK OKSIDA  
SEBAGAI *PHYSICAL BLOCKER* DALAM KRIM TABIR  
SURYA KOMBINASI *BENZOPHENON-3* DAN *OCTYL  
METHOXYCINNAMATE***

**SKRIPSI**

Oleh:

**Mega Latzuard Sudarsono  
NIM 132210101116**

**FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**



**OPTIMASI TITANIUM DIOKSIDA DAN ZINK OKSIDA  
SEBAGAI *PHYSICAL BLOCKER* DALAM KRIM TABIR  
SURYA KOMBINASI *BENZOPHENON-3* DAN *OCTYL  
METHOXYCINNAMATE***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Studi Farmasi (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

Oleh:

**Mega Latzuard Sudarsono  
NIM 132210101116**

**FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat, nikmat, cinta dan karunia-Nya, serta kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW yang selalu menginspirasi penulis.
2. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, pengorbanan dan semangat yang selalu menguatkan hidup penulis.
3. Generasi Sudarsono Rachman, adik-adik yang selalu memberikan warna pada hidup penulis.

4. Bapak dan Ibu Guru TK Nurus Sakinah, SDN Kebonsari 03 Jember, SMPN 4 Jember, SMK Farmasi Jember, dosen-dosen, dan semua pihak yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
5. Teman-teman seperjuangan Farmasi 2013 dan almamater Fakultas Farmasi Universitas Jember



**MOTTO**

It does not matter how slowly you go, as long as you don't stop  
(Confucius)

Everything shall pass  
(Kurniawan Gunadi)

...boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui  
(Terjemahan QS. Al-Baqarah: 216)

**PENGESAHAN**

Skripsi Berjudul “Optimasi Titanium Dioksida dan Zink Oksida sebagai *Physical Blocker* dalam Krim Tabir Surya Kombinasi *Benzophenon-3* dan *Octyl Methoxycinnamate*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 27 Juli 2017

tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Viddy Agustian R, S.Farm.,M.Sc.,Apt.  
R.K.S.,S.F.,M.Sc.,Apt.  
NIP. 198608302009121007

Lusia Oktora  
NIP. 197910032003122001

Tim Penguji

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Lidya Ameliana,S.Si.,Apt.,M.Farm  
Kristiningrum,S.Farm.,M.Farm.,Apt.  
NIP. 198004052005012005

Nia  
NIP. 198204062006042002

Mengesahkan

Dekan,

Lestyo Wulandari,S.Si.,Apt.,M.Farm

NIP. 197604142002122001

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Mega Latzuard Sudarsono

NIM : 132210101116

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul Berjudul “Optimasi Titanium Dioksida dan Zink Oksida sebagai *Physical Blocker* dalam Krim Tabir Surya Kombinasi *Benzophenon-3* dan *Octyl Methoxycinnamate*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah penulis sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi manapun, dan bukan karya jiplakan. Penulis bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika pernyataan di kemudian hari ini tidak benar.

Jember, 27 Juli 2017

Yang menyatakan,

Mega Latzuard Sudarsono  
NIM. 132210101116

**SKRIPSI**

**OPTIMASI TITANIUM DIOKSIDA DAN ZINK OKSIDA  
SEBAGAI *PHYSICAL BLOCKER* DALAM KRIM TABIR  
SURYA KOMBINASI *BENZOPHENON-3* DAN *OCTYL  
METHOXYCINNAMATE***

Oleh:

**Mega Latzuard Sudarsono  
NIM 132210101116**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Viddy Agustian R, S.Farm.,M.Sc.,Apt.  
Dosen Pembimbing Anggota : Lusia Oktora  
R.K.S.,S.F.,M.Sc.,Apt.

**RINGKASAN**

Optimasi Titanium Dioksida dan Zink Oksida sebagai *Physical Blocker* dalam Krim Tabir Surya Kombinasi *Benzophenon-3* dan *Octyl*



*Methoxycinnamate*; Mega Latzuard Sudarsono, 132210101116; 2017; 115 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Sinar Ultraviolet (UV) memiliki spektrum yang luas terdiri dari *Vacuum UV* (40–190nm), *Far UV* (190–220nm), UVA (320-400 nm), UVB (290-320 nm) dan UVC (220-290nm). Sinar UVB dan UVA akan sampai di permukaan bumi, sedangkan UVC akan diserap oleh lapisan ozon. Paparan radiasi UVB dapat menyebabkan eritema dan pigmentasi, sedangkan paparan radiasi UVA dapat merusak kolagen dari jaringan ikat kulit dan penuaan dini. Paparan radiasi sinar UV yang terlalu lama, menyebabkan daya perlindungan alamiah kulit tidak dapat memberikan perlindungan yang maksimal. Penggunaan tabir surya merupakan salah satu upaya untuk melindungi dari efek merugikan radiasi UV.

Mekanisme kerja tabir surya terbagi menjadi 2 yaitu *physical blocker* seperti  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  dan *chemical absorber* seperti *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*. *Benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* sebagai anti-UVA dan anti-UVB merupakan kombinasi yang digunakan secara luas, namun mengalami degradasi karena adanya paparan sinar UV. Upaya untuk meningkatkan efektivitas kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* adalah dengan penambahan *physical blocker* yakni  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$ .

Penelitian ini menggunakan 2 level faktor yang dirancang berdasarkan desain faktorial. Sediaan yang dibuat berupa krim menggunakan basis *vanishing cream*. Evaluasi sifat fisika kimia yang dilakukan untuk sediaan krim adalah pengujian organoleptis, tipe krim, homogenitas krim, pH, viskositas dan daya sebar, sedangkan pengujian efektivitas *in vitro* krim tabir surya terdiri atas pengujian SPF *in vitro*, %TP, dan %TE. Viskositas, pH, SPF, %TE dan %TP dipilih sebagai respon dalam menentukan formula optimum. Penentuan formula optimum pada penelitian ini menggunakan *software desain expert trial* 10.0.6.

Hasil pengujian pH menunjukkan  $\text{pH Fa} > \text{F1} > \text{Fab} > \text{Fb}$ . Tiap formula tersebut ditambahkan asam glikolat dengan konsentrasi yang sama yaitu 2,3%. Tujuan penambahan asam glikolat yaitu untuk menurunkan pH sediaan karena pH sediaan dari awal adalah basa.  $\text{TiO}_2$  dan interaksi kombinasi  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  memberikan efek sebesar +0,24, dan +0,164 ( $p < 0,05$ ). Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  yang ditambahkan maka pH akan meningkat.  $\text{ZnO}$  memberikan efek sebesar -0,50 ( $p < 0,05$ ), hasil tersebut menunjukkan bahwa  $\text{ZnO}$  berpengaruh signifikan dalam menurunkan pH sediaan secara statistik.

Hasil pengujian viskositas menunjukkan bahwa viskositas  $\text{F1} < \text{Fa} < \text{Fb} < \text{Fab}$ .  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  memberikan efek sebesar +11,665, dan +25,005 ( $p < 0,05$ ) Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  yang digunakan maka semakin meningkat pula viskositasnya. Interaksi  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  memberikan efek sebesar -1,665 ( $p > 0,1$ ) Hal tersebut menunjukkan bahwa interaksi keduanya menurunkan viskositas sediaan, namun efek menurunkan ini jauh lebih kecil dibandingkan efek

peningkatan viskositas yang diberikan oleh TiO<sub>2</sub> dan ZnO dalam penggunaan tunggal.

Hasil pengujian SPF menunjukkan bahwa nilai SPF F<sub>1</sub>>F<sub>a</sub>>F<sub>b</sub>>F<sub>ab</sub>. TiO<sub>2</sub>, ZnO, dan interaksi keduanya memberikan efek sebesar - 4,11, - 4,22, dan - 2,71 (p>0,1) terhadap nilai SPF. Hal tersebut menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub>, ZnO, dan interaksi keduanya menurunkan nilai SPF sediaan. Penurunan nilai SPF ini terjadi karena konsentrasi TiO<sub>2</sub> dan ZnO yang digunakan rentangnya terlalu sempit yaitu TiO<sub>2</sub> 0,5%-2% dan ZnO 0,5%-2,5%.

Hasil pengujian %TE menunjukkan bahwa F<sub>a</sub>>F<sub>b</sub>>F<sub>ab</sub>>F<sub>b</sub>. TiO<sub>2</sub> memberikan efek sebesar + 0,0000067 (p>0,1). Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah TiO<sub>2</sub> yang ditambahkan maka nilai %TE akan meningkat, ZnO memberikan efek sebesar - 0,0000733 (p>0,1) yang berarti penambahan ZnO akan menurunkan nilai %TE sediaan. Interaksi keduanya memberikan efek sebesar + 0,0000267 (p>0,1) yang berarti dapat meningkatkan nilai %TE. Semakin kecil nilai %TE, maka efektivitasnya sebagai tabir surya semakin baik.

Hasil pengujian %TP menunjukkan bahwa F<sub>a</sub>>F<sub>1</sub>>F<sub>b</sub>>F<sub>ab</sub>. TiO<sub>2</sub>, ZnO, dan interaksi keduanya memberikan efek sebesar -0,60 (p>0,1), -2,84, dan -1,70 (p<0,05) terhadap nilai %TP. Hasil tersebut menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub>, ZnO, dan interaksi keduanya menurunkan %TP sediaan. Semakin kecil nilai %TP, maka efektivitasnya sebagai tabir surya semakin baik.

Penentuan formula optimum menggunakan *software desain expert trial* 10.0.6 dengan kriteria respon yang diinginkan untuk pH yaitu antara 4,5-6,5, viskositas antara 50-150 dPa.s, SPF antara 6-30, %TE <1%, dan %TP antara 3-40%. Daerah optimum berwarna kuning pada *overlay plot* menunjukkan jumlah kombinasi TiO<sub>2</sub> dan ZnO untuk formula optimum. Konsentrasi TiO<sub>2</sub> dan ZnO yang digunakan untuk mendapatkan respon optimum masing-masing yaitu 0,5% .

## PRAKATA

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat



menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Titanium Dioksida dan Zink Oksida sebagai *Physical Blocker* dalam Krim Tabir Surya Kombinasi *Benzophenon-3* dan *Octyl Methoxycinnamate*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT, atas ridho dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir untuk mencapai gelar Sarjana Farmasi, serta kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW.
2. Ibu Lesty Wulandari, S.Si.,Apt.,M.Farm selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember.
3. Bapak Viddy Agustian R, S.Farm.,M.Sc.,Apt. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Lusya Oktora R.K.S, S.F.,M.Sc.,Apt. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, meluangkan waktu serta memberikan arahan, pikiran, dan saran demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
4. Ibu Lidya Ameliana, S.Si.,Apt.,M.Farm selaku Dosen Penguji I dan Ibu Nia Kristiningrum, S.Farm.,M.Farm.,Apt selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam proses penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dwi Nurahmanto, S.Farm.,M.Farm.,Apt selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan akademik selama menempuh perkuliahan di Fakultas Farmasi Universitas Jember.
6. Princess Sanipatun, terimakasih selalu memberikan doa yang melangit, kasih yang membumi, mengajarkan kata sabar dan mencintai waktu dalam hidup penulis serta terimakasih kepada Bapak Sudarsono Rachman yang telah menyayangi, mengajarkan banyak hal, dan mendewasakan pemikiran penulis.
7. Generasi Sudarsono, Abi, Hilal, Reza dan Tafa terimakasih selalu memberi keceriaan, semangat, motivasi, dan menyayangi penulis.
8. Kakak tercinta Tri Rizqi Muharroma S.Farm, yang selalu memberi semangat, petuah, doa dan pundak setelah ibu.
9. Para saudariku terkasih, Evara Yunika S.,S.Kep, Anis Della Amd.Farm dan Agnes Amilluscky Amd.Farm terimakasih untuk setiap semangat, dorongan, motivasi dan selalu ada hingga mengantarkan penulis sampai pada titik ini.
10. Teman terbaik Fatimah Indah F.,S.Farm, Dini Syarifah.,S.Farm terimakasih atas setiap kebersamaan, keceriaan, doa dan dukungan yang tiada henti dari awal hingga puncak S(1).
11. Anak baik-baik sayang ibu, Churi, Milly, Irun, Fiki, Dini, dan Elsa yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi dan doa yang tiada henti.

12. *My Woless but gercep team* Mardiyatul Afifah S.Farm, Fara Nur Savira S.Farm, Agka Enggar Niken P.,S.Farm dan Fatimah Indah F.,S.Farm terimakasih atas kekompakkan, bantuan dan segala hiruk-pikuk yang tak terlupa selama praktikum.
13. Teman-teman seperjuangan *Sun Protection (SunPro)* Lisa, Subhan, Chaca, Mia, dan Deni yang selalu memberikan semangat, doa, tenaga, pikiran, dan meluangkan waktu untuk membantu kelahiran mahakarya ini.
14. Agus Juniarta dan Dwi Ayu Yuniarsih, terimakasih telah menjadi adik yang baik dan membanggakan.
15. Keluarga besar BEMF Farmasi, Jaringan Mahasiswa Kesehatan Indonesia (JMKI) Jawa Timur dan UKKI Asy-Syifa' yang telah mengajarkan arti kepemimpinan, kepedulian, kerjasama dan banyak hal kepada penulis.
16. Teman rumpik sejagat meja Mbak Wirdha, Mas Bahar, Mbak Nay, Mas Andre, Terryda dan Risti yang selalu siap memberikan dukungan doa, semangat, dan kesegaran rohani.
17. KKN Mermaid *In Love*, Mas Pramoedya, Eka, Ocik, Mirza, Khariri, Teguh, Yuni, Nafisah dan Mas Mifta terimakasih atas segala memori selama pengabdian di desa Bayeman, Situbondo.
18. Teman-teman skripsi farmasetika Marsalita, Dita, Dinda, Rify, Friska, Sholikha, Estu, Lian dan seluruh anggota *Pharmaceutical squad* yang selalu siap memberikan bantuan baik tenaga maupun pikiran kepada penulis
19. Ibu Itus dan Mbak Titin yang telah banyak membantu pengerjaan skripsi di laboratorium.
20. Keluarga besar Farmasetamol yang telah berjuang bersama-sama demi mencapai gelar Sarjana Farmasi, terimakasih atas segala bantuan, perhatian, kasih sayang, kekompakan, doa dan semangat kepada penulis.
21. Seluruh civitas akademika dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Hanya doa yang dapat penulis panjatkan semoga segala kebaikan dan dukungan yang diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Tuhan. Penulis juga menerima segala kritik an saran dari semuapihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu teknologi farmasi.

Jember, 27 Juli 2017

Penulis

**DAFTAR ISI**

Halaman



**DAFTAR TABEL**

Halaman



## DAFTAR GAMBAR

Halaman

- 4.4 *Countour Plot* 2D Respon Viskositas37
- 4.5 Profil Rata-Rata Daya Sebar Krim Tabir Surya38
- 4.6 *Countour Plot* 2D Respon SPF42
- 4.7 *Countour Plot* 2D Respon %TE45
- 4.8 *Countour Plot* 2D Respon %TP48
- 4.9 *Overlay Plot* Daerah Optimum49

## DAFTAR LAMPIRAN

### **A. Sertifikat Analisis**

- A.1 Sertifikat Analisis *Benzophenon-3*
- A.2 Sertifikat Analisis *Octyl Methoxycinnamate*

### **B. Pengujian pH**

- B.1 Hasil Pengujian pH

### **C. Hasil Pengujian Viskositas**

C.1 Hasil Pengujian Viskositas

**D. Hasil Pengujian Daya Sebar**

- D.1 Tabulasi Hasil Diameter Daya Sebar Krim Tabir Surya F1
- D.2 Tabulasi Hasil Diameter Daya Sebar Krim Tabir Surya Fa
- D.3 Tabulasi Hasil Diameter Daya Sebar Krim Tabir Surya Fb
- D.4 Tabulasi Hasil Diameter Daya Sebar Krim Tabir Surya Fab

**E. Hasil Pengujian SPF**

- E.1 Tabulasi Hasil Absorbansi dan AUC Krim Tabir Surya F1
- E.2 Tabulasi Hasil Absorbansi dan AUC Krim Tabir Surya Fa
- E.3 Tabulasi Hasil Absorbansi dan AUC Krim Tabir Surya Fb
- E.4 Tabulasi Hasil Absorbansi dan AUC Krim Tabir Surya Fab

**F. Hasil Pengujian %TE**

- F.1 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TE Krim Tabir Surya F1
- F.2 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TE Krim Tabir Surya Fa
- F.3 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TE Krim Tabir Surya Fb
- F.4 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TE Krim Tabir Surya Fab

**G. Hasil Pengujian %TP**

- G.1 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TP Krim Tabir Surya F1
- G.2 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TP Krim Tabir Surya Fa
- G.3 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TP Krim Tabir Surya Fb
- G.4 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TP Krim Tabir Surya Fab

**H. Hasil Pengolahan Respon menggunakan *Desain Expert Trial 10.0.687***

- H.1 Hasil Pengolahan Respon pH87
- H.2 Hasil Pengolahan Respon Viskositas88
- H.3 Hasil Pengolahan Respon SPF89
- H.4 Hasil Pengolahan Respon %TE91
- H.5 Hasil Pengolahan Respon %TP92

**I. Hasil Optimasi**

**J. Contoh Perhitungan**

- J.1 Contoh Perhitungan Nilai SPF Secara *In Vitro*
- J.2 Contoh Perhitungan Nilai %TE
- J.3 Contoh Perhitungan Nilai %TP

**K. Tabel Tetapan Faktor Efektivitas Eritema dan Tetapan Efektivitas Pigmentasi**



### a.1 Latar Belakang

Kulit merupakan organ tubuh yang terletak paling luar dan melingkupi wilayah yang luas pada manusia. Fungsi dari kulit antara lain tempat menerima rangsangan eksternal, regulasi suhu tubuh, mencegah hilangnya kelembapan, tempat sintesis, dan metabolisme. Selain itu kulit juga berfungsi sebagai *barrier* utama dalam mencegah masuknya faktor eksternal yang berbahaya, misalnya panas, mekanik, bahan kimia, mikroorganisme, dan radiasi (Wardani, 2006).

Sebagai organ terluar tubuh, kulit berhubungan dengan faktor-faktor eksternal secara langsung, salah satunya yaitu sinar matahari. Secara fisiologis dan psikologi, intensitas sedang sinar matahari dapat memberikan rasa hangat dan nyaman (Wardani, 2006). Sinar matahari berperan dalam sintesis vitamin D, sinar matahari akan mengubah 7-*dehydrocholesterol* yang terdapat dikulit menjadi *cholecalciferol* (vitamin D<sub>3</sub>). Vitamin D<sub>3</sub> berperan dalam membantu penyerapan kalsium (Dipiro dkk.,2008). Selain itu sinar matahari akan memicu produksi melanin dan penebalan stratum korneum sebagai bentuk perlindungan alami kulit (Jones, 2000). Melanin merupakan pigmen yang dihasilkan oleh melanosit dari polimerisasi dan dioksidasi pada proses melanogenesis dan pada pembentukannya memerlukan enzim tirosinase (Mamoto dkk.,2009). Penimbunan melanin didalam keratinosit dapat menyebabkan *tanning* (Mamoto dkk.,2009).

Sinar matahari terdiri dari sinar tampak, ultraviolet (UV), *x-ray*, pengion serta radiasi inframerah (Kale dkk.,2011). Radiasi ultraviolet memiliki spektrum yang luas terdiri dari *Vacuum UV* (40–190nm), *Far UV* (190–220nm), UVA (320-400 nm), UVB (290-320 nm) dan UVC (220-290nm) (Latha dkk., 2013). Radiasi UVA dan UVB akan sampai di permukaan bumi, sedangkan UVC akan diserap oleh lapisan ozon. Radiasi ultraviolet yang sampai di permukaan bumi mengandung 95-99% UVA dan 1-5% UVB (Kale dkk.,2011). Radiasi UVA akan terpenetrasi kedalam lapisan dermis sedangkan UVB akan diabsorpsi oleh lapisan tanduk. Paparan radiasi UVA dapat merusak kolagen dari jaringan ikat kulit yang menyebabkan penuaan dini, sedangkan UVB dapat menyebabkan penuaan dini yang lebih cepat dibandingkan radiasi UVA, inflamasi, pigmentasi, dan *sunburn* (Gaikwad dan Kale, 2011 ; Latha dkk., 2013 ; Fields, 2008)

Negara beriklim tropis seperti Indonesia mendapatkan intensitas sinar matahari yang lebih tinggi sehingga efek merugikan yang ditimbulkan sinar UV pada kulit juga lebih besar. Besarnya efek tersebut tergantung pada lama dan frekuensi paparan sinar UV serta sensitivitas masing-masing individu. Oleh karena itu diperlukan suatu mekanisme perlindungan baik secara alami maupun buatan (DepKes RI, 1985).

Perlindungan alami terhadap sinar UV berasal dari kulit, berupa penebalan stratum korneum dan pigmentasi kulit. Namun, adanya paparan sinar UV yang terlalu lama menyebabkan daya perlindungan alamiah kulit tidak dapat memberikan perlindungan yang maksimal. Perlindungan buatan untuk mengurangi paparan sinar UV dapat menggunakan alat perlindungan seperti jaket, topi lebar, payung serta pemakaian tabir surya (DepKes RI, 1985).

Tabir surya merupakan sediaan yang dapat memberikan perlindungan terhadap radiasi sinar UVA maupun sinar UVB (Rosita dkk.,2014). Berdasarkan mekanisme kerjanya, tabir surya dibagi menjadi dua yaitu tabir surya *physical blocker* dan *chemical absorber* (Fields,

2008). Tabir surya *physical blocker* bekerja dengan memantulkan radiasi sinar UV sedangkan tabir surya *chemical absorber* bekerja dengan menyerap radiasi sinar UV (Fields, 2008). Tabir surya *physical blocker* misalnya titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ), zink oksida ( $\text{ZnO}$ ), kaolin, talk, dan magnesium dioksida ( $\text{MgO}$ ) (Wardhani, 2006). Karakteristik utama tabir surya *physical blocker* yaitu memiliki kemampuan fotoproteksi yang tinggi dan tidak bereaksi dengan senyawa tabir surya *chemical absorber* (Schalka, 2011; Kale dkk., 2011). Tabir surya *chemical absorber* terbagi menjadi 2 yaitu anti-UVA dan anti-UVB. Contoh senyawa tabir surya anti-UVA yaitu *benzophenon-3* dan *avobenzone* sedangkan untuk senyawa tabir surya anti-UVB yaitu *octyl methoxycinnamate* dan *octyl salicylate* (Fields dkk., 2008).

Kombinasi tabir surya *chemical absorber* (organik) anti-UVA dan UVB dapat memperluas perlindungan terhadap sinar matahari (Wardhani, 2006). *Benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* merupakan senyawa tabir surya anti-UVA dan anti-UVB yang paling banyak digunakan dalam sediaan tabir surya (Imamah, 2015). Namun kombinasi tersebut mengalami degradasi karena adanya paparan sinar UV yang dapat menyebabkan penurunan efektivitasnya sebagai tabir surya (Serpone dkk., 2002).

Efektivitas sediaan tabir surya ditunjukkan dengan nilai *Sun Protection Factor* (SPF) (Gaikwad dan Kale, 2011). Efektivitas dari sediaan tabir surya dapat dioptimalkan dengan melakukan kombinasi *chemical absorber* dengan *physical blocker* (Rachman, 2012). Menurut Wardhani (2006) dan Anggraini dkk (2003) peningkatan jumlah  $\text{ZnO}$  dan  $\text{TiO}_2$  dapat meningkatkan nilai SPF. Selain nilai SPF, efektivitas tabir surya juga dapat dilihat dari persen transmisi eritema (% TE) dan persen transmisi pigmentasi (% TP).

Kombinasi *chemical absorber* dan *physical blocker* diharapkan mampu meningkatkan nilai SPF serta memperluas perlindungan terhadap sinar matahari. Dalam penelitian ini *physical blocker* yang digunakan adalah  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$ .  $\text{TiO}_2$  dipilih karena memiliki kemampuan proteksi terhadap UVB dan menutupi kulit (oklusif) yang tinggi, namun penggunaan  $\text{TiO}_2$  dalam konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan lapisan *opaque* pada kulit (Bartholomey, 2016; Lim dan Draelos, 2009; Rahman, 2012).  $\text{ZnO}$  dipilih karena memiliki kemampuan proteksi *broad spectrum* terhadap UVA, memberikan nilai SPF yang tinggi terhadap paparan sinar matahari dan tidak menimbulkan masalah pada kulit (Bartholomey, 2016; Wardhani, 2006). Kedua bahan tersebut dikombinasikan untuk menjaga efektivitas sediaan tabir surya. Penggunaan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  sebagai *physical blocker* sifatnya terbatas karena konsentrasi besar dapat menyebabkan kekakuan pada sediaan krim yang dibuat (Rachman, 2012 ; Wardhani 2006).

Bahan-bahan tabir surya dapat diformulasikan dalam beberapa bentuk sediaan yaitu krim, gel, lotion, dan spray (Lim dan Draelos, 2009). Sediaan krim terdiri dari 2 tipe yaitu tipe minyak dalam air (m/a) dan air dalam minyak (a/m). Sediaan krim tipe m/a dipilih karena memiliki beberapa keuntungan yaitu mudah dicuci, tidak meninggalkan bekas, mudah digunakan dan tidak berminyak (Probowati, 2015). Salah satu jenis krim dengan emulsi minyak dalam air (m/a) yaitu *vanishing cream*.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini dilakukan optimasi  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  sebagai *physical blocker* pada krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* dalam basis *vanishing cream*. Respon yang diamati dalam penelitian ini adalah nilai pH, viskositas, SPF, % TE dan %TP.

**a.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap nilai pH krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*?
- b. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap nilai viskositas krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*?
- c. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap nilai SPF krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*?
- d. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap nilai %TE krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*?
- e. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap nilai %TP krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*?
- f. Berapakah konsentrasi titanium dioksida dan zink oksida dalam krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* yang memberikan respon optimum terhadap nilai viskositas, pH, SPF, %TE, dan %TP?

**a.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui pengaruh titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap nilai viskositas krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- b. Mengetahui pengaruh titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap pH krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- c. Mengetahui pengaruh titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap SPF krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- d. Mengetahui pengaruh titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap %TE krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- e. Mengetahui pengaruh titanium dioksida, zink oksida dan interaksi keduanya terhadap %TP krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- f. Mengetahui komposisi titanium dioksida dan zink oksida dalam krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* yang memberikan respon optimum terhadap nilai pH, viskositas, %TE, dan %TP.

**a.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh penambahan  $TiO_2$  dan  $ZnO$  pada krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* dalam basis *vanishing cream* dan sebagai pengembangan formula krim tabir surya



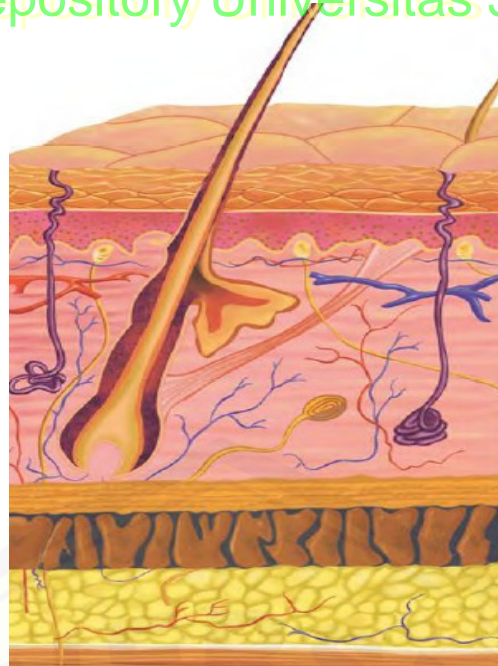
**b.1 Radiasi Matahari**

Sinar ultraviolet (UV) merupakan salah satu sinar yang dipancarkan oleh matahari dan dapat mencapai permukaan bumi selain cahaya tampak dan sinar inframerah. Sinar ultraviolet berada pada kisaran panjang gelombang 40-400 nm yang terdiri dari *vacuum UV* (40-190 nm), *far UV* (190-220 nm) UVC (220-290 nm), UVB (290-320) dan UVA (320-400 nm) (Latha dkk.,2013). Radiasi UVA dan UVB akan sampai di permukaan bumi, sedangkan UVC akan diserap oleh lapisan stratosfer. Radiasi ultraviolet yang sampai di permukaan bumi mengandung 95-99% UVA dan 1-5% UVB (Kale dkk.,2011).

Radiasi ultraviolet bersifat karsinogenik, dan menyebabkan penurunan sistem imun (Fields, 2008). Radiasi UVB secara umum dapat menyebabkan inflamasi akut, *sunburn* dan mempengaruhi perubahan pada permukaan kulit (Gaikwad dan Kale, 2011 ; Fields, 2008). Paparan radiasi UVB yang berlebihan akan menyebabkan kerusakan sel pada sel-sel basal dan *squamous-cell carcinoma*. Radiasi UVA akan terpenetrasi ke lapisan kulit yang lebih dalam dan mempengaruhi melanosit (Fields, 2008). Radiasi UVC dapat merusak jaringan kulit yang lebih dalam, namun sebagian besar radiasi ini telah tersaring oleh lapisan ozon dalam atmosfer (Jones, 2000).

**b.2 Kulit**

Kulit merupakan bagian terluar tubuh manusia yang menutupi seluruh tubuh. Kulit memberikan perlindungan terhadap berbagai jenis rangsangan dari luar dan kerusakan serta mencegah hilangnya kelembaban (Mitsui, 1997). Luas permukaan kulit orang dewasa sekitar 1,6 m<sup>2</sup> dengan berat sekitar 8% dari berat badan. Kulit memiliki struktur yang sangat kompleks, terdiri atas banyak komponen. Hal ini menyebabkan struktur kulit berlapis-lapis (Igarashi dkk., 2005). Berbagai pelengkap, seperti rambut, kuku, dan kelenjar (keringat dan *sebaceous*) juga ditemukan di kulit (McLafferty dkk., 2012). Struktur kulit dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Anatomi kulit (Bauman dkk., 2009)

### 2.2.1 Struktur Kulit

Kulit tersusun atas 3 lapisan utama berturutan dari luar ke dalam yaitu lapisan epidermis, lapisan dermis dan lapisan subkutan. Setiap lapisan memiliki karakteristik dan fungsi yang spesifik (Bauman dkk., 2009).

#### a. Epidermis

Epidermis merupakan lapisan paling luar dan tersusun dari beberapa sel dengan ketebalan 0,2 mm (Igarashi dkk., 2005). Sel yang menyusun lapisan epidermis terdiri dari 4 macam sel yang memiliki fungsi berbeda. Sel tersebut adalah keratinosit, melanosit, langerhans dan merkel. Sel keratinosit merupakan sel yang paling banyak ditemukan di epidermis, yaitu sebesar 90%. Sel melanosit berfungsi untuk memproduksi pigmen dan melanin. Sel langerhans bertanggung jawab atas respon imun dan sel merkel bertanggung jawab atas sensasi sentuhan.

Pada lapisan epidermis tidak terdapat pembuluh darah. Epidermis terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapisan basal (*stratum basale*), lapisan malphigi (*stratum spinosum*), lapisan keratohialin (*stratum granulosum*), lapisan jernih (*stratum lucidum*), dan lapisan tanduk (*stratum corneum*) (McLafferty, 2012). Lapisan-lapisan epidermis dapat dilihat pada gambar 2.2.

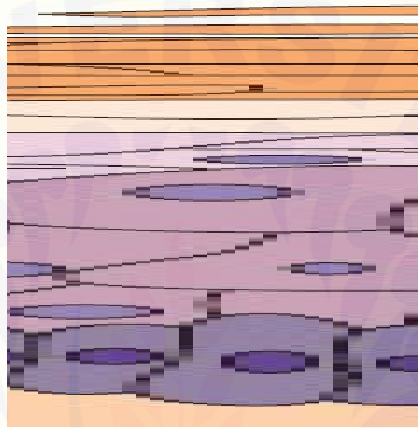
Lapisan basal (*stratum basale*) terletak pada bagian paling bawah dari epidermis. Lapisan ini mengandung granula melanosit yang berfungsi untuk memproduksi melanin. Melanin merupakan pigmen yang dapat melindungi kulit dari bahaya sinar UV. Selain granula melanosit, sel merkel juga dapat ditemukan pada lapisan ini. Sel-sel pada *stratum basale* akan mengalami mitosis dan akan bermigrasi ke lapisan malphigi. Proses mitosis ini akan berlangsung selama 28 hari (McLafferty, 2012)

Lapisan malphigi (*stratum spinosum*) terletak tepat diatas lapisan basal, terdiri atas 10-20 lapisan sel. Lapisan ini terbentuk dari keratinisasi lapisan basal yang membentuk lapisan lebih pipih. Pada lapisan ini terdapat sel langerhans dan kolagen (Bauman dkk., 2009).

Lapisan keratohialin (*stratum granulosum*) terdiri dari dua sampai tiga lapis sel berbentuk pipih. Sel keratinosit yang terdapat pada lapisan ini akan mengalami proses keratinisasi menjadi keratin. Lapisan ini mengandung banyak serabut keratin yang memiliki kelembaban yang lebih rendah dibandingkan lapisan basal dan malphigi (Igarashi, 2005)

Lapisan jernih (*stratum lucidum*) terdiri dari tiga sampai lima lapis sel keratinosit yang berbentuk pipih. Terletak di antara *stratum granulosum* dan *stratum lucidum*, lapisan ini akan mengalami penebalan membran plasma dan membentuk lapisan *waterproof*. Lapisan *stratum lucidum* hanya dapat ditemukan pada area kulit yang tipis, seperti telapak tangan dan telapak kaki (McLafferty, 2012).

Lapisan tanduk (*stratum corneum*) terletak pada bagian paling atas epidermis yang mengandung protein keratin. Lapisan ini berfungsi untuk melindungi kulit dari panas, mikroorganisme dan senyawa kimia. Sel-sel pada lapisan ini akan mengalami penurunan fungsi perlekatannya sehingga akan lepas atau bertumpuk (McLafferty, 2012).



Gambar 2.2 Lapisan epidermis (McLafferty, 2012)

b. Dermis

Dermis terletak dibawah epidermis dan diatas subkutan yang mana pada lapisan ini terdapat *lymph vessel*, *nerve endings*, pori-pori rambut dan kelenjar (*ecrine glands*, *apocrine glands*, *sebaceous glands* dan *ceruminous glands*). Dermis terdiri dari 2 lapisan yaitu lapisan *reticular* dan *papillary*, dimana lapisan *reticular* mengandung kolagen dan serat elastis sedangkan pada lapisan *papillary* terdapat syaraf dan pembuluh darah (McLafferty, 2012).

c. Subkutan

Lapisan subkutan (*hypodermis*) merupakan bagian terbesar dari tubuh. Terletak dibawah dermis, tersusun atas lemak, kelenjar adiposa, serabut syaraf, dan pembuluh darah. Fungsi lapisan ini yaitu menyimpan vitamin larut lemak (A,D,E,K) dan derivatnya, melindungi tubuh dari panas, dingin dan kimia serta menyimpan cadangan energi untuk tubuh (Bauman dkk., 2009).

### 2.2.2 Fungsi Kulit

Kulit memiliki beberapa fungsi penting diantaranya yaitu sensorik, proteksi, mengatur suhu tubuh, dan sintesis vitamin D (McLafferty, 2012).



a. Fungsi Sensorik

Kulit akan berinteraksi dengan stimulus eksternal seperti dingin, panas, nyeri, sentuhan, dan tekanan. Interaksi ini disebabkan kulit memiliki sekitar 1 juta serabut saraf yang berakhir di wajah, kaki dan tangan (McLafferty, 2012).

c. Mengatur Suhu Tubuh

Reseptor pada kulit akan memonitor suhu dan mengirimkan implus ke sistem saraf pusat yang ada di hipotalamus. Hipotalamus akan mengontrol suhu tubuh, rasa haus, lapar dan sistem homeostatis yang lain. Mekanisme pengaturan suhu tubuh antara lain melalui insulasi, berkeringat dan mengontrol aliran darah (McLafferty, 2012).

d. Fungsi Proteksi

Kulit merupakan barrier untuk organ internal dan mencegah kehilangan cairan sehingga organ internal tidak mengering. Sekresi cairan asam juga dapat mencegah kolonisasi mikroorganisme patogen. Selain itu, epidermis yang memiliki sifat *waterproof* dapat menjaga kulit agar tetap elastis (McLafferty, 2012).

e. Sintesis Vitamin D

Sinar matahari berperan dalam sintesis vitamin D, dimana sinar matahari akan mengubah *7-dehydrocholesterol* yang terdapat dikulit menjadi *cholecalciferol* (vitamin D<sub>3</sub>). Vitamin D<sub>3</sub> berperan dalam membantu penyerapan kalsium (Dipiro dkk.,2008). Defisiensi vitamin D pada anak-anak dapat menyebabkan *rickets* sedangkan pada dewasa dapat terjadi osteomalacia (McLafferty, 2012).

### 2.2.3 Efek Radiasi UV Terhadap Kulit dan Mekanisme Perlindungan Alami Kulit

Tingkat kerusakan pada kulit akibat paparan radiasi UV bergantung pada berbagai faktor yang meliputi luas kulit yang terpapar radiasi, jenis radiasi, dan karakteristik kulit seperti, warna, umur, ketebalan, tekstur, dan lokasi kulit. Eritema atau *sunburn* merupakan suatu proses perubahan warna kulit menjadi kemerahan, sebagai akibat kerusakan pada kulit yang segera terlihat setelah terpapar radiasi UV. Eritema akan terlihat 2-3 jam setelah terpapar radiasi dan akan mencapai puncaknya 10-24 jam (Jones, 2000).

Kemerahan pada kulit tidak akan hilang sempurna dan hanya akan mengalami penurunan intensitas yang diikuti dengan terjadinya pigmentasi. Pigmentasi yang berlebihan akan menyebabkan penghitaman kulit (*tanning*). Tahapan terjadinya *tanning* terbagi menjadi 2, yaitu *tanning* yang terjadi langsung dan cepat dan *tanning* yang berlangsung lambat. *Tanning* reaksi cepat terjadi dalam waktu 1 jam setelah paparan radiasi dan akan menghilang dalam waktu 3 jam hingga beberapa hari bergantung pada lamanya paparan dan jenis kulit individu. *Tanning* yang berlangsung lambat terjadi dalam waktu 2 hari setelah paparan radiasi, puncaknya antara 2-3 minggu dan akan menghilang dalam waktu 10-12 bulan bergantung pada jenis radiasi UV dan jenis kulit setiap individu (Jones, 2000). Menurut Fields (2008) sifat kulit terbagi menjadi 6 tipe yaitu :

- a. Tipe 1 : mudah terbakar, hampir tidak mengalami *tanning*, berwarna pucat.
- b. Tipe 2 : mudah terbakar, sedikit mengalami *tanning*.
- c. Tipe 3 : terbakar sedang, mengalami *tanning* secara perlahan.
- d. Tipe 4 : sedikit terbakar, mengalami *tanning* secara baik.
- e. Tipe 5 : jarang terbakar, mengalami *tanning* sempurna, berwarna coklat gelap.

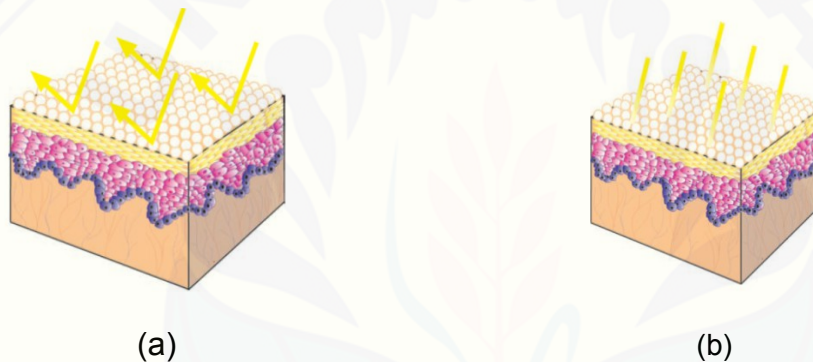
f. Tipe 6 : tidak pernah terbakar, terpigmentasi secara natural.

**e.1 Tabir Surya**

**2.3.1 Tinjauan Tabir Surya**

Sediaan tabir surya adalah sediaan yang dapat memberikan perlindungan terhadap radiasi sinar UVA maupun UVB (Rosita, 2014). Bahan-bahan tabir surya dapat diformulasikan dalam beberapa bentuk sediaan topikal yaitu krim, gel ,lotion, dan spray (Lim dan Draelos, 2009). Cara kerja tabir surya sangat sederhana, yaitu mengabsorpsi, memantulkan, atau menghamburkan radiasi UV sebelum energi tersebut dapat diabsorpsi oleh kromofor yang ada di kulit (Draelos dan Thaman, 2006).

Berdasarkan mekanisme kerjanya, tabir surya dibagi menjadi dua yaitu tabir surya *physical blocker* dan *chemical absorber*. Mekanisme tabir surya *physical blocker* yaitu dengan memantulkan radiasi sinar UV sedangkan tabir surya *chemical absorber* bekerja dengan mengabsorpsi radiasi sinar UV (Fields, 2008). Gambar mekanisme kerja kedua tabir surya dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan bahan tabir surya *physical blocker* dan *chemical absorber* dapat dilihat dalam Tabel 2.1 :



Gambar 2.3 Mekanisme kerja tabir surya (a) *physical blocker* ; (b) *chemical absorber* (Shai, 2009)

Tabel 2.1 Bahan Tabir Surya (Latha dkk., 2013)

Tabir surya <i>chemical absorber</i>		Tabir surya <i>physical blocker</i>
UVA	UVB	
1. Benzophenon	1. Derivat PABA	1. Zink oksida
a. Oksibenzon	a. Padimate O	2. Titanium dioksida
b. Sulisobenzone	2. Cinnamate	3. Kaolin
c. Dioxybenzone	a. Octinoxate	4. Kalamin
2. Avobenzon	b. Cinoxate	5. Ichthamol
3. Meradimate	3. Salisilat	6. Talk
4. Bisdisulizole disodium	a. Octisalate	
5. Diethylaminohydroxybenzoyl hexylbenzoate	b. Homosalate	
6. Ecamsule	c. Trolamine salicylate	
7. Methyl anthranilate	4. Octocrylene	
	5. Ensulizole	
	6. Ethylhexyl triazone	

### 2.3.2 Efektivitas Tabir Surya

Efektivitas sediaan tabir surya dapat diukur dengan nilai SPF, %TE, dan %TP (Gaikwad dan Kale, 2011 ; Puspitosary, 2016). SPF merupakan rasio antara waktu yang dibutuhkan untuk menimbulkan eritema (*minimal erythema dose*) pada kulit yang terlindungi tabir surya sebanyak  $2\text{mg}/\text{cm}^2$  dan dengan kulit yang tidak terlindungi tabir surya (Sweetman, 2009). *Minimal erythema dose* (MED) dapat diamati 16-24 jam setelah paparan sinar UV (Petro, 1981).

Penandaan yang disarankan dalam memilih kategori produk sediaan tabir surya adalah sebagai berikut (Noviandari, 2011):

- a. *Minimum Sun Protection Product* : memiliki nilai SPF 2-4, memberikan perlindungan paling sedikit dari *sunburn*, dapat mengakibatkan *tanning*.
- b. *Moderate Sun Protecting Product* : memiliki nilai SPF 4-6, memberikan perlindungan sedang dari *sunburn*, dapat mengakibatkan beberapa *tanning*.
- c. *Extra Sun Protecting Product* : memiliki nilai SPF 6-8, memberikan perlindungan ekstra dari *sunburn*, terjadi *tanning* yang terbatas.
- d. *Maximal Sun Protecting Product* : memiliki nilai SPF 8-15, memberikan perlindungan maksimal dari *sunburn*, sedikit atau tidak menimbulkan *tanning*.
- e. *Ultra Sun Protecting Product* : memiliki nilai SPF 15 atau lebih, memberikan perlindungan yang paling tinggi dari *sunburn* dan tidak mengakibatkan *tanning*.

Produk tabir surya yang direkomendasikan untuk konsumen menurut tipe produk tabir surya dengan nilai SPF yang bervariasi adalah sebagai berikut (Fields, 2008):

- a. Kulit Tipe 1 : direkomendasikan menggunakan produk tabir surya *broad-spectrum* dengan minimal nilai SPF 20-30.
- b. Kulit Tipe 2 : direkomendasikan menggunakan produk tabir surya *broad-spectrum* dengan nilai SPF 12-20.
- c. Kulit Tipe 3 : direkomendasikan menggunakan produk tabir surya dengan nilai SPF 8-15.
- d. Kulit Tipe 4 : direkomendasikan menggunakan produk tabir surya dengan nilai SPF 4-12.
- e. Kulit Tipe 5 : direkomendasikan menggunakan produk tabir surya dengan nilai SPF 2-8.
- f. Kulit Tipe 6 : direkomendasikan menggunakan produk tabir surya *light protection*

### 2.3.3 Evaluasi SPF

Penentuan nilai SPF dapat dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Hubungan antara SPF dengan spektrofotometri dapat dilihat pada persamaan 2 (Petro, 1981). Radiasi sinar UV pada panjang gelombang antara 280 – 320 nm dapat menyebabkan eritema. Lapisan ozon akan menyaring semua radiasi di bawah 290 nm maka,  $\lambda_1$  adalah panjang gelombang 290 nm, dan  $\lambda_n$  adalah panjang gelombang diatas 290 nm yang mempunyai nilai absorbansi lebih besar atau sama dengan 0.05 (Petro, 1981).

### 2.3.4 Evaluasi persen transmisi eritema (%TE)

Evaluasi persen transmisi eritema dapat dilakukan menggunakan metode spektrofotometri. Nilai transmisi eritema yaitu jumlah energi radiasi sinar UV yang dapat diteruskan oleh sediaan tabir surya pada



panjang gelombang penyebab eritema 292,5 – 337,5 nm. %TE dapat dihitung dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang penyebab eritema dengan interval 5 nm. Nilai absorbansi (A) yang diperoleh kemudian dihitung nilai serapan untuk 1 g/L, selanjutnya ditentukan nilai persen transmisi (T%) 1 g/L dengan menggunakan rumus  $A = -\log T$ . Nilai transmisi eritema didapat dengan mengalikan nilai transmisi (T) dengan faktor keefektifan eritema (Fe) pada panjang gelombang 292,5 – 337,5 nm (Cumpelik, 1972).

### 2.3.5 Evaluasi persen transmisi pigmentasi (%TP)

Evaluasi persen transmisi pigmentasi (%TP) dapat ditentukan menggunakan metode spektrofotometri. Nilai transmisi pigmentasi yaitu jumlah energi radiasi sinar UV yang dapat menyebabkan pigmentasi pada panjang gelombang 322,5– 372,5 nm yang dapat diteruskan oleh sediaan tabir surya. %TP dapat dihitung dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang penyebab pigmentasi dengan interval 5 nm. Nilai absorbansi (A) yang diperoleh kemudian dihitung nilai serapan untuk 1 g/L, selanjutnya ditentukan nilai persen transmisi (%T) 1 g/L dengan menggunakan rumus  $A = -\log T$ . Nilai transmisi pigmentasi dapat dihitung dengan mengalikan nilai transmisi (T) dengan faktor keefektifan pigmentasi (Fp) pada panjang gelombang 322,5-372,5 nm (Cumpelik, 1972).

Klasifikasi kategori perlindungan sediaan tabir surya berdasarkan nilai persen transmisi eritema (%TE) dan nilai persen transmisi pigmentasi (%TP) terdapat pada Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Kategori Perlindungan Berdasarkan Nilai %TE dan %TP  
(Abdassah dkk., 2015)

Kategori Sediaan	Rentang transmisi UV	
	Eritema	Pigmentasi
<i>Sunblock</i>	< 1%	3-40%
<i>Ultra protection</i>	1-6%	42-86%
<i>Suntan</i>	6-12%	45-86%
<i>Fast tanning</i>	10-18%	45-86%

## e.2 Krim

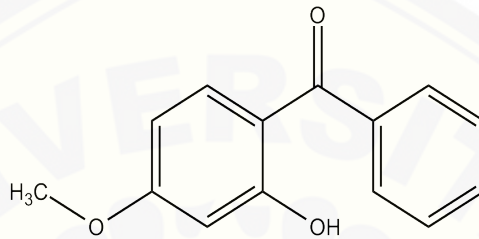
Krim adalah sediaan setengah padat yang mengandung satu atau lebih bahan obat yang terlarut atau terdispersi dalam bahan dasar yang sesuai (DepKes RI, 1995). Sediaan krim memiliki beberapa keuntungan yaitu mudah diaplikasikan, tidak lengket, dan lebih mudah dicuci dengan air daripada sediaan salep atau pasta (Sharon dkk., 2013).

Krim terbagi menjadi 2 tipe, yaitu krim tipe minyak dalam air (m/a) dan tipe air dalam minyak (a/m). Krim tipe emulsi minyak dalam air lebih banyak disukai penggunaannya karena tidak lengket dikulit, tidak meninggalkan bekas setelah penggunaan, dan memiliki kemampuan menyebar yang baik (Puspitosary, 2016). *Vanishing cream* merupakan basis m/a yang mengandung komponen air dalam presentase yang besar dan asam stearat. Setelah pemakaian krim, air akan menguap dan meninggalkan sisa berupa selaput asam stearat yang tipis (Allen dkk., 2011).

## e.3 Tinjauan Bahan Penelitian

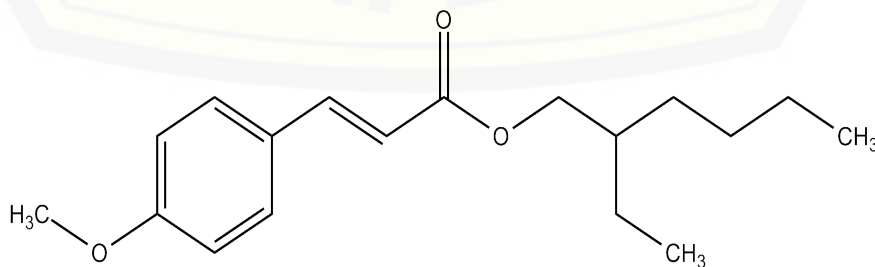
## 2.5.1 Benzophenon-3

*Benzophenon-3* (BZ-3 ; 2-hydroxy-4-methoxybenzophenon, oxybenzone) berupa serbuk berwarna kuning pucat, praktis tidak larut dalam air, larut di dalam alkohol dan toluen (Sweetman, 2009), memiliki rumus molekul  $C_{14}H_{12}O_3$  dengan berat molekul 228,2. *Benzophenon-3* banyak digunakan sebagai bahan tabir surya topikal yang dapat mengabsorpsi sinar UVB (290 – 320 nm) dan juga UVA (320-360 nm). Batas konsentrasi *benzophenon-3* yang dapat digunakan yaitu 6 % dan aman digunakan hingga konsentrasi 10 % (Draelos dan Thaman, 2006; Lim dan Draelos, 2009). *Benzophenon-3* sebesar 1,2 % - 8,7 % ditemukan didalam urin setelah pemakaian topikal, namun tidak menimbulkan efek toksik (Gonzales dkk., 2005). Struktur *benzophenon-3* dapat dilihat pada gambar 2.4.

Gambar 2.4 Struktur *benzophenon-3* (Sweetman, 2009)

## 2.5.2 Octyl methoxycinnamate

*Octyl methoxycinnamate* (OMC ; Octinoxate, 2-ethyl-hexyl-p-methoxycinnamate) berupa cairan kuning pucat, tidak larut dalam air, dan memiliki rumus molekul  $C_{18}H_{26}O_3$  dengan berat molekul 290.4 (Sweetman, 2009). *Octyl methoxycinnamate* merupakan tabir surya golongan *cinnamate* yang memberikan perlindungan efektif terhadap radiasi sinar UVB, namun sedikit atau tidak menyerap radiasi sinar UVA (Fields, 2008). Batas konsentrasi *octyl methoxycinnamate* yang dapat digunakan yaitu 7,5 % (Lim dan Draelos, 2009). Kombinasi dengan *benzophenon-3* dapat meningkatkan kemampuan perlindungan terhadap radiasi sinar UV (Sweetman, 2009). Struktur *octyl methoxycinnamate* dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Gambar 2.5 Struktur *octyl methoxycinnamate* (Sweetman, 2009)

## 2.5.3 Titanium dioksida

Titanium dioksida memiliki rumus molekul  $\text{TiO}_2$  dengan berat molekul 79,87, berbentuk serbuk putih atau hampir putih, dan praktis tidak larut dalam air (Sweetman, 2009).  $\text{TiO}_2$  memiliki indeks bias 2,6 sedangkan  $\text{ZnO}$  memiliki indeks bias sebesar 1,9 hal ini menyebabkan warna  $\text{TiO}_2$  lebih putih bila dibandingkan dengan  $\text{ZnO}$  (Barel dkk., 2001). Batas penggunaan konsentrasi titanium dioksida yang diperbolehkan yaitu 25 % (Lim dan Draelos, 2009). Struktur titanium dioksida dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Titanium dioksida merupakan tabir surya inorganik yang efektif melindungi kulit dari radiasi sinar UVB dengan cara memantulkan sinar UV (Bartholomey, 2016). Berdasarkan penelitian Anggraini dkk (2013), penambahan  $\text{TiO}_2$  dengan konsentrasi 0, 3, 5, 7 % b/b krim tabir surya kombinasi butil metoksidibenzoilmetan dan oktil metoksisinamat dapat meningkatkan nilai SPF sebesar 4,94 ; 8,00 ; 8,84 dan 9,22.



## 2.5.4 Zink oksida

Zink oksida memiliki rumus molekul  $\text{ZnO}$  dengan berat molekul 81,38, berupa serbuk amorf, sangat halus, berwarna putih atau putih kekuningan, tidak berbau, praktis tidak larut dalam air dan alkohol, larut dalam asam encer (DepKes RI, 1995).  $\text{ZnO}$  memiliki warna yang tidak terlalu putih bila dibandingkan dengan  $\text{TiO}_2$ , hal ini dikarenakan  $\text{ZnO}$  memiliki indeks bias yang lebih kecil daripada  $\text{TiO}_2$  sehingga tidak menimbulkan masalah pada kulit (Barel dkk., 2001). Batas penggunaan konsentrasi zink oksida yang diperbolehkan yaitu 20 % (Lim dan Draelos, 2009). Struktur zink oksida dapat dilihat pada Gambar 2.7.

$\text{ZnO}$  dapat digunakan sebagai pelembut, *smooth lubricant* dan *physical blocker* tabir surya yang memberikan nilai SPF yang tinggi dan efektif kulit dari radiasi sinar UVA dengan cara memantulkan sinar UV (Wardhani, 2006). Berdasarkan penelitian Wardhani (2006), penambahan  $\text{ZnO}$  konsentrasi 5, 15 dan 25 % b/b krim tabir surya kombinasi oksibenson dan oktildimetil PABA dalam basis *vanishing cream* memberikan nilai SPF sebesar 6,28 ; 8,23 dan 17,08.



Gambar 2.6 Struktur Zink oksida



### f.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian eksperimental laboratorik menggunakan metode desain faktorial. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi: 1. Rancangan formula desain faktorial; 2. Pembuatan sediaan krim; 3. Pengamatan sifat fisikokimia meliputi pengujian organoleptis, tipe krim, homogenitas, pH, viskositas, daya sebar; 4. Pengujian efektivitas sediaan krim tabir surya meliputi nilai SPF, persen transmisi pigmentasi (%TP) dan persen transmisi eritema (%TE); 5. Optimasi. Secara skematis, langkah kerja dapat dilihat pada Gambar 3.1.

### f.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer (*Genesys 10S UV-Vis*), mikroskop (*Olympus DP21*), alat penguji viskositas (*Viscotester VT 04*), neraca analitik (*Adventure Ohaus*), *hot plate*, pH meter digital (*Elmetron CP-502*), mortar dan stamper, ekstensometer, alat-alat gelas, dan program *design expert trial version 10.0.5*.

#### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *benzophenon-3* (Thornhill), *octyl methoxycinnamate* (Chemspec Chemical Pvt. LTD), titanium dioksida (Huntsman, Italy), zink oksida (CV. Tristar), asam stearat (PT. Bratachem), setil alkohol (PT. Bratachem), simetikon (PT. Bratachem), sorbitol (PT. Bratachem), trietanolamin (PT. Bratachem), tween 80 (PT. Bratachem), isopropanol (PT. Bratachem), *methylene blue* (PT. Bratachem), aquadest (PT. Aneka Kimia).

### f.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Farmasi Bagian Farmasetika Fakultas Farmasi Universitas Jember pada bulan Maret 2017 –Juli 2017.

#### f.4 Prosedur penelitian

##### 3.4.1 Rancangan Optimasi Formula

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah desain faktorial. Penelitian ini dibuat 4 macam formula sediaan krim dalam basis *vanishing cream* berdasarkan formula yang digunakan oleh Puspitosary (2016), yaitu formula (1), formula (a), formula (b), dan formula (ab).

Sesuai dengan penelitian sebelumnya (Wardhani, 2006), kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* sebagai tabir surya mempunyai aktivitas maksimal pada kadar masing-masing 2% dan 7%. Berdasarkan data tersebut, keempat rancangan formula yang akan dibuat menggunakan *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* sebesar 2% dan 7%.

Rancangan percobaan umum berdasarkan desain faktorial dicantumkan pada Tabel 3.1 dan jumlah faktor berdasarkan metode optimasi desain faktorial dicantumkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.3 Rancangan Percobaan Umum Berdasarkan Desain Faktorial

Percobaan	Faktor A (TiO <sub>2</sub> )	Faktor B (ZnO)	Interaksi A & B
1	-1	-1	+1
a	+1	-1	-1
b	-1	+1	-1
ab	+1	+1	+1

Tabel 3.4 Susunan Level/ Faktor Berdasarkan Metode Optimasi Desain Faktorial

Faktor	Level rendah (-1)	Level tinggi (+1)
TiO <sub>2</sub>	0,5%	2%

Adapun rancangan formula krim tabir surya dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.5 Formula Krim Tabir Surya

Bahan	Fungsi	Jumlah yang digunakan			
		F (1)	F (a)	F (b)	F (ab)
<i>Benzophenon-3</i>	<i>Chemical absorber</i>	2	2	2	2
<i>Octyl methoxycinnamate</i>	<i>Chemical absorber</i>	7	7	7	7
Titanium dioksida	<i>Physical absorber</i>	0,5	2	0,5	2
Zink oksida	<i>Physical absorber</i>	0,5	0,5	2,5	2,5
Asam stearat	<i>Emulsifying agent</i>	12	12	12	12
TEA	<i>Emulsifying agent</i>	2	2	2	2
Tween 80	<i>Emulsifying agent</i>	7	7	7	7
Setil alkohol	<i>Stiffening agent</i>	3	3	3	3
Sorbitol 70%	<i>Humectan</i>	4	4	4	4
Simetikon	<i>Antifoaming agent</i>	0,2	0,2	0,2	0,2
Asam glikolat	<i>Acidifying agent</i>	2,3	2,3	2,3	2,3
Aquadest	Pembawa	59,5	58	57,5	56
Total			100		

### 3.4.2 Pembuatan Sediaan Krim Tabir Surya

Sediaan krim dari semua formula dibuat dengan melelehkan fase minyak dan fase air di atas *hot plate* pada suhu 70°C. Fase minyak terdiri dari *benzophenon-3*, *octyl methoxycinnamate*, asam stearat, setil alkohol, dan simetikon sedangkan fase air yaitu TEA, tween, sorbitol, dan aquadest. Fase minyak dan fase air dicampur secara bersamaan pada mortir panas dan diaduk konstan hingga terbentuk masa krim, lalu ditambahkan TiO<sub>2</sub> dan ZnO diaduk hingga homogen kemudian ditambahkan asam glikolat, diaduk hingga homogen.

### 3.4.3 Evaluasi Sediaan Krim Tabir Surya

#### a. Evaluasi Sifat Fisika Kimia Krim Tabir Surya

##### 1) Pengujian Organoleptis

Pada pengujian organoleptis dilakukan pengamatan langsung sediaan krim secara visual meliputi warna, tekstur, dan bau krim yang

dihasilkan. Bentuk sediaan yang diinginkan berwarna putih, bertekstur lembut dan tidak berbau.

2) Pengujian Tipe Krim

Penentuan tipe krim dilakukan dengan metode pewarnaan menggunakan reagen *methylen blue* (Alakh dkk.,2011). Ditimbang sebanyak 0,1 gram krim kemudian ditetesi dengan *methylen blue* lalu diamati dibawah mikroskop (Puspitosary, 2016). *Methylen blue* merupakan pewarna yang larut air sehingga jika warna biru terdispersi secara merata maka krim termasuk tipe m/a (Alakh dkk.,2011). Tipe krim yang diharapkan adalah tipe krim m/a.

3) Pengujian Homogenitas

Pengujian homogenitas krim dilakukan dengan cara sediaan krim dioleskan pada gelas objek kemudian diamati secara visual (Dhase dkk.,2014). Krim yang dioleskan harus memiliki susunan yang homogen dengan tidak terdapatnya bintik-bintik bahan penyusun formula (DepKes RI, 1979).

4) Pengujian pH

Pengujian pH dilakukan menggunakan alat pH meter digital. Ditimbang 1 gram sampel krim kemudian dilarutkan dalam 10 ml aquadest bebas CO<sub>2</sub> (Puspitosary, 2016). Elektroda yang akan digunakan dibilas menggunakan aquadest, dikeringkan dan dikalibrasi dengan larutan standar pH 4, pH 7 dan pH 9. Elektroda dicelupkan kedalam larutan sampel krim dan ditunggu hingga layar menunjukkan angka pH yang stabil. pH yang diharapkan sama dengan pH kulit yaitu 4,5-6,5 (Naibaho dkk.,2013)

5) Pengujian Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan menggunakan alat Viskotester VT-04. Spindel yang telah dipilih dipasang pada alat kemudian dicelupkan ke dalam beker gelas yang berisi krim. Hasil viskositas krim dapat dilihat pada angka yang ditunjukkan pada alat dalam satuan dPa.S. Indeks angka yang digunakan disesuaikan dengan spindel yang dipakai. Nilai viskositas yang diharapkan yaitu 50 dPa.S – 150 dPa.S.

6) Pengujian Daya Sebar

Pada pengujian daya sebar menggunakan alat ekstensometer. Alat ini terdiri dari 2 lempeng kaca bulat, dimana bagian bawah alat ini terdapat skala diameter. Ditimbang sebanyak 1 gram sampel krim, diletakkan diatas lempeng kaca berskala lalu diberi beban seberat 5 gram dan ditunggu selama 1 menit. Setiap 1 menit ditambahkan beban interval 5 gram hingga diperoleh diameter krim yang konstan. Hasil penyebaran yang didapat kemudian dicatat melalui 4 sisi. Diameter krim yang diharapkan yaitu 5-7 cm (Puspitosary, 2016).

g. Penentuan efektivitas Krim Tabir Surya

1) Penentuan Nilai SPF secara *in vitro*

Penentuan nilai SPF dilakukan dengan menggunakan metode Spektrofotometri UV-Vis dengan larutan blanko menggunakan pelarut isopropanol (Petro, 1981; Puspitosary, 2016). Langkah kerja penentuan nilai SPF krim tabir surya adalah sebagai berikut :

- Ditimbang sebanyak 22,2 mg sediaan krim yang setara dengan 2 mg bahan aktif tabir surya.
- Dilarutkan dengan isopropanol dalam labu ukur 10 ml sampai garis tanda dan dikocok sampai homogen sehingga didapatkan larutan A dengan konsentrasi 200 ppm.



- Dipipet 1 ml larutan A dan diencerkan dengan isopropanol dalam labu ukur 10 ml sehingga didapatkan larutan B dengan konsentrasi 20 ppm.
- Larutan B diamati pada panjang gelombang 290-400 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis hingga didapatkan nilai serapan lebih besar atau sama dengan 0,05. Rentang pengamatan yang digunakan yaitu 1 nm.

Menurut Petro (1981), larutan dalam 2 cm kuvet yang akan diukur serapannya harus mengandung bahan aktif yang ekuivalen dengan 0,001% atau 0,01 g/L yang artinya 10 mg/L atau 10 ppm. Pada penelitian ini dilakukan dalam 1 cm kuvet, sehingga bahan aktif yang akan diukur serapannya ekuivalen dengan 0,002% atau 0,02 g/L. Data hasil pengamatan nilai serapan yang diperoleh diubah menjadi nilai serapan untuk konsentrasi 20 ppm pada masing-masing panjang gelombang. Luas daerah di bawah kurva pada panjang gelombang terkecil dan terbesar dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$[AUC] = x (\lambda_p - \lambda_{p-a}) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

AUC = luas daerah di bawah kurva serapan

$A_p$  = serapan pada panjang gelombang p

$A_{p-a}$  = serapan pada panjang gelombang p-a

$$\text{Log SPF} = \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

$\lambda_n - \lambda_1$  = interval aktivitas eritemogenik

Keseluruhan luas daerah di bawah kurva diperoleh dengan menjumlahkan tiap luas daerah antara dua panjang gelombang yang berurutan, dari panjang gelombang 290 nm sampai diatas panjang gelombang 290 nm yang memberikan serapan lebih dari atau sama dengan 0,05. Perhitungan nilai SPF dapat diperoleh menggunakan persamaan (2). Nilai log SPF yang didapat kemudian diubah menjadi nilai SPF. Nilai SPF yang diharapkan adalah minimal 6 (*Sun Protection Product*) sampai 30 (*Ultra Sun Protection Product*).

2) Penentuan Nilai Persen Transmisi Eritema

Nilai presentase transmisi eritema dapat ditentukan dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Langkah kerja dalam menentukan nilai persentase transmisi eritema krim tabir surya adalah sebagai berikut :

- Ditimbang sebanyak 22,2 gram krim.
- Dilarutkan dengan isopropanol dalam labu ukur 10 ml sampai garis tanda dan dikocok sampai homogen sehingga didapatkan larutan A dengan konsentrasi 2220 ppm.
- Dipipet 1 ml larutan A dan diencerkan dengan isopropanol dalam labu ukur 10 ml sehingga didapatkan larutan B dengan konsentrasi 222 ppm.
- Larutan B diamati pada panjang gelombang 292,5-337,5 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Rentang pengamatan yang digunakan yaitu 5 nm.

Nilai serapan yang diperoleh kemudian dikalikan hingga mewakili kadar 1 g/L, selanjutnya dikonversikan menjadi nilai %T menggunakan persamaan sebagai berikut (Cumpelik, 1972):

$$A = -\log T \dots \dots \dots (3)$$

Nilai transmisi eritema diperoleh dengan mengkalikan nilai transmitan pada panjang gelombang 292,5–337,5 nm dengan tetapan efektivitas eritema (Fe). Nilai persen transmisi eritema didapat dengan menggunakan persamaan (Cumpelik, 1972) sebagai berikut :

$$\% \text{Transmisi eritema} = \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

T = nilai persen transmisi

Fe = tetapan efektivitas eritema

$\Sigma Fe$  = jumlah total efektivitas eritema sinar matahari

$\Sigma(T.Fe)$  = total efektivitas eritema yang diteruskan bahan tabir surya pada panjang gelombang 292,5-337,5 nm.

3) Penentuan Nilai Transmisi Pigmentasi

Nilai presentase transmisi pigmentasi dapat ditentukan dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Tahapan penentuan nilai persen transmisi pigmentasi sama dengan penentuan persen transmisi eritema. Nilai transmisi pigmentasi diperoleh dengan cara mengkalikan nilai transmisi (T) dengan faktor efektivitas pigmentasi (Fp) pada panjang gelombang 322,5-372,5 nm. Nilai persen transmisi pigmentasi didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Cumpelik, 1972) :

$$\% \text{Transmisi pigmentasi} = \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

T = nilai persen transmisi

Fp = tetapan efektivitas pigmentasi

$\Sigma Fp$  = jumlah total efektivitas pigmentasi sinar matahari

$\Sigma(T.Fp)$  = total efektivitas pigmentasi yang diteruskan oleh bahan tabir surya pada panjang gelombang 322,5-372,5 nm.

**g.1 Analisis Data**

Data hasil pengujian yang diperoleh digunakan untuk masing-masing respon sehingga dapat melengkapi persamaan umum  $Y = b_0 + b_1X_A + b_2X_B + b_{12}X_AX_B$  (Bolton dan Bon, 1997). Dari persamaan tersebut didapatkan hubungan antara faktor (konsentrasi  $TiO_2$  dan  $ZnO$ ) dan respon (nilai viskositas, SPF, persen transmisi pigmentasi dan eritema krim tabir surya).

Harga koefisien  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ , dan  $b_{12}$  dapat dihitung menggunakan persamaan  $Y = b_0 + b_1X_A + b_2X_B + b_{12}X_AX_B$ . Hasil perhitungan yang dihasilkan dari persamaan tersebut dapat dibuat *contour plot* antara nilai viskositas, pH, SPF, %TE, dan %TP. *Contour plot* dibuat dengan menggunakan *software design expert trial version 10.0.6* sehingga dapat diketahui efek faktor terhadap respon serta efek interaksi faktor terhadap respon. Kriteria respon yang diinginkan untuk viskositas yaitu antara 50-150 dPa.s, pH antara 4,5-6,5, SPF antara 6-30, %TE <1%, dan %TP antara 3-40%.

*Contour plot* yang dihasilkan kemudian digabungkan menjadi *overlay plot* untuk mengetahui komposisi optimum kombinasi antara  $TiO_2$  dan  $ZnO$  yang digunakan sebagai *physical blocker* pada pembuatan krim tabir surya kombinasi *benzophenone-3* dan *octyl methoxycinnamate*. Besarnya efek tiap faktor dan interaksinya juga dapat diperoleh menggunakan metode tersebut.



### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a.  $\text{TiO}_2$  dan interaksi kombinasi  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  berpengaruh signifikan dalam meningkatkan pH, sedangkan  $\text{ZnO}$  berpengaruh signifikan dalam menurunkan pH krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- b.  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  berpengaruh signifikan dalam meningkatkan viskositas sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak signifikan dalam menurunkan viskositas krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- c.  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ , dan interaksi keduanya berpengaruh tidak signifikan dalam menurunkan nilai SPF krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- d.  $\text{TiO}_2$  berpengaruh tidak signifikan terhadap nilai %TE dalam meningkatkan %TE, sedangkan  $\text{ZnO}$  dan interaksi kombinasi  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  berpengaruh tidak signifikan dalam menurunkan nilai %TE krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- e.  $\text{TiO}_2$  berpengaruh tidak signifikan terhadap nilai %TP dalam menurunkan %TP, sedangkan  $\text{ZnO}$  dan interaksi kombinasi  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  berpengaruh signifikan dalam menurunkan nilai %TP krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.
- f. Konsentrasi  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  dalam krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* yang memberikan respon optimum terhadap nilai pH, viskositas, SPF, %TE, dan %TP yaitu masing-masing 0,5% dan 0,5%.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

- a. Perlu dilakukan pengujian terhadap efektivitas in vivo krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* untuk mengetahui efektivitasnya bila digunakan langsung pada kulit.
- b. Perlu dilakukan pengujian iritasi terhadap efektivitas krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate* untuk mengetahui efektivitasnya bila digunakan langsung pada kulit.
- c. Perlu dilakukan uji stabilitas  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  dalam sediaan krim tabir surya kombinasi *benzophenon-3* dan *octyl methoxycinnamate*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdassah, M., R. Aryani, E. Surachman, dan M. Muchtaridi. 2015. In-Vito Assesment of Effectiveness and Photostability Avobenzone In Cream Formulation by Combinasion Ethyl Ascorbic acid and alpha Tocopherol Acetate. *J App Pharm Sci.* 5(06):70-74
- Agustin, R., Y. Oktadefitri, dan H. Lucida. 2013. Formulasi Krim Tabir Surya dari Kombinasi Etil P-Metoksisinamat dengan Katekin. *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Terkini Sains Farmasi dan Klinik.* Volume 3. 184-198.
- Alakh, S., S. Jha, dan S. D. Dubey. 2011. Formulation and Evaluation of Curcuminoid Based Herbal Face Cream. *IGJPS.* 1(1):77-84.
- Allen, L. V., N. G. Popovich, dan H. C. Ansel. 2011. *Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery System.* Edisi ke-9. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, a Wolters Kluwer.
- Anggraini, T. D., Djajadisastra, J., dan Hayun. 2013. Uji Stabilitas Fisik dan Penentuan Nilai Spf Secara In Vitro dari Krim Tabir Surya yang Mengandung Butil Metoksidibenzoilmetan dan Oktil Metoksisinamat dengan Penambahan Titanium dioksida. *Skripsi.* Jakarta: Fakultas Farmasi Universitas Indonesia.
- Barel, A. O., M. Paye, dan H. I. Maibach. 2001. *Handbook of Cosmetic Science and Technology.* New York: Marcel Dekker, Inc.
- Bartholomey, E., S. House, dan F. Ortiz. 2016. A Balanced Approach for Formulating Sunscreen Products Using Zinc Oxide. *Sofw journal.* 3(16): 18-24
- Baumann, L., S. Saghari, dan E. Weisberg. 2009. *Cosmetic Dermatology Principles and Practice.* Edisi ketujuh. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Bolton, S., dan C. Bon. 1997. *Pharmaceutical Statistic: Practical and Clinical Applications.* Edisi ke-4. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Cahayanigtyas, D. 2012. Optimasi Komposisi Zink oksida Dan Asam Tartrat Pada Krim Tabir Surya Kombinasi Benzophenone-3 dan Octyl Methoxycinnamate. *Skripsi.* Jember: Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Cumpelik, B.M. 1972. Analytical Procedures and Evaluation Of Sunscreen. *J. Soc. Cosmet. Chem.* Vol. 2:333-345.

Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 1985. *Formularium Kosmetika Indonesia*. Cetakan I. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.

Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 1995. *Farmakope Indonesia ed IV*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 1979. *Farmakope Indonesia ed III*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

Dhase, A.S., S. S. Khadbadi, dan S. S. Saboo. 2014. Formulation and Evaluation of Vanishing Cream of Crude Drugs. *Ajethno*. 1(5):313-318.

Dipiro, J.T., R. L. Talbert, G. R. Matzke, B. G. Wells, dan M. L. Posey. 2008. *Pharmacotherapy A Pathophysiologic Approach*. Edisi ketujuh. Kansas: The McGraw-Hill Companies.

Draelos, Z. D., dan L. A. Thaman. 2006. *Cosmetic formulation of skin care products*. New York: Taylor and Francis Group.

Fields, S.W. 2008. Sunscreens: Mechanims of Action, Use and Excipients. *IJPC*. 6(1):4-5.

Gaikwad, M., dan S. Kale. 2011. Formulation and In Vitro Evaluation for Sun Protection Factor Of *Moringa Oleifera* LAM (family-Moringaceae) oil sunscreen cream. *RJPBSC*. 3(4):371-375.

Gonzalez, H., N. T. Wahlberg, B. Stromdahl, A. Juzeniene, J. Moan, O. Larko, A. Rosen, dan A. M. Wennberg. 2007. Photostability of Commercial Sunscreen Upon Sun Exposure and Irradiation By Ultraviolet Lamps. *Biomed Central BMC Dermatology*. 1-9.

Igarashi, T., Nishino, K., dan Nayar, S.K. 2005. *The Appearance of Human Skin*. New York: Departemen of Computer Sciences Columbia University.

Imamah, N. 2015. Pengaruh Vitamin E dan Paparan Sinar UV Terhadap Efektivitas *In Vitro* Lotion Tabir Surya *Octyl Methoxycinnamate* dan *Benzophenone*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Jones, A. E. 2000. *A Spectroscopic Study of Sunscreen*. Durham: Durham University.

Kale, S., S. Bhandare, M. Gaikwad, V. Urunkar, dan A. Rajmane. 2011. Formulation and In Vitro Evaluation for Sun Protection Factor of Lutein Ester Extracted from *Tagetes erecta* Linn Flower (Family-Asteraceae) Sunscreen Creams. *RJPBSC*. 2(3):947-955.

Lachman, L., A.H. Lieberman, dan J.L. Kanig. 1994. *Teori dan Praktek Farmasi Industri II*. Edisi Ketiga. Jakarta: UI Press.

Latha, M.S., J. Martis, V. Shobha, R. S. Shinde, S. Bangera, B. Krishnankutty, S. Bellary, S. Varughese, P. Rao, dan B. R. N. Kumar. 2013. Sunscreening Agents. *J Clin Aesthet Dermatol*. 6(1):16-26.

Lim, H. W, dan Z. D. Draelos. *Clinical Guide to Sunscreen and Sunscreens and Photoprotection*. 2009. New York: Informa Healthcare USA, Inc.

Mamoto, N.F.E., S. J. R. Kalangi, dan R. Karundeng. 2009. Peran Melanokortin Pada Melanosit. *Jurnal Biomedik*. 1(1):1-11

McLafferty, E. 2012. The Integumentary System: Anatomy, Physiology and Function of Skin. *Art and Science*. 27(3).

Mitsui, T. 1997. *New Cosmetic Science*. Netherlands: Elsevier Science B.V. All rights reserved.

Naibaho, O.H., P. V. Y. Yamlean, dan W. Wiyono. 2013. Pengaruh Basis Salep Terhadap Formulasi Sediaan Salep Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum sanctum* L.) Pada Kulit Punggung Kelinci yang Dibuat Infeksi *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Farmasi UNSRAT*. 2(2):27-33.

Noviandari, 2011. Optimasi Komposisi Asam Tartat dan Asam Laktat Pada Krim Tabir Surya Kombinasi Benzophenon-3 dan Octyl Methoxycinnamate dengan Desain Faktorial. *Skripsi*. Jember: Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Petro, A.J. 1981. Correlation Of Spectrofotometric Data With Sun Screen Protection Factor. *Int.J.Cosmet*. Vol.3:185-196.

Probowati, G.A. 2015. Pengaruh Vitamin E dan Paparan Sinar UV Terhadap Efektivitas In Vitro Krim Tabir Surya Avobenzone dan Octyl Methoxycinnamate. *Skripsi*. Jember: Fakultas Farmasi Universitas Jember.



- Puspitosary, S. 2016. Pengaruh Vitamin C dan Paparan Sinar UV Terhadap Efektivitas *In Vitro* Krim Tabir Surya *Avobenzone* dan *Octyl Methoxycinnamate* dengan Kombinasi Vitamin E Sebagai Fotoprotektor. *Skripsi*. Jember: Fakultas Farmasi Universitas Jember.
- Rachman, A.Y. 2012. Optimasi Komposisi Titanium dioksida dan Asam Tartat pada Krim Tabir Surya Kombinasi *Benzophenon-3* dan *Octyl Methoxycinnamate*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Farmasi Universitas Jember.
- Rosita, M.R.E., M. Murrukmihadi, dan Suwarni. 2014. Pengaruh Kombinasi Oxybenzone dan Octyl Methoxycinnamate (OMC) Pada Karakteristik Fisik dan Spf dalam Sediaan Krim Tabir Surya. *Majalah Farmaseutik*. 10(1):182-185.
- Rosita, N., T. Purwanti, dan Agustin. 2010. Stabilitas Fisik Dan Efektivitas Sediaan Tabir Surya Kombinasi Oksibenson dan Oktil Metoksisinamat dengan Penambahan Asam Glikolat. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 7(2):16-26.
- Schalka, S., dan V. M. S. D. Reis. 2011. Sun Protection Factor: Meaning and Controversies. *An Bras Dermatol*. 86(3): 507-515.
- Serpone, N., A. Salinaro., A.V. Emeline., S. Horikoshi., H. Hidaka dan J. Zhao. 2002. An *In Vitro* Systematic Spectroscopic Examination Of The Photostabilities Of A Random Set Of Commercial Sunscreen Lotions and Their *Chemical UVB/UVA* Active Agents. *Photochem. Photobiol. Sci.*970-981.
- Shaath, A.N. 1990. Sunscreen Development, Evaluation, and Regulatory Aspect: The Chemistry of Sunscreen. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Shai, A., H. I. Maibach, dan R. Baran. *Handbook Of Cosmetic Skin Care*. Edisi kedua. US: Informa UK Ltd.
- Sharon, N., S. Anam, dan Yuliet. 2013. Formulasi Krim Antidioksidan Ekstrak Etanol Bawang Hutan (*Eleutherine palmifolia*. L. Merr). *Online Jurnal of Natural Science*. 2(3): 111-122.
- Sweetman, S. C. 2009. *Martindale The Complete Drug Reference*. Edisi ke-36. UK: Pharmaceutical Press.
- Petro, A.J. 1981. Correlation Of Spectrofotometric Data With Sun Screen Protection Factor. *Int.J.Cosmet*. Vol.3:185-196.
- Vandana., N. Batra., P. Kumar., P. Sharma., dan P.K. Singh. 2014. Titanium Di-Oxide Films Using A Less Hygroscopic Colloidal Precursor. *Matchemphys*. 144:242-246.

Wardhani, L. P. 2006. Pengaruh ZnO Terhadap Efektivitas In Vitro dan Aseptibilitas Sediaan Tabir Surya Kombinasi Oksibenson dan Oktildimetil PABA (3:3% b/b) dalam Basis Vanishing Cream. *Skripsi*. Surabaya:Fakultas Farmasi Universitas Airlangga.



**A. Sertifikat Analisis**

**A.1 Sertifikat Analisis Benzophenon-3**





**ISO 9001 QUALITY SYSTEM CERTIFIED ORGANIZATION**

Mohod Heights, Unit No.5, 4th Floor, Lothandwala RTO Rd, Off 4 Bunglows, Opp Versova Tel Exchange, Andheri(W), Mumbai-400053  
Tel: 91-22-45218147 / 40165752 / 26362214 / 40165753 Fax: 91-22-26317055 Mobile: + 91 98 20 38 57 57  
E-mail: tanmay12@aol.com Website: www.exporter.alphachemicals.com

Thank You for showing interest in our products, below are the COA details for **AL0793**

**ISO 9001-2000 REGISTERED**

**CERTIFICATE OF ANALYSIS**

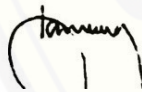
**Product Name :** BENZOPHENONE 99%  
**molecular formula. :**  
**Weight. :**  
**Art NO. :**  
**Batch No. :** AL0793 - BENZ  
**Mfg. Date :** Aug 20 16  
**Expiry Date :** Aug 2020

**Product Name :-** BENZOPHENONE  
**Mol. Formula :-** C<sub>13</sub>H<sub>10</sub>O  
**Mol. Weight :-** 182.22  
**Batch no. :-** G158606  
**Mfg date :-** NOV-2012

Sr no.	Tests	Specifications	Results
1	Description	White crystals/crystalline powder	White crystals/crystalline powder
2	Assay (Min.)	99%	99.98%
3	Melting point	47 - 49°C	48°C
4	Acidity	<1 ml N%	<1 ml N%
5	Sulphated ash	<0.05%	0.04%
6	Chloride (Cl)	<0.02%	0.01%

This above product complies as per the specifications of 'ALPHA CHEMIKA'.

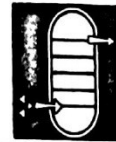
Regards,



**A.2 Sertifikat Analisis Octyl Methoxycinnamate**

**Chemspec Chemicals Pvt. Ltd.**

(A Govt. Recognised Star Export House)  
 (An ISO 9001 : 2008, 14001 : 2004 & OHSAS 18001 : 2007 Certified Company)  
 Factory : Plot No. 3-C, MIDC Talaja, Tal. Parvel, Dist. Raigad - 410208 (Maharashtra) India  
 CIN No. : U24114MH1975PTC018665



October 14, 2016

**CERTIFICATE OF ANALYSIS**

PRODUCT NAME : Octyl Methoxy Cinnamate ( OMCX /Octinoxate )  
 BATCH NO. : MX # 1811016  
 QUANTITY : 2820.0 Kg  
 DATE OF MFG. : October - 2016  
 BEST BEFORE : October - 2018

S.No	Test	Specification	Results
1.	Aspect	Liquid	Liquid
2.	Color	Colorless to light yellow	Light yellow
3.	Odor	Odorless to faint	Faint
4.	Identification ( IR & UV spectra)	Conforms	Complies
5.	UV spectrum ( C=0.010 g/L in absolute ethanol) E(1%, 1cm ) at 310 nm ± 5nm	Not less than 835	849
6.	Specific gravity (25°C)	1.005- 1.013	1.007
7.	Refractive Index (20°C)	1.542 – 1.548	1.5439
8.	Assay	95.0 – 105.0 %	98.52 %
9.	Chromatographic purity Purity (A%) Each impurity ( A % ) Total of all impurities (A%)	Not more than 0.5 % Not more than 2.0 %	98.79 % 0.33 % 1.21 %
10.	Acidity	Max 0.8 ml NaOH 0.1 N	Complies
11.	2 -ethyl hexanol	Less than 300 ppm	Complies

Remark :- Material PASSES with respect to above specification as well as meets the requirement of USP-37.

*Mide*  
 Compiled by  
 Sr.Executive Q.C

*J. N. S.*  
 Checked by  
 Asst. Manager QC

*f. A.*  
 Approved by  
 GM Q.A/Q.C.

Regd. Office : Commercial Union House, 2nd Floor 9, Wallace Street, Fort, Mumbai - 400 001, India

**f.A. Pengujian pH**

**B.1 Hasil Pengujian pH**

Replikasi	pH			
	F1	Fa	Fb	Fab
1	5,30	5,38	4,62	5,02
2	5,19	5,34	4,57	5,02
3	5,24	5,27	4,53	4,96



Rata-rata ± SD	5,24 ± 0,055	5,33 ± 0,056	4,57 ± 0,045	5,00 ± 0,035
----------------	--------------	--------------	--------------	--------------

**f.B. Hasil Pengujian Viskositas**

**C.1 Hasil Pengujian Viskositas**

Replikasi	Viskositas (dPa.s)			
	F1	Fa	Fb	Fab
1	90	100	110	120
2	90	100	120	130
3	90	110	120	130
Rata-rata ± SD	90 ± 0	103,33 ± 5,77	116,67 ± 5,774	126,67 ± 5,774

**f.C. Hasil Pengujian Daya Sebar**

**D.1 Tabulasi Hasil Diameter Daya Sebar Krim Tabir Surya F1**

Beban (g)	Daya Sebar (cm)		
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3
0	6,25	6,10	6,45
5	6,45	6,30	6,60
10	6,72	6,40	6,72
15	6,90	6,63	6,8
20	7,28	6,87	6,96
25	7,30	7,10	7,00
30	7,50	7,45	7,20
35	7,85	7,70	7,45
40	7,90	7,82	7,68
45	7,90	7,82	7,68

**D.2 Tabulasi Hasil Diameter Daya Sebar Krim Tabir Surya Fa**

Beban (g)	Daya Sebar (cm)		
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3
0	5,72	5,50	5,60
5	5,90	5,78	5,85
10	6,10	5,95	5,90
15	6,25	6,10	6,15
20	6,43	6,25	6,30
25	6,54	6,30	6,40
30	6,68	6,56	6,60
35	6,80	6,60	6,72
40	6,90	6,82	6,72
45	6,90	6,82	6,72

**D.3 Tabulasi Hasil Diameter Daya Sebar Krim Tabir Surya Fb**

Beban (g)	Daya Sebar (cm)		
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3

0	4,75	4,50	4,85
5	4,90	4,72	5,00
10	5,10	4,90	5,20
15	5,32	5,10	5,45
20	5,45	5,25	5,64
25	5,50	5,46	5,90
30	5,60	5,65	6,10
35	5,84	5,80	6,25
40	5,90	5,80	6,25
45	5,90	5,80	6,25

D.4 Tabulasi Hasil Diameter Daya Sebar Krim Tabir Surya Fab

Beban (g)	Daya Sebar (cm)		
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3
0	4,30	4,65	4,52
5	4,52	4,80	4,65
10	4,70	5,00	4,70
15	4,85	5,25	4,82
20	5,10	5,30	4,90
25	5,25	5,48	5,10
30	5,36	5,54	5,25
35	5,45	5,62	5,30
40	5,45	5,62	5,30
45	5,45	5,62	5,30

**f.D. Hasil Pengujian SPF**

**E.1 Tabulasi Hasil Absorbansi dan AUC Krim Tabir Surya F1**

**E.1.1 Replikasi 1**

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
290	2,766	2,7688		325	2,249	2,2513	2,2978
291	2,765	2,7678	2,7683	326	2,139	2,1411	2,1962
292	2,865	2,8679	2,8178	327	2,024	2,0260	2,0836
293	2,820	2,8228	2,8453	328	1,911	1,9129	1,9695
294	2,837	2,8398	2,8313	329	1,779	1,7808	1,8468
295	2,856	2,8589	2,8493	330	1,663	1,6647	1,7227
296	2,890	2,8929	2,8759	331	1,536	1,5375	1,6011
297	2,912	2,9149	2,9039	332	1,413	1,4144	1,4760
298	2,930	2,9329	2,9239	333	1,304	1,3053	1,3599
299	2,884	2,8869	2,9099	334	1,208	1,2092	1,2573
300	2,906	2,9089	2,8979	335	1,104	1,1051	1,1572
301	2,833	2,8358	2,872	336	1,009	1,0100	1,0576

			4				
302	2,816	2,8188	2,827 3	337	0,916	0,9169	0,9635
303	1,809	1,8108	2,314 8	338	0,823	0,8238	0,8704
304	2,827	2,8298	2,320 3	339	0,753	0,7538	0,7888
305	2,803	2,8058	2,817 8	340	0,688	0,6887	0,7212
306	2,817	2,8198	2,812 8	341	0,618	0,6186	0,6537
307	2,860	2,8629	2,841 3	342	0,557	0,5576	0,5881
308	2,805	2,8078	2,835 3	343	0,510	0,5105	0,5340
309	2,877	2,8799	2,843 8	344	0,456	0,4565	0,4835
310	2,919	2,9219	2,900 9	345	0,420	0,4204	0,4384
311	2,888	2,8909	2,906 4	346	0,385	0,3854	0,4029
312	2,901	2,9039	2,897 4	347	0,353	0,3534	0,3694
313	2,918	2,9209	2,912 4	348	0,322	0,3223	0,3378
314	2,871	2,8739	2,897 4	349	0,292	0,2923	0,3073
315	2,898	2,9009	2,887 4	350	0,269	0,2693	0,2808
316	2,887	2,8899	2,895 4	351	0,248	0,2482	0,2588
317	2,854	2,8569	2,873 4	352	0,227	0,2272	0,2377
318	2,769	2,7718	2,814 3	353	0,211	0,2112	0,2192
319	2,715	2,7177	2,744 7	354	0,193	0,1932	0,2022
320	2,637	2,6396	2,678 7	355	0,177	0,1772	0,1852
321	2,568	2,5706	2,605 1	356	0,165	0,1652	0,1712
322	2,518	2,5205	2,545 5	357	0,153	0,1532	0,1592
323	2,423	2,4254	2,473 0	358	0,142	0,1421	0,1476
324	2,342	2,3443	2,384 9	359	0,133	0,1331	0,1376
360	0,123	0,1231	0,128 1	368	0,068	0,0681	0,0701
361	0,112	0,1121	0,117 6	369	0,064	0,0641	0,0661
362	0,103	0,1031	0,107 6	370	0,058	0,0581	0,0611
363	0,099	0,0991	0,101 1	371	0,055	0,0551	0,0566
364	0,092	0,0921	0,095 6	372	0,052	0,0521	0,0536
365	0,084	0,0841	0,088 1	AUC total			126,1141

366	0,079	0,0791	0,081 6	Log SPF	1,5380
367	0,072	0,0721	0,075 6	SPF	34,5144

E.1.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
290	2,350	2,3524		317	2,389	2,3914	2,4134
291	2,377	2,3794	2,365 9	318	2,321	2,3233	2,3574
292	2,401	2,4034	2,391 4	319	2,249	2,2513	2,2873
293	2,408	2,4104	2,406 9	320	2,199	2,2012	2,2262
294	2,430	2,4324	2,421 4	321	2,129	2,1311	2,1662
295	2,451	2,4535	2,442 9	322	2,059	2,0611	2,0961
296	2,438	2,4404	2,446 9	323	1,990	1,9920	2,0265
297	2,463	2,4655	2,453 0	324	1,890	1,8919	1,9419
298	2,479	2,4815	2,473 5	325	1,805	1,8068	1,8493
299	2,450	2,4525	2,467 0	326	1,705	1,7067	1,7568
300	2,448	2,4505	2,451 5	327	1,616	1,6176	1,6622
301	2,434	2,4364	2,443 4	328	1,517	1,5185	1,5681
302	2,437	2,4394	2,437 9	329	1,411	1,4124	1,4655
303	2,433	2,4354	2,437 4	330	1,323	1,3243	1,3684
304	2,444	2,4464	2,440 9	331	1,218	1,2192	1,2718
305	2,449	2,4515	2,448 9	332	1,119	1,1201	1,1697
306	2,471	2,4735	2,462 5	333	1,034	1,0350	1,0776
307	2,458	2,4605	2,467 0	334	0,958	0,9590	0,9970
308	2,507	2,5095	2,485 0	335	0,874	0,8749	0,9169
309	2,518	2,5205	2,515 0	336	0,801	0,8018	0,8383
310	2,518	2,5205	2,520 5	337	0,727	0,7277	0,7648
311	2,509	2,5115	2,516 0	338	0,656	0,6567	0,6922
312	2,522	2,5245	2,518 0	339	0,599	0,5996	0,6281
313	2,488	2,4905	2,507 5	340	0,551	0,5516	0,5756
314	2,469	2,4715	2,481 0	341	0,493	0,4935	0,5225
315	2,459	2,4615	2,466	342	0,448	0,4484	0,4710



			5				
316	2,433	2,4354	2,448 4	343	0,409	0,4094	0,4289
345	0,341	0,3413	0,355 9	361	0,100	0,1001	0,1046
346	0,313	0,3133	0,327 3	362	0,095	0,0951	0,0976
347	0,288	0,2883	0,300 8	363	0,090	0,0901	0,0926
348	0,264	0,2643	0,276 3	364	0,084	0,0841	0,0871
349	0,239	0,2392	0,251 8	365	0,079	0,0791	0,0816
350	0,223	0,2232	0,231 2	366	0,073	0,0731	0,0761
351	0,207	0,2072	0,215 2	367	0,069	0,0691	0,0711
352	0,190	0,1902	0,198 7	368	0,065	0,0651	0,0671
353	0,177	0,1772	0,183 7	369	0,060	0,0601	0,0626
354	0,165	0,1652	0,171 2	370	0,056	0,0561	0,0581
355	0,152	0,1522	0,158 7	371	0,053	0,0531	0,0546
356	0,143	0,1431	0,147 6	372	0,050	0,0501	0,0516
357	0,133	0,1331	0,138 1	AUC total			106,0701
358	0,124	0,1241	0,128 6	Log SPF			1,2935
359	0,118	0,1181	0,121 1	SPF			19,6562
360	0,109	0,1091	0,1136				

### E.1.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
290	2,738	2,7407		309	2,857	2,8599	2,8488
291	2,750	2,7528	2,746 7	310	2,860	2,8629	2,8614
292	2,762	2,7648	2,758 8	311	2,881	2,8839	2,8734
293	2,793	2,7958	2,780 3	312	2,883	2,8859	2,8849
294	2,809	2,8118	2,803 8	313	2,815	2,8178	2,8519
295	2,788	2,7908	2,801 3	314	2,793	2,7958	2,8068
296	2,749	2,7518	2,771 3	315	2,866	2,8689	2,8323
297	2,855	2,8579	2,804 8	316	2,827	2,8298	2,8493
298	2,799	2,8018	2,829 8	317	2,778	2,7808	2,8053
299	2,848	2,8509	2,826	318	2,739	2,7417	2,7613

			3				
300	2,815	2,8178	2,834 3	319	2,638	2,6406	2,6912
301	2,776	2,7788	2,798 3	320	2,538	2,5405	2,5906
302	2,779	2,7818	2,780 3	321	2,516	2,5185	2,5295
303	2,791	2,7938	2,787 8	322	2,471	2,4735	2,4960
304	2,805	2,8078	2,800 8	323	2,363	2,3654	2,4194
305	2,774	2,7768	2,792 3	324	2,268	2,2703	2,3178
306	2,782	2,7848	2,780 8	325	2,164	2,1662	2,2182
307	2,798	2,8008	2,792 8	326	2,060	2,0621	2,1141
308	2,835	2,8378	2,819 3	327	1,965	1,9670	2,0145
328	1,846	1,8478	1,907 4	355	0,190	0,1902	0,1972
329	1,720	1,7217	1,784 8	356	0,179	0,1792	0,1847
330	1,607	1,6086	1,665 2	357	0,167	0,1672	0,1732
331	1,486	1,4875	1,548 0	358	0,156	0,1562	0,1617
332	1,364	1,3654	1,426 4	359	0,148	0,1481	0,1522
333	1,259	1,2603	1,312 8	360	0,138	0,1381	0,1431
334	1,167	1,1682	1,214 2	361	0,127	0,1271	0,1326
335	1,068	1,0691	1,118 6	362	0,121	0,1211	0,1241
336	0,974	0,9750	1,022 0	363	0,115	0,1151	0,1181
337	0,888	0,8889	0,931 9	364	0,108	0,1081	0,1116
338	0,801	0,8018	0,845 3	365	0,101	0,1011	0,1046
339	0,731	0,7317	0,766 8	366	0,094	0,0941	0,0976
340	0,671	0,6717	0,701 7	367	0,087	0,0871	0,0906
341	0,602	0,6026	0,637 1	368	0,082	0,0821	0,0846
342	0,545	0,5455	0,574 1	369	0,078	0,0781	0,0801
343	0,502	0,5025	0,524 0	370	0,073	0,0731	0,0756
344	0,453	0,4535	0,478 0	371	0,068	0,0681	0,0706
345	0,416	0,4164	0,434 9	372	0,064	0,0641	0,0661
346	0,382	0,3824	0,399 4	373	0,062	0,0621	0,0631
347	0,353	0,3534	0,367 9	374	0,058	0,0581	0,0601

348	0,324	0,3243	0,338 8	375	0,055	0,0551	0,0566
349	0,295	0,2953	0,309 8	376	0,051	0,0511	0,0531
350	0,274	0,2743	0,284 8	377	0,050	0,0501	0,0506
351	0,255	0,2553	0,264 8	AUC total			124,0711
352	0,235	0,2352	0,245 2	Log SPF			1,4261
353	0,219	0,2192	0,227 2	SPF			26,6747
354	0,204	0,2042	0,2117				

E.2 Tabulasi Hasil Absorbansi dan AUC Krim Tabir Surya Fa

E.2.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
290	2,185	2,1872		323	1,880	1,8819	1,9194
291	2,261	2,2633	2,225 2	324	1,800	1,8018	1,8418
292	2,275	2,2773	2,270 3	325	1,716	1,7177	1,7598
293	2,270	2,2723	2,274 8	326	1,615	1,6166	1,6672
294	2,288	2,2903	2,281 3	327	1,526	1,5275	1,5721
295	2,294	2,2963	2,293 3	328	1,445	1,4464	1,4870
296	2,333	2,3353	2,315 8	329	1,333	1,3343	1,3904
297	2,341	2,3433	2,339 3	330	1,234	1,2352	1,2848
298	2,331	2,3333	2,338 3	331	1,152	1,1532	1,1942
299	2,329	2,3313	2,332 3	332	1,053	1,0541	1,1036
300	2,325	2,3273	2,329 3	333	0,971	0,9720	1,0130
301	2,302	2,3043	2,315 8	334	0,899	0,8999	0,9359
302	2,315	2,3173	2,310 8	335	0,818	0,8188	0,8594
303	2,322	2,3243	2,320 8	336	0,741	0,7417	0,7803
304	2,328	2,3303	2,327 3	337	0,672	0,6727	0,7072
305	2,342	2,3443	2,337 3	338	0,604	0,6046	0,6386
306	2,359	2,3614	2,352 9	339	0,551	0,5516	0,5781
307	2,345	2,3473	2,354 4	340	0,499	0,4995	0,5255
308	2,383	2,3854	2,366 4	341	0,448	0,4484	0,4740
309	2,405	2,4074	2,396 4	342	0,404	0,4044	0,4264

310	2,442	2,4444	2,425 9	343	0,363	0,3634	0,3839
311	2,412	2,4144	2,429 4	344	0,328	0,3283	0,3458
312	2,419	2,4214	2,417 9	345	0,299	0,2993	0,3138
313	2,385	2,3874	2,404 4	346	0,270	0,2703	0,2848
314	2,360	2,3624	2,374 9	347	0,249	0,2492	0,2598
315	2,358	2,3604	2,361 4	348	0,224	0,2242	0,2367
316	2,332	2,3343	2,347 3	349	0,200	0,2002	0,2122
317	2,259	2,2613	2,297 8	350	0,184	0,1842	0,1922
318	2,223	2,2252	2,243 2	351	0,167	0,1672	0,1757
319	2,162	2,1642	2,194 7	352	0,152	0,1522	0,1597
320	2,094	2,0961	2,130 1	353	0,139	0,1391	0,1456
321	2,034	2,0360	2,066 1	354	0,127	0,1271	0,1331
322	1,955	1,9570	1,996 5	355	0,114	0,1141	0,1206
356	0,105	0,1051	0,109 6	362	0,059	0,0591	0,0616
357	0,096	0,0961	0,100 6	363	0,054	0,0541	0,0566
358	0,086	0,0861	0,091 1	AUC total			99,540 0
359	0,079	0,0791	0,082 6	Log SPF			1,3636
360	0,072	0,0721	0,075 6	SPF			23,099 4
361	0,064	0,0641	0,0681				

### E.2.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
29 0	2,342	2,3443		32 1	2,180	2,1822	2,2157
29 1	2,391	2,3934	2,3689	32 2	2,105	2,1071	2,1446
29 2	2,403	2,4054	2,3994	32 3	2,013	2,0150	2,0611
29 3	2,416	2,4184	2,4119	32 4	1,935	1,9369	1,9760
29 4	2,440	2,4424	2,4304	32 5	1,843	1,8448	1,8909
29 5	2,470	2,4725	2,4575	32 6	1,744	1,7457	1,7953
29 6	2,469	2,4715	2,4720	32 7	1,649	1,6507	1,6982
29 7	2,440	2,4424	2,4570	32 8	1,556	1,5576	1,6041
29	2,483	2,4855	2,4640	32	1,442	1,4434	1,5005



8				9			
29	2,474	2,4765	2,4810	33	1,338	1,3393	1,3914
9				0			
30	2,440	2,4424	2,4595	33	1,247	1,2482	1,2938
0				1			
30	2,439	2,4414	2,4419	33	1,140	1,1411	1,1947
1				2			
30	2,417	2,4194	2,4304	33	1,049	1,0501	1,0956
2				3			
30	2,458	2,4605	2,4399	33	0,973	0,9740	1,0120
3				4			
30	2,453	2,4555	2,4580	33	0,885	0,8859	0,9299
4				5			
30	2,478	2,4805	2,4680	33	0,802	0,8028	0,8443
5				6			
30	2,476	2,4785	2,4795	33	0,727	0,7277	0,7653
6				7			
30	2,501	2,5035	2,4910	33	0,657	0,6577	0,6927
7				8			
30	2,516	2,5185	2,5110	33	0,599	0,5996	0,6286
8				9			
30	2,553	2,5556	2,5370	34	0,539	0,5395	0,5696
9				0			
31	2,543	2,5455	2,5506	34	0,486	0,4865	0,5130
0				1			
31	2,556	2,5586	2,5521	34	0,438	0,4384	0,4625
1				2			
31	2,530	2,5325	2,5455	34	0,393	0,3934	0,4159
2				3			
31	2,484	2,4865	2,5095	34	0,358	0,3584	0,3759
3				4			
31	2,499	2,5015	2,4940	34	0,326	0,3263	0,3423
4				5			
31	2,513	2,5155	2,5085	34	0,295	0,2953	0,3108
5				6			
31	2,491	2,4935	2,5045	34	0,270	0,2703	0,2828
6				7			
31	2,419	2,4214	2,4575	34	0,244	0,2442	0,2573
7				8			
31	2,380	2,3824	2,4019	34	0,219	0,2192	0,2317
8				9			
31	2,304	2,3063	2,3443	35	0,202	0,2022	0,2107
9				0			
32	2,247	2,2492	2,2778	35	0,184	0,1842	0,1932
0				1			
35	0,168	0,1682	0,1762	36	0,081	0,0811	0,0851
2				0			
35	0,154	0,1542	0,1612	36	0,073	0,0731	0,0771
3				1			
35	0,139	0,1391	0,1466	36	0,066	0,0661	0,0696
4				2			
35	0,126	0,1261	0,1326	36	0,061	0,0611	0,0636
5				3			
35	0,117	0,1171	0,1216	36	0,054	0,0541	0,0576
6				4			
35	0,107	0,1071	0,1121	AUC total			106,103
7				Log SPF			1
35	0,097	0,0971	0,1021				1,4338
8							

359	0,089	0,0891	0,0931	SPF	27,1519
-----	-------	--------	--------	-----	---------

E.2.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
290	2,351	2,3534		319	2,279	2,2813	2,3093
291	2,398	2,4004	2,3769	320	2,230	2,2322	2,2568
292	2,389	2,3914	2,3959	321	2,164	2,1662	2,1992
293	2,394	2,3964	2,3939	322	2,069	2,0711	2,1186
294	2,408	2,4104	2,4034	323	1,998	2,0000	2,0355
295	2,419	2,4214	2,4159	324	1,913	1,9149	1,9575
296	2,456	2,4585	2,4399	325	1,821	1,8228	1,8689
297	2,448	2,4505	2,4545	326	1,722	1,7237	1,7733
298	2,454	2,4565	2,4535	327	1,629	1,6306	1,6772
299	2,453	2,4555	2,4560	328	1,536	1,5375	1,5841
300	2,455	2,4575	2,4565	329	1,423	1,4244	1,4810
301	2,423	2,4254	2,4414	330	1,324	1,3253	1,3749
302	2,420	2,4224	2,4239	331	1,232	1,2332	1,2793
303	2,428	2,4304	2,4264	332	1,126	1,1271	1,1802
304	2,425	2,4274	2,4289	333	1,036	1,0370	1,0821
305	2,438	2,4404	2,4339	334	0,958	0,9590	0,9980
306	2,466	2,4685	2,4545	335	0,873	0,8739	0,9164
307	2,483	2,4855	2,4770	336	0,791	0,7918	0,8328
308	2,501	2,5035	2,4945	337	0,716	0,7167	0,7543
309	2,546	2,5485	2,5260	338	0,646	0,6466	0,6817
310	2,526	2,5285	2,5385	339	0,588	0,5886	0,6176
311	2,549	2,5516	2,5400	340	0,533	0,5335	0,5611
312	2,533	2,5355	2,5435	341	0,478	0,4785	0,5060
313	2,508	2,5105	2,5230	342	0,430	0,4304	0,4545
314	2,488	2,4905	2,5005	343	0,388	0,3884	0,4094
315	2,503	2,5055	2,4980	344	0,351	0,3514	0,3699
316	2,464	2,4665	2,486	345	0,319	0,3193	0,3353

			0				
317	2,406	2,4084	2,437 4	346	0,288	0,2883	0,3038
318	2,335	2,3373	2,372 9	347	0,264	0,2643	0,2763
348	0,240	0,2402	0,252 3	358	0,093	0,0931	0,0976
349	0,214	0,2142	0,227 2	359	0,085	0,0851	0,0891
350	0,196	0,1962	0,205 2	360	0,077	0,0771	0,0811
351	0,180	0,1802	0,188 2	361	0,069	0,0691	0,0731
352	0,162	0,1622	0,171 2	362	0,062	0,0621	0,0656
353	0,148	0,1481	0,155 2	363	0,057	0,0571	0,0596
354	0,135	0,1351	0,141 6	364	0,051	0,0511	0,0541
355	0,123	0,1231	0,129 1	AUC Total			105,2022
356	0,112	0,1121	0,117 6	Log SPF			1,4217
357	0,102	0,1021	0,107 1	SPF			26,4058

### E.3 Tabulasi Hasil Absorbansi dan AUC Krim Tabir Surya Fb

#### E.3.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
29 0	2,488	2,4905		315	2,617	2,6196	2,6361
29 1	2,566	2,5686	2,5295	316	2,604	2,6066	2,6131
29 2	2,565	2,5676	2,5681	317	2,540	2,5425	2,5746
29 3	2,572	2,5746	2,5711	318	2,474	2,4765	2,5095
29 4	2,589	2,5916	2,5831	319	2,440	2,4424	2,4595
29 5	2,642	2,6446	2,6181	320	2,367	2,3694	2,4059
29 6	2,611	2,6136	2,6291	321	2,307	2,3093	2,3393
29 7	2,637	2,6396	2,6266	322	2,215	2,2172	2,2633
29 8	2,621	2,6236	2,6316	323	2,125	2,1271	2,1722
29 9	2,610	2,6126	2,6181	324	2,049	2,0511	2,0891
30 0	2,608	2,6106	2,6116	325	1,955	1,9570	2,0040
30 1	2,596	2,5986	2,6046	326	1,842	1,8438	1,9004
30 2	2,610	2,6126	2,6056	327	1,746	1,7477	1,7958
30 3	2,606	2,6086	2,6106	328	1,641	1,6426	1,6952

304	2,581	2,5836	2,5961	329	1,528	1,5295	1,5861
305	2,588	2,5906	2,5871	330	1,418	1,4194	1,4745
306	2,604	2,6066	2,5986	331	1,313	1,3143	1,3669
307	2,653	2,6557	2,6311	332	1,205	1,2062	1,2603
308	2,647	2,6496	2,6527	333	1,114	1,1151	1,1607
309	2,671	2,6737	2,6617	334	1,026	1,0270	1,0711
310	2,700	2,7027	2,6882	335	0,942	0,9429	0,9850
311	2,685	2,6877	2,6952	336	0,853	0,8539	0,8984
312	2,652	2,6547	2,6712	337	0,764	0,7648	0,8093
313	2,664	2,6667	2,6607	338	0,701	0,7017	0,7332
314	2,650	2,6527	2,6597	339	0,638	0,6386	0,6702
340	0,573	0,5736	0,6061	357	0,127	0,1271	0,1321
341	0,522	0,5225	0,5480	358	0,118	0,1181	0,1226
342	0,471	0,4715	0,4970	359	0,109	0,1091	0,1136
343	0,424	0,4244	0,4479	360	0,098	0,0981	0,1036
344	0,387	0,3874	0,4059	361	0,092	0,0921	0,0951
345	0,354	0,3544	0,3709	362	0,086	0,0861	0,0891
346	0,324	0,3243	0,3393	363	0,080	0,0801	0,0831
347	0,298	0,2983	0,3113	364	0,075	0,0751	0,0776
348	0,271	0,2713	0,2848	365	0,068	0,0681	0,0716
349	0,245	0,2452	0,2583	366	0,063	0,0631	0,0656
350	0,225	0,2252	0,2352	367	0,059	0,0591	0,0611
351	0,209	0,2092	0,2172	368	0,055	0,0551	0,0571
352	0,190	0,1902	0,1997	369	0,050	0,0501	0,0526
353	0,175	0,1752	0,1827	AUC Total			112,8789
354	0,161	0,1612	0,1682	Log SPF			1,4288
355	0,149	0,1491	0,1552	SPF			26,8411
356	0,137	0,1371	0,1431				

### E.3.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98	20 ppm			19,98	20	



	ppm				ppm	ppm	
29 0	2,405	2,4074		309	2,569	2,5716	2,5671
29 1	2,446	2,4484	2,4279	310	2,587	2,5896	2,5806
29 2	2,467	2,4695	2,4590	311	2,588	2,5906	2,5901
29 3	2,474	2,4765	2,4730	312	2,573	2,5756	2,5831
29 4	2,501	2,5035	2,4900	313	2,566	2,5686	2,5721
29 5	2,520	2,5225	2,5130	314	2,569	2,5716	2,5701
29 6	2,522	2,5245	2,5235	315	2,559	2,5616	2,5666
29 7	2,548	2,5506	2,5375	316	2,539	2,5415	2,5516
29 8	2,545	2,5475	2,5490	317	2,466	2,4685	2,5050
29 9	2,514	2,5165	2,5320	318	2,397	2,3994	2,4339
30 0	2,520	2,5315	2,5240	319	2,342	2,3443	2,3719
30 1	2,486	2,4885	2,5100	320	2,286	2,2883	2,3163
30 2	2,5050	2,5075	2,4980	321	2,203	2,2052	2,2467
30 3	2,486	2,4885	2,4980	322	2,129	2,1311	2,1682
30 4	2,527	2,5295	2,5090	323	2,067	2,0691	2,1001
30 5	2,503	2,5055	2,5175	324	1,196	1,1972	1,6331
30 6	2,529	2,5315	2,5185	325	1,873	1,8749	1,5360
30 7	2,514	2,5165	2,5240	326	1,769	1,7708	1,8228
30 8	2,560	2,5626	2,5395	327	1,673	1,6747	1,7227
32 8	1,576	1,5776	1,6261	353	0,178	0,1782	0,1852
32 9	1,461	1,4625	1,5200	354	0,166	0,1662	0,1722
33 0	1,362	1,3634	1,4129	355	0,152	0,1522	0,1592
33 1	1,258	1,2593	1,3113	356	0,142	0,1421	0,1471
33 2	1,159	1,1602	1,2097	357	0,132	0,1321	0,1371
33 3	1,073	1,0741	1,1171	358	0,123	0,1231	0,1276
33 4	0,982	0,9830	1,0285	359	0,116	0,1161	0,1196
33 5	0,908	0,9089	0,9459	360	0,106	0,1061	0,1111
33 6	0,823	0,8238	0,8664	361	0,097	0,0971	0,1016
33 7	0,739	0,7397	0,7818	362	0,093	0,0931	0,0951

338	0,677	0,6777	0,7087	363	0,088	0,0881	0,0906
339	0,617	0,6176	0,6476	364	0,082	0,0821	0,0851
340	0,555	0,5556	0,5866	365	0,077	0,0771	0,0796
341	0,508	0,5085	0,5320	366	0,071	0,0711	0,0741
342	0,459	0,4595	0,4840	367	0,067	0,0671	0,0691
343	0,412	0,4124	0,4359	368	0,064	0,0641	0,0656
344	0,379	0,3794	0,3959	369	0,060	0,0601	0,0621
345	0,348	0,3483	0,3639	370	0,057	0,0571	0,0586
346	0,319	0,3193	0,3338	371	0,054	0,0541	0,0556
347	0,294	0,2943	0,3068	372	0,052	0,0521	0,0531
348	0,268	0,0268	0,1606	373	0,050	0,0501	0,0511
349	0,244	0,2442	0,1355	AUC Total			108,2475
350	0,226	0,2262	0,2352	Log SPF			1,3024
351	0,210	0,2102	0,2182	SPF			20,1465
352	0,192	0,1922	0,2012				

### E.3.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
290	2,429	2,4314		305	2,529	2,5315	2,5220
291	2,480	2,4825	2,4570	306	2,514	2,5165	2,5240
292	2,468	2,4705	2,4765	307	2,588	2,5906	2,5536
293	2,504	2,5065	2,4885	308	2,586	2,5886	2,5896
294	2,529	2,5315	2,5190	309	2,600	2,6026	2,5956
295	2,520	2,5225	2,5270	310	2,605	2,6076	2,6051
296	2,559	2,5616	2,5420	311	2,613	2,6156	2,6116
297	2,541	2,5435	2,5526	312	2,595	2,5976	2,6066
298	2,541	2,5435	2,5435	313	2,578	2,5806	2,5891
299	2,529	2,5315	2,5375	314	2,598	2,6006	2,5906
300	2,539	2,5415	2,5365	315	2,557	2,5596	2,5801
301	2,500	2,5025	2,5220	316	2,535	2,5375	2,5485
302	2,513	2,5155	2,5090	317	2,471	2,4735	2,5055

303	2,526	2,5285	2,522 0	318	2,248	2,2503	2,3619
304	2,510	2,5125	2,520 5	319	2,361	2,3634	2,3068
320	2,304	2,3063	2,334 8	344	0,361	0,3614	0,3789
321	2,234	2,2362	2,271 3	345	0,327	0,3273	0,3443
322	2,152	2,1542	2,195 2	346	0,298	0,2983	0,3128
323	2,066	2,0681	2,1111	347	0,274	0,2743	0,2863
324	1,980	1,9820	2,025 0	348	0,246	0,2462	0,2603
325	1,891	1,8929	1,937 4	349	0,223	0,2232	0,2347
326	1,788	1,7898	1,841 3	350	0,202	0,2022	0,2127
327	1,689	1,6907	1,740 2	351	0,186	0,1862	0,1942
328	1,589	1,5906	1,640 6	352	0,168	0,1682	0,1772
329	1,472	1,4735	1,532 0	353	0,152	0,1522	0,1602
330	1,369	1,3704	1,421 9	354	0,140	0,1401	0,1461
331	1,264	1,2653	1,317 8	355	0,127	0,1271	0,1336
332	1,165	1,1662	1,215 7	356	0,116	0,1161	0,1216
333	1,071	1,0721	1,119 1	357	0,105	0,1051	0,1106
334	0,984	0,9850	1,028 5	358	0,097	0,0971	0,1011
335	0,903	0,9039	0,944 4	359	0,089	0,0891	0,0931
336	0,812	0,8128	0,858 4	360	0,079	0,0791	0,0841
337	0,735	0,7357	0,774 3	361	0,070	0,0701	0,0746
338	0,668	0,6687	0,702 2	362	0,066	0,0661	0,0681
339	0,605	0,6056	0,637 1	363	0,060	0,0601	0,0631
340	0,545	0,5455	0,575 6	364	0,055	0,0551	0,0576
341	0,492	0,4925	0,519 0	AUC Total			108,5916
342	0,444	0,4444	0,468 5	Log SPF			1,4675
343	0,396	0,3964	0,420 4	SPF			29,3427

#### E.4 Tabulasi Hasil Absorbansi dan AUC Krim Tabir Surya Fab

##### E.4.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
290	2,504	2,5065		330	1,445	1,4464	1,4995
291	2,529	2,5315	2,519	331	1,343	1,3443	1,3954

			0				
292	2,554	2,5566	2,544 0	332	1,227	1,2282	1,2863
293	2,559	2,5616	2,559 1	333	1,138	1,1391	1,1837
294	2,560	2,5626	2,562 1	334	1,052	1,0531	1,0961
295	2,627	2,6296	2,596 1	335	0,964	0,9650	1,0090
296	2,626	2,6286	2,629 1	336	0,875	0,8759	0,9204
297	2,623	2,6256	2,627 1	337	0,789	0,7898	0,8328
298	2,611	2,6136	2,619 6	338	0,716	0,7167	0,7533
299	2,618	2,6206	2,617 1	339	0,653	0,6537	0,6852
300	2,592	2,5946	2,607 6	340	0,591	0,5916	0,6226
301	2,543	2,5455	2,570 1	341	0,537	0,5375	0,5646
302	2,586	2,5886	2,567 1	342	0,487	0,4875	0,5125
303	2,576	2,5786	2,583 6	343	0,438	0,4384	0,4630
304	2,579	2,5816	2,580 1	344	0,403	0,4034	0,4209
305	2,601	2,6036	2,592 6	345	0,370	0,3704	0,3869
306	2,621	2,6236	2,613 6	346	0,338	0,3383	0,3544
307	2,661	2,6637	2,643 6	347	0,312	0,3123	0,3253
308	2,576	2,5786	2,621 1	348	0,285	0,2853	0,2988
309	2,666	2,6687	2,623 6	349	0,258	0,2583	0,2718
310	2,695	2,6977	2,683 2	350	0,240	0,2402	0,2492
311	2,665	2,6677	2,682 7	351	0,222	0,2222	0,2312
312	2,666	2,6687	2,668 2	352	0,204	0,2042	0,2132
313	2,634	2,6366	2,652 7	353	0,188	0,1882	0,1962
314	2,618	2,6206	2,628 6	354	0,175	0,1752	0,1817
315	2,655	2,6577	2,639 1	355	0,163	0,1632	0,1692
316	2,609	2,6116	2,634 6	356	0,150	0,1502	0,1567
317	2,544	2,5465	2,579 1	357	0,141	0,1411	0,1456
318	2,504	2,5065	2,526 5	358	0,131	0,1311	0,1361
319	2,457	2,4595	2,483 0	359	0,123	0,1231	0,1271
320	2,389	2,3914	2,425 4	360	0,114	0,1141	0,1186



321	2,306	2,3083	2,349 8	361	0,104	0,1041	0,1091
322	2,246	2,2482	2,278 3	362	0,099	0,0991	0,1016
323	2,157	2,1592	2,203 7	363	0,094	0,0941	0,0966
324	2,066	2,0681	2,113 6	364	0,088	0,0881	0,0911
325	1,982	1,9840	2,026 0	365	0,082	0,0821	0,0851
326	1,869	1,8709	1,927 4	366	0,077	0,0771	0,0796
327	1,769	1,7708	1,820 8	367	0,073	0,0731	0,0751
328	1,673	1,6747	1,722 7	368	0,068	0,0681	0,0706
329	1,551	1,5526	1,613 6	369	0,065	0,0651	0,0666
370	0,062	0,0621	0,063 6	375	0,052	0,0521	0,0521
371	0,058	0,0581	0,060 1	376	0,050	0,0501	0,0511
372	0,055	0,0551	0,056 6	AUC Total			113,9079
373	0,053	0,0531	0,054 1	Log SPF			1,3245
374	0,052	0,0521	0,052 6	SPF			21,1106

#### E.4.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
290	2,384	2,3864		325	1,864	1,8659	1,9089
291	2,418	2,4204	2,403 4	326	1,760	1,7618	1,8138
292	2,416	2,4184	2,419 4	327	1,666	1,6677	1,7147
293	2,431	2,4334	2,425 9	328	1,577	1,5786	1,6231
294	2,467	2,4695	2,451 5	329	1,456	1,4575	1,5180
295	2,485	2,4875	2,478 5	330	1,360	1,3614	1,4094
296	2,494	2,4965	2,492 0	331	1,261	1,2623	1,3118
297	2,503	2,5055	2,501 0	332	1,159	1,1602	1,2112
298	2,499	2,5015	2,503 5	333	1,069	1,0701	1,1151
299	2,465	2,4675	2,484 5	334	0,994	0,9950	1,0325
300	2,473	2,4755	2,471 5	335	0,906	0,9069	0,9510
301	2,464	2,4665	2,471 0	336	0,823	0,8238	0,8654
302	2,482	2,4845	2,475 5	337	0,744	0,7447	0,7843
303	2,480	2,4825	2,483 5	338	0,676	0,6767	0,7107

304	2,487	2,4895	2,486 0	339	0,617	0,6176	0,6471
305	2,493	2,4955	2,492 5	340	0,557	0,5576	0,5876
306	2,531	2,5335	2,514 5	341	0,510	0,5105	0,5340
307	2,554	2,5566	2,545 0	342	0,459	0,4595	0,4850
308	2,523	2,5255	2,541 0	343	0,417	0,4174	0,4384
309	2,565	2,5676	2,546 5	344	0,384	0,3844	0,4009
310	2,564	2,5666	2,567 1	345	0,352	0,3524	0,3684
311	2,565	2,5676	2,567 1	346	0,322	0,3223	0,3373
312	2,584	2,5866	2,577 1	347	0,299	0,2993	0,3108
313	2,575	2,5776	2,582 1	348	0,273	0,2733	0,2863
314	2,538	2,5405	2,559 1	349	0,249	0,2492	0,2613
315	2,531	2,5335	2,537 0	350	0,231	0,2312	0,2402
316	2,489	2,4915	2,512 5	351	0,215	0,2152	0,2232
317	2,446	2,4484	2,470 0	352	0,197	0,1972	0,2062
318	2,400	2,4024	2,425 4	353	0,183	0,1832	0,1902
319	2,325	2,3273	2,364 9	354	0,171	0,1712	0,1772
320	2,268	2,2703	2,298 8	355	0,159	0,1592	0,1652
321	2,198	2,2002	2,235 2	356	0,148	0,1481	0,1537
322	2,119	2,1211	2,160 7	357	0,139	0,1391	0,1436
323	2,031	2,0330	2,077 1	358	0,130	0,1301	0,1346
324	1,950	1,9520	1,992 5	359	0,122	0,1221	0,1261
360	0,114	0,1141	0,118 1	372	0,060	0,0601	0,0611
361	0,104	0,1041	0,109 1	373	0,058	0,0581	0,0591
362	0,100	0,1001	0,102 1	374	0,057	0,0571	0,0576
363	0,095	0,0951	0,097 6	375	0,054	0,0541	0,0556
364	0,089	0,0891	0,092 1	376	0,054	0,0541	0,0541
365	0,083	0,0831	0,086 1	377	0,052	0,0521	0,0531
366	0,079	0,0791	0,081 1	378	0,051	0,0511	0,0516
367	0,075	0,0751	0,077 1	379	0,050	0,0501	0,0506
368	0,072	0,0721	0,073	AUC Total			108,9800

			6		
369	0,068	0,0681	0,070 1	Log SPF	1,2245
370	0,065	0,0651	0,066 6	SPF	16,2245
371	0,062	0,0621			0,0636

E.4.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		AUC	$\lambda$	Absorbansi		AUC
	19,98 ppm	20 ppm			19,98 ppm	20 ppm	
290	2,446	2,4484		318	2,450	2,4525	2,4950
291	2,493	2,4955	2,472 0	319	2,430	2,4324	2,4424
292	2,551	2,5536	2,524 5	320	2,354	2,3564	2,3944
293	2,503	2,5055	2,529 5	321	2,276	2,2783	2,3173
294	2,527	2,5295	2,517 5	322	2,209	2,2112	2,2447
295	2,589	2,5916	2,560 6	323	2,111	2,1131	2,1622
296	2,579	2,5816	2,586 6	324	2,033	2,0350	2,0741
297	2,600	2,6026	2,592 1	325	1,954	1,9560	1,9955
298	2,564	2,5666	2,584 6	326	1,835	1,8368	1,8964
299	2,574	2,5766	2,571 6	327	1,738	1,7397	1,7883
300	2,569	2,5716	2,574 1	328	1,641	1,6426	1,6912
301	2,570	2,5726	2,572 1	329	1,523	1,5245	1,5836
302	2,563	2,5656	2,569 1	330	1,419	1,4204	1,4725
303	2,563	2,5656	2,565 6	331	1,323	1,3243	1,3724
304	2,557	2,5596	2,562 6	332	1,211	1,2122	1,2683
305	2,556	2,5586	2,559 1	333	1,113	1,1141	1,1632
306	2,591	2,5936	2,576 1	334	1,029	1,0300	1,0721
307	2,588	2,5906	2,592 1	335	0,945	0,9459	0,9880
308	2,636	2,6386	2,614 6	336	0,857	0,8579	0,9019
309	2,645	2,6476	2,643 1	337	0,774	0,7748	0,8163
310	2,646	2,6486	2,648 1	338	0,704	0,7047	0,7397
311	2,683	2,6857	2,667 2	339	0,641	0,6416	0,6732
312	2,629	2,6316	2,658 7	340	0,578	0,5786	0,6101
313	2,607	2,6096	2,620 6	341	0,527	0,5275	0,5531

314	2,587	2,5896	2,599 6	342	0,478	0,4785	0,5030
315	2,579	2,5816	2,585 6	343	0,432	0,4324	0,4555
316	2,583	2,5856	2,583 6	344	0,395	0,3954	0,4139
317	2,535	2,5375	2,561 6	345	0,363	0,3634	0,3794
346	0,333	0,3333	0,348 3	365	0,092	0,0921	0,0951
347	0,309	0,3093	0,321 3	366	0,087	0,0871	0,0896
348	0,283	0,2833	0,296 3	367	0,083	0,0831	0,0851
349	0,258	0,2583	0,270 8	368	0,079	0,0791	0,0811
350	0,204	0,2042	0,231 2	369	0,074	0,0741	0,0766
351	0,224	0,2242	0,214 2	370	0,071	0,0711	0,0726
352	0,206	0,2062	0,215 2	371	0,068	0,0681	0,0696
353	0,192	0,1922	0,199 2	372	0,065	0,0651	0,0666
354	0,179	0,1792	0,185 7	373	0,064	0,0641	0,0646
355	0,167	0,1672	0,173 2	374	0,062	0,0621	0,0631
356	0,156	0,1562	0,161 7	375	0,060	0,0601	0,0611
357	0,147	0,1471	0,151 7	376	0,058	0,0581	0,0591
358	0,138	0,1381	0,142 6	377	0,057	0,0571	0,0576
359	0,131	0,1311	0,134 6	378	0,055	0,0551	0,0561
360	0,122	0,1221	0,126 6	379	0,054	0,0541	0,0546
361	0,113	0,1131	0,117 6	AUC Total			112,818 8
362	0,108	0,1081	0,110 6	Log SPF			1,2676
363	0,103	0,1031	0,105 6	SPF			18,5183
364	0,098	0,0981	0,1006				

#### f.E. Hasil Pengujian %TE

F.1 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TE Krim Tabir Surya F1

F.1.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,811	12,6621 6	$2,178 \times 10^{11}$	$2,48074 \times 10^{11}$
297,5	2,919	13,1486 5	$7,101 \times 10^{12}$	$4,62275 \times 10^{11}$
302,5	2,838	12,7837 8	$1,193 \times 10^{11}$	$1,193 \times 10^{10}$



307,5	2,869	12,9234 2	1,193x10 <sup>11</sup>	4,26736x10 <sup>11</sup>
312,5	2,909	13,1036 0	7,878x10 <sup>12</sup>	7,66845x10 <sup>12</sup>
317,5	2,832	12,7567 6	1,751x10 <sup>11</sup>	9,92817x10 <sup>12</sup>
322,5	2,485	11,19369	6,402x10 <sup>10</sup>	2,91291x10 <sup>10</sup>
327,5	1,966	8,85586	1,394x10 <sup>7</sup>	4,02866x10 <sup>8</sup>
332,5	1,354	6,09910	0,00007959	1,02671x10 <sup>5</sup>
337,5	0,864	3,89189	0,01283	0,00058504 8
%TxFe total				0,00059535 6
%TE				0,00002513 6

### F.1.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,407	10,8423	1,438x10 <sup>9</sup>	1,63788x10 <sup>9</sup>
297,5	2,464	11,0991	7,959x10 <sup>10</sup>	5,18131x10 <sup>9</sup>
302,5	2,436	10,9730	1,064x10 <sup>9</sup>	1,064x10 <sup>8</sup>
307,5	2,494	11,2342	5,831x10 <sup>10</sup>	2,08575x10 <sup>9</sup>
312,5	2,515	11,3288	4,689x10 <sup>10</sup>	4,56427x10 <sup>10</sup>
317,5	2,366	10,6577	2,199x10 <sup>9</sup>	1,24683x10 <sup>9</sup>
322,5	2,009	9,0495	8,922x10 <sup>8</sup>	4,05951x10 <sup>8</sup>
327,5	1,569	7,0676	0,00000855 9	2,47355x10 <sup>6</sup>
332,5	1,074	4,8378	0,00145300	0,00018743 7
337,5	0,689	3,1036	0,07878000	0,00359236 8
%TxFe total				0,00378234
%TE				0,00016

### F.1.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,780	12,5225	3,002x10 <sup>11</sup>	3,41928x10 <sup>11</sup>
297,5	2,819	12,6982	2,004x10 <sup>11</sup>	1,3046x10 <sup>10</sup>
302,5	2,752	12,3964	4,014x10 <sup>11</sup>	4,014x10 <sup>10</sup>
307,5	2,780	12,5225	3,002x10 <sup>11</sup>	1,07382x10 <sup>10</sup>
312,5	2,850	12,8378	1,453x10 <sup>11</sup>	1,41435x10 <sup>11</sup>
317,5	2,734	12,3153	4,838x10 <sup>11</sup>	2,74315x10 <sup>11</sup>

322,5	2,409	10,8514	$1,408 \times 10^9$	$6,4064 \times 10^{10}$
327,5	1,918	8,6396	$2,293 \times 10^7$	$6,62677 \times 10^8$
332,5	1,301	5,8604	0,0001379	$1,77891 \times 10^5$
337,5	0,838	3,7748	0,01679	0,000765624
%TxFe total				0,000783481
%TE				0,000033079

## F.2 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TE Krim Tabir Surya Fa

### F.2.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,279	10,2658	$1,098 \times 10^{-9}$	$1,25062 \times 10^{-9}$
297,5	2,34	10,5405	$2,881 \times 10^{-9}$	$1,87553 \times 10^{-8}$
302,5	2,308	10,3964	$4,014 \times 10^{-9}$	$4,014 \times 10^{-8}$
307,5	2,373	10,6892	$2,046 \times 10^{-9}$	$7,31854 \times 10^{-9}$
312,5	2,394	10,7838	$1,645 \times 10^{-9}$	$1,60124 \times 10^{-9}$
317,5	2,264	10,1982	$6,336 \times 10^{-9}$	$3,59251 \times 10^{-9}$
322,5	1,929	8,6892	$2,046 \times 10^{-9}$	$9,3093 \times 10^{-8}$
327,5	1,496	6,7387	0,00001825	$5,27425 \times 10^{-6}$
332,5	1,016	4,5766	0,00265094	0,000341971
337,5	0,639	2,8784	0,13231223	0,006033438
%TxFe total				0,006380849
%TE				0,000269

### F.2.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,433	10,9595	$1,098 \times 10^{-9}$	$1,25062 \times 10^{-9}$
297,5	2,476	11,1532	$7,027 \times 10^{-10}$	$4,57458 \times 10^{-9}$
302,5	2,438	10,9820	$1,042 \times 10^{-9}$	$1,042 \times 10^{-8}$
307,5	2,484	11,1892	$6,468 \times 10^{-10}$	$2,3136 \times 10^{-9}$
312,5	2,534	11,4144	$3,851 \times 10^{-9}$	$3,74856 \times 10^{-9}$
317,5	2,409	10,8514	$1,408 \times 10^{-9}$	$7,98336 \times 10^{-10}$
322,5	2,044	9,2072	$6,206 \times 10^{-9}$	$2,82373 \times 10^{-8}$
327,5	1,609	7,2477	0,000005653	$1,63372 \times 10^{-6}$
332,5	1,102	4,9640	0,001086426	0,000140149
337,5	0,694	3,1261	0,074799725	0,003410867
%TxFe total				0,003552701
%TE				0,00015

### F.2.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		

292,5	2,414	10,8739	$1,337 \times 10^{-9}$	$1,52284 \times 10^{-9}$
297,5	2,468	11,1171	$7,637 \times 10^{-10}$	$4,97169 \times 10^{-9}$
302,5	2,447	11,0225	$9,495 \times 10^{-10}$	$9,495 \times 10^{-9}$
307,5	2,489	11,2117	$6,142 \times 10^{-10}$	$2,19699 \times 10^{-9}$
312,5	2,522	11,3604	$4,361 \times 10^{-10}$	$4,245 \times 10^{-10}$
317,5	2,381	10,7252	$1,883 \times 10^{-9}$	$1,06766 \times 10^{-9}$
322,5	2,04	9,1892	$6,468 \times 10^{-8}$	$2,94294 \times 10^{-8}$
327,5	1,593	7,1757	0,000006673	$1,9285 \times 10^{-6}$
332,5	1,091	4,9144	0,001217867	0,000157105
337,5	0,684	3,0811	0,082966597	0,003783277
%TxFe total				0,003942359
%TE				0,000166

### F.3 Tabulasi Hasil Absorbansi dan % TE Krim Tabir Surya Fb

#### F.3.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,577	11,6081	$2,465 \times 10^{-10}$	$2,80764 \times 10^{-10}$
297,5	2,646	11,9189	$1,205 \times 10^{-10}$	$7,84455 \times 10^{-10}$
302,5	2,580	11,6216	$2,39 \times 10^{-10}$	$2,39 \times 10^{-9}$
307,5	2,617	11,7883	$1,628 \times 10^{-10}$	$5,82336 \times 10^{-10}$
312,5	2,668	12,0180	$9,594 \times 10^{-10}$	$9,3388 \times 10^{-11}$
317,5	2,519	11,3468	$4,499 \times 10^{-10}$	$2,55139 \times 10^{-10}$
322,5	2,176	9,8018	$8,283 \times 10^{-8}$	$3,76877 \times 10^{-8}$
327,5	1,696	7,6396	0,000002292	$6,62388 \times 10^{-7}$
332,5	1,162	5,2342	0,00058320	$7,52328 \times 10^{-5}$
337,5	0,738	3,3243	0,04739145	0,002161050
%TxFe total				0,002236987
%TE				0,000094450

#### F.3.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,462	11,0901	$8,126 \times 10^{-10}$	$9,25551 \times 10^{-10}$
297,5	2,530	11,3964	$4,014 \times 10^{-10}$	$2,61311 \times 10^{-9}$
302,5	2,485	11,1937	$6,349 \times 10^{-10}$	$6,349 \times 10^{-10}$
307,5	2,553	11,5000	$3,162 \times 10^{-10}$	$1,13105 \times 10^{-9}$
312,5	2,575	11,5991	$2,517 \times 10^{-10}$	$2,45005 \times 10^{-10}$

317,5	2,420	10,9009	$1,256 \times 10^{-9}$	$7,12152 \times 10^{-10}$
322,5	2,069	9,3198	$4,788 \times 10^{-8}$	$2,17854 \times 10^{-8}$
327,5	1,612	7,2613	0,0000054 79	$1,58343 \times 10^{-6}$
332,5	1,108	4,9910	0,0010210 00	0,000131709
337,5	0,707	3,1847	0,0653581 88	0,002980333
%TxFe total				0,00311366
%TE				0,000131

### F.3.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,489	11,2117	$6,142 \times 10^{-10}$	$6,99574 \times 10^{-10}$
297,5	2,566	11,5586	$2,763 \times 10^{-10}$	$1,79871 \times 10^{-9}$
302,5	2,508	11,2973	$5,04 \times 10^{-10}$	$5,043 \times 10^{-9}$
307,5	2,592	11,6757	$2,11 \times 10^{-10}$	$7,54747 \times 10^{-10}$
312,5	2,589	11,6622	$2,177 \times 10^{-10}$	$2,11909 \times 10^{-10}$
317,5	2,450	11,0360	$9,204 \times 10^{-10}$	$5,21867 \times 10^{-10}$
322,5	2,099	9,4550	$3,508 \times 10^{-10}$	$1,59614 \times 10^{-8}$
327,5	1,627	7,3288	0,00000469	$1,35541 \times 10^{-6}$
332,5	1,114	5,0180	0,00095940	0,000123763
337,5	0,702	3,1622	0,06883352	0,003138809
%TxFe total				0,003263952
%TE				0,000138

### F.4 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TE Krim Tabir Surya Fab

#### F.4.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,537	11,4279	$3,718 \times 10^{-10}$	$4,2348 \times 10^{-10}$
297,5	2,625	11,8243	$1,499 \times 10^{-10}$	$9,7585 \times 10^{-10}$
302,5	2,610	11,7568	$1,751 \times 10^{-10}$	$1,751 \times 10^{-9}$
307,5	2,633	11,8604	$1,379 \times 10^{-10}$	$4,9327 \times 10^{-10}$
312,5	2,622	11,8108	$1,546 \times 10^{-10}$	$1,5049 \times 10^{-10}$
317,5	2,527	11,3829	$4,141 \times 10^{-10}$	$2,3479 \times 10^{-10}$
322,5	2,194	9,8829	$1,309 \times 10^{-10}$	$5,956 \times 10^{-9}$
327,5	1,714	7,7207	0,00000190 2	$5,4968 \times 10^{-7}$
332,5	1,188	5,3514	0,00044524 6	$5,7437 \times 10^{-5}$



337,5	0,758	3,4144	0,03851234 8	0,00175616
TxFe total				0,00181416
%TE				0,00007660

#### F.4.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,453	11,0495	$8,923 \times 10^{-10}$	$1,01633 \times 10^{-9}$
297,5	2,496	11,2432	$5,712 \times 10^{-10}$	$3,71851 \times 10^{-9}$
302,5	2,470	11,1261	$7,48 \times 10^{-10}$	$7,48000 \times 10^{-9}$
307,5	2,552	11,4955	$3,195 \times 10^{-10}$	$1,14285 \times 10^{-9}$
312,5	2,536	11,4234	$3,772 \times 10^{-10}$	$3,67166 \times 10^{-10}$
317,5	2,408	10,8468	$1,423 \times 10^{-9}$	$8,06841 \times 10^{-10}$
322,5	2,081	9,3739	$4,228 \times 10^{-8}$	$1,92374 \times 10^{-8}$
327,5	1,615	7,2748	0,00000531 1	$1,53488 \times 10^{-6}$
332,5	1,120	5,0450	0,0009015 71	0,000116303
337,5	0,714	3,2162	0,0607855 01	0,002771819
%TxFe total				0,002889690
%TE				0,000122

#### F.4.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFe
	0,222 g/L	1 g/L		
292,5	2,496	11,2432	$5,712 \times 10^{-10}$	$6,50597 \times 10^{-10}$
297,5	2,588	11,6577	$2,199 \times 10^{-10}$	$1,43155 \times 10^{-9}$
302,5	2,504	11,2793	$5,256 \times 10^{-10}$	$5,256 \times 10^{-9}$
307,5	2,598	11,7027	$1,983 \times 10^{-10}$	$7,09319 \times 10^{-10}$
312,5	2,594	11,6847	$2,066 \times 10^{-10}$	$2,01104 \times 10^{-10}$
317,5	2,488	11,2072	$6,206 \times 10^{-10}$	$3,5188 \times 10^{-10}$
322,5	2,153	9,6982	$2,003 \times 10^{-10}$	$9,11365 \times 10^{-9}$
327,5	1,684	7,5856	$2,596 \times 10^{-7}$	$7,50244 \times 10^{-8}$
332,5	1,156	5,2072	0,0006206	$8,00574 \times 10^{-5}$
337,5	0,739	3,3288	0,0469029	0,002138774
%TxFe total				0,002218924
%TE				0,00009368

f.F. Hasil Pengujian %TP

G.1 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TP Krim Tabir Surya F1

G.1.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		%T	% TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
332,5	1,359	6,121622	0,00007557	7,07335 x 10 <sup>-5</sup>
337,5	0,861	3,878378	0,013231894	0,010559051
342,5	0,530	2,387387	0,409838733	0,274182112
347,5	0,340	1,531532	2,940816998	1,676265689
352,5	0,218	0,981982	10,42360631	5,086719879
357,5	0,146	0,657658	21,99591334	10,03013648
362,5	0,100	0,450450	35,4445935	12,61827529
367,5	0,070	0,315315	48,38213178	14,99846085
372,5	0,049	0,220721	60,15600683	15,64056178
%TxFp total				60,33523186
%TP				12,45823

G.1.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
332,5	1,075	4,842342	0,00143767	0,001345655
337,5	0,68	3,063063	0,08648425	0,069014428
342,5	0,426	1,918919	1,20553827	0,806505099
347,5	0,28	1,261261	5,47947563	3,123301111
352,5	0,185	0,833333	14,6780039	7,162865923
357,5	0,13	0,585586	25,966535	11,84073994
362,5	0,093	0,418919	38,1136902	13,56847373
367,5	0,067	0,301802	49,9111987	15,47247159
372,5	0,049	0,220721	60,1560068	15,64056178
%TxFp total				67,68527924
%TP				13,9758991

G.1.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		%T	%TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
332,5	1,314	5,918919	0,000121	0,000113
337,5	0,825	3,716216	0,019221	0,015339

5				
342,5	0,518	2,333333	0,464159	0,310523
347,5	0,343	1,545045	2,850723	1,624912
352,5	0,227	1,022523	9,494607	4,633368
357,5	0,163	0,734234	18,44022	8,408738
362,5	0,118	0,531532	29,40817	10,46931
367,5	0,085	0,382883	41,41112	12,83745
372,5	0,063	0,283784	52,02547	13,52662
%TxFp total				51,82637
%TP				10,70129

G.2 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TP Krim Tabir Surya Fa

G.2.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
322,5	1,929	8,6892	2,046E-07	$2,20763 \times 10^{-7}$
327,5	1,496	6,7387	0,00001825	0,00001862
332,5	1,016	4,5766	0,002651	0,00248134
337,5	0,639	2,8784	0,13231223	0,10558516
342,5	0,391	1,7613	1,73260674	1,15911391
347,5	0,239	1,0766	8,38301031	4,77831587
352,5	0,147	0,6622	21,7670713	10,6223308
357,5	0,092	0,4144	38,5123482	17,5616308
362,5	0,057	0,2568	55,3604995	19,7083378
367,5	0,033	0,1486	71,0231614	22,0171800
372,5	0,018	0,0811	82,9659709	21,5711524
%TxFp total				97,5261470
%TP				14,0487

G.2.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
322,5	2,044	9,2072	$6,206 \times 10^{-8}$	$6,69627 \times 10^{-8}$
327,5	1,609	7,2477	0,00000565 3	$5,76606 \times 10^{-6}$
332,5	1,102	4,9640	0,00108642 6	0,001016894
337,5	0,694	3,1261	0,07479972	0,059690180

5			5	
342,5	0,424	1,9099	1,230552083	0,823239344
347,5	0,262	1,1802	6,603892575	3,764218768
352,5	0,160	0,7207	19,02391952	9,283672726
357,5	0,101	0,4550	35,0751874	15,99428545
362,5	0,063	0,2838	52,02355187	18,52038447
367,5	0,038	0,1712	67,42174676	20,90074150
372,5	0,020	0,0901	81,26433766	21,12872779
%TxFp total				90,47598295
%TP				13,03313

### G.2.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
322,5	2,040	9,1892	$6,468 \times 10^{-8}$	$6,97897 \times 10^{-8}$
327,5	1,593	7,1757	0,000006673	$6,80646 \times 10^{-6}$
332,5	1,091	4,9144	0,001217867	0,001139924
337,5	0,684	3,0811	0,082965971	0,066206845
342,5	0,412	1,8559	1,393477626	0,932236532
347,5	0,253	1,1396	7,251034976	4,133089936
352,5	0,158	0,7117	19,42227057	9,478068038
357,5	0,099	0,4459	35,81789013	16,33295790
362,5	0,060	0,2703	53,6660956	19,10513003
367,5	0,035	0,1577	69,55045892	21,56064227
372,5	0,019	0,0856	82,11074641	21,34879407
%TxFp total				92,95827242
%TP				13,3907

### G.3 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TP Krim Tabir Surya Fb

#### G.3.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
322,5	2,176	9,8018	$1,578 \times 10^{-8}$	$1,70266 \times 10^{-8}$
327,5	1,696	7,6396	0,000002293	$2,33886 \times 10^{-6}$
332,5	1,162	5,2342	0,000583200	0,000545875
337,5	0,738	3,3243	0,047391450	0,037818377



5				
342,5	0,455	2,0495	0,892277620	0,596933728
347,5	0,285	1,2838	5,202355187	2,965342457
352,5	0,181	0,8153	15,30030189	7,466547322
357,5	0,121	0,5450	28,51018268	13,00064330
362,5	0,081	0,3649	43,16184492	15,36561679
367,5	0,054	0,2432	57,12155216	17,70768117
372,5	0,038	0,1712	67,42174676	17,52965416
%TxFp total				74,67078554
%TP				10,75638

### G.3.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
322,5	2,069	9,3198	$4,788 \times 10^{-8}$	$5,16625 \times 10^{-8}$
327,5	1,612	7,2613	0,000005479	$5,58858 \times 10^{-6}$
332,5	1,108	4,9910	0,001020940	0,000955600
337,5	0,707	3,1847	0,065535819	0,052297583
342,5	0,442	1,9910	1,020939484	0,683008515
347,5	0,281	1,2658	5,422505485	3,090828126
352,5	0,185	0,8333	14,67911930	7,163410218
357,5	0,127	0,5721	26,78551495	12,21419482
362,5	0,09	0,4054	39,31877693	13,99748459
367,5	0,066	0,2973	50,43128103	15,63369712
372,5	0,051	0,2297	58,92505547	15,32051442
%TxFp total				68,15639663
%TP				9,817977

### G.3 3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
322,5	2,099	9,4550	$3,507 \times 10^{-8}$	$3,78405 \times 10^{-8}$
327,5	1,627	7,3288	$4,6902 \times 10^{-6}$	$4,784 \times 10^{-6}$
332,5	1,114	5,0180	0,0009594	0,000897998
337,5	0,702	3,1622	0,06883352	0,054929152

342,5	0,426	1,9189	1,20531344	0,806354693
347,5	0,26	1,1712	6,74217468	3,843039565
352,5	0,158	0,7117	19,4222706	9,478068038
357,5	0,1	0,4505	35,440513	16,16087394
362,5	0,062	0,2793	52,5654032	18,71328354
367,5	0,036	0,1622	68,8335233	21,33839223
372,5	0,021	0,0946	80,4266538	20,91092999
%TxFp total				91,30677397
%TP				13,15281

G.4 Tabulasi Hasil Absorbansi dan %TP Krim Tabir Surya Fab

G.4.1 Replikasi 1

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
322,5	2,194	9,8829	$1,395 \times 10^{-8}$	$1,50521 \times 10^{-8}$
327,5	1,714	7,7207	0,000001902	$1,94004 \times 10^{-6}$
332,5	1,188	5,3514	0,000445246	0,000416750
337,5	0,758	3,4144	0,038512348	0,030732854
342,5	0,472	2,1261	0,747997248	0,500410159
347,5	0,300	1,3514	4,452459728	2,537902045
352,5	0,196	0,8829	13,09483408	6,390279031
357,5	0,135	0,6081	24,65471576	11,24255039
362,5	0,095	0,4279	37,33361117	13,29076558
367,5	0,071	0,3198	47,88505604	14,84436737
372,5	0,054	0,2432	57,12155216	14,85160356
%TxFp total				63,68902969
%TP				9,17445

G.4.2 Replikasi 2

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
322,5	2,081	9,3739	4,228E-08	4,56201E-08
327,5	1,615	7,2748	0,000005311	5,41722E-06
332,5	1,120	5,0450	0,000901571	0,000843871
337,5	0,714	3,2162	0,060785501	0,04850683
342,5	0,439	1,9775	1,053173687	0,704573197
347,5	0,287	1,2928	5,095654806	2,904523239
352,5	0,190	0,8559	13,93477626	6,800170815
357,5	0,134	0,6036	24,91150697	11,35964718
362,5	0,097	0,4369	36,56788983	13,01816878
367,5	0,073	0,3288	46,90293284	14,53990918
372,5	0,058	0,2613	54,78983594	14,24535734
%TxFp total				63,6217059
%TP				9,164752

G.4.3 Replikasi 3

$\lambda$	Absorbansi		%T	TxFp
	0,222 g/L	1 g/L		
322,5	2,153	9,6982	$2,029 \times 10^{-8}$	$2,18929 \times 10^{-8}$
327,5	1,684	7,5856	0,00000259 7	$2,64894 \times 10^{-6}$
332,5	1,156	5,2072	0,00062058 3	0,000580866
337,5	0,739	3,3288	0,04690293 3	0,037428540
342,5	0,461	2,0766	0,83830103 1	0,560823389
347,5	0,298	1,3423	4,54673874 1	2,591641082
352,5	0,197	0,8874	12,9598507 5	6,324407166
357,5	0,142	0,6396	22,9297859 2	10,45598238
362,5	0,104	0,4685	34,0016505 8	12,10458761
367,5	0,080	0,3604	43,6113971 4	13,51953311
372,5	0,064	0,2883	51,4872860 1	13,38669436
%TxFp total				58,98168118
%TP				8,496353

**f.G.Hasil Pengolahan Respon menggunakan *Desain Expert Trial* 10.0.6**

**H.1 Hasil Pengolahan Respon pH  
Response 1 pH**

**ANOVA for selected factorial model**

**Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1,00	3	0,33	162,88	< 0.0001	significant
A-TiO2	0,19	1	0,19	91,84	< 0.0001	
B-ZnO	0,73	1	0,73	357,62	< 0.0001	
AB	0,080	1	0,080	39,20	0,0002	
Pure Error	0,016	8	2,042E-003			
Cor Total	1,01	11				

The Model F-value of 162,88 implies the model is significant. There is only a 0,01% chance that an F-value this large could occur due to noise. Values of "Prob > F" less than 0,0500 indicate model terms are significant. In this case A, B, AB are significant model terms.

Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

Std. Dev. 0,045 R-Squared 0,9839

Mean	5,04	Adj R-Squared	0,9779
C.V. %	0,90	Pred R-Squared	0,9638
PRESS	0,037	Adeq Precision	28,494
-2 Log Likelihood	-45,14	BIC	-35,20
		AICc	-31,42

The "Pred R-Squared" of 0,9638 is in reasonable agreement with the "Adj R-Squared" of 0,9779; i.e. the difference is less than 0.2.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 28,494 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Factor	Coefficient		Standard Error	95% CI		VIF
	Estimate	Df		Low	High	
Intercept	5,04	1	0,013	5,01	5,07	
A-TiO2	0,12	1	0,013	0,095	0,16	1,00
B-ZnO	-0,25	1	0,013	-0,28	-0,22	1,00
AB	0,082	1	0,013	0,052	0,11	1,00

**Final Equation in Terms of Coded Factors:**

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \\ &+5,04 \\ &+0,12 \quad * A \\ &-0,25 \quad * B \\ &+0,082 \quad * AB \end{aligned}$$

**Final Equation in Terms of Actual Factors:**

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \\ &+5,40583 \\ &+3,33333\text{E-}003 \quad * \text{TiO}_2 \\ &-0,38278 \quad * \text{ZnO} \\ &+0,10889 \quad * \text{TiO}_2 * \text{ZnO} \end{aligned}$$

**H.2 Hasil Pengolahan Respon Viskositas Response2 Viskositas**

**ANOVA for selected factorial model**

**Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	
Model	2291,67	3	763,89	30,56	< 0.0001	Significant
A-TiO2	408,33	1	408,33	16,33	0,0037	
B-ZnO	1875,00	1	1875,00	75,00	< 0.0001	
AB	8,33	1	8,33	0,33	0,5796	
Pure Error	200,00	8	25,00			
Cor Total	2491,67	11				

The Model F-value of 30,56 implies the model is significant. There is only a 0,01% chance that an F-value this large could occur due to noise.



Values of "Prob > F" less than 0,0500 indicate model terms are significant. In this case A, B are significant model terms.

Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant.

If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

Std. Dev.	5,00	R-Squared	0,9197
Mean	109,17	Adj R-Squared	0,8896
C.V. %	4,58	Pred R-Squared	0,8194
PRESS	450,00	Adeq Precision	12,702
-2 Likelihood	Log 67,82	BIC	77,76
		AICc	81,53

The "Pred R-Squared" of 0,8194 is in reasonable agreement with the "Adj R-Squared" of 0,8896; i.e. the difference is less than 0.2.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 12,702 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Factor	Coefficient Estimate	Standard 95% CI		95% CI		VIF
		df	Error	Low	High	
Intercept	109,17	1	1,44	105,84	112,50	
A-TiO2	5,83	1	1,44	2,50	9,16	1,00
B-ZnO	12,50	1	1,44	9,17	15,83	1,00
AB	-0,83	1	1,44	-4,16	2,50	1,00

**Final Equation in Terms of Coded Factors:**

$$\begin{aligned} \text{Viskositas} &= \\ &+109,17 \\ &+5,83 \quad * A \\ &+12,50 \quad * B \\ &-0,83 \quad * AB \end{aligned}$$

**Final Equation in Terms of Actual Factors:**

$$\begin{aligned} \text{Viskositas} &= \\ &+78,61111 \\ &+9,44444 \quad * \text{TiO}_2 \\ &+13,88889 \quad * \text{ZnO} \\ &-1,11111 \quad * \text{TiO}_2 * \text{ZnO} \end{aligned}$$

**H.3 Hasil Pengolahan Respon SPF**

**Respon 3 SPF**

**ANOVA for selected factorial model**

**Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	Prob > F
--------	----------------	----	-------------	---------	----------

Model	126,23	3	42,08	1,90	0,2078	not significant
A-TiO <sub>2</sub>	0,70	1	50,70	2,29	0,1685	
B-ZnO	53,42	1	53,42	2,41	0,1588	
AB	22,11	1	22,11	1,00	0,3467	
Pure Error	176,97	8	22,12			
Cor Total	303,19	11				

The Model F-value of 1,90 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 20,78 % chance that a F-value this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0,0500 indicate model terms are significant. In this case there are no significant model terms.

Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

Std. Dev.	4,70	R-Squared	0,4163
Mean	24,14	Adj R-Squared	0,1974
C.V. %	19,48	Pred R-Squared	-0,3133
PRESS	398,17	Adeq Precision	3,068
-2 Log Likelihood	66,35	BIC	76,29
		AICc	80,06

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean may be a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio of 3,07 indicates an inadequate signal and we should not use this model to navigate the design space.

Factor	Coefficient		Standard Error	95% CI		VIF
	Estimate	df		Low	High	
Intercept	24,14	1	1,36	21,01	27,27	
A-TiO <sub>2</sub>	-2,06	1	1,36	-5,19	1,08	1,00
B-ZnO	-2,11	1	1,36	-5,24	1,02	1,00
AB	-1,36	1	1,36	-4,49	1,77	1,00

**Final Equation in Terms of Coded Factors:**

$$\begin{aligned} \text{SPF} &= \\ &+24,14 \\ &-2,06 \quad * A \\ &-2,11 \quad * B \\ &-1,36 \quad * AB \end{aligned}$$

**Final Equation in Terms of Actual Factors:**

$$\begin{aligned} \text{SPF} &= \\ &+27,33757 \\ &-0,025783 \quad * \text{TiO}_2 \\ &+0,15243 \quad * \text{ZnO} \\ &-1,80986 \quad * \text{TiO}_2 * \text{ZnO} \end{aligned}$$

H.4 Hasil Pengolahan Respon %TE

**Response 4 %TE**

## ANOVA for selected factorial model

### Analysis of variance table Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	f	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1,840E-008	3	6,133E-009	1,05	0,4214	not significant
A-TiO <sub>2</sub>	1,333E-010	1	1,333E-010	0,023	0,8836	
B-ZnO	1,613E-008	1	1,613E-008	2,77	0,1349	
AB	2,133E-009	1	2,133E-009	0,37	0,5621	
Pure Error	4,667E-008	8	5,833E-009			
Cor Total	6,507E-008	11				

The Model F-value of 1,05 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 42,14 % chance that a F-value this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0,0500 indicate model terms are significant. In this case there are no significant model terms.

Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant.

If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

Std. Dev.	7,638E-005	R-Squared	0,2828
Mean	1,433E-004	Adj R-Squared	0,0138
C.V. %	53,29	Pred R-Squared	-0,6137
PRESS	1,050E-007	Adeq Precision	2,268
-2log Likelihood	-198,33	BIC	-188,39
		AICc	-184,61

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean may be a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio of 2,27 indicates an inadequate signal and we should not use this model to navigate the design space

Factor	Coefficient		Standard Error	95% CI		VIF
	Estimate	df		Low	High	
Intercept	1,433E-004	1	2,205E-005	9,249E-005	1,942E-004	
A-TiO <sub>2</sub>	3,333E-006	1	2,205E-005	-4,751E-005	5,418E-005	1,00
B-ZnO	-3,667E-005	1	2,205E-005	-8,751E-005	1,418E-005	1,00
AB	-1,333E-005	1	2,205E-005	-6,418E-005	3,751E-005	1,00

### Final Equation in Terms of Coded Factors:

$$\begin{aligned} \%TE &= \\ &+1,433E-004 \\ &+3,333E-006 * A \\ &-3,667E-005 * B \\ &-1,333E-005 * AB \end{aligned}$$

### Final Equation in Terms of Actual Factors:

$$\%TE =$$

- +1,59444E-004
- +3,11111E-005 \* TiO2
- 1,44444E-005 \* ZnO
- 1,77778E-005 \* TiO2 \* ZnO

H.5 Hasil Pengolahan Respon %TP

Respon 5 %TP  
se

ANOVA for selected factorial model

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Model	33,98	3	11,33	7,48	0,0104	Significant
A-TiO2	1,05	1	1,05	0,70	0,4286	
B-ZnO	24,21	1	24,21	15,98	0,0040	
AB	8,72	1	8,72	5,76	0,0432	
Pure Error	12,12	8	1,51			
Cor Total	46,10	11				

The Model F-value of 7,48 implies the model is significant. There is only a 1,04% chance that an F-value this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0,0500 indicate model terms are significant. In this case B, AB are significant model terms.

Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

Std. Dev.	1,23	R-Squared	0,7371
Mean	11,51	Adj R-Squared	0,6386
C.V. %	10,69	Pred R-Squared	0,4085
PRESS	27,27	Adeq Precision	6,397
-2 Log Likelihood	34,17	BIC	44,11
		AICc	47,89

The "Pred R-Squared" of 0,4085 is not as close to the "Adj R-Squared" of 0,6386 as one might normally expect; i.e. the difference is more than 0.2. This may indicate a large block effect or a possible problem with your model and/or data. Things to consider are model reduction, response transformation, outliers, etc. All empirical models should be tested by doing confirmation runs.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 6,397 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Factor	Coefficient Estimate	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	11,51	0,36	10,69	12,33	
A-TiO2	-0,30	0,36	-1,12	0,52	1,00
B-ZnO	-1,42	0,36	-2,24	-0,60	1,00
AB	-0,85	0,36	-1,67	-0,033	1,00



## Final Equation in Terms of Coded Factors:

$$P = 0,51 + 0,30 * A + 1,42 * B + 0,85 * AB$$

## Final Equation in Terms of Actual Factors:

$$\begin{aligned} \%TP = & +12,00758 \\ & +1,30984 * TiO_2 \\ & +2,17641E-004 * ZnO \\ & -1,13652 * TiO_2 * ZnO \end{aligned}$$

## f.H. Hasil Optimasi

Name	Goal	Constraints				Importance
		Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	
A:TiO <sub>2</sub>	is in range	0,5	2	1	1	3
B:ZnO	is in range	0,5	2,5	1	1	3
SPF	maximize	6	30	1	1	5
%TE	minimize	0	1	1	1	5
%TP	minimize	3	40	1	1	5
pH	is in range	4,5	6,5	1	1	3
Viskositas	is in range	50	150	1	1	3

## Solutions

	TiO <sub>2</sub>	ZnO	SPF	%TE	%TP	pH	Viskositas	Desirability	Selecte d
1	0,500	0,500	26,948	0,000	12,378	5,243	90,000	0,867	
2	0,500	0,509	26,942	0,000	12,374	5,241	90,115	0,867	
3	0,506	0,500	26,943	0,000	12,383	5,244	90,057	0,867	
4	0,500	0,576	26,891	0,000	12,335	5,218	91,010	0,867	
5	0,518	0,500	26,931	0,000	12,392	5,244	90,164	0,867	
6	0,500	0,607	26,868	0,000	12,318	5,208	91,427	0,866	
7	0,526	0,500	26,924	0,000	12,398	5,245	90,237	0,866	
8	0,500	0,637	26,845	0,000	12,301	5,198	91,824	0,866	

**f.I. Contoh Perhitungan**

**J.1 Contoh Perhitungan Nilai SPF Secara *In Vitro***

Sediaan krim mengandung 9% bahan aktif tabir surya, sehingga dalam 100 g sediaan mengandung 9 gram bahan aktif tabir surya. Preparasi sampel untuk pengujian nilai SPF, %TE dan %TP dilakukan secara bersamaan, sehingga proses dan pengenceran sama. sampel krim tabir surya ditimbang sebanyak 22,2 mg sehingga mengandung 1,998 mg bahan aktif. Krim yang telah ditimbang kemudian diencerkan dengan isopropanol hingga mengandung 19,98 ppm bahan aktif. Nilai absorbansi pada 19,98 ppm diubah menjadi 20 ppm.

$$\begin{aligned} & \times 1000 \text{ ppm} & = 199,8 \text{ ppm} \\ & \times 199,8 \text{ ppm} & = 19,98 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Nilai absorbansi pada 19,98 ppm diubah menjadi 20 ppm

$$\begin{aligned} \text{Contoh besar absorbansi} & = 2,738 \\ \times 2,738 & = 2,740741 \end{aligned}$$

AUC

$$\begin{aligned} [\text{AUC}] & = x (\lambda_p - \lambda_{p-a}) \\ [\text{AUC}] & \times (291 - 290) \\ & = 2,74675 \end{aligned}$$

SPF

$$\begin{aligned} \text{Log SPF} & = \\ & = \\ \text{SPF} & = 33,556 \end{aligned}$$

**J.2 Contoh Perhitungan Nilai %TE**

Penimbangan sampel krim sebesar 22,2 mg. Krim yang telah ditimbang tersebut diencerkan dengan isopropanol hingga sampel dalam kuvet sebesar 0,222 g/L. Nilai absorbansi pada 0,222 g/L diubah menjadi 1 g/L.

$$\begin{aligned} \times 1000 & = 2220 \text{ ppm} = 2,22 \text{ g/L} \\ \times 2220 \text{ ppm} & = 222 \text{ ppm} = 0,222 \text{ g/L} \end{aligned}$$

Nilai absorbansi pada 0,222 g/L diubah menjadi 1 g/L

$$\begin{aligned} \text{Contoh nilai absorbansi sebesar } 2,811 \\ \times 2,811 & = 12,66216 \end{aligned}$$

Nilai absorbansi pada 1 g/L dikonversi menjadi nilai persen transmisi

$$\begin{aligned} A & = - \text{Log } T \\ 12,66216 & = - \text{Log } T \\ T & = 0,0000000002178 \% \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung T x Fe untuk nilai %TE

$$T \times Fe = 0,0000000002178 \times 1,1390 \mu \text{ W/cm}^2$$

Selanjutnya nilai %TE dihitung menggunakan persamaan:

$$\%TE =$$

Sehingga formula ini memiliki nilai persen transmisi eritema sebesar 0,0000251364.

**J.3 Contoh Perhitungan Nilai %TP**

Penimbangan sampel krim sebesar 22,2 mg. Krim yang telah ditimbang tersebut diencerkan dengan isopropanol hingga sampel dalam kuvet sebesar 0,222 g/L. Nilai absorbansi pada 0,222 g/L diubah menjadi 1 g/L.

$$\begin{aligned} \times 1000 & = 2220 \text{ ppm} = 2,22 \text{ g/L} \\ \times 2220 \text{ ppm} & = 222 \text{ ppm} = 0,222 \text{ g/L} \end{aligned}$$

Nilai absorbansi pada 0,222 g/L diubah menjadi 1 g/L

$$\begin{aligned} \text{Contoh nilai absorbansi sebesar } 1,359 \\ \times 2,811 & = 6,121622 \end{aligned}$$

Nilai absorbansi pada 1 g/L dikonversi menjadi nilai persen transmisi

$$A = -\log T$$

$$6,121622 = -\log T$$

$$T = 0,00007557 \%$$

Selanjutnya dihitung  $T \times F_p$  untuk nilai %TP

$$T \times F_p = 0,00007557 \times 1,0790 \mu W/cm^2$$

Selanjutnya nilai %TP dihitung menggunakan persamaan:

$$\%TE =$$

Sehingga formula ini memiliki nilai persen transmisi eritema sebesar 12,45823.

**f.J. Tabel Tetapan Faktor Efektivitas Eritema dan Tetapan Efektivitas Pigmentasi**

$\lambda$	Tetapan faktor efektivitas eritema	Tetapan faktor efektivitas pigmentasi
292,5	1,1390	
297,5	6,5100	
302,5	10,000	
307,5	3,5770	
312,5	0,9734	
317,5	0,5670	
322,5	0,4550	1,0790
327,5	0,2890	1,0200
332,5	0,1290	0,9360
337,5	0,0456	0,7980
342,5		0,6690
347,5		0,5700
352,5		0,4880
357,5		0,4560
362,5		0,3560
367,5		0,3100
372,5		0,2600