

**Pengaruh Jenis Asam Amino Terhadap Jenis Radikal Bebas Pada
Asap Rokok Kretek (*Divine Cigarette*)**

SKRIPSI

Disusun oleh:
Yori Cristiya
0810933036 - 93



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG

2013

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**Pengaruh Jenis Asam Amino Terhadap Jenis Radikal Bebas
Pada Asap Rokok Kretek (*Divine Cigarette*)**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika**

Disusun oleh:

**Yori Cristiya
0810933036-93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**Pengaruh Jenis Asam Amino Terhadap Jenis Radikal Bebas
Pada Asap Rokok Kretek (*Divine Cigarette*)**

Oleh :

Yori Cristiya

0810933036-93

**Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada
tanggal.....**

**dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Arinto Yudi, M.Sc.Ph.DDrs. Unggul P. Juswono, M.Sc
NIP.196 407 021 989 031 001 NIP.196 501 111 990 021 002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

Adi Susilo, M. Si., Ph.D
NIP.196312271991031002

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Yori Cristiya

NIM : 0810933036

Jurusan : Fisika

Penulis skripsi berjudul : **Pengaruh Jenis Asam Amino Terhadap Jenis Radikal Bebas Pada Asap Rokok Kretek (Divine Cigarette)**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan segala kesadaran.

Malang,.....
Yang menyatakan,

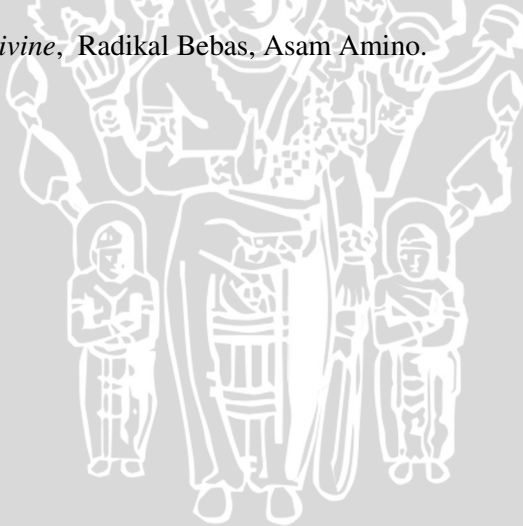
Yori Cristiya
Nim. 0810933036

PENGARUH JENIS ASAM AMINO TERHADAP JENIS RADIKAL BEBAS PADA ASAP ROKOK KRETEK (*DIVINE CIGARETTE*)

ABSTRAK

Identifikasi radikal bebas pada asap rokok *divine cigarette* (rokok yang diberi asam amino) telah dilakukan dalam penelitian ini. Pendeteksian radikal bebas dengan menggunakan ESR (*Electron spin resonance*). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa rokok yang tidak diberi asam amino dan yang telah diberi asam amino menghasilkan radikal bebas pada asapnya. Radikal bebas jenis FeS selalu terdeteksi pada setiap sample rokok *divine cigarette*. Penambahan asam amino pada rokok *divine cigarette* tidak menghilangkan radikal bebas yang terkandung pada asap rokok kretek tersebut.

Kata kunci : Rokok*Divine*, Radikal Bebas, Asam Amino.



EFFECT OF AMINO ACID ON FREE RADICALS IN CIGARETTE SMOKE (*DIVINE CIGARETTE*)

ABSTRACT

The identification of the free radicals emitted by divine cigarette smokes has been conducted in this study. The identification was carried out using a ESR (Electron Spin Resonance). The result showed that the cigarettes with or without amino acids emitted free radicals. Free radicals of FeS existed in every cigarette sample. Amino acids in the cigarette did not influence the existence of free radicals in the cigarette smokes.

Keyword : Divine Cigarette, Free Radicals, Amino Acids.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME yang telah melimpahkan kebaikan, berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Pengaruh Jenis Asam Amino Terhadap Jenis Radikal Bebas Pada Asap Rokok Kretek (*Divine Cigarette*)**”. Dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu memberikan kontribusi ilmiah, moril dan materil baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis. Bersama ini penulis dengan setulus hati mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis (Bapak Racak Susanto dan Ibu Maria), adek penulis (Elok Fenisia dan Delvin Hewwo), atas kasih sayang, doa, motivasi, nasihat, dan semua hal yang diberikan kepada penulis.
2. Bapak Drs. Arinto Yudi, M.Sc, Ph.D selaku pembimbing I , atas segala bimbingan, pengarahan, perhatian, dan kesabaran yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis bisa sampai pada tahap sekarang ini.
3. Bapak Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc, selaku pembimbing II yang telah berkenan membimbing, mengarahkan dan memberi petunjuk kepada penulis, sehingga penulis bisa sampai pada tahap ini.
4. Bapak Dr. Eng. Agus Naba, S.Si., M.T., Bapak Drs. Johan A.E. Noor, M.Sc., Ph.D., dan Bapak DR. Eng. Didik R. Santoso, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan serta arahan dalam menyelesaikan laporan skripsi penulis.
5. Seluruh jajaran staff jurusan Fisika, mulai dari ketua jurusan Fisika, bapak ibu dosen jurusan Fisika Universitas Brawijaya atas semua ilmu yang diberikan, staff tata usaha dan juga para laboran yang telah memfasilitasi semua yang dibutuhkan penulis.
6. Evi Suaebah S.Si. M.Sc, trima kasih atas semua dukungan, dorongan semangat, nasehat, pengarahan, perhatian, kesabaran dan semua bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
7. Nathania Nanasari, Fetronela Rombu bobu dan Fitri Oktafiani, terimakasih buat dukungan, masukan, motivasi dan persahabatan yang telah terjalin selama ini.
8. Nur Fitria, Fifit, Shinta, Desi, Ririn, Ike, Nita, Virgine, Dewi, Ayu, Cipoet, Sitti, Sukainah, Wahyu, Jumransyah, Sukri, Barika,

- Panji, Alvero, Fathul dan teman-teman angkatan lainnya terimakasih atas semangat dan dukungannya selama ini.
9. Teman-teman seperjuangan khususnya fisika angkatan 2008 untuk semua dukungan semangat, motivasi serta sharing ilmu yang telah diberikan selama kita berjuang dibangku perkuliahan.
 10. Semua pihak yang telah membantu tersusunnya skripsi ini, yang tidak bisa disebutkan satu – persatu terimakasih buat doa, motivasi, semangat dan semua dukungannya, Tuhan memberkati.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di kemudian hari melalui email penulis yoricristiya@gmail.com. Penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, atas segala kekurangan dan kesalahan selama penelitian sampai dengan terselesaikannya skripsi ini.

Malang, 20 Maret 2013

Penulis

Yori Cristiya

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Rokok	5
2.1.1 Bahan Penyusun Rokok	6
2.1.2 Pembakaran Rokok	7
2.1.3 Emisi Pada Asap Rokok.....	10
2.1.4 Divine Cigarette.....	12
2.2 Radikal Bebas	14
2.3 Asam Amino.....	16
2.4 ESR (<i>Elektron Spin Resonance</i>)	18
2.5 Struktur Senyawa	21
2.5.1 Atom.....	21

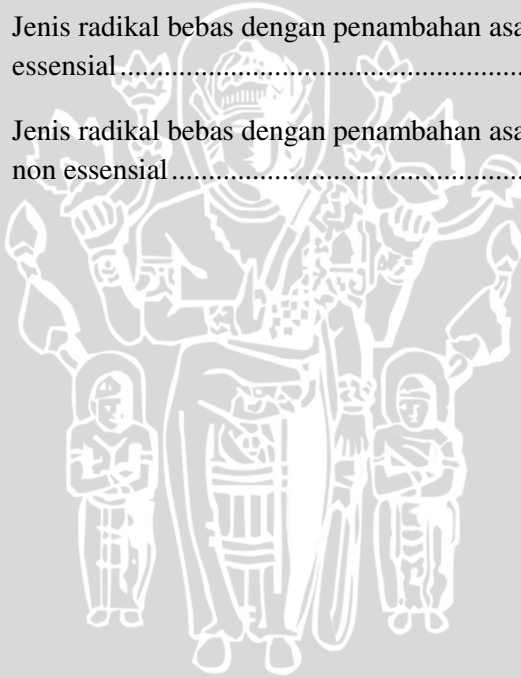
2.5.2	Spin Elektron	21
2.5.3	Efek Zeeman	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Rencana Penelitian.....	25
3.2	Alat dan Bahan.....	25
3.3	Waktu dan Tempat.....	26
3.4	Metodologi Penelitian.....	26
3.5	Alat Penghisap Rokok	28
3.6	Cara Kerja.....	28
3.6.1	Persiapan bahan	28
3.6.2	Persiapan Alat	29
3.6.3	Pengkalibrasian Alat Dengan Menggunakan DPPH.....	30
3.6.4	Persiapan Dan Pengukuran Sample	31
3.7	Analisa Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Kalibrasi DPPH	33
4.2	Penentuan Jenis Radikal Bebas Pada Rokok Kretek	34
4.3	Jenis Radikal Bebas Pada Sample Rokok Kretek	35
4.4	Pengaruh Pemberian Asam Amino Terhadap Radikal Bebas....	39
4.5	Pembahasan	40
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
DAFTAR PURTAKA.....		45
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daun Tembakau.....	6
Gambar 2.2	Sebatang Rokok Saat Dibakar	10
Gambar 2.3	Divine Cigarette.....	13
Gambar 2.4	Struktur Dasar Asam Amino.. ..	17
Gambar 2.5	Elektron Yang Bergerak	22
Gambar 2.6	Hubungan Antara Medan Magnet Dan Energi	23
Gambar 2.7	Garis Spektrum Lyman.....	24
Gambar 3.1	Diagram Alur Tahapan Penelitian	27
Gambar 3.2	Rangkaian Alat ESR.....	30
Gambar 4.1	Resonansi Simetris Kalibrator DPPH	33
Gambar 4.2	Resonansi Rokok Kretek Tanpa Pemberian Asam Amino	34
Gambar 4.3	Resonansi Rokok Kretek Dengan Pemberian Asam Amino.....	34
Gambar 4.4	Rumus Asam Amino	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar Elemen Dalam Daun Tembakau	7
Tabel 2.2	Radikal Bebas Biologis	15
Tabel 2.3	Nama Asam Amino Essensial	18
Tabel 2.4	Nama Asam Amino Non Essensial	18
Tabel 2.5	Nilai Faktor g	20
Tabel 3.1	Kecepatan rata-rata alat penghisap	28
Tabel 4.3.1	Jenis radikal bebas pada rokok kretek tanpa bahan campuran	35
Tabel 4.3.2	Jenis radikal bebas dengan penambahan asam amino essensial	35
Tabel 4.3.3	Jenis radikal bebas dengan penambahan asam amino non essensial	37



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Tabel L.1.1 Data Kalibrasi Kecepatan Hisap	49
--	----

LAMPIRAN 2

Tabel L.2.1 Referensi Faktor-g	50
--------------------------------------	----

LAMPIRAN 3

Tabel L.3.1. Data Hasil Pengukuran Faktor-g Kalibrator DPPH	51
---	----

LAMPIRAN 4

Tabel L.4.1.1 Data Hasil Pengukuran Pada Rokok Kretek Yang Belum Diberi Asam Amino	51
---	----

LAMPIRAN 5

Tabel L.5.1.1 Hasil Pengukuran Rokok 8 (Arginine)	52
Tabel L.5.1.2 Hasil Pengukuran Rokok 7 (Histidine)	52
Tabel L.5.1.3 Hasil Pengukuran Rokok 5 (Isoleucine)	52
Tabel L.5.1.4 Hasil Pengukuran Rokok 13 (Leucine)	53
Tabel L.5.1.5 Hasil Pengukuran Rokok 6 (Lycine)	53
Tabel L.5.1.6 Hasil Pengukuran Rokok 19 (Phenilalanine)	53
Tabel L.5.1.7 Hasil Pengukuran Rokok 1 (Threonine)	53
Tabel L.5.1.8 Hasil Pengukuran Rokok 2 (Tryptophan)	54
Tabel L.5.1.9 Hasil Pengukuran Rokok 4 (Valine)	54

LAMPIRAN 6

Tabel L.6.1.1 Hasil Pengukuran Rokok 15 (Alanine)	55
Tabel L.6.1.2 Hasil Pengukuran Rokok 9 (Aspartate)	55
Tabel L.6.1.3 Hasil Pengukuran Rokok 14 (Asparagine)	55
Tabel L.6.1.4 Hasil Pengukuran Rokok 18 (Cystein)	56
Tabel L.6.1.5 Hasil Pengukuran Rokok 10 (Glutamate)	56
Tabel L.6.1.6 Hasil Pengukuran Rokok 11 (Glutamine)	56
Tabel L.6.1.7 Hasil Pengukuran Rokok 23 (Glycine)	56
Tabel L.6.1.8 Hasil Pengukuran Rokok 12 (Proline)	57

Tabel L.6.1.9 Hasil Pengukuran Rokok 3 (Serine)	57
---	----

LAMPIRAN 7

Gambar L.7.1. Gambar Resonansi Pada DPPH	58
--	----

LAMPIRAN 8

Gambar L.8.1. Gambar Resonansi Pada Rokok Kretek Yang Belum Ditambahkan Asam Amino.....	59
--	----

LAMPIRAN 9

Gambar L.9.1.1 Resonansi Rokok 8 (Arginine).....	60
Gambar L.9.1.2 Resonansi Rokok 7 (Histidine)	61
Gambar L.9.1.3 Resonansi Rokok 5 (Isoleucine)	62
Gambar L.9.1.4 Resonansi Rokok 13 (Leucine).....	62
Gambar L.9.1.5 Resonansi Rokok 6 (Lycine).....	63
Gambar L.9.1.6 Resonansi Rokok 19 (Phenilalanine).....	64
Gambar L.9.1.7 Resonansi Rokok 1 (Threonine)	65
Gambar L.9.1.8 Resonansi Rokok 2 (Tryptophan)	65
Gambar L.9.1.9 Resonansi Rokok 4 (Valine).....	66

LAMPIRAN 10

Gambar L.10.1.1 Resonansi Rokok 15 (Alanine)	67
Gambar L.10.1.2 Resonansi Rokok 9 (Aspartate)	68
Gambar L.10.1.3 Resonansi Rokok 14 (Asparagine)	68
Gambar L.10.1.4 Resonansi Rokok 18 (Cystein)	69
Gambar L.10.1.5 Resonansi Rokok 10 (Glutamate)	70
Gambar L.10.1.6 Resonansi Rokok 11 (Glutamine).....	70
Gambar L.10.1.7 Resonansi Rokok 23 (Glycine)	71
Gambar L.10.1.8 Resonansi Rokok 12 (Proline)	72
Gambar L.6.10.9 Resonansi Rokok 3 (Serine)	72

LAMPIRAN 11

Gambar L.11.1. Susunan Peralatan ESR.....	74
GambarL.11.2 Osiloscope Digital.....	74
Gambar L.11.3 DPPH	75
Gambar L.11.4 Tiga Macam Kumparan Yang Digunakan Untuk Mendeteksi Radikal Bebas	75
Gambar L.11.5 Alat Pengendali ESR.....	76
Gambar L.11.6 Alat penghisap Rokok.....	76
Gambar L.11.7 ESR Control unit.....	77
Gambar L.11.8 Multimeter.....	77



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Halaman ini sengaja dikosongkan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu pencemaran udara yang sering ada disekitar kita adalah paparan dari asap rokok. Rokok merupakan salah satu bentuk dari biomassa karena bahan penyusun rokok merupakan bahan-bahan yang berasal dari tembakau. Menurut data statistik, diketahui jumlah perokok di Indonesia pada tahun 2008 adalah 28% dari penduduk Indonesia saat itu, atau berkisar sebesar 65 juta jiwa. Data tersebut bisa menunjukan bahwa peminat rokok di Indonesia cukup besar, mereka tidak menghiraukan akibat yang ditimbulkan oleh rokok tersebut (WHO, 2008).

Aktivitas merokok dapat menghasilkan asap rokok yang berasal dari proses pembakaran yang tidak sempurna. Asap rokok dibagi menjadi asap utama dan asap sampingan. Asap utama terdiri dari fase partikulat padat dan fase gas. Asap sampingan rokok juga terdiri dari fase padat dan gas yang memiliki konsentrasi racun yang lebih tinggi (Amstrong, 1995). Diketahui bahwa asap rokok mengandung 4000 macam senyawa kimia yang berbahaya (Valavanidis, 2009), salah satunya yaitu radikal bebas (Droge, 2002).

Radikal bebas merupakan molekul yang memiliki elektron tidak berpasangan pada kulit terluarnya dan merupakan unsur tidak stabil sehingga bersifat reaktif. Radikal bebas dapat menyebabkan reaksi yang berantai dengan atom maupun molekul lain sehingga terjadi pemutusan atau pemanjangan rantai ikatan yang dapat menyebabkan perubahan kimia suatu molekul (Halliwell dan Gutteridge, 1999).

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ni Kadek dan Vivin Dwi pada tahun 2012 membuktikan adanya kandungan radikal bebas dan senyawa berbahaya lainnya pada jenis rokok yang dijual dipasaran. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ni Kadek mendeteksi radikal bebas yang terkandung dalam rokok tersebut yang diukur dengan menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*). Pengukuran ini dilakukan tanpa adanya penambahan senyawa lain. Oleh sebab itu perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terhadap jenis rokok dengan penambahan senyawa lain. Salah satu alternatif yang ditemukan oleh Prof. Dr. Sutiman B. Sumitro yaitu dengan menambahkan senyawa yang berupa asam amino dan

bahankimia tambahan yang berbeda, sehingga diharapkindapatmengurangitingkat kereaktifan radikal bebas dari rokok tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh jenis asam amino pada rokok kretek (*Divine Cigarette*) terhadap jenis radikal bebas yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*) Leybold-Heracus dengan jangkauan frekuensi MHz.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka masalah yang dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah bagaimanapengaruh pemberian asam amino terhadap radikal bebas pada asap rokok kretek *divine* dan apa saja jenis radikal bebas yang dihasilkan pada rokok kretek tersebut.

1.3 Batasan Masalah

Studi yang dilakukan dibatasi pada permasalahan sebagai berikut :

- Bahan penelitian dikhususkan pada rokok *divine* yang dikembangkan oleh Prof. Dr. Sutiman B. Sumitro.
- Jenis rokok dibedakan menurut asam amino yang ditambahkan ke dalam bahan baku rokok kretek.
- Pembuatan rokok *divine* dan penambahan konsentrasi asam amino tidak dibahas dalam penelitian ini.
- Tidak menghitung konsentrasi radikal bebas.
- Tidak membahas secara detail reaksi fisika dan kimia yang berlangsung selama proses pembakaran.
- Tidak membahas perancangan alat penghisap rokok.
- Metode pengukuran menggunakan ESR (*Electron spin resonance*).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi pengaruh pemberian asam amino pada rokok *divine* dan mengetahui jenis radikal bebas yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan asam amino terhadap radikal bebas yang dihasilkan. Penelitian ini diharapkan juga mempunyai manfaat bagi penulis maupun bagi orang banyak guna sebagai bahan acuan dan sumber informasi dari dampak berbahaya konsumsi rokok secara garis besar bagi masyarakat.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rokok

Rokok adalah hasil olahan tembakau yang dihasilkan dari tanaman *Nicotiana Tabacum* dan spesies lainnya atau sintesisnya yang mengandung nikotin dan tar dengan bahan tambahan. Rokok merupakan silinder dari kertas berukuran panjang antara 70 hingga 120 mm (bervariasi tergantung negara) dengan diameter sekitar 10 mm yang berisi daun tembakau yang telah dicacah. Rokok dibakar pada salah satu ujungnya dan dibiarkan membara agar asapnya dapat dihirup lewat mulut pada ujung lain. Rokok berdasarkan bahan pembuatnya dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Rokok putih : merupakan rokok yang komposisinya terdiri dari daun tembakau dan terkadang di tambah saus yang berfungsi memberi rasa dan aroma.
2. Rokok kretek : merupakan rokok yang komposisinya terdiri dari daun tembakau dan cengkeh kering yang kemudian diberi saus sebagai penambah rasa dan aroma.
3. Rokok klembak : merupakan rokok yang memiliki komposisi daun tembakau, cengkeh, menyan dan saus sebagai penambah rasa(Allan, 2009).

Menurut Budiantoro dari Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Indonesia (IAKMI) mengatakan bahwa, sebanyak 25 persen zat berbahaya yang terkandung dalam rokok masuk ke tubuh perokok (perokok aktif) sedangkan 75 persennya beredar di udara bebas yang beresiko masuk ke tubuh orang di sekelilingnya (perokok pasif). Konsentrasi zat berbahaya di dalam tubuh perokok pasif lebih besar karena racun yang terhisap melalui asap rokok perokok aktif tidak terfilter sedangkan racun rokok dalam tubuh perokok aktif terfilter melalui ujung rokok yang dihisap. Namun konsentrasi racun yang perokok aktif bisa meningkat jika perokok aktif kembali menghirup asap rokok yang ia hembuskan. Racun rokok terbesar dihasilkan oleh asap yang mengepul dari ujung rokok yang sedang tak dihisap karena asap yang dihasilkan berasal dari pembakaran tembakau yang tidak sempurna(Wikipedia, 2012).

2.1.1 Bahan Penyusun Rokok

Secara umum bahan penyusun rokok adalah tembakau dicampur dengan cengkeh dan bahan penyusun lainnya dimana bahan tersebut tersusun oleh berbagai bahan polimer. Kandungan didalam tembakau dapat dikelompokkan menurut kelas komponennya seperti alkaloid, protein, nitrogen dan lain-lain. Saat ini dilaporkan bahwa terdapat elemen mikro pada tembakau termasuk elemen umum seperti alkali, alkali bumi, logam berat dan elemen langka. Serta banyak juga terdapat logam berat radioaktif. Elemen-elemen pada tembakau ini dapat berasal dari tanah maupun sumber lainnya. Didalam daun tembakau juga terdapat elemen seperti: Oksigen, Carbon, Hydrogen, Nitrogen, Phospor, Potassium, Calcium, Magnesium, Sulfur, Chloride, Besi, Molybdenum, Zinc, Boron, Copper dan lainnya(Allan, 2009).



Gambar 2.1. Daun Tembakau

Tabel 2.1. Daftar elemen dalam daun tembakau(Allan, 2009)

Elemen	Symbol	Presentasi berat kering (%)
Oksigen	O	43
Karbon	C	43
Hydrogen	H	6,0
Nitrogen	N	5,0
Phosphor	P	1,0
Potassium	K	0,2
Calcium	Ca	0,35
Magnesium	Mg	0,20
Sulfur	S	0,15
Chloride	Cl	0,10
Besi	Fe	0,10
Molybdenum	Mo	0,05
Zinc	Zn	0,02
Borron	B	0,02
Copper	Cu	0,01
Lainnya		0,80

2.1.2 Pembakaran Rokok

Pembakaran merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi (oksigen atau udara) yang menghasilkan panas dan cahaya. Proses pembakaran hanya bisa berlangsung jika terdapat bahan bakar, pengoksidasi (oksigen/udara) dan panas atau energi pengaktivasi. Pembakaran dapat diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran tak sempurna. Pembakaran sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen hanya akan menghasilkan CO_2 , sementara unsur H menghasilkan uap air dan S menghasilkan sulfur dioksida. Sedangkan pembakaran tak sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang dikandung dalam bahan bakar bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan gas karbon monoksida (CO) yang bersifat racun (DeBano dkk., 1988). Proses pembakaran berlangsung dalam fase-fase yang berurutan seperti berikut :

1. *Pre-ignition*

Dalam tahap *pre-ignition* bahan bakar mulai terpanaskan, terhidrasi serta terjadi penyerapan panas. Pada fase ini mulai terjadi pirolisis, yaitu pelepasan uap air, CO₂ dan gas-gas yang mudah terbakar (*hydrogen, methane* dan *methanol*). Dalam proses ini reaksi berubah dari eksotermik menjadi endotermik. Pada saat ini timbul suhu yang mencapai 100 °C.

2. *Flaming combustion*

Reaksi eksotermik pada fase ini dapat menaikkan suhu menjadi lebih dari 300 °C. Panas yang dihasilkan dari reaksi *flaming* ini mempercepat laju *pyrolysis* dan meningkatkan volume gas yang mudah terbakar dari bahan bakar. Pada fase ini degradasi termal dari molekul-molekul terjadi lebih lengkap dan lebih cepat daripada fase *ignition* dengan melepaskan banyak energi panas. Temperatur yang dicapai selama fase *flaming* dapat bervariasi bergantung pada jumlah bahan bakar maupun kondisi lingkungan. Temperatur maksimal yang dapat dicapai berkisar 1650 °C, tetapi temperatur rata-rata cenderung pada kisaran 700 °C – 980 °C. Efisiensi pada fase *flaming* relatif lebih tinggi dan melepaskan polutan dalam jumlah yang paling sedikit dibandingkan dengan massa bahan bakar yang terbakar. Produk dominan yang dihasilkan adalah karbon dioksida dan uap air.

3. *Smoldering*

Fase *flaming* segera diikuti oleh fase *smoldering*. Fase *smoldering* dicirikan dengan dua zona, yaitu zona *pyrolysis* dimana hasil-hasil pembakaran terbentuk, dan zona arang dimana hasil-hasil pembakaran yang tidak tampak dilepaskan. Jumlah partikel yang diemisikan selama fase *smoldering* lebih besar daripada fase *flaming*. Penumpukan *char* (arang) pada permukaan bahan bakar merupakan ciri transisi dari fase *flaming* menuju *smoldering*. Penumpukan arang ini menghalangi pelepasan *volatile gas* yang dihasilkan sehingga pembakaran berkurang. Fase *smoldering* menghasilkan partikel yang lebih kecil dan lebih banyak menghasilkan gas pembakaran tidak sempurna yang merugikan daripada fase *flaming*.

4. *Glowing*

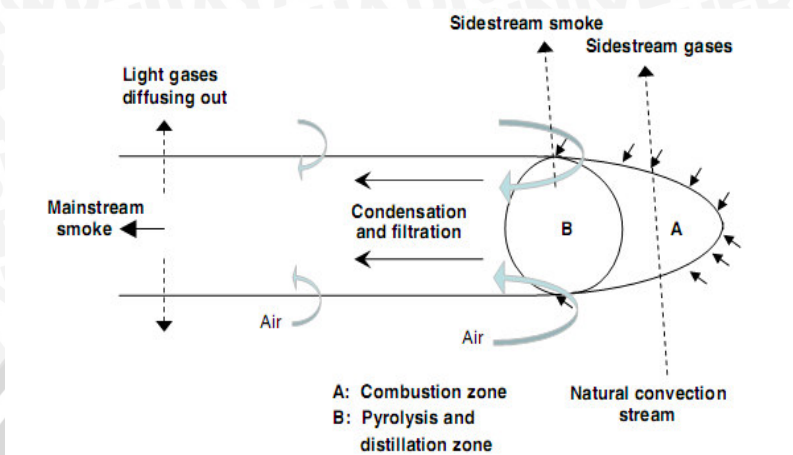
Proses *smoldering* diakhiri dengan fase *glowing*. Pada fase ini sebagian besar dari gas-gas yang mudah menguap hilang dan oksigen mengadakan kontak langsung dengan permukaan bakar yang mengarang. Fase *glowing* terjadi saat tidak lagi terdapat cukup energi untuk menghasilkan asap, tar, *volatile gas*, dan *liquid* dari bahan bakar. Produk utama yang dihasilkan dari fase ini adalah gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂), sementara suhu pembakaran masih bisa mencapai 600 °C.

5. *Extinction*

Fase terakhir dari proses pembakaran adalah saat dimana semua bahan bakar telah dikonsumsi atau apabila panas yang dihasilkan melalui oksidasi baik dalam fase *smoldering* maupun *glowing* tidak cukup menguapkan uap air yang berasal dari bahan bakar. Panas yang diserap oleh bahan bakar yang lembab dan udara yang mengelilinginya mengurangi jumlah panas yang tersedia pada pembakaran sehingga mempercepat padamnya api (Ryan dan McMahon, 1976).

Mekanisme terjadinya asap dari pembakaran rokok yaitu reaksi dengan oksigen dan reaksi pirolisis.

1. Reaksi rokok dengan oksigenyaitureaksi pembakaran pada temperatur tinggi, diatas 800 °C. Reaksi ini terjadi dibagian ujung rokok yang membara.
2. Reaksi Pirolisis yaitu reaksi yang terjadi akibat pemanasan dan ketiadaan oksigen. Pirolisis berlangsung pada suhu yang lebih rendah dari 800 °C sehingga rentang terjadinya pirolisis pada bagian dalam rokok berada pada area temperatur 400°C – 800 °C ciri khas reaksi ini yaitu dihasilkannya ribuan senyawa kimia yang strukturnya komplek. Walaupun reaksi pirolisis tidak dominan dalam proses merokok, tetapi banyak senyawa yang dihasilkan tergolong pada senyawa kimia yang beracun yang mempunyai kemampuan berdifusi dalam darah (Baker, 2006).



Gambar 2.2. Sebatang rokok saat dibakar(Baker, 2006)

Asap rokok merupakan partikel aerosol yang dihasilkan oleh kondensasi uap super jenuh yang mendingin dengan cepat. Pada tembakau sendiri terdapat sekitar 3800 penyusun yang terdiri dari molekul organik, inorganik, dan biopolimer. Molekul-molekul kecil tersebut antara lain adalah hidrokarbon, terpena, alkohol, fenol, asam-asaman, aldehyd, keton, quinon, ester, nitril, senyawa belerang, karbohidrat, asam amino, alkaloid, sterol, isoprenoid, senyawa amadori dan seterusnya. Kelompok biopolimer antara lain selulosa, hemiselulosa, pectin, lignin, protein dan peptide, dan asam nuklei. Pada saat proses merokok, semua molekul tersebut akan terbakar pada suhu yang mencapai 950°C dengan konsentrasi oksigen yang berubah-ubah. Sekitar 4800 zat berbahaya telah teridentifikasi pada asap tembakau(Baker, 2006).

2.1.3 Emisi Pada Asap Rokok

Faktor emisi merupakan nilai suatu parameter dari sebuah pencemaran yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran. Sehingga proses pembakaran dapat mempengaruhi faktor emisi karena setiap aktivitas pembakaran semakin besar maka bisa dipastikan bahwa faktor emisi yang dihasilkan juga semakin besar. Emisi yang dihasilkan oleh asap rokok antara lain adalah

- Particulate Matter* atau PM (*ultrafine particles UFP*, $<100\text{ nm}$) : Partikel ultrafine dan nanopartikel memiliki sifat khusus aerodinamis dan biokimia yang mempengaruhi

sistem kekebalan tubuh dan kesehatan manusia yang berbeda dari partikel gas atau yang lebih besar. Efek ini berasal dari sifat khusus yang memiliki kemampuan untuk masuk kedalam jaringan dan sel, yang berinteraksi dengan protein dan DNA pada level molekular dan secara langsung maupun tidak langsung mengubah sistem kekebalan tubuh. Zat partikel dikategorikan berdasarkan ukurannya. PM_{10} merupakan partikel yang memiliki diameter kurang dari 10 μm , $PM_{2.5}$ adalah partikel yang memiliki diameter aerodinamik kurang dari 2,5 μm , UFP dan nanopartikel didefinisikan sebagai partikel yang memiliki diameter kurang dari 100nm (Slezakova, 2008).

- b) *Carcinogenic polyaromatic hidrocarbon (PAH)* : PAH merupakan senyawa organik dengan dua atau lebih cincin aromatik terdifusi. PAH berasal dari berbagai sumber alam dan antropogenik. Senyawa tersebut dihasilkan selama pembakaran tidak sempurna dari zat organik seperti batu bara, minyak dan gas. Perhatian terhadap kesehatan dari PAH difokuskan pada potensi keracunannya, mutagennya dan karsinogennya pada manusia. PAH merupakan senyawa genotoksik dan sifat karsinogennya diperantarai oleh kemampuannya untuk merusak DNA. Hingga saat ini, 549 senyawa PAH telah diidentifikasi pada asap tembakau, 12 diantaranya dikelompokkan sebagai karsinogen. Selama pembakaran tembakau, PAH terdistribusi antara fase gas dan fase partikel, selanjutnya disusun oleh partikel dari berbagai ukuran (Zanieri dkk., 2007).
- c) *Carbon monoksida (CO)* : Karbon monoksida merupakan gas yang tak berwarna, tak berbau, dan tak berasa, terdiri dari satu atom karbon yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen. Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran (Nancy dkk., 2009).
- d) *Dioksin*: Dioksin merupakan senyawa kimia yang paling beracun. Menurut laporan yang dikeluarkan oleh US Environmental Protection Agency pada September 1994, dioksin merupakan ancaman serius terhadap kesehatan

publik. Senyawa dioksin sama berbahayanyadengan DDT,dimana DDT (*dichlorodiphenyltrichloroethane*) dikenal sebagai bahan insektisida. Jenis senyawa serupa dioksin yang paling beracun adalah 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD). Dioksin muncul akibat adanya unsur Klorin(Wilson dkk., 2007).

- e) *Volatile organic compounds (VOC)* : VOC merupakan bahan kimia organik yang mempunyai tekanan uap yang tinggi pada suhu kamar. VOC telah ditemukan pada peristiwa pembakaran tembakau dan sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan karena seperti stirena dan limonene dapat bereaksi dengan nitrogen oksida atau dengan ozon untuk menghasilkan produk oksidasi baru dan aerosol sekunder, yang dapat menyebabkan gejala iritasi sensorik(Charles dan Jia, 2007).
- f) *Free Radical* : Radikal bebas merupakan suatu molekul yang relatif tidak stabil dengan atom yang pada orbit terluarnya memiliki elektron yang tidak berpasangan. Senyawa O_2 merupakan senyawa stabil, senyawa O_2^- merupakan radikal bebas. Senyawa stabil dapat berubah menjadi radikal bebas yang disebabkan karena adanya proses pembakaran. Pembakaran pada rokok merupakan salah satu peristiwa yang menyebabkan munculnya radikal bebas tersebut (Allen, 2000).

2.1.4 Divine Cigarette

Secara umum bahan penyusun rokok adalah tembakau dicampur dengan cengkeh dan bahan penyusunlainnya dimana bahan tersebut tersusun oleh berbagai bahan polimer. Polimer ini sendiri merupakan kumpulan dari beberapa monomer yang dapat berikatansecara kimia dan dapat membentuk sifat baru yang berbeda dengan unsur monomer yang membentuknya.Dari pembakaran rokoktersebut maka akan terjadi peristiwa pemecahan polimer-polimer yang tersusun di dalam rokok akan menjadi monomer-monomer yang berbentuk particulate matter yang banyak dan berbagai macam ukuran. Particulate matter yang dihasilkan berupa partikel ultrafine yang memiliki ukuran yang sangat kecil yaitu ukuran sekitar 100 nm. Proses pembentukan partikel ultrafine pada rokok

macam ukuran salah satunya berukuran nanometer (Partikel ultrafine). Dengan bantuan bahan campuran yang lain seperti asam amino dan lain lain maka partikel-partikel yang berskala nanometer tersebut memungkinkan menyerap sebagian radikal bebas(Zahar, 2012).

Dalam pembuatan rokok *divine* tembakau dicampur dengan menggunakan bahan campuranyaituasam amino. Tiap jenis rokok dicampur oleh asam amino sesuai dengan jenis asam amino beserta fungsinya. Asam amino merupakan senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksil ($-\text{COOH}$) dan amina ($-\text{NH}_2$). Dalam biokimia seringkali pengertiannya dipersempit, keduanya terikat pada satu karbon yang sama. Karboksil memberikan sifat asam dan gugus amina memberikan sifat basa. Dalam bentuk larutan, asam amino bersifat amfoterik, cenderung menjadi asam pada larutan basa dan menjadi basa pada larutan asam. Perilaku ini terjadi karena asam amino mampu menjadi zwitter-ion. Asam amino mempunyai peran yang sangat penting dalam organisme karena asam amino sebagai penyusun protein(Suryo, 2012).



Gambar 2.3 *Divine Cigarette*

2.2 Radikal Bebas

Radikal bebas (bahasa Latin: *radicalis*) adalah molekul yang memiliki elektron yang tidak berpasangan, sehingga molekul tersebut menjadi tidak stabil dan selalu berusaha mengambil elektron

dari molekul atau sel lain. Radikal bebas dapat dihasilkan dari hasil metabolisme tubuh dan faktor eksternal seperti asap rokok, hasil penyinaran ultra violet, zat kimiawi dalam makanan dan polutan lain. Pembentukan radikal bebas dapat berasal dari dalam tubuh dan luar tubuh. Radikal bebas dapat terbentuk melalui absorpsi (ionisasi, ultraviolet, radiasi sinar tampak, radiasi panas) reaksi oksidasi atau reaksi darisuatu elektron, atau pemecahan homolisis suatu ikatan. Radikal bebas mampu menarik atom H dari suatu molekul (Fessenden, 1986).

Pembentukan radikal bebas dapat berasal dari dalam tubuh dan luar tubuh. Radikal yang berasal dari dalam tubuh dapat dihasilkan pada saat bernapas dimana radikal bebas merupakan hasil samping proses oksidasi atau pembakaran di dalam tubuh (Allen, 2000). Oksigen dapat menerima elektron tunggal dan membentuk molekul tak stabil yang dikenal dengan molekul kelompok oksigen reaktif (ROS). ROS adalah bagian dari radikal bebas yang merupakan produksi dari metabolisme sel normal. Sebagian ROS berasal dari proses fisiologis ROS endogen dan lainnya adalah ROS eksogen, seperti berbagai polutan lingkungan (emisi kendaraan bermotor dan industri, asbestos, asap rokok, dan lain-lain), radiasi ionisasi, infeksi bakteri, jamur dan virus, serta paparan zat kimia (termasuk obat) yang bersifat mengoksidasi (Cuzzocrea dan Riley, 2001).



Tabel 2.2Radikal bebas biologis(Allen, 2000)

Kelompok Oksigen Reaktif		
Jenis Senyawa	Kelompok Oksigen Reaktif	Akibat
O_2^-	Radikal superoksida (Superoxide radical)	- Merusak jaringan tubuh - Kanker dan tumor
$H_3O^\bullet$	Radikal hidroksil (Hidroksil radical)	- Granulomatososa kronis (CGD) atau Kelainan genetic
H_2O_2	Hydroperoksida (Hidrogen peroxide)	- Menghambat pertumbuhan dini
1O_2	Oksigen tunggal (Singlet oxygen)	- Kolestrol - Asam urat
NO^-	Nitrit oksida (Nitric oxide)	- Kerusakan paru-paru
$HOCl$	Asam hipoklorus (Hypochlorous acid)	Penyakit kronis terutama : - Rematik - Simtomatik - Poliartritis dan kardiak miopi setelah dewasa,dll.
$ONOO^-$	Nitrit peroksida (Peroxy nitrite)	Kanker paru-paru
$^{\bullet}OOH$	Radikal peroksil (Peroxyl radical)	-

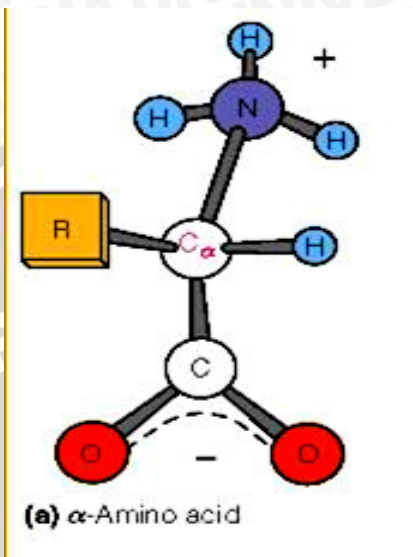
2.2.1 Bahaya Radikal Bebas

Radikal bebas merupakan suatu molekul yang relatif tidak stabil dengan atom yang pada orbit terluarnya memiliki elektron yang tidak berpasangan. Selanjutnya menghasilkan senyawa tidak normal berupa radikal bebas yang lebih reaktif dan senyawa berantai yang dapat merusak sel-sel penting. Ada beberapa komponen tubuh yang rentan terhadap radikal bebas, diantaranya kerusakan DNA, membran sel, protein, lipid peroksida, dan proses penuaan. Sedangkan dalam dunia medis, radikal bebas merupakan penyebab berbagai keadaan patologis diantaranya liver, jantung koroner, diabetes, katarak, penyakit hati dan beberapa proses penuaan dini (Droge, 2002).

2.3 Asam Amino

Protein berasal dari bahasa Yunani "*proteios*" yang berarti pertama atau utama. Protein merupakan makromolekul yang menyusun lebih dari separuh bagian dari sel. Protein menentukan ukuran dan struktur sel, komponen utama dari sistem komunikasi antar sel serta sebagai katalis berbagai reaksi biokimia di dalam sel. Semua jenis protein terdiri dari rangkaian dan kombinasi dari asam amino. Setiap jenis protein mempunyai jumlah dan urutan asam amino yang khas (Widyarti, 2011).

Asam amino akan membentuk protein melalui proses translasi di dalam sel atau asam amino sebagai bagian penyusun dari protein. Terdapat dua jenis asam amino yaitu asam amino esensial yang merupakan asam amino yang tidak dapat disintesis oleh tubuh manusia tetapi didapatkan dari makanan (tumbuhan dan hewan). Asam amino non-esensial merupakan asam amino yang dapat disintesis oleh tubuh manusia dengan bahan baku asam amino lainnya. Rumus asam amino adalah dua gugus dapat mengalami ionisasi -COOH (asam) dan -NH_2 (basa). Asam amino ini berperan sebagai bahan untuk membangun protein yang bermanfaat mengganti bagian-bagian sel tubuh yang rusak. Protein sendiri merupakan unsur terpenting yang terdapat dalam semua makhluk hidup (Voet, 1990). Secara umum, struktur dasar asam amino terdiri dari atom C_α yaitu satu atom C sentral yang mengikat secara kovalent yaitu gugus amino, gugus karboksil, satu atom H dan rantai samping (gugus R). Untuk gugus R yaitu merupakan rantai samping yang berbeda-beda pada setiap jenis asam amino. Gugus R yang berbeda-beda tersebut menentukan jenis struktur, ukuran, muatan elektrik dan sifat kelarutan di dalam air (Widyarti, 2011).



Gambar 2.4 Struktur dasar asam amino

Berdasarkan rantai sampingnya, asam amino dapat dibedakan menjadi bersifat polar dan non-polar yang berkaitan dengan kemampuannya mengikat uap air. Sampai sekarang baru dikenal 24 macam asam amino, yang dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu asam amino esensial dan asam amino non esensial. Asam amino non esensial dapat dibentuk dalam tubuh manusia, sedangkan asam amino esensial tidak dapat dibentuk oleh tubuh manusia, karena itu disebut asam amino esensial, artinya harus didapatkan dari makanan sehari-hari (Voet, 1990). Berikut ini merupakan golongan nama – nama asam amino esensial dan non esensial.

TABEL 2.3 Nama asam amino essensial (Wikipedia, 2012)

No	Nama	Singkatan
1	Arginin (arginine)	Arg
2	Histidin (Histidine)	His
3	Isoleusin (Isoleucine)	Ile
4	Leusin (Leucine)	Leu
5	Lisin (Lysine)	Lys
6	Metionin (Methionine)	Met
7	Fenilalanin (Phenilalanine)	Phe
8	Treonin (Threonine)	Thr
9	Triptofan (Tryptophan)	Trp
10	Valin (Valine)	Val

TABEL 2.4 Nama asam amino non – essensial (Wikipedia, 2012)

No	Nama	Singkatan
1	Alanine (Alanine)	Ala
2	Aspartat (Aspartate)	Asn
3	Asparagin (Asparagine)	Asp
4	Sistein (Cysteine)	Cys
5	Glutamat (Glutamate)	Glu
6	Glutamin (Glutamine)	Gln
7	Glisin (Glycine)	Gly
8	Prolin (Proline)	Pro
9	Serin (serine)	Ser
10	Tirosin (Tyrosine)	Tyr

2.4 ESR (*Elektron Spin Resonance*)

ESR (*Electron Spin Resonance*) atau yang disebut juga dengan resonansi paramagnetik elektron, adalah suatu bentuk spektroskopi resonansi magnetik yang digunakan untuk mendeteksi atom atau molekul yang mempunyai elektron yang tidak berpasangan, misalnya untuk mendeteksi radikal bebas. ESR (*Electron Spin Resonance*) merupakan metode penelitian tentang molekul yang

memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Teknik ini memanfaatkan medan magnet yang ditimbulkan akibat elektron yang beresonansi dengan radiasi elektromagnetik. Penyerapan resonansi energi elektromagnetik akibat partikel yang berputar pada medan magnet adalah dasar dari ESR (*Electron Spin Resonance*). Resonansi magnetik termasuk fenomena dari spin-spin magnetik pada atom-atom tertentu dengan metode spin yang menyerap energi pada frekuensi tertentu pada saat terjadi medan magnet bolak-balik antara frekuensi yang sama dan frekuensi alami pada sumber (Hendrayana, 1994).

Informasi yang akan didapatkan pada ESR (*Electron Spin Resonance*) adalah nilai faktor-g dari radikal bebas. Faktor-g sangat bergantung pada orientasi molekul dalam medan magnetik dan bergantung pada struktur elektron dari molekul faktor-g untuk elektron ini disebut faktor-g lande, dimana nilai faktor-g ditentukan oleh frekuensi presisi dari elektron yang tak berpasangan. Faktor lande menunjukkan hubungan antara interaksi spin-orbit dan elektron paramagnet dengan inti atom yang ada disekitarnya (Atkins, 1999). Penentuan nilai faktor-g didapatkan pada saat terjadi resonansi magnetik yaitu ketika sampel berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik sebesar hf dan sebanding dengan transisi energi antara 2 tingkatan spin seperti yang dituliskan berikut :

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad (2.1)$$

Dimana: h = konstanta plank ($h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

μ_B = magneton Bohr ($\mu_B = 9,273 \times 10^{-24} \text{ J/T}$)

B = medan magnet eksternal (T)

Sedangkan untuk menentukan medan magnet (B) eksternalnya pada ESR (*Electron Spin Resonance*) menggunakan persamaan berikut:

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{n}{r} I \quad (2.2)$$

Dimana: $\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ T.m/A}$

n = jumlah lilitan pada kumparan Helmholtz ($n = 320$)

r = jari-jari kumparan Helmholtz ($r = 6,8 \text{ cm}$)

I = arus yang mengalir pada kumparan Helmholtz (A)
(Carrington, 1996).

Nilai faktor-g bergantung pada struktur elektron bahan, karenanya medan magnet yang diberikan harus dapat menggeser elektron disepanjang molekul dan oleh karenanya nilai faktor-g yang diperoleh tersebut dapat memberikan informasi struktural. Nilai faktor-g sendiri dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi bahan yang bersifat radikal bebas (Vlack, 1960).

Tabel 2.5 Nilai faktor-g (Vlack, 1960)

No.	Nama Radikal	Nilai faktor g
1	Hidroksil	2,00047
2	Helium	2,002
3	Methanol	2,00205
4	Methyl	2,00255–2,00286
6	Alkoxy	2,0016 – 2,00197
7	Alkyl	2,00260
8	DPPH	2,0036
9	Karbon dioksida	1,9921 – 2,0007
10	Hidrogen	2,00232
11	Peroksida	2,0155 – 2,0265
12	$^1\text{O}_2$	2,0356 – 2,0398
13	Karbon	2,00505–2,00548
14	Nitroxyl	2,0055–2,0060
15	Clorida	2,000 – 2,0003
16	Ethyl	2,0044
17	Phenyl	2,0023
18	Hidroperoksida	2,03248

2.5 Struktur Senyawa

2.5.1 Atom

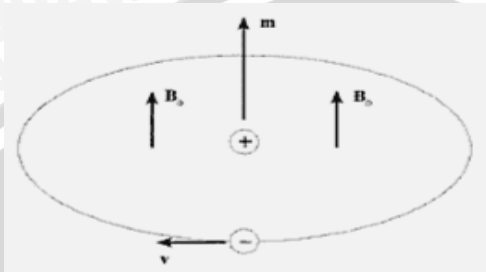
Atom merupakan satuan terkecil penyusun materi atau molekul. Atom terdiri dari elektron, proton dan neutron dengan proton dan neutron sebagai inti yang dikelilingi oleh elektron. Elektron tetap berada pada lintasan dan mengitari inti atom dikarenakan adanya gaya tarik inti dan gaya tarik elektromagnetik yang menjaga elektron tetap berada pada tempatnya. Atom dikelompokkan berdasarkan jumlah proton dan neutron yang terdapat pada inti atom dengan jumlah proton menentukan sifat kimia molekul dan neutron menunjukkan isotop dari molekul(Beiser, 1986).

Atom sering kali melengkapi lapisan luarnya dengan cara membagi elektron-elektron bersama atom yang lain. Dengan membagi elektron, atom-atom tersebut bergabung bersama dan mencapai kondisi stabilitas maksimum untuk membentuk molekul. Oleh karena radikal bebas sangat reaktif, maka mempunyai spesifitas kimia yang rendah sehingga dapat bereaksi dengan berbagai molekul lain, seperti protein, lemak, karbohidrat dan DNA. Untuk mendapatkan stabilitas kimia, radikal bebas tidak dapat mempertahankan bentuk asli dalam waktu lama dan segera berikatan dengan bahan sekitarnya. Radikal bebas akan menyerang molekul stabil yang terdekat dan mengambil elektron, zat yang terambil elektronnya akan menjadi radikal bebas juga sehingga akan memulai suatu reaksi berantai, yang akhirnya terjadi kerusakan sel tersebut(Gautrea, 1992).

2.5.2 Spin Elektron

Elektron yang bergerak mengelilingi inti atom memiliki momentum sudut. Terpecahnya garis spektrum atomik menandakan orientasi momentum sudut elektron yang berbeda ketika elektron berada didalam medan magnet. Tiap orientasi momentum sudut elektron memiliki tingkat energi yang berbeda. Meskipun kecil tingkat energi akan teramati apabila atom berada didalam medan magnet (Beiser, 1986).Spin elektron menghasilkan momenmagnetik yang ada pada sistem atomik. Fenomena ini terjadi dengan mengasumsikan elektron berputar pada porosnya serta membangkitkan momen dipol magnet. Pada atom yang mempunyai banyak elektron dengan spin elektron-elektron yang terdapat pada

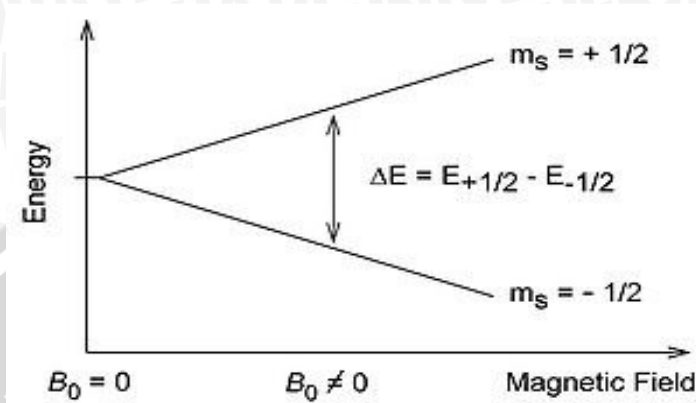
kulit yang tidak terisi penuh akan berkontribusi momen magnet total pada atom (William, 2004).



Gambar 2.5 Elektron yang bergerak (William, 2004)

Pada Gambar 2.5 diatas menunjukkan elektron yang bergerak dari orbitnya yang mempunyai momen magnetik μ_0 yang searah dengan medan magnet eksternal B_0 . Bilangan kuantum spin menjelaskan tentang efek zeeman anomali. Anomali merupakan terpecahnya garis spektrum sehingga lebih banyak garis yang dapat diperkirakan. Apabila efek zeeman merupakan akibat dari medan magnet eksternal, maka efek zeeman anomali diakibatkan rotasi elektron pada porosnya. Sedangkan rotasi atau spin elektron menghasilkan momentum sudut intrinsik elektron (William, 2004).

Rotasi atau spin elektron menghasilkan momentum sudut intrinsik elektron. Momentum sudut spin juga mempunyai dua orientasi yang berbeda, yaitu spin atas dan spin bawah. Tiap orientasi spin elektron memiliki energi yang berbeda tipis sehingga terlihat sebagai garis spektrum yang terpisah. Spin elektron diwakili oleh bilangan kuantum tersendiri yang disebut bilangan kuantum magnetik. Nilai bilangan kuantum spin hanya boleh satu dari dua nilai $+\frac{1}{2}$ atau $-\frac{1}{2}$. Momentum yang disebabkan oleh spin elektron disebut momentum sudut spin, jika m_s adalah bilangan kuantum spin maka komponen momentum sudut arah sumbu-z dituliskan sebagai $S_z = m_s \hbar$ (Beiser, 1986). Penyerapan energi elektromagnetik tersebut disebut sebagai fenomena resonansi magnetik.



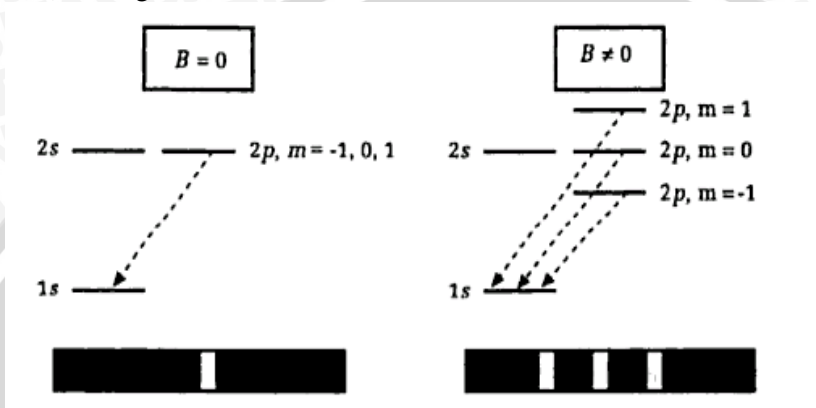
Gambar 2.5 Hubungan antara medan magnet dan energi
(Taylor dan Chris, 1991)

2.5.3 Efek Zeeman

Efek Zeeman merupakan pemecahan garis spektrum energi menjadi beberapa komponen sebagai akibat adanya medan magnet statis. Pada kebanyakan atom terdapat beberapa konfigurasi elektron dengan besar energi yang sama, oleh karenanya transisi antara konfigurasi elektron memiliki spektrum tunggal, adanya medan magnet ini akan mengubah posisi state elektron yang semula berada pada level energi yang sama. Hal ini dikarenakan medan magnet memberikan respon atau interaksi yang berbeda – beda pada elektron yang memiliki nomor kuantum yang berbeda. Sehingga menimbulkan pemecahan garis spektrum tunggal menjadi beberapa garis spektrum dengan jarak yang tipis tanpa medan magnet konfigurasi garis spektrum yang terpecah memiliki energi yang sama (Taylor dan Chris, 1991).

Efek zeeman adalah gejala tambahan garis-garis spektrum, nama ini diambil dari nama seorang fisikawan belanda Zeeman yang mengamati efek itu pada tahun 1896 (Atkins, 1999). Ketika atom yang terdapat pada medan magnetik mengakibatkan keadaan bilangan kuantum akan terpecah menjadisubkeadaan sehingga energi yang dihasilkan bisa lebih besar atau lebih kecil dibandingkan dengan atom yang tidak berada pada medan magnetik. Oleh karena itu garis spektrum pada atom terpecah menjadi garis-garis yang terpisah ketika dipancarkan pada medan magnet dan jarak tersebut bergantung pada kuat medan magnetnya. Prosesterpecahnya garis

spektrum pada medan magnet merupakan definisi dari efek zeeman (Umar, 2008). Penelitian efek zeeman membuktikan adanya sub kulit elektron pada elektron terdapat garis spektrum *Lyman* (transisi kulit $n=1$), sedangkan untuk transisi $n=2$ ke $n=3$.



Gambar 2.6 Garis spektrum Lyman ($n=2$ ke $n=1$) (a) tanpa medan magnet B , (b) di dalam medan magnet B (Wospakrik, 2005).

Pada gambar menjelaskan terpecahnya garis menjadi tiga subgaris spektrum ketika atom hidrogen diletakkan di dalam medan magnet B dan diletakkan diluar medan magnet B . Tanpa medan magnet konfigurasi garis spektrum yang terpecah memiliki energi yang sama. Kehadiran medan magnet mengakibatkan terjadinya pemisahan level energi. Akibat dari pergerakan elektron maka atom dapat memiliki momentum magnetik μ . Oleh karenanya dengan memberikan medan magnet B maka tingkat energi atom dapat berubah sebesar $-\mu \cdot B$ sehingga memberikan medan magnet dapat merubah spektrum atom (Wospakrik, 2005).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rencana Penelitian

Rencana penelitian yang didesain oleh peneliti yaitu pengaruh jenis asam amino terhadap jenis radikal bebas pada asap rokok kretek (*Divine Cigarette*).

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah

- Satu set ESR (*Electron Spin Resonance*) yang terdiri dari : osiloskop, multimeter, digital kontrol, dua buah koil, basic unit dan kabel penghubung.
- Alat penghisap rokok yang ditentukan kecepatan hisapnya
- Selang dengan ukuran kecil
- Korek api.

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah jenis rokok kretek yang dibuat khusus oleh Prof. Dr. Sutiman B. Sumitro yang dinamakan dengan *divine cigarette*. Rokok kretek ini dibuat dari campuran murni cacahan 80% tembakau dan 20% cengkeh kering yang dipasok dari perkebunan tembakau di Jember, Temanggung dan Madura. *Divine cigarette* dibuat dari rokok-rokok ini dengan menambahkan asam amino dan bahan kimia tambahan yang berbeda. Sebagai pembanding disertakan pula satu jenis rokok tanpa penambahan asam amino pada tembakaunya. Sebelum pengujian dilaksanakan, batang-batang rokok dibiarkan dalam keadaan terbuka pada suhu ruang. Batang rokok dibakar dengan menggunakan alat penghisap rokok yang telah didesain dan diambil filternya untuk dilakukan pengukuran menggunakan alat ESR (*Electron Spin Resonance*).

Berikut adalah daftar rokok kretek *divine* yang dibedakan menurut jenis asam amino esensial dan non esensial yang ditambahkan ke dalam bahan baku rokok. Sebagai pembanding disertakan pula satu jenis rokok tanpa penambahan asam amino pada tembakaunya (referensi/rokok kosong).

1. Jenis Rokok yang ditambahkan asam amino essensial :

- Rokok 8 (Arginine)
- Rokok 7 (Histidine)
- Rokok 5 (Isoleucine)
- Rokok 13 (Leucine)
- Rokok 6 (Lycine)
- Rokok 19 (Phenilalanine)
- Rokok 1 (Threonine)
- Rokok 2 (Tryptophan)
- Rokok 4 (Valine)

2. Jenis Rokok yang ditambahkan asam amino non essensial :

- Rokok 15 (Alanine)
- Rokok 9 (Aspartate)
- Rokok 14 (Asparagine)
- Rokok 18 (Cystein)
- Rokok 10 (Glutamate)
- Rokok 11 (Glutamine)
- Rokok 23 (Glycine)
- Rokok 12 (Proline)
- Rokok 3 (Serine)

3.3 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Agustus 2012 sampai dengan selesai di laboratorium Fisika Lanjutan Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

3.4 Metode Penelitian

Metode dalam penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain meliputi persiapan alat dan bahan, kalibrasi DPPH, pengamatan radikal bebas menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*) kemudian analisis data.

Metode penelitian yang dilakukan disajikan dalam bentuk diagram alir berikut ini :

Mulai



Persiapan alat dan bahan

Pembakaran rokok menggunakan alat penghisap rokok



Gambar 3.1 Diagram alur tahapan penelitian

3.5 Alat Penghisap Rokok

Pada tahap ini digunakan sebuah alat penghisap asap rokok. Alat penghisap tersebut merupakan integrasi antara pompa akuarium dengan sebuah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengatur kecepatan hisap tersebut. Rokok dibakar untuk kemudian dihisap dengan kecepatan tertentu. Setelah rokok habis terbakar, maka filter dari rokok kretek tersebut dimasukkan dalam solenoid yang terintegrasi dengan unit ESR (*Electron Spin Resonance*). Filter tersebut merupakan bahan utama dalam pendeteksian radikal bebas yang menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*). Prosedur ini digunakan untuk mendapatkan nilai kuantitatif kecepatan hisap serta untuk melihat seberapa stabil alat tersebut.

Tabel 3.1. Kecepatan rata-rata alat penghisap

Kecepatan terendah, v_1	Kecepatan menengah, v_2	Kecepatan tertinggi, v_3
0,1035 m/s	0,1585 m/s	0,1730 m/s

Sampel yang digunakan merupakan batang rokok kretek yang telah dipersiapkan. Sebuah sampel kemudian dibakar dan dihisap menggunakan alat penghisap yang telah dirancang dan dikalibrasi sebelumnya. Pompa hisap rokok merupakan alat yang didesain untuk digunakan dalam menghisap rokok dengan menggunakan pompa udara yang biasanya digunakan untuk membuat gelembung udara pada aquarium. Pada percobaan ini menggunakan kecepatan hisap dengan kecepatan menengah yaitu sebesar 0,1585 m/s, kecepatan ini disesuaikan kondisi perokok pada umumnya yang menghabiskan sebatang rokok rata – rata 0,15 m/s dalam waktu 2 – 5 menit. (Irfanudin, 2012)

3.6 Cara Kerja

3.6.1 Persiapan Bahan

Sample yang diteliti dalam penelitian ini terdiri dari rokok kretek yang telah diberi macam-macam asam amino esensial dan non-esensial kemudian ditandai dengan nomor, yang mana sample yang akan digunakan dengan mengambil filter rokok tersebut yang telah dibakar dan dihisap dengan mesin penghisap rokok. Filter rokok tersebut, kemudian diukur dan diamati spektrumnya atau resonansinya dengan menggunakan alat ESR (*Electron Spin Resonance*).

3.6.2 Persiapan Alat

ESR(*Electron Spin Resonance*) dalam skala eksperimen yang dikeluarkan oleh Leybold-Heracus digunakan pada frekuensi antara 10,5 MHz–37,1 MHz dengan arus maksimal 3 A yang akan dialirkan pada setiap kumparan sehingga menghasilkan medan magnet. Hasilnya pada penelitian berupa spektrum ESR (*Electron Spin Resonance*) yang merupakan nilai faktor-g yang diperoleh dari perhitungan frekuensi (f) dan arus (I) ketika terjadi resonansi magnetik berbentuk simetris yang dilihat dari layar osiloskop.

Alat ESR dirangkai sesuai dengan Gambar 3.2 yaitu sepasang kumparan Helmholtz dengan cara dipasang secara paralel pada jarak 6,8 cm yang sesuai dengan jari-jari dari kumparan tersebut. Kumparan Helmholtz ini kemudian dihubungkan pada masukan positif multimeter kemudian detektor pada alat dasar ESR(*Electron Spin Resonance*) dihubungkan dengan alat pengendali ESR(*Electron Spin Resonance*). Osiloskop pada rangkaian ini berfungsi sebagai penampilan kurva resonansi. Osiloskop dihubungkan pada alat pengendali ESR(*Electron Spin Resonance*) dengan urutan channel 1 dihubungkan dengan sumbu x dan channel 2 dihubungkan pada sumbu y. Tampilan kurva pada osiloskop ini yaitu tampilan kurva dengan pola lisajous. Gambar yang stabil dapat diperoleh ketika alat dasar ESR(*Electron Spin Resonance*) dipasang ground. Setelah alat dirangkai dengan sempurna selanjutnya dilakukan pengkalibrasian alat dengan menggunakan Diphenyl PierylHidrazil (DPPH).



Gambar 3.2 Rangkaian alat ESR (*Electron Spin Resonance*)

3.6.3 Pengkalibrasian alat dengan menggunakan DPPH

Kalibrasi alat ESR (*Electron Spin Resonance*) dengan (DPPH) dilakukan terlebih dahulu, sebelum mengamati radikal bebas pada sampel. Kalibrasi DPPH dilakukan dengan tujuan memberikan gambaran keakuratan pengukuran ESR (*Electron Spin Resonance*). Kalibrasi ini dimulai meletakkan tabung yang berisi DPPH pada kumparan yang telah terpasang pada alat dasar ESR (*Electron Spin Resonance*). Implus resonansi magnetik didapatkan dengan cara membersihkan arus pada kumparan helmholtz sebagai sumber medan magnet. Langkah berikutnya adalah memutar variabel resistor pada alat dasar ESR (*Electron Spin Resonance*) yang ditandai dengan frekuensi sampai terjadi implus resonansi magnetik. Tombol perubahan fase pada alat pengendali ESR (*Electron Spin Resonance*) diubah-ubah, sampai implus resonansi yang terbentuk berhimpit dan digeser sehingga diperoleh implus resonansi simetris yang terlihat pada layar osiloskop. Kalibrasi dilakukan dengan menghitung harga faktor-g. Nilai faktor-g diperoleh dari variabel frekuensi (f) dan arus (I) pada saat terjadi resonansi simetris.

3.6.4 Persiapan dan pengukuran sample

Sampel yang digunakan merupakan batang rokok yang telah dicampur dengan asam amino jenis tertentu. Sebuah sampel kemudian dibakar dan dihisap menggunakan alat penghisap yang telah dirancang dan dikalibrasi sebelumnya. Saat satu buah sampel telah dibakar, maka segera mungkin dianalisis menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*). Pengukuran radikal bebas menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*) control unit dan osiloskop. Rokok yang telah di bakar dan diambil filternya dimasukkan dalam lubang solenoid. Osiloskop disetting untuk menampilkan gelombang Lisajous dengan cara menekan tombol display kemudian toggle untuk pilihan format XY.

Parameter yang perlu dicatat adalah besarnya frekuensi yang ditampilkan oleh ESR (*Electron Spin Resonance*) dan besarnya arus yang tampil pada amperemeter. Tombol putar pada rangkaian solenoid menentukan besarnya frekuensi yang ditimbulkan. Tombol putar yang berada paling kiri pada ESR (*Electron Spin Resonance*) menentukan besarnya arus yang diberikan. ESR (*Electron Spin Resonance*) berfungsi untuk menyelidiki kuantitas mikrofisis elektron, dengan menggunakan metode resonansi, perbedaan energi antara dua spin dapat diukur secara langsung. Bahan yang akan diteliti diletakkan diantara sepasang koil helmholtz dan sebuah rf koil (dimana range frekuensinya adalah 10,5 MHz – 37,1 MHz). Koil rf merupakan bagian dari rangkaian resonansi paralel. Pada penelitian ini, sampel akan menyerap rf energi, sehingga ia akan mengubah hambatan AC (damping) dari rangkaian osilator. Sinyal modulasi dari medan magnet akan dimasukkan ke osiloskop melalui dua probe, yakni probe channel 1 dan channel 2. Dengan mengamati layar osiloskop, maka akan mendapatkan kurva untuk modulasi medan dan penyerapan ESR (*Electron Spin Resonance*). Frekuensi resonansi f yang timbul akibat kuat medan magnet B akan secara langsung tampil pada ESR (*Electron Spin Resonance*) control unit.

3.7 Analisis Data

Penelitian ini yang didapatkan berupa sinyal impuls resonansi yang ditunjukkan pada osiloskop dari alat ESR (*Electron Spin Resonance*) Leybold-Heracus. Dimana data tersebut berupa frekuensi (f) dan arus (I) yang selanjutnya dilakukan perhitungan sehingga didapatkan nilai medan magnet dan nilai faktor- g . Nilai

faktor-g yang merupakan perbandingan antara konstanta plangk terhadap magnetron medan manet. Nilai faktor-g diperoleh ketika terjadi resonansi magnetik, dimana sampel berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik sebesar hf dan sebanding dengan transisi energi antara dua tingkatan spin. Selanjutnya berdasarkan hasil uji ESR (*Electron Spin Resonance*) Leybold - Heracus dengan DPPH didapatkan perhitungan presentase penangkapan radikal bebas.

Data yang didapat dalam penelitian ini adalah nilai arus (I) dan frekuensi (f). Dari nilai arus dan frekuensi ini dapat dihitung nilai faktor-g dari radikal bebas dalam sampel. Namun, terlebih dahulu dihitung besarnya medan magnet eksternal (B) dengan persamaan sebagai berikut :

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{n}{r} I \quad (3.1)$$

Dimana: $\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ T.m/A}$

n = jumlah lilitan pada kumparan Helmholtz ($n = 320$)

r = jari-jari kumparan Helmholtz ($r = 6,8 \text{ cm}$)

I = arus yang mengalir pada kumparan Helmholtz (A)

Nilai medan magnetik (B) tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai faktor- g dengan persamaan:

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad (3.2)$$

Dimana :

h = Konstanta plangk ($h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

μ_B = Magneton Bohr ($\mu_B = 9,273 \times 10^{-24} \text{ J/T}$)

B = Medan magnet eksternal (T)

f = Frekuensi saat terjadi resonansi (Hz)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Kalibrasi DPPH (Diphenyl-picrylhydrazyl)

DPPH merupakan radikal bebas stabil dari senyawa kimia organik yang berbentuk serbuk kristal. Sample DPPH digunakan sebagai alat kalibrasi untuk memastikan bahwa ESR (*Electron Spin Resonance*) benar-benar berfungsi sebagai mana mestinya. Pengujian perangkat ESR (*Electron Spin Resonance*) sebelum digunakan, perlu dilakukan kalibrasi alat ESR (*Electron Spin Resonance*) dengan menggunakan kalibrator DPPH. Hal ini dilakukan sebagai penentuan keakuratan alat dalam mendeteksi radikal bebas dalam suatu bahan.

Kalibrasi alat dengan menggunakan DPPH yang diletakan pada pipet ESR (*Electron Spin Resonance*) menghasilkan nilai faktor-g dengan nilai sebesar 2,0038. Nilai tersebut mendekati nilai faktor-g pada literatur yaitu sebesar 2,0036.

Nilai faktor-g didapatkan dari kesimetrisan resonansi yang tampak pada layar osiloskop yaitu pada arus sebesar 0,364 A dan frekuensi 43,2 MHz. Hasil kesimetrisan resonansi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Resonansi simetris kalibrator DPPH

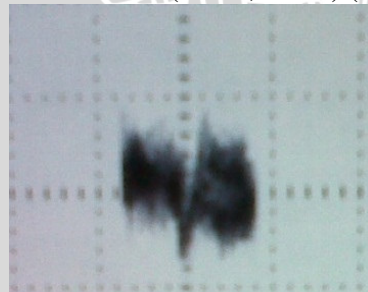
Adanya radikal bebas ditunjukkan dengan gambar resonansi yang simetris oleh osiloskop. Gambar resonansi didapatkan dari nilai frekuensi dan arus tertentu. Sebelum melakukan pengujian sampel dilakukan terlebih dahulu dengan pengukuran kalibrator DPPH. Hasil kalibrasi DPPH menunjukkan bahwa ESR (*Electron Spin Resonance*) mampu mengidentifikasi adanya radikal bebas pada range tertentu dan pada medan magnet tertentu pula.

4.2 Penentuan Jenis Radikal Bebas Pada Rokok Kretek

Pada jenis rokok kretek memiliki bahan dasar yang merupakan senyawa biomassa yang berbentuk makromolekul dan selanjutnya akan terurai menjadi monomer-monomer akibat terjadi pembakaran. Proses pembakaran tersebut akan berpengaruh pada emisi radikal bebas yang dihasilkannya. Pengaruh tersebut bisa dilihat dengan mengamati radikal bebas yang dihasilkan pada rokok kretek tersebut dengan menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*). Pada penelitian kali ini rokok kretek tersebut ditambahkan bahan campuran berupa asam amino yang terbagi menjadi dua jenis yaitu esensial dan non esensial. Dari penelitian ini didapatkan hasil radikal bebas yang terkandung pada jenis rokok kretek tersebut. Salah satu contoh adanya radikal bebas pada penelitian yang telah dilakukan ditunjukkan dengan kesimetrisan resonansi pada gambar osiloskop sebagai berikut :



Gambar 4.2 Resonansi Rokok Kretek Tanpa Diberi Bahan Campuran Asam amino ($F = 32,2 \text{ Mhz}$) ($I = 0,270 \text{ A}$)



Gambar 4.3 Resonansi Rokok Kretek Dengan Campuran Asam amino ($F = 32,4 \text{ Mhz}$) ($I = 0,298 \text{ A}$)

4.3 Jenis Radikal Bebas Pada Sample Rokok kretek

Tabel. 4.3.1 Jenis Radikal Bebas Pada Sample Rokok Kretek Tanpa Bahan Campuran

Nama Bahan	Faktor-g (Penelitian)	Jenis Radikal bebas	Faktor-g (Literatur)
Rokok Tanpa Bahan Campuran Asam Amino	2,0136	Peroxy	2, 0155
	2,0124		
	1,7536	Fe ²⁺	1,77 – 1,86
	1,8601	FeS	1,86
	1,9893	Hidroperoxida	1,9896
	1,8240	MnO ₂	1,8367

Tabel 4.3.2 Jenis Radikal Bebas Pada Sample Rokok Kretek Dengan Penambahan Asam Amino Essensial

Nama Bahan	Faktor-g (Penelitian)	Jenis Radikal bebas	Faktor-g (Literatur)
Rokok 8 (Arginine)	1,8613	FeS	1,86
	1,8649		
	2,0100	Peroxy	2,0155
	1,9477	Hidroperoxida	1,9896
	1,7887	Fe ²⁺	1,77 – 1,86
Rokok 7 (Histidine)	1,8561	FeS	1,86
	1,8550		
	1,9566		
	1,9417	Hidroperoxida	1,9896
	1,7371	Fe ²⁺	1,77 – 1,86
Rokok 5 (Isoleucine)	1,8619	FeS	1,86
	1,8806		
	1,8492	MnO ₂	1,8367
	1,8377		
	1,9365	Hidroperoxida	1,9896
Rokok 13	1,8643	FeS	1,86
	1,8296	MnO ₂	1,8367

(Leucine)	1,9487	Hidroperoxida	1,9896
	1,9390		
	1,7688	Fe^{2+}	1,77 – 1,86
Rokok 6 (Lycine)	2,0136	Peroxy	2,0155
	2,0112		
	2,0100		
	1,8812	FeS	1,86
	1,9842	Hidroperoxida	1,9896
Rokok 19 (Phenilalanine)	1,7881	Fe^{2+}	1,77 – 1,86
	1,9810	Hidroperoxida	1,9896
	1,8922	FeS	1,86
	1,8677		
	1,8695		
Rokok 1 (Threonine)	1,8296	MnO_2	1,8367
	1,8357		
	1,8637	FeS	1,86
	1,9143	Hidroperoxida	1,9896
	1,9390		
Rokok 2 (Tryptophan)	1,9477	Hidroperoxida	1,9896
	1,7764	Fe^{2+}	1,77 – 1,86
	1,7767		
	1,8819	FeS	1,86
	1,8884		
Rokok 4 (Valine)	1,9943	CO_2^-	1,996 – 2,002
	1,9932		
	1,8522	FeS	1,86
	1,8514		
	1,7816	Fe^{2+}	1,77 – 1,86

Tabel. 4.3.3 Jenis Radikal Bebas Pada Sample Rokok Kretek Dengan Penambahan Asam Amino Non Essensial

Nama Bahan	Faktor-g (Penelitian)	Jenis Radikal bebas	Faktor-g (Literatur)
Rokok 15 (Alanine)	1,8683	FeS	1,86
	1,8555		
	1,8871		
	2,0136	Peroxy	2,0155
	1,9831	Hidroperoxida	1,9896
Rokok 9 (Aspartate)	1,7767	Fe^{2+}	1,77 – 1,86
	1,8613	FeS	1,86
	1,8677		
	1,8936		
	1,9915	CO_2^-	1,996 – 2,002
Rokok 14 (Asparagine)	1,8367	MnO_2	1,8367
	1,8362		
	1,8122		
	1,9904	CO_2^-	1,996 – 2,002
	1,8550	FeS	1,86
Rokok 18 (Cystein)	1,9627	Hidroperoxida	1,9896
	1,9136		
	1,8884		
	1,8555	FeS	1,86
	1,8179	MnO_2	1,8367
Rokok 10 (Glutamate)	1,8683	FeS Hidroperoxida	1,86 1,9896
	1,9760		
	1,9076		
	1,9477	MnO_2	1,8367
	1,8372		
Rokok 11 (Glutamine)	1,9426	Hidroperoxida	1,9896
	1,8683	FeS	1,86
	1,8792		
	1,8677		
	1,9988	SO_4^-	1,9976
Rokok 23 (Glycine)	1,9547	Hidroperoxida	1,9896
	1,9566		
	1,9069		
	1,9926	CO_2^-	1,996 – 2,002
	1,8613	FeS	1,86

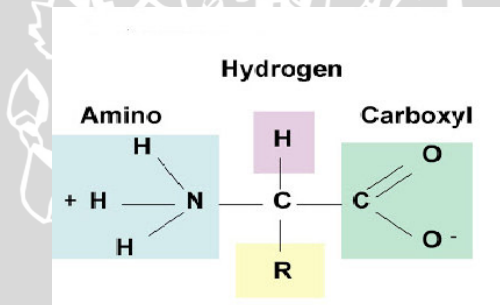
Rokok 12 (Proline)	2,0136	Peroxy	2,0155
	1,8613	FeS	1,86
	1,8683		
	1,9211	Hidroperoxida	1,9896
	1,9203		
Rokok 3 (Serine)	1,8561	FeS	1,86
	1,8958		
	1,9698	Hidroperoxida	1,9896
	1,9557		
	1,7767	Fe ²⁺	1,77 – 1,86

Pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada setiap jenis sample rokok kretek memiliki nilai faktor-g itu menandakan bahwa setiap pengujian sample rokok mengandung adanya radikal bebas. Tabel 4.3.1 merupakan hasil pengukuran dari sample rokok kretek yang tidak terkandung asam amino. Untuk setiap pengukurannya menghasilkan nilai faktor-g dengan berbagai macam jenis radikal bebas. Diketahui bahwa terdapat berbagai banyak senyawa radikal bebas yang terdeteksi didalam rokok kretek tanpa penambahan asam amino tersebut yaitu MnO₂, Hidroperoxida, Peroxy, Fe²⁺, dan FeS.

Pada Tabel 4.3.2 dan Tabel 4.3.3 menunjukkan bahwa pada setiap jenis rokok *divine* yang ditambahkan asam amino juga terdeteksi nilai faktor-g yang menandakan adanya jenis radikal bebas. Nilai faktor-g yang diperoleh dapat menunjukkan radikal tertentu dari suatu bahan, semakin besar nilai faktor-g maka semakin besar (bahaya) radikal bebas bahan tersebut. Jenis radikal bebas yang terdapat pada sample faktor-g nya juga ada yang tidak sesuai dengan literatur yang ada atau hampir mendekati nilai dari literatur tersebut. Hal ini bisa didasarkan pada proses terbentuknya jenis radikal tersebut seperti contohnya jenis radikal bebas pada peroxy, terutama pada sample rokok 8 nilai faktor-g yang diperoleh sebesar 2,0100 (dalam nilai literatur faktor-g nya sebesar 2,0155).

4.4 Pengaruh Pemberian Asam Amino Pada Rokok Kretek Terhadap Radikal Bebas

Rokok *divine* dibuat dengan menambahkan asam amino pada rokok kretek dengan pertimbangan tertentu, yang disesuaikan dengan penggunaan rokok *divine* itu sendiri. Asam amino merupakan senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksil ($-\text{COOH}$) yang memberikan sifat asam dan amina ($-\text{NH}_2$) yang memberikan sifat basa, yang terikat pada satu atom karbon (C) yang sama. Secara umum struktur asam amino dicirikan dengan adanya atom C yang mengikat empat gugus, gugus amina (NH_2), karboksil (COOH), atom hidrogen (H) dan satu gugus residu (R) atau disebut rantai samping yang membedakan satu asam amino dengan asam amino yang lain. Rantai samping inilah yang menyebabkan perbedaan sifat dari asam amino, yang umumnya diklasifikasikan menjadi bersifat asam lemah, basa lemah, hidrofilik (polar) dan hidrofobik (non polar).



Gambar 4.4 Rumus asam amino

Pada rokok *divine*, asam amino inilah yang membedakan antara jenis rokok yang diuji. Perbedaan bahan baku dalam pembakaran biomassa akan menghasilkan tingkat radikal bebas yang berbeda pula. Radikal bebas yang diemisikan dari pembakaran biomassa, dalam hal ini pada aktivitas merokok terdiri dari berbagai jenis yang berbeda - beda. Setelah dilakukannya penelitian tersebut maka dapat dilihat bahwa pada dasarnya setiap keluaran asap rokok mengandung radikal bebas. Radikal bebas tersebut dapat terjadi karena adanya proses pembakaran rokok yang menghasilkan asap. Asap rokok bisa mengandung radikal bebas dalam konsentrasi tinggi. Radikal bebas yang terdeteksi dari rokok *divine* tersebut diketahui akibat adanya unsur utama yang terdapat pada tembakau antara lain

karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S). Kemudian unsur-unsur tersebut akan bereaksi karena pembakaran dengan O_2 dan menghasilkan radikal bebas sebagai turunan. Rokok *divine* secara sederhana dibedakan menurut jenis asam amino yang ditambahkan ke dalamnya, yaitu asam amino esensial dan non-esensial. Sementara bahan kimia lain yang tidak termasuk kedalam kedua jenis asam amino tersebut dimasukkan kedalam kategori bahan kimia tambahan. Pada Tabel 4.3.2 dan Tabel 4.3.3 terlihat bahwa pada rokok kretek yang telah melalui perlakuan *divine* (pemberian asam amino) menghasilkan radikal bebas dari masing – masing rokok kretek tersebut.

4.5 Pembahasan

Hasil pengukuran yang telah diperoleh, didapatkan jenis radikal bebas pada rokok kretek tanpa bahan campuran. Hasil pengukuran Tabel 4.3.1 mendeteksi nilai faktor-g yang beraneka ragam ini dapat menunjukkan adanya kandungan radikal bebas pada hasil pembakaran rokok tersebut. Jenis radikal bebas yang terdeteksi yaitu: Peroxy, Fe^{2+} , FeS, Hidroperoksida, dan MnO_2 . Berbagai senyawa radikal bebas ini dapat terjadi karena adanya reaksi dari jenis unsur tembakau tersebut. Jenis radikal bebas FeS sendiri merupakan jenis senyawa yang terdapat pada daun tembakau berbagai jenis senyawa ini sangat memungkinkan muncul pada asap rokok dari proses pembakaran.

Pembakaran tembakau (merokok) sama seperti materi organik lainnya juga dapat menghasilkan radikal bebas melalui proses oksidasi yang melibatkan reaksi homolitik. Temperature tinggi yang dihasilkan selama proses merokok mampu dengan mudah memecah ikatan yang menyebabkan pembentukan radikal bebas. Selain melalui proses pembakaran, radikal bebas dapat juga terjadi melalui reaksi yang melibatkan NO_x pada asap rokok. Spesies ini terlibat dalam pembentukan radikal dengan pusat oksigen melalui penambahan nitrogen dioksida pada senyawa tak jenuh. Hal ini dapat memicu pembentukan radikal dengan pusat karbon, yang kemudian bereaksi dengan oksigen atmosfer menjadi radikal dengan pusat oksigen.

Pembakaran rokok merupakan keadaan yang sangat kompleks dimana terdapat banyak reaksi kimia dan proses fisika yang terjadi. Saat proses pembakaran terdapat 2 jenis reaksi pembakaran yaitu reaksi pembakaran yang melibatkan oksigen yang terjadi pada

suhu diatas 800°C serta hanya terjadi pada ujung rokok yang memiliki kontak langsung dengan udara, dan reaksi yang terjadi saat ketiadaan oksigen atau disebut juga dengan reaksi pirolisis yang terjadi pada rentang suhu antara 400 °C-800°C. Temperatur tinggi yang dihasilkan selama proses merokok mampu dengan mudah memecah ikatan yang menyebabkan pembentukan radikal bebas. Didalam zona pembakaran, oksigen bereaksi dengan tembakau secara karbonisasi sehingga dihasilkan gas seperti CO, CO₂ dan H yang mana unsur dari elementer tersebut bereaksi pada proses pembakaran (Baker, 2006).

Selain unsur-unsur yang bersifat gas seperti yang disebutkan, tembakau juga mengandung unsur-unsur logam. Unsur-unsur logam tersebut antara lain adalah besi (Fe), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Seng (Zn) dan Tembaga (Cu). Unsur Fe, Mn dan Cu merupakan nutrisi bagi tembakau yang berasal dari tanah (Allan, 2009), sehingga kemungkinan ketiga unsur tersebut selalu melekat pada semua sampel yang diteliti. Hasil pengukuran pada Tabel 4.2.2 dan Tabel 4.2.3 menunjukkan bahwa pada jenis rokok kretek yang ditambahkan asam amino essensial dan non essensial mengandung senyawa radikal bebas. Senyawa ini dapat muncul dari proses pembakaran rokok kretek tersebut dan juga dapat terpengaruh dari kecepatan hisap yang digunakan. Pada hasil pengukuran ini didapatkan jenis radikal bebas yang sama pada setiap jenis rokok kretek tanpa pemberian asam amino ataupun dengan pemberian asam amino essensial dan non essensial yaitu jenis radikal bebas FeS. Jenis radikal bebas ini dapat terdeteksi karena pada senyawa FeS tersebut merupakan jenis senyawa besi yang terkandung pada daun tembakau. Jenis radikal bebas FeS dapat diperoleh dari proses pembakaran besi dan sulfur sehingga pada proses pembakaran rokok tersebut memungkinkan jenis radikal bebas FeS muncul pada pendeteksian. Hasil radikal bebas ini selalu terdeteksi untuk setiap jenis pengukuran sample rokok.

Pada asap rokok kretek *divine* yang telah diberi asam amino tersebut juga ditemukan senyawa karbondioksida yaitu terdeteksi pada rokok 9 (Aspartate), Rokok 23 (Glycine), rokok 4 (Valine), dan rokok 14 (Asparagine) yang mengandung senyawa CO₂⁻. Senyawa ini merupakan jenis unsur karbondioksida, munculnya senyawa ini terjadi akibat proses pembakaran dan tidak menutup kemungkinan muncul dari udara sekitar (atmosfir). Dimana ketika rokok dibakar dan kemudian dihisap, maka dapat terjadi perputaran

udara, akibat perputaran ini oksigen dalam atmosfer masuk kedalam gulungan rokok. Oksigen sendiri juga merupakan komponen penting dalam proses pembakaran. Oksigen juga dapat muncul sebagai hasil dari pembakaran yang mana pembakaran mengakibatkan pelepasan ikatan dan pelepasan gas yang terdapat pada daun tembakau.

Unsur utama yang terdapat pada tembakau antara lain Carbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N), dan Sulfur (S). Kemudian, unsur-unsur tersebut akan bereaksi karena pembakaran dengan O_2 dan menghasilkan radikal bebas sebagai turunan. Senyawa sulfur diserap oleh tumbuhan dalam bentuk SO_4 dan beberapa mungkin tereduksi. Sulfat pada asap rokok terdeteksi dari ESR (*Electron Spin Resonance*) dikarenakan adanya kandungan SO_4 pada daun tembakau akibat penyerapan unsur sulfat dari tanah. Meskipun daun tembakau ini telah dikeringkan namun tidak menutup kemungkinan senyawa ini tetap berada pada helaian daun tembakau. Sehingga ketika terjadi proses pembakaran senyawa sulfat dari komponen daun tembakau tetap ada, dan kemungkinan terdapat juga pada fase partikulat dari asap rokok sehingga jenis radikal sulfat dapat terdeteksi (Allan, 2009). Hasil penelitian ini juga terdeteksi jenis senyawa sulfur tersebut yaitu terdapat pada jenis rokok *divine* yang mengandung asam amino non essensial rokok 11 (Glutamine) yang menghasilkan unsur SO_4^- jenis unsur ini adalah jenis anion sulfat.

Hasil radikal bebas yang dihasilkan oleh jenis rokok kretek tanpa bahan campuran atau pun yang mengandung asam amino essensial dan non essensial juga terpengaruh dari kecepatan hisap yang digunakan. Kecepatan hisap dipengaruhi oleh faktor aliran udara saat menghisap dan suhu panas pada saat pembakaran tersebut. Ketika kecepatan hisap pada saat merokok semakin tinggi maka suhu pembakaran juga akan mengalami peningkatan temperatur pada bara api dari kondisi semula. Hal ini telah dijelaskan pada penelitian sebelumnya bahwa kecepatan hisap tinggi akan berpengaruh pada frekuensi dan jenis kemunculan radikal bebas. (Irfanudin, 2012).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi penelitian pengaruh jenis asam amino terhadap jenis radikal bebas yang dihasilkan pada asap rokok *divine* dengan menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*) maka didapatkan kesimpulan bahwa pada rokok *divine* yang tidak ditambahkan asam amino dan yang ditambahkan asam amino mengandung adanya jenis radikal bebas pada asap rokok tersebut. Rokok *divine* yang ditambahkan asam amino mempengaruhi jenis radikal bebas yang muncul pada setiap sample pengukurannya.

Pada penelitian ini kandungan radikal bebas yang selalu muncul pada pendeteksian rokok *divine* yaitu pada jenis radikal bebas FeS. Terdapat juga unsur lain yang terdeteksi yaitu Peroxy, Hidroperoksida, Fe^{2+} , MnO_2 , CO_2^- , SO_4^- .

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, jenis radikal bebas FeS selalu muncul pada setiap identifikasi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai radikal bebas jenis FeS tersebut. Disamping itu, penelitian ini belum diketahui jelas berapa konsentrasi pemberian asam amino pada rokok kretek yang digunakan maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap konsentrasi dari asam amino yang digunakan sehingga dapat diketahui secara detail pengaruh dari konsentrasi asam amino terhadap radikal bebas yang dihasilkan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- Allan, R. 2009. The Chemical Components of Tobacco. CRC Press. USA.
- Allen. 2000. Oxidative stress and gene regulation. Free Radical USA.
- Amstrong, S. 1995. pengaruh rokok terhadap kesehatan. Arcan. jakarta.
- Atkins. 1999. Kimia Fisika. Erlangga. Jakarta.
- Baker, R. R. 2006. Smoke Generation Inside A Burning Cigarette. *Progress in Energy and Combustion Science* 32: 373 – 385.
- Beiser, A. 1986. Konsep Fisika Modern, Edisi Ketiga. Mc Graw Hill Inc. New york.
- Carrington, A. 1996. Electron Resonance of Free Radicals in the Gas Phase. *Departemen Of Theoritical Chemistry*. England., University of Cambridge:32-40.
- Charles, S. M. dan S. A. B. C. Jia. 2007. Composition and emissions of VOCs in main- and side-stream smoke of research cigarettes. *Atmospheric Environment* 41: 5371 – 5384.
- Cuzzocrea, S. dan D. P. Riley. 2001. Antioxidant Therapy, A New Pharmacological Approach In Shock, Inflammation, And Ischemia-Reperfusion Injury. *Pharmacological Reviews*. 36(12): 321-333.
- DeBano, L. F. N., G. Daniel dan P. F. Folliott. 1988. Fire 's Effects On Ecosystems. John Wiley and Sons Inc. New york.
- Droge, W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol.* 135: 47-95.
- Fessenden. 1986. Kimia Organik. Gramedia. Jakarta.
- Gautrea. 1992. Teori Dan Soal - Soal Fisika Modern. Erlangga. Jakarta.
- Halliwell, B. dan J. Gutteridge. 1999. Free Radical in Biology And Medicine. *Oxford Science Publicatio*. 21: 67-80.
- Hendrayana, S. 1994. Kimia Analitik. Ikip Semarang Press. Semarang.
- Irfanudin, R. 2012. Pengaruh Kecepatan Hisap Rokok Pada Emisi Radikal Bebas. *FMIPA*. Malang, Universitas Brawijaya:5-29.
- Nancy, D., A. s. Radwad dan J. E. Ezza. 2009. Comparis on of carcinogen, carbon monoxide, and ultrafine particle emissions from narghile waterpipe and cigarette smoking:

- Sidestream smoke measurements and assessment of second-hand smoke emission factors. *Atmospheric Environment*. 40: 780 - 802.
- Ryan, P. W. dan C. K. McMahon. 1976. Some Chemical and Physical Characteristics of Emissions from Forest Fires. *Proceeding of The 69th Annual Meeting of The Air Pollution Control Association*. 76: 2-3.
- Slezakova. 2008. Influence Of Tobacco Smoke On The Elemental Composition Of Indoor Particles Of Different Sizes. McGraw Hill. USA.
- Suryo, C. (2012). Terapi Divine Kretek untuk kanker. Akses tanggal 18 November, 2012, dari <http://id.Archive//divine-cigaratee.htm>.
- Taylor, J. dan Z. Chris. 1991. Modern Physics for Scientists and Engineers. Prentice Hall. USA.
- Umar, E. 2008. Buku Pintar Fisika. Media Pusindo. Jakarta.
- Valavanidis, A. 2009. Tobacco Smoke : Involvement of Reactive Oxygen Species and Stable Free Radicals in Mechanisms of Oxidative Damage Carcinogenesis and Synergistic Effects with Other Respirable Particle *Internasional Journal of Environmental Research and Public Health*. 24(10): 160–165.
- Vlack, L. 1960. Elements of Materials Science. Addison Wesley. USA.
- Voet, A. 1990. Biochemistry. John Wiley. New York.
- WHO. 2008. Tobacco. 2013.
- Widiyarti, S. 2011. Biologi Molekular. Erlangga. Jakarta.
- Wikipedia. (2012). Bahaya Pada Perokok Aktif Dan Perokok Pasif. Akses tanggal 29 November, 2012, dari <http://id.wikipedia.org/bahaya-perokok.htm>.
- Wikipedia. (2012). Jenis-Jenis Asam Amino. Akses tanggal 20 November, 2012, dari <http://id.wikipedia.org/wiki/Asam-Amino.htm//>.
- William, J. d. 2004. Elektromagnetika. Erlangga. Jakarta.
- Wilson, C. L., J. A. Bodnar, B. G. Brown, W. T. Morgan, R. J. Potts dan M. F. Borgerding. 2007. Assessment of dioxin and dioxin-like compounds in mainstream smoke from selected US cigarette brands and reference cigarettes. *Food and Chemical Toxicology* 46: 1721–1733.

Wospakrik, H. 2005. Dari Atomos Hingga Quarks. Universitas Atma Jaya. Jakarta.

Zahar. (2012). Divine Cigarette and Balur. Akses tanggal 10 Oktober, 2012, dari <http://Wordpress/Divine Cigarette and Balur.com//>.

Zanieri, P., L. Galvan, A. Checchini dan Cincinelli. 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in human milk from Italian women: Influence of cigarette smoking and residential area. *Chemosphere* 67: 1265–1274.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN 1

Tabel L.1.1. Data kalibrasi kecepatan hisap

No	Min (m/s)	Mid (M/s)	Max (m/s)
1	0,11	0,16	0,18
2	0,1	0,15	0,18
3	0,11	0,16	0,17
4	0,13	0,16	0,17
5	0,1	0,16	0,17
6	0,1	0,16	0,17
7	0,1	0,14	0,18
8	0,1	0,17	0,17
9	0,1	0,16	0,18
10	0,1	0,16	0,18
11	0,11	0,16	0,18
12	0,1	0,15	0,16
13	0,1	0,16	0,18
14	0,11	0,17	0,18
15	0,11	0,15	0,16
16	0,1	0,16	0,16
17	0,09	0,15	0,18
18	0,1	0,16	0,17
19	0,1	0,17	0,18
20	0,1	0,16	0,16
Σ	2,07	3,17	0,46
Rata-rata	0,1035	0,1585	0,173

LAMPIRAN 2

Tabel L.2.1. Referensi faktor-g
(Miller, 2001.Radford, 1985. Nonhebel, 1974)

Radikal Bebas	g-faktor	g-faktor
O_2^-	1,501	2,0356
O	1,501	
Fe^{2+}	1,77	1,86
MnO_2	1,8367	
FeS	1,86	
Hidroperoxida	1,9896	
CO_2^-	1,996	2,002
Cu	1,997	2
SO_4^-	1,9976	
Hydroxyl	2,00047	
CO_2	2,0007	
Alkoxy	2,0016	2,00197
Helium	2,002	
Methanol	2,00205	
Alkyl	2,00206	
Free Radicals	2,00232	
Hidrogen	2,00232	
Methil	2,00255	
DPPH	2,0036	
SO_3^-	2,0037	
Ethyl	2,0044	
C	2,00505	2,00548
Peroxy	2,0155	2,0265
O_2	2,0356	
CuOx	2,098	
$CuGeO_3$	2,154	2,29
$YBa_2Cu_3O_7$	2,24	
Cu-HA	2,289	2,296
Hg	4	4,5

LAMPIRAN 3

Pengukuran faktor-g dilakukan dengan mencatat arus dan frekuensi pada saat terjadi impuls resonansi magnetik pada layar osiloskop. Berikut adalah data pengukuran harga faktor-g DPPH

Tabel L.3.1.Data Hasil Pengukuran Faktor-g kalibrator DPPH

F (MHz)	I (A)	B (mT)	g
43,2	0,364	0,001540191	2,0038
42,8	0,360	0,001523265	2,0074

LAMPIRAN 4

Berikut diberikan tabel data perolehan pengukuran :

Lampiran L4.1. Data perolehan hasil pengukuran untuk rokok kretek dengan melakukan pengukuran melalui filter yang telah dibakar.

Tabel L. 4.1.1 Hasil pengukuran padarokok kretek yang belum diberi asam amino.

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,2	0,270	0,001142449	2,0136
32,3	0,311	0,001315932	1,7536
32,3	0,271	0,00114668	2,0124
32,5	0,295	0,001248231	1,8601
32,4	0,275	0,001163606	1,9893
32,3	0,299	0,001265157	1,8240

LAMPIRAN 5

Berikut diberikan tabel data perolehan pengukuran :

Lampiran L.5.1. Data perolehan hasil pengukuran untuk rokok kretek yang telah diberi asam amino dan digolongkan menjadi asam amino essensial

Tabel L.5.1.1 Hasil pengukuran untuk rokok 8 (Arginine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,3	0,280	0,001184762	1,9477
31,7	0,287	0,001214381	1,8649
32,5	0,273	0,001155143	2,0100
32,3	0,293	0,001239769	1,8613
32,1	0,303	0,001282082	1,7887

Tabel L.5.1.2 Hasil pengukuran untuk rokok 7 (Histidine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,1	0,292	0,001235538	1,8561
32,1	0,277	0,001172068	1,9566
32,3	0,294	0,001244	1,8550
32,1	0,312	0,001320163	1,7371
32,2	0,280	0,001184762	1,9417

Tabel L.5.1.3 Hasil pengukuran untuk rokok 5 (Isoleucine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,0	0,279	0,001180531	1,9365
32,3	0,290	0,001227075	1,8806
32,2	0,294	0,001244000	1,8492
32,0	0,294	0,001244000	1,8377
32,2	0,292	0,001235538	1,8619

Tabel L.5.1.4 Hasil pengukuran untuk rokok 13 (Leucine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
31,8	0,288	0,001218612	1,8643
32,4	0,299	0,001265157	1,8296
32,2	0,279	0,001180531	1,9487
33,0	0,315	0,001332857	1,7688
32,5	0,283	0,001197456	1,9390

Tabel L.5.1.5 Hasil pengukuran untuk rokok 6 (Lycine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,2	0,270	0,001142449	2,0136
32,4	0,272	0,001150912	2,0112
32,2	0,274	0,001159374	1,9842
32,2	0,289	0,001222844	1,8812
32,5	0,273	0,001155143	2,0100

Tabel L.5.1.6 Hasil pengukuran untuk rokok 19 (Phenilalanine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,5	0,290	0,001227075	1,8922
32,5	0,277	0,001172068	1,9810
32,3	0,305	0,001290544	1,7881
32,3	0,292	0,001235538	1,8677
32,0	0,289	0,001222844	1,8695

Tabel L.5.1.7 Hasil pengukuran untuk rokok 1 (Threonine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,4	0,299	0,001265157	1,8296
32,4	0,298	0,001260925	1,8357
31,9	0,289	0,001222844	1,8637
32,2	0,284	0,001201687	1,9143
32,5	0,283	0,001197456	1,9390

Tabel L.5.1.8 Hasil pengukuran untuk rokok 2 (Tryptophan)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,3	0,280	0,001184762	1,9477
32,3	0,307	0,001299007	1,7764
32,2	0,306	0,001294776	1,7767
32,1	0,288	0,001218612	1,8819
32,1	0,287	0,001214381	1,8884

Tabel L.5.1.9 Hasil pengukuran untuk rokok 4 (Valine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,6	0,276	0,001167837	1,9943
32,7	0,277	0,001172068	1,9932
32,8	0,299	0,001265157	1,8522
32,5	0,308	0,001303238	1,7816
31,8	0,290	0,001227075	1,8514

LAMPIRAN 6

Berikut diberikan tabel data perolehan pengukuran :

Lampiran L.6.1. Data perolehan hasil pengukuran untuk rokok kretek yang terdapat asam amino dan digolongkan menjadi asam amino non essensial

Tabel L.6.1.1 Hasil pengukuran untuk rokok 15 (Alanine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,2	0,291	0,001231306	1,8683
32,2	0,293	0,001239769	1,8555
32,3	0,275	0,001163606	1,9831
32,2	0,270	0,001142449	2,0136
32,3	0,289	0,001222844	1,8871

Tabel L.6.1.2 Hasil pengukuran untuk rokok 9 (Aspartate)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,2	0,306	0,001294776	1,7767
32,3	0,293	0,001239769	1,8613
32,3	0,288	0,001218612	1,8936
32,3	0,292	0,001235538	1,8677
32,2	0,273	0,001155143	1,9915

Tabel L.6.1.3 Hasil pengukuran untuk rokok 14 (Asparagine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,2	0,296	0,001252463	1,8367
32,3	0,297	0,001256694	1,8362
32,3	0,274	0,001159374	1,9904
32,2	0,300	0,001269388	1,8122
32,3	0,294	0,001244000	1,8550

Tabel L.6.1.4 Hasil pengukuran untuk rokok 18 (Cystein)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,2	0,277	0,001172068	1,9627
32,1	0,287	0,001214381	1,8884
32,3	0,285	0,001205919	1,9136
32,3	0,300	0,001269388	1,8179
32,2	0,293	0,001239769	1,8555

Tabel L.6.1.5 Hasil pengukuran untuk rokok 10 (Glutamate)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,2	0,291	0,001180531	1,8683
32,3	0,276	0,001167837	1,9760
32,2	0,285	0,001205919	1,9076
32,3	0,280	0,001184762	1,9477
32,1	0,295	0,001248231	1,8372

Tabel L.1.6 Hasil pengukuran untuk rokok 11 (Glutamine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,1	0,279	0,001180531	1,9426
32,2	0,291	0,001231306	1,8683
32,5	0,292	0,001235538	1,8792
32,3	0,292	0,001235538	1,8677
32,2	0,272	0,001150912	1,9988

Tabel L.6.1.7 Hasil pengukuran untuk rokok 23 (Glycine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,3	0,279	0,001180531	1,9547
32,1	0,277	0,001172068	1,9566
32,1	0,272	0,001150912	1,9926
32,3	0,286	0,001210150	1,9069
32,3	0,293	0,001239769	1,8613

Tabel L.6.1.8 Hasil pengukuran untuk rokok 12 (Proline)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,2	0,270	0,001142449	2,0136
32,3	0,293	0,001239769	1,8613
32,3	0,284	0,001201687	1,9203
32,2	0,283	0,001197456	1,9211
32,2	0,291	0,001231306	1,8683

Tabel L.6.1.9 Hasil pengukuran untuk rokok 3 (Serine)

F (MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g
32,1	0,292	0,001235538	1,8561
32,0	0,285	0,001205919	1,8958
32,2	0,276	0,001167837	1,9698
32,2	0,306	0,001294776	1,7767
32,2	0,278	0,001176299	1,9557

LAMPIRAN 7

Hasil Pengukuran terhadap asap rokok kretek diperoleh gambar resonansi untuk masing-masing arus dan frekuensi adalah sebagai berikut:

Lampiran L.7.1. Gambar resonansi pada DPPH (Diphenyl-picrylhydrazyl)



($F = 43,2 \text{ MHz}$)
($I = 0,364 \text{ A}$)



($F = 42,8 \text{ MHz}$)
($I = 0,360 \text{ A}$)

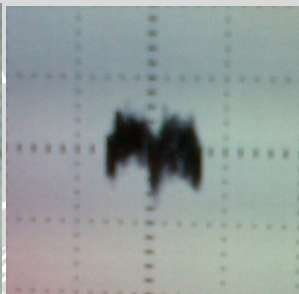
LAMPIRAN 8

Hasil Pengukuran terhadap asap rokok kretek diperoleh gambar resonansi untuk masing-masing arus dan frekuensi adalah sebagai berikut:

Gambar L. 8.1. Gambar resonansi pada rokok kretek yang belum diberi asam amino.



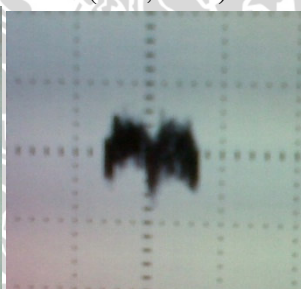
(F= 32,2MHz)
(I= 0,270A)



(F= 32,3MHz)
(I= 0,311A)



(F= 32,3MHz)
(I= 0,271A)



(F=32,5MHz)
(I= 0,295A)



(F= 32,4 MHz)
(I= 0,275 A)

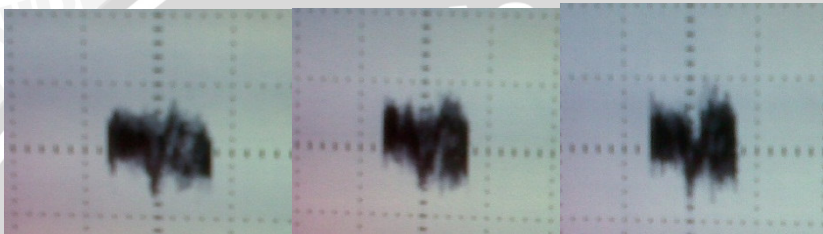


(F= 32,3 MHz)
(I= 0,299A)

LAMPIRAN 9

Hasil Pengukuran terhadap asap rokok kretek untuk jenis penggolongan asam amino essensial diperoleh gambar resonansi untuk masing-masing arus dan frekuensi adalah sebagai berikut:

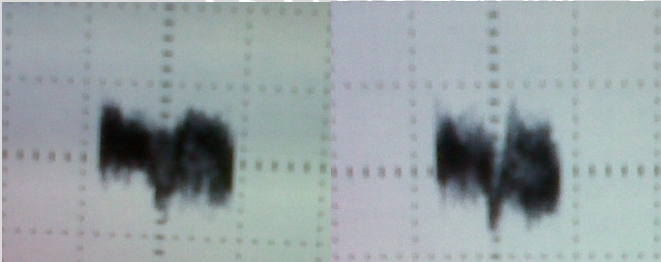
Gambar L. 9.1 Gambar resonansi pada rokok 8 (Arginine)



(F= 32,3MHz)
(I=0,280A)

(F= 31,7 MHz)
(I=0,287A)

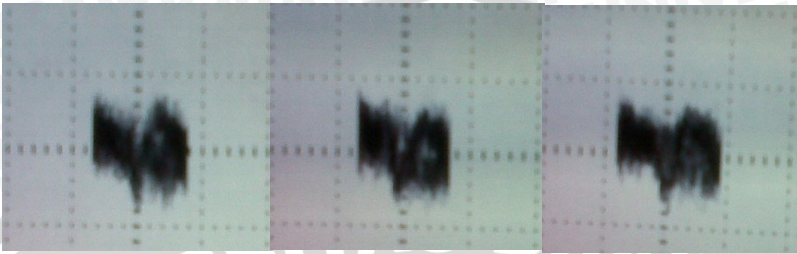
(F=32,5 MHz)
(I=0,273A)



(F= 32,3 MHz)
(I=0,293A)

(F=32,1MHz)
(I= 0,303A)

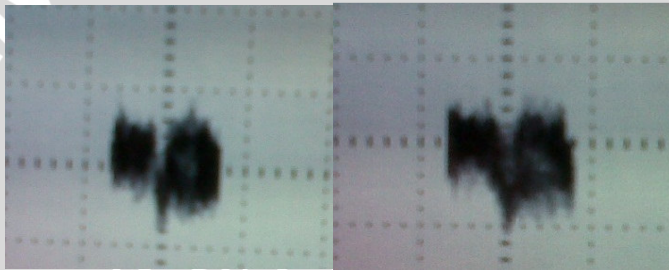
Gambar L.9.2 Gambar resonansi pada rokok 7 (Histidine)



(F= 32,1MHz)
(I=0,292A)

(F= 32,1 MHz)
(I=0,277A)

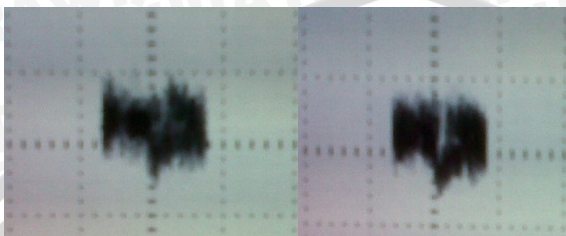
(F=32,3MHz)
(I=0,294A)



(F= 32,1MHz)
(I= 0,312 A)

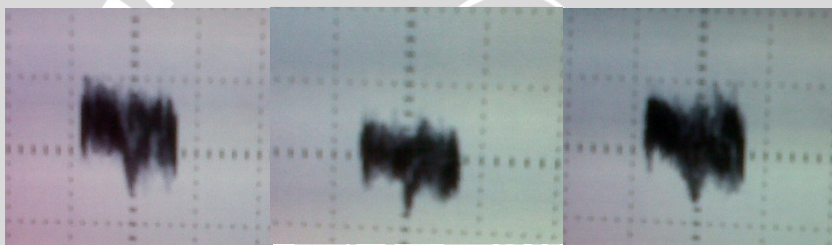
(F= 32,2MHz)
(I= 0,280A)

Gambar L.9.3 Gambar resonansi pada rokok 5 (Isoleucine)



(F= 32,0MHz)
(I=0, 279A)

(F= 32,3MHz)
(I= 0,290A)

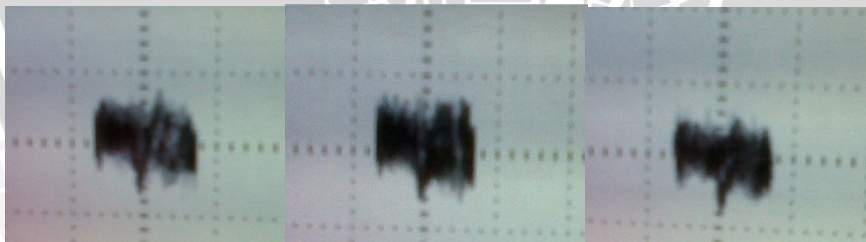


(F=32,2MHz)
(I= 0,294A)

(F= 32,0MHz)
(I=0,294A)

(F= 32,2MHz)
(I= 0,292A)

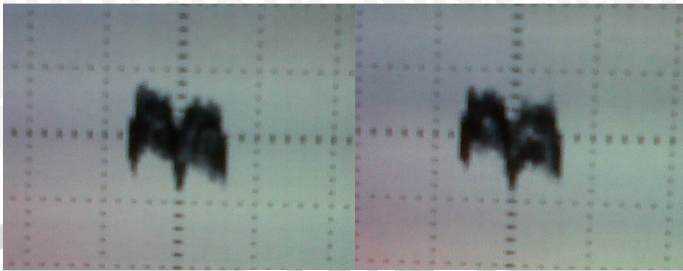
Gambar L.9.4 Gambar resonansi pada rokok 13 (leucine)



(F= 31,8 MHz)
(I=0,288 A)

(F= 32,4MHz)
(I=0, 299A)

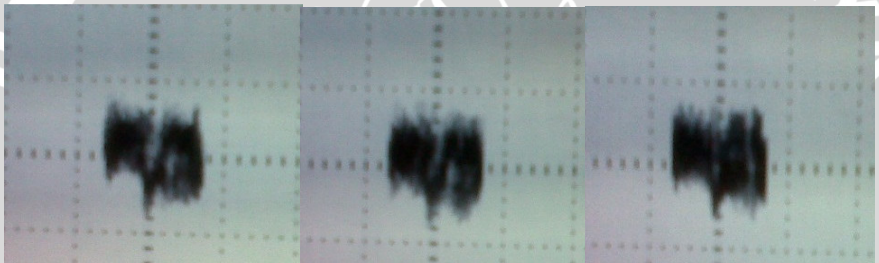
(F= 32,2 MHz)
(I= 0,279A)



(F= 33,0 MHz)
(I=0, 315A)

(F= 32,5MHz)
(I= 0,283A)

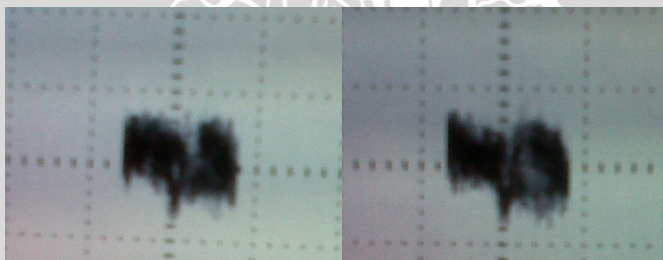
Gambar L.9.5 Gambar resonansi pada rokok 6 (Lysine)



(F= 32,2 MHz)
(I=0, 270A)

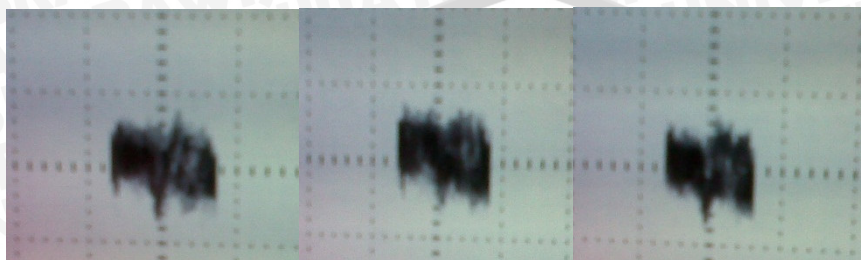
(F= 32,4MHz)
(I= 0,272A)

(F= 32,2MHz)
(I=0, 274A)



(F= 32,2MHz)(F= 32,5MHz)
(I=0, 289A) (I= 0,273A)

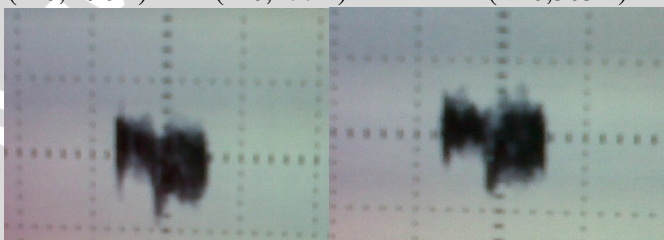
Gambar L.9.6 Gambar resonansi pada rokok 19 (Phenilalanine)



(F= 32,5MHz)
(I=0, 290A)

(F= 32,5MHz)
(I=0,277A)

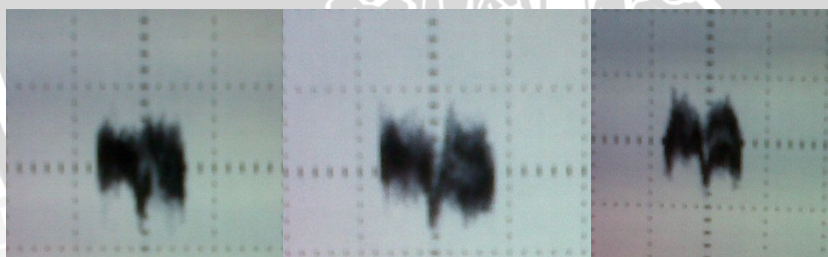
(F= 32,3MHz)
(I= 0,305A)



(F= 32,3MHz)
(I=0,292A)

(F= 32,0MHz)
(I=0,289A)

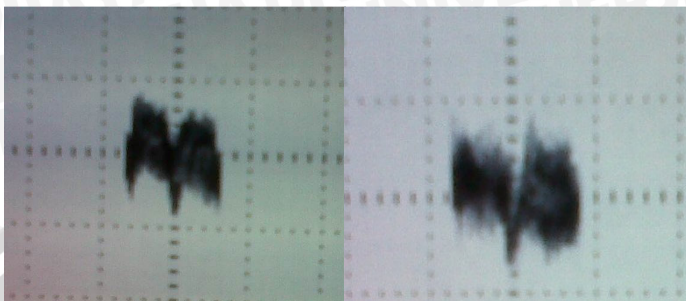
Gambar L.9.7 Gambar resonansi pada rokok 1 (Threonine)



(F= 32,4MHz)
(I= 0,299A)

(F= 32,4MHz)
(I= 0,298A) (I= 0,289A)

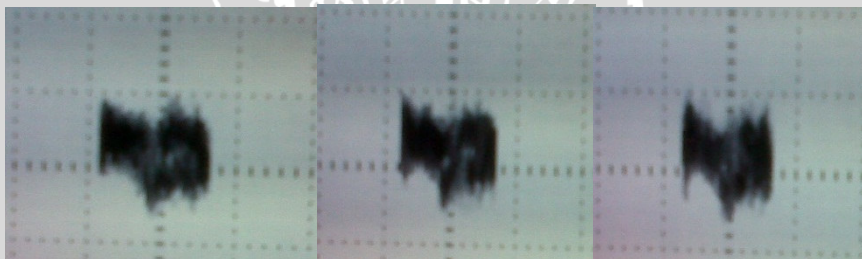
(F= 31,9MHz)



(F= 32,2MHz)
(I=0,284 A)

(F= 32,5MHz)
(I= 0,283A)

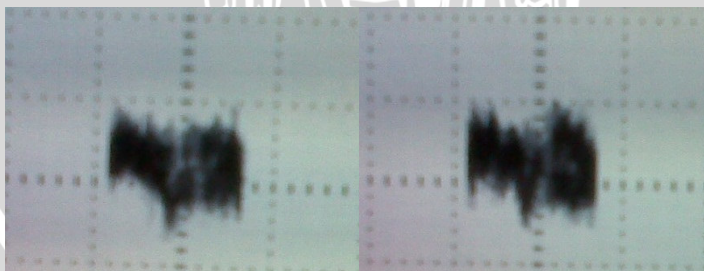
Gambar L.9.8 Gambar resonansi pada rokok 2 (Tryptophan)



(F= 32,3MHz)
(I=0, 280A)

(F= 32,3MHz)
(I=0, 307A)

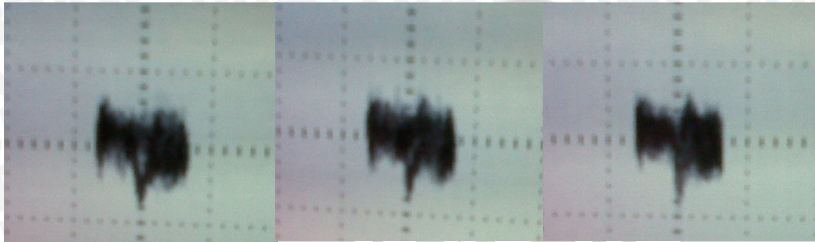
(F= 32,2MHz)
(I=0,306A)



(F= 32,1MHz)
(I=0,288A)

(F= 32,1MHz)
(I=0,287A)

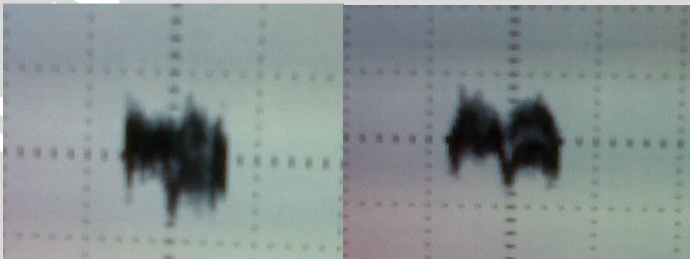
Gambar L. 9. 9 Gambar resonansi pada rokok 4 (Valine)



(F= 32,6MHz)
(I= 0,276 A)

(F= 32,7 MHz)
(I= 0,277 A)

(F= 32,8MHz)
(I=0, 299A)



(F= 32,5MHz)
(I= 0,308A)

(F= 31,8MHz)
(I= 0,290A)

LAMPIRAN 10

Hasil Pengukuran terhadap asap rokok kretek untuk jenis penggolongan asam amino non essensial diperoleh gambar resonansi untuk masing-masing arus dan frekuensi adalah sebagai berikut:

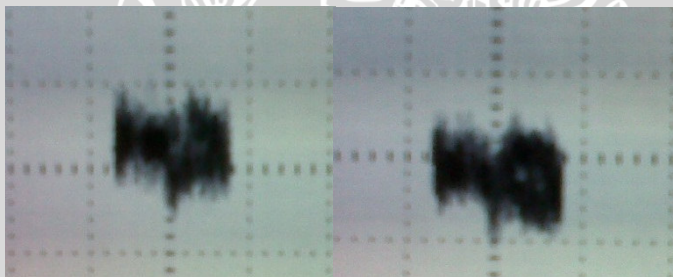
Gambar L. 10.1 Gambar resonansi pada rokok 15 (Alanine)



(F= 32,2MHz)
(I= 0,291A)

(F= 32,2MHz)
(I=0, 293A)

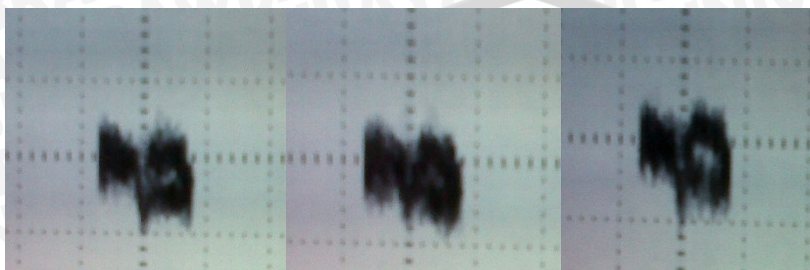
(F= 32,3MHz)
(I=0,275 A)



(F= 32,2MHz)
(I=0,270A)

(F= 32,3MHz)
(I= 0,289A)

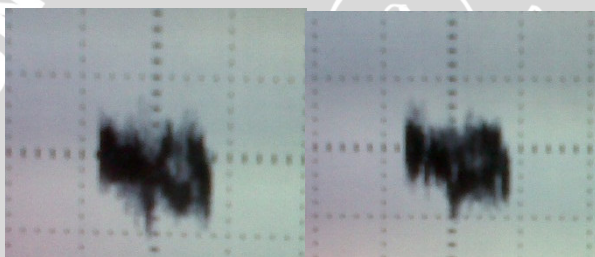
Gambar L.10.2 Gambar resonansi pada rokok 9 (Aspartate)



(F= 32,2MHz)
(I= 0,306A)

(F= 32,3MHz)
(I= 0,293A)

(F= 32,3MHz)
(I= 0, 288A)



(F= 32,3MHz)
(I= 0,292A)

(F= 32,2MHz)
(I= 0,273A)

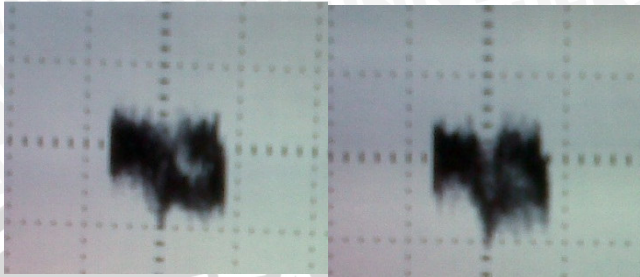
Gambar L.10.3 Gambar resonansi pada rokok 14 (Asparagine)



(F= 32,2MHz)
(I= 0, 296A)

(F= 32,3MHz)
(I= 0,297A)

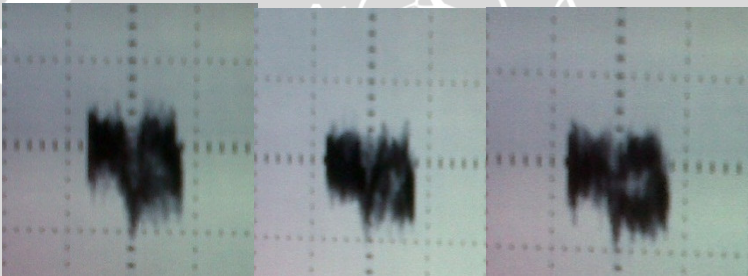
(F= 32,3MHz)
(I= 0,274A)



(F= 32,2MHz)
(I=0,300A)

(F= 32,3MHz)
(I= 0,294A)

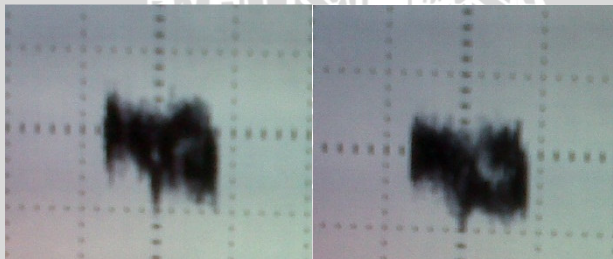
Gambar 10.4 Gambar resonansi pada rokok 18 (Cystein)



(F= 32,2MHz)
(I= 0,277A)

(F=32,1MHz)
(I=0,287A)

(F=32,3MHz)
(I= 0,285A)



(F= 32,3MHz)
(I=0, 300 A)

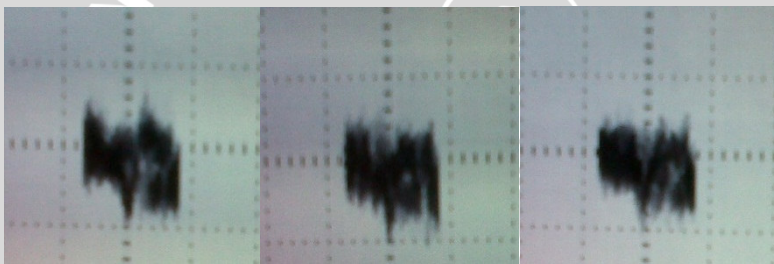
(F= 32,2MHz)
(I= 0,293 A)

Gambar L.10.5 Gambar resonansi pada rokok 10 (Glutamate)



(F= 32,2MHz)
(I=0, 291A)

(F= 32,3MHz)
(I=0,276A)



(F= 32,2MHz)
(I=0, 285A)

(F= 32,3MHz)
(I= 0,280A)

(F= 32,1MHz)
(I= 0,295A)

Gambar L.10.6 Gambar resonansi pada rokok 11 (Glutamine)

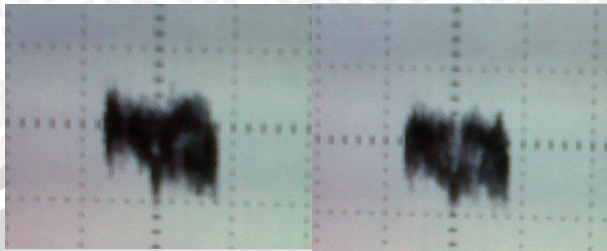


(F= 32,1MHz)
(I=0, 279A)

(I= 0,291A)

(F= 32,2MHz)
(I= 0,292 A)

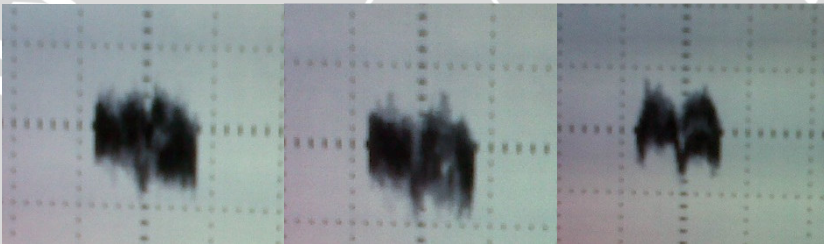
(F= 32,5 MHz)



(F= 32,3MHz)
(I=0,292MHz)

(F= 32,2MHz)
(I= 0,272 A)

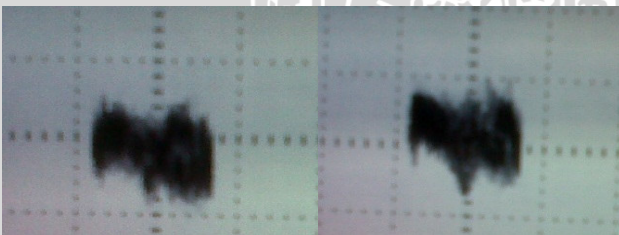
Gambar L.10.7 Gambar resonansi pada rokok 23 (Glycine)



(F= 32,3MHz)
(I=0, 279A)

(F= 32,1MHz)
(I=0, 277A)

(F= 32,1MHz)
(I= 0,272A)



(F= 32,3MHz)
(I= 0,286A)

(F= 32,3MHz)
(I= 0,293A)

Gambar L.10.8 Gambar resonansi pada rokok 12 (Proline)



(F= 32,2MHz)

(I=0,270A)

(F= 32,3MHz)(F= 32,3MHz)

(I= 0,293A)

(I= 0,284 A)



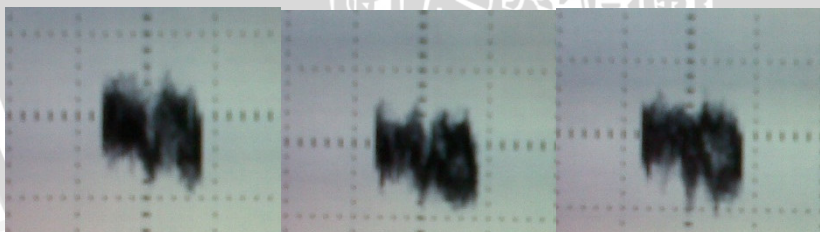
(F= 32,2 MHz)

(I= 0,283A)

(F= 32,2MHz)

(I= 0, 291A)

Gambar L.10.9 Gambar resonansi pada rokok 3 (Serine)



(F= 32,1MHz)

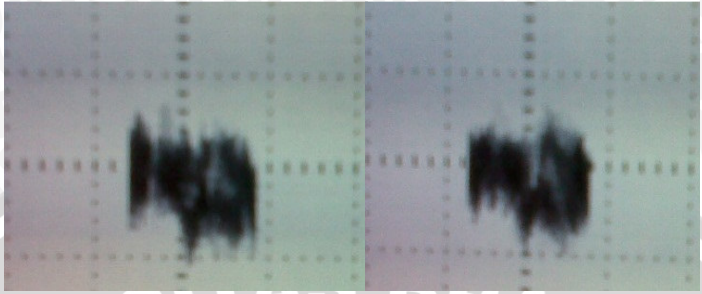
(I=0, 292A)

(F=32,0MHz)

(I= 0,285A)

(F= 32,2MHz)

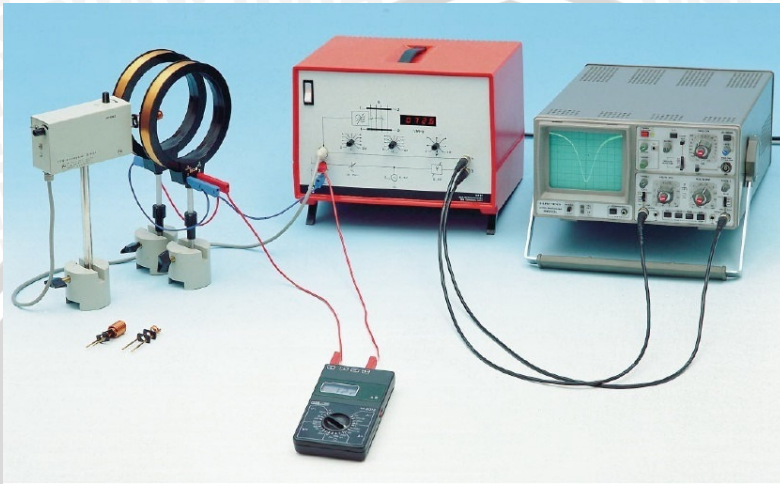
(I= 0,276 A)



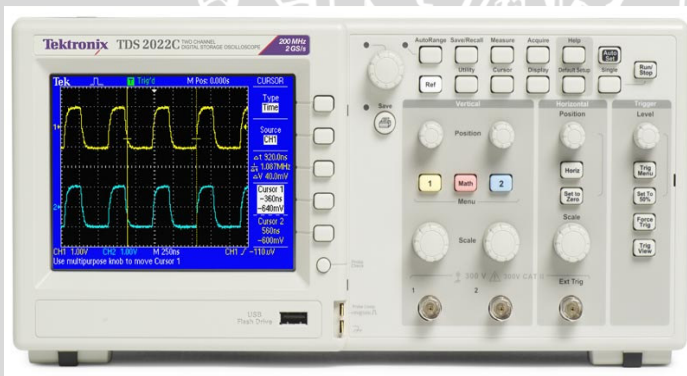
($F = 32,2\text{MHz}$) ($F = 32,2\text{MHz}$)
 ($I = 0,306\text{A}$) ($I = 0,278\text{A}$)



LAMPIRAN 11



Gambar L. 11.1 Susunan Peralatan ESR (Elektron Spin Resonance)



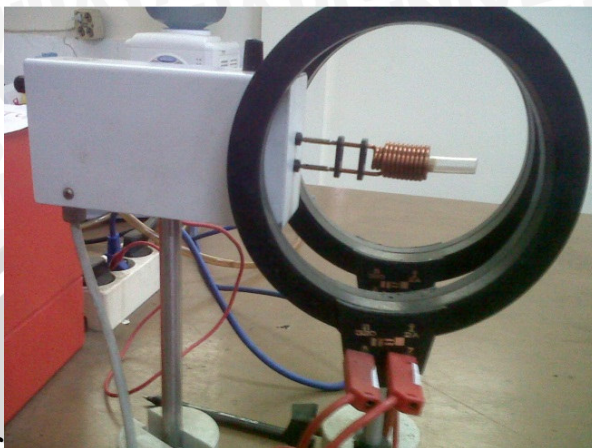
Gambar L. 11.2 Osiloskop Digital



Gambar L. 11.3 DPPH



Gambar L. 11.4 tiga macam kumparan yang digunakan untuk mendeteksi radikal bebas



c

Gambar L. 11.5 alat pengendali ESR



Gambar L. 11.6 Alat penghisap rokok



Gambar L. 11.7 ESR Control unit



Gambar L. 11.8 Multimeter

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

