



**PENGEMBANGAN SENSOR ANTIOKSIDAN BERBASIS *PRUSSIAN BLUE*  
UNTUK PENENTUAN KUALITAS MINYAK GORENG**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Tyta Ardhina Larasati**  
**NIM 082210101014**

**FAKULTAS FARMASI**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2013**



**PENGEMBANGAN SENSOR ANTIOKSIDAN BERBASIS *PRUSSIAN BLUE*  
UNTUK PENENTUAN KUALITAS MINYAK GORENG**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan pendidikan di Fakultas Farmasi  
dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

Oleh

**Tyta Ardhina Larasati**  
**NIM. 082210101014**

**FAKULTAS FARMASI**  
**UNIVERSITAS JEMBER**

**2013**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Sugiyarto dan Ibunda Ety Murdiningsih, yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang yang tidak terhingga serta pengorbanan selama ini;
2. Semua guruku sejak TK sampai Perguruan Tinggi terhormat, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
3. Almamater Fakultas Farmasi Universitas Jember.

## MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

**(Terjemahan QS. Alam Nasyrah : 6-8) \*)**

---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo, R. 2000. *AL-Hadis (Aqidah, Akhlaq, Sosial, dan Hukum)*. Bandung: Pustaka Seti

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

nama : Tyta Ardhina Larasati

NIM : 082210101014

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis *Prussian Blue* untuk Penentuan Kualitas Minyak Goreng” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 Februari 2013

Yang menyatakan,

Tyta Ardhina Larasati

NIM 082210101014

# **SKRIPSI**

## **PENGEMBANGAN SENSOR ANTIOKSIDAN BERBASIS *PRUSSIAN BLUE* UNTUK PENENTUAN KUALITAS MINYAK GORENG**

Oleh

Tyta Ardhina Larasati

NIM 082210101014

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Drs. Bambang Kuswandi, MSc., PhD.

Dosen Pembimbing Anggota : Moch. Amrun Hidayat, S. Si., M. Farm., Apt.

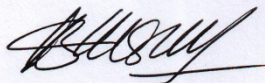
## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis *Prussian Blue* untuk Penentuan Kualitas Minyak Goreng” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Farmasi Universitas Jember pada:

Hari : Senin  
Tanggal : 18 Februari 2013  
Tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

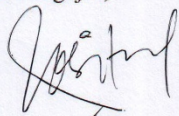
### Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,



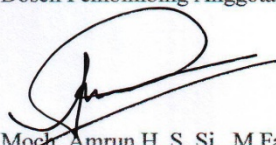
Prof. Drs. Bambang K, M.Sc., Ph.D  
NIP. 196902011994031002

Dosen Penguji I,



Ayik Rosita P, S.Farm., M.Farm., Apt  
NIP.198102012006042001

Dosen Pembimbing Anggota,



Moch. Amrun H, S. Si., M.Farm., Apt  
NIP. 197801262001121004

Dosen Penguji II,



Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm., Apt  
NIP.198204062006042001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,



Prof. Drs. Bambang K, M.Sc., Ph.D  
NIP. 196902011994031002

*Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis Prussian Blue untuk Penentuan Kualitas Minyak (The Development of Antioxidant Sensor Based on Prussian Blue for Determining the Quality of Cooking Oil)*

**Tyta Ardhina Larasati**

*Jurusan Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Jember*

**ABSTRACT**

Antioxidants Sensor based on *Prussian Blue* Reagent is an analysis device for detecting antioxidant activity in edible oil samples. The purpose of antioxidant sensor development is for determining the quality of cooking oil simply, easily, and efficiently. The antioxidant sensor has been made by immobilized ferricyanide complex solution to gel and placed in the blister with a volume of 200  $\mu$ L. Antioxidant sensor based on *Prussian Blue* has been characterized. And the results are the antioxidant sensor has response time about 4 minutes, and sensor has linearity at concentration of 0-12 ppm, with  $r = 0.991$ , while  $LOD = 0.476$  ppm TE and  $LOQ = 7.530$  ppm TE; sensor precision parameter antioxidant comply with  $RSD < 2\%$ , the extract of new cooking oil samples has  $RSD 0.0158\%$ , while the sample extract oil in seventh frying is about  $0,159\%$  and the sample extract cooking oil for twelfth frying is  $0.0198\%$ ; the accuracy parameter of antioxidant sensors has a value of % recovery about  $100.435\%$  and interference by salt solution with 1:200 concentration ratio produce % interference  $3.414\%$  while the interference by water extract of garlic with 1:3 concentration ratio has % interference  $5.966\%$ . Sensor antioxidants has been applied to the cooking oil which have been used and drawn randomly (7 random samples) to food and fried vegetables traders. The results are the first sample was a sample of the new bulk oil which has antioxidant activity equivalent to "Bimoli" oil who has fried for 4 times, two other samples were categorized as rancid oil and there are 3 samples categorized as almost rancid oil.

Keywords: Antioxidant Sensor, *Prussian Blue* Reagents, Peroxide Numbers and Antioxidant Activity of Cooking Oil



## RINGKASAN

**Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis *Prussian Blue* untuk Penentuan Kualitas Minyak Goreng;** Tyta Ardhina Larasati, 082210101014; 2013: 104 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Masyarakat seringkali menggunakan minyak bekas pakai tanpa mengetahui efek membahayakan dari minyak tersebut bagi kesehatan. Hasil penelitian pada tikus wistar yang diberi pakan mengandung minyak jelantah yang sudah tidak layak pakai menyebabkan kerusakan sel hepar (*liver*), jantung, pembuluh darah maupun ginjal. Asam lemak *trans* yang juga terbentuk setelah proses menggoreng (*deep frying*) dan kadarnya akan semakin meningkat dengan pengulangan penggunaan minyak akan mengakibatkan meningkatnya kolesterol *low density lipoprotein* (K-LDL) dan menurunkan kolesterol *high density lipoprotein* (K-HDL), akibatnya akan menyebabkan dislipidemia dan arterosklerosis yang ditandai dengan adanya timbunan atau endapan lemak pada pembuluh darah.

Pada penelitian ini bilangan peroksida digunakan sebagai ketengikan minyak salah satu parameter untuk mendeteksi ketengikan minyak. Persyaratan bilangan peroksida pada minyak goreng maksimal 12,5 meq/kg (SNI, 1998), sehingga minyak yang tidak memenuhi persyaratan tersebut (dikategorikan minyak tengik). Bilangan peroksida yang tinggi menandakan bahwa minyak telah mengalami oksidasi dan menandakan bahwa aktivitas antioksidan di dalam minyak tersebut sangat rendah.

Fabrikasi sensor antioksidan berbasis *Prussian Blue* untuk penentuan kontrol kualitas minyak dilakukan dengan mengimmobilisasikan larutan kompleks ferisianida pada agar dan meletakkannya pada lubang blister. Volume agar yang digunakan adalah 200  $\mu$ l yang merupakan volume optimum yang dapat intensitas warna yang baik saat sensor direaksikan dengan minyak hampir tengik dan tengik.

Hasil karakterisasi sensor antioksidan berbasis *Prussian Blue* untuk penentuan kualitas minyak meliputi : waktu respon yang dibutuhkan sensor antioksidan untuk

bereaksi dengan standar dan sampel adalah 4 menit; linieritas sensor antioksidan terhadap standar vitamin E berada pada rentang 0 ppm-12 ppm, dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) 0,991 dan persamaan regresi yang diperoleh adalah  $y = 2.899x + 1.612$ ; LOD sensor antioksidan sebesar 0.476 ppm TE, sedangkan LOQ adalah 7.530 ppm TE; sensor antioksidan memenuhi parameter presisi dengan RSD < 2%, yaitu ekstrak sampel minyak goreng baru memiliki RSD 0.0158%, pada ekstrak sampel minyak pada penggorengan ketujuh sebesar 0.159%, dan pada ekstrak minyak goreng pada penggorengan kedua belas 0.0198%; sensor antioksidan memenuhi parameter akurasi, dengan nilai % *recovery* 100.435% ; interferensi oleh larutan garam dengan perbandingan konsentrasi 1:100 memberikan % interferensi sebesar 3.414% dan % interferensi oleh ekstrak air bawang putih dengan perbandingan konsentrasi 1:3 adalah 5.966%.

Dari hasil penelitian dapat diamati bahwa bilangan peroksida sampel minyak berbanding terbalik dengan aktivitas antioksidannya pada frekuensi penggorengan yang sama. Minyak yang bagus akan memiliki bilangan peroksida rendah, sedangkan aktivitas antioksidannya tinggi. Minyak yang rusak atau telah mengalami proses oksidasi akan memiliki bilangan peroksida tinggi ( $\geq 12,507 \pm 0,074$  meq/kg) dan aktivitas antioksidannya rendah ( $\leq (1.265 \pm 0.051) \times 10^{-3} \% (b/b)$ ).

Sensor antioksidan ini diaplikasikan pada minyak goreng jelantah yang diambil secara *random* pada pedagang lalapan dan gorengan. Pada sampel random tidak ditentukan bilangan peroksidanya terlebih dahulu tetapi dilakukan pengukuran langsung terhadap aktivitas antioksidannya. Dari pengukuran ini dihasilkan bahwa 1 sampel merupakan sampel minyak curah baru dan memiliki aktivitas antioksidan setara dengan minyak “Bimoli” yang telah mengalami 4 kali penggorengan. 2 sampel dikategorikan sebagai minyak tengik dan 4 sampel lainnya dikategorikan sebagai minyak hampir tengik.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Sensor Antioksidan Berbasis *Prussian Blue* untuk Penentuan Kualitas Minyak Goreng”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc., PhD selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc., PhD selaku dosen pembimbing utama dan Moch. Amrun H, S. Si., Apt., M. Farm selaku dosen pembimbing anggota yang telah memberikan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Ayik Rosita P. S.Farm.,M.Farm.,Apt dan Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm., Apt sebagai dosen penguji yang banyak memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi ini;
4. Lusya Oktora Ruma Kumala Sari S.Farm.,M.Sc.,Apt selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan saran selama perkuliahan di Fakultas Farmasi Universitas Jember ini;
5. Ayahanda Sugiyarto and Ibunda tersayang Ety Murdiningsih, yang menjadi guru pertama dalam hidup, selalu menyayangiku tanpa syarat, dan untuk segala doa yang tak pernah putus. Suatu kebahagiaan dan keistimewaan menjadi putri kalian. Terima kasih;
6. Adik-adikku tercinta Tyto, Aji, dan Agis yang telah memberikan segala tawa dengan cara-cara yang tidak terbayangkan.

7. Sahabat sekaligus saudara-saudaraku, April, Emy, Evi, Retta, Eka, untuk segala bantuan, doa, dan motivasi yang tak terhingga. Tanpa kalian aku bukan apa-apa.
8. *Partner* kerjaku, Risky Rodiyah, terima kasih atas semangat, dukungan, kerja sama dan perjuangan kita dalam menyelesaikan skripsi ini;
9. Teman berbagi cerita, Fendy Sepueroe, S.T, untuk segala kritik, saran, bantuan dan motivasi yang diberikan dengan cara yang tidak biasa.
10. Semua rekan kerja di laboratorium kimia, sensor kimia dan biosensor: Riya, Widya, Fitra, Diyan, Cindy, Yayak, Putri, Sherla, Ifa, Indri. *Thanks a lot for everything*;
11. Ibu Wayan dan Mbak Hani selaku teknisi kimia farmasi, yang telah membantu selama penelitian ini;
12. Nirma, Septi, Izzi, Puput, serta semua angkatan '08, yang telah memberikan banyak arti tentang indahnya persahabatan, pertemanan dan kebersamaan selama ini;
13. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat diterima dan bermanfaat.

Jember, 18 Februari 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

*Halaman*

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4

<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan tentang Sensor Kimia.....	6
2.1.1 Mekanisme Sensor Kimia .....	7
2.1.2 Teknik Immobilisasi .....	8
2.1.3 Karakteristik Sensor Kimia .....	12
2.2 Tinjauan tentang Minyak Kelapa Sawit.....	14
2.2.1 Komponen Minyak Kelapa Sawit .....	15
2.2.2 Sifat Fisiko-Kimia .....	18
2.2.3 Ketengikan Minyak .....	20
2.3 Tinjauan tentang Vitamin E .....	22
2.4 Tinjauan tentang <i>Prussian Blue</i> .....	24
2.5 Tinjauan tentang Bilangan Peroksida .....	25
2.6 Tinjauan tentang Pembacaan Warna pada <i>ImageJ</i> .....	26
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.3 Definisi Operasional .....	30
3.4 Diagram Alur Penelitian .....	31
3.5 Alat dan Bahan.....	32
3.5.1 Alat.....	32
3.5.2 Bahan.....	32
3.6 Titrasi Iodometri.....	32
3.6.1 Preparasi Pereaksi .....	32
3.6.2 Preparasi Sampel.....	33
3.6.3 Pengukuran Bilangan Peroksida .....	33
3.7 Fabrikasi Sensor <i>Prussian Blue</i> .....	34
3.8 Optimasi Reagen <i>Prussian Blue</i> .....	35
3.8.1 Optimasi Kelarutan Antioksidan dalam Minyak pada Etanol p.a	

.....	35
3.8.2 Optimasi Konsentrasi Agar .....	35
3.8.3 Optimasi Komposisi Reagen dan Agar .....	36
3.8.4 Optimasi Volume Sensor .....	36
3.9 Karakterisasi Reagen Kering DPPH .....	36
3.9.1 Linieritas .....	36
3.9.2 Waktu Respon dan Waktu Pakai.....	37
3.9.3 LOD dan LOQ .....	37
3.9.4 Sensitivitas .....	38
3.9.4 Presisi .....	38
3.9.5 Akurasi .....	38
3.9.6 Interferensi .....	39
3.10 Menentukan Hubungan bilangan Peroksida Minyak dan Aktivitas Antioksidan .....	39
3.11 Aplikasi Sampel .....	40
<b>BAB 4. HASIL dan PEMBAHASAN</b> .....	41
4.1 Titrasi Iodometri .....	41
4.2 Sensor Antioksidan <i>Prussian Blue</i> .....	42
4.2.1 Optimasi Sensor Antioksidan <i>Prussian Blue</i> .....	42
4.2.2 Fabrikasi Sensor Antioksidan <i>Prussian Blue</i> .....	42
4.3 Karakterisasi Reagen Kering DPPH .....	44
4.3.1 Linieritas .....	48
4.3.2 Waktu Respon dan Waktu Pakai.....	50
4.3.2 Sensitivitas .....	53
4.3.3 Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi (LOD dan LOQ) .....	54
4.3.4 Presisi.....	54
4.3.5 Akurasi.....	56
4.3.6 Interferensi .....	57
4.4 Hubungan Bilangan Peroksida terhadap Aktivitas Antioksidan.....	58

4.5 Aplikasi Sampel .....	59
<b>BAB 5. KESIMPULAN dan SARAN .....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran.....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>70</b>



## DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
2.1 Komposisi Triglicerida dalam Minyak Kelapa Sawit.....	17
2.2 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Sawit.....	18
2.3 Sifat Fisiko-Kimia Minyak Kelapa Sawit.....	19
2.4 Standar Nasional Indonesia Minyak Goreng .....	20
4.1 Rata-rata Bilangan Peroksida selama Pengulangan Penggorengan .....	41
4.2 Hasil Optimasi % kekuatan pereduksi DPPH .....	43
4.3 Hasil Optimasi Konsentrasi Agar .....	44
4.4 Hasil Optimasi Komposisi Reagen dan Agar .....	45
4.5 Waktu Respon Standar Vitamin E .....	46
4.6 Waktu Pakai Sensor <i>Prussian Blue</i> .....	49
4.7 Hasil Pengukuran <i>Mean RGB</i> untuk Menentukan Linieritas .....	51
4.8 Hasil Perhitungan RSD Ekstrak Sampel Minyak Baru.....	53
4.9 Hasil Perhitungan RSD Ekstrak Sampel Minyak Penggorengan Ketujuh.	53
4.10 Hasil Perhitungan RSD Ekstrak Sampel Minyak Penggorengan Keduabelas.....	54
4.11 Akurasi Ekstrak Sampel Minyak Goreng Baru.....	54
4.12 % Interferensi Larutan Garam dalam Ekstrak Sampel <i>Random</i> terhadap Aktivitas Antioksidan .....	55
4.13 % Interferensi Ekstrak Air Bawang Putih dalam Ekstrak Sampel <i>Random</i> terhadap Aktivitas Antioksidan.....	56
4.14 Hubungan Bilangan Peroksida terhadap Aktivitas Antioksidan Sampel yang dibuat oleh Peneliti .....	57
4.15 Kategori Kualitas Minyak Goreng .....	59
4.16 Cara Pembacaan Hasil Tes .....	60
4.17 Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan pada Ekstrak Sampel Random .....	60

4.18 % Kesalahan Prediksi Bilangan Peroksida terhadap Bilangan Peroksida	
Pengukuran .....	62

## DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
2.1 Skema Sensor Kimia.....	5
2.2 Teknik Adsorpsi.....	8
2.3 Teknik Enkapsulasi.....	9
2.4 Teknik <i>Crosslinking</i> .....	9
2.5 Teknik <i>Entrapment</i> .....	10
2.6 Teknik Ikatan Kovalen.....	11
2.7 Struktur Trigliserida.....	14
2.8 Struktur Asam Lemak Jenuh dan Tidak Jenuh.....	15
2.9 Struktur Kimia Asam Lemak <i>Cis</i> , <i>Trans</i> dan Jenuh.....	16
2.10 Reaksi-reaksi yang Terjadi Selama Proses <i>Deep Fat Frying</i> .....	20
2.11 Reaksi Ketengikan Minyak oleh Enzim.....	22
2.12 Reaksi Hidrolisis Minyak Goreng.....	22
2.13 Struktur Bangun $\alpha$ -tocopherol.....	24
2.14 Aksi Antioksidan (AH) dalam Lipid Peroksida.....	25
2.15 Cara Mengukur <i>Mean RGB</i> menggunakan <i>Software ImageJ</i> .....	28
3.1 Diagram Alur Penelitian.....	31
4.1 Kuva Hubungan Frekuensi Penggorengan terhadap Bilangan Peroksida Minyak Goreng.....	42
4.2 Sensor Antioksidan <i>Prussian Blue</i> .....	46
4.3 Kurva Waktu Respon Standar Vitamin E.....	50
4.3 Kurva Waktu Pakai Sensor Antioksidan <i>Prussian Blue</i> .....	51
4.4 Kurva Linieritas Standar Vitamin E.....	47
4.5 Kurva Hubungan Bilangan Peroksida terhadap Aktivitas Antioksidan Minyak.....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

*Halaman*

A. Hasil Optimasi Sensor Antioksidan <i>Prussian Blue</i> .....	70
B. Linieritas .....	72
C. Waktu Respon dan Waktu Pakai .....	74
D. Perhitungan LOD dan LOQ .....	78
E. Presisi.....	79
F. Akurasi.....	85
G. Perhitungan % Interferensi.....	90
H. Penentuan Bilangan Peroksida Sampel yang dibuat Peneliti.....	92
I. Penentuan Bilangan peroksida Sampel Random .....	96
J. Perhitungan Bilangan Peroksida Sampel Random .....	100
K. Hubungan Antara Aktivitas Antioksidan dengan Bilangan Peroksida pada Sampel yang dibuat oleh Peneliti .....	101
L. Alat Penelitian .....	103
M. Bahan Penelitian .....	105
N. Desain Kemasan Produk .....	106
O. Brosur Produk .....	107
O. COA <i>α-tocopherol</i> .....	108