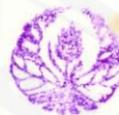


**STUDY MENGENAI PENGARUH SUHU DAN LAMA PENYEDUHAN  
TERHADAP KANDUNGAN TOTAL POLIFENOL DAN DAYA  
ANTIOKSIDAN DALAM TEH HIJAU (*Camellia Sinensis*)**

**KARYA ILMIAH TERTULIS**



Unit OPI Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Menyelesaikan Program Pendidikan Strata Satu  
Pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember



Oleh : No. Induk

***Mariyah***

**NIM. 981710101017**

Asas : Hadiah

Pembelian

Terima : Tgl,

03 MAREK 2003

Klass

663.9

MAR

5

C.1

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
OKTOBER, 2002**

**Dosen Pembimbing :**

**Ir. Unus, MS (DPU)**  
**Puspita Sari, S.TP, M.Agr (DPA I)**  
**Triana Lindrati (DPA II)**

MOTTO

ILMU DIPEROLEH DENGAN MEMPELAJARINYA DAN  
KEFAHAMAN ITU DIDAPAT DENGAN SUNGGUH - SUNGGUH  
MENCARINYA (HR THOBRONI )

KEJAYAAN BUKAN TERLETAK PADA HASILNYA AKAN TETAPI  
TERLETAK PADA JALAN PENCAPAIAN KEJAYAAN ITU  
SENDIRI ( MAHATMA GANDHI )

KEGAGALAN ADALAH SEPAROH PERJALANAN DALAM  
MENCAPAI KEBERHASILAN dan KERJA KERAS ADALAH  
KUNCI UTAMA MERAIH SUKSES (Mr. 98)

SESEORANG DIKATAKAN BERHASIL BILA ORANG TERSEBUT  
MAMPU MENERAPKAN ILMUNYA BAGI KEHIDUPAN ORANG  
BANYAK (Mr. 98)

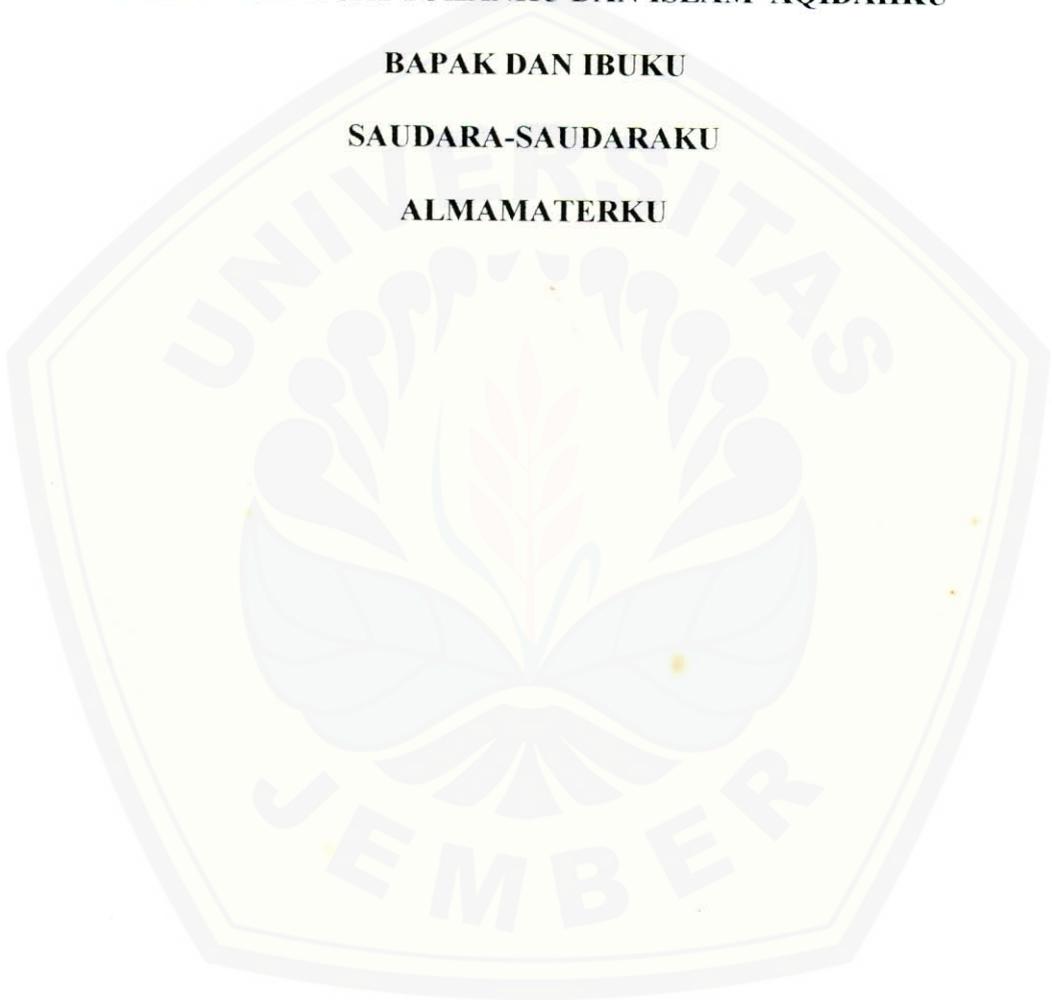
**HALAMAN PERSEMBAHAN**

**ALLOH SEBAGAI TUHANKU DAN ISLAM AQIDAHKU**

**BAPAK DAN IBUKU**

**SAUDARA-SAUDARAKU**

**ALMAMATERKU**



TERIMA KASIH SAYA SAMPAIKAN KEPADA :

- Yang pertama dan utama kepada Allah SWT. puji syukurku yang tiada henti hanya kepadaNYA. semoga Karya Tulisku ini mendapat ridhoNYA
- Almarhumah Ibunda tercinta Siti Ngaisah yang selalu hidup dalam hatiku, terimakasih atas segala cinta dan kasih sayangnya, maafkan Ananda yang tidak sempat mengabdikan kepada Ibu.
- Bapak Abdul Djali Almarhum yang selalu memberikan cinta dan kasihnya kepada Ibunda seorang.
- Kakekku "Saimin" (almarhum) yang telah berjuang demi membesarkan aku dan kakakku dengan cinta dan kasih sayang. Harapan Kakek adalah semangat hidupku.
- Nenekku "Ma' Mi" yang tercinta, terkasih, tersayang dan tersegalanya bagiku, yang telah membesarkan aku dan kakakku dengan penuh kasih sayang. Engkau adalah lentera hidupku dan kebahagiaanmu adalah suksesku.
- Semua Saudara Ibuku yang telah menyisihkan cinta dan hartanya padaku, terimakasihku tak terkata atas semua pengorbanannya yang tak ternilai, hanya Allah yang bisa membalasnya.
- Kakak dan adik-adikku tercinta yang aku sayangi, cinta dan perhatian kalian menjadi semangat bagiku dalam meraih cita dan cinta.
- Keluarga Om dan Tante Tasir yang selalu membantuku baik moril maupun materiil, terimakasih atas semua nasehat dan perhatiannya, serta dhek Angga dan dhek Ageng yang lucu, canda dan tawa kalian membuatku selalu kangen.
- Semua temanku THP, Heni purwanri, Dian, Zainun, Diana, Sri\_Sug, Ina, Sandy, Inank, Khusnul, Erna dan Heni Gresik, Chairil dan Jody juga tak ketinggalan Ajeng yang selalu membantuku serta arek-arek songowolu kabeh, dukungan dan guyonan kalian merupakan hiburan tak ternilai bagiku.
- Almamaterku tercinta

Diterima oleh :  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER  
Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

---

Dipertahankan pada :

Hari : Sabtu  
Tanggal : 18 Januari 2003  
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

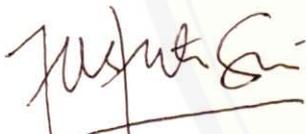
Tim Penguji :

Ketua



Ir. UNUS, MS  
NIP : 130 368 786

Anggota I



PUSPITA SARI, S. TP. MAgri  
NIP : 132 206 012

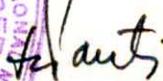
Anggota II



TRIANA LINDRATI, ST  
NIP: 132 207 762

Mengesahkan

Dean



Ir. Hj. SITI HARTANTI, MS  
NIP : 130 350 763

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmad dan ridho-NYA sehingga dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Tertulis dengan judul **“STUDY MENGENAI PENGARUH SUHU DAN LAMA PENYEDUHAN TERHADAP KANDUNGAN TOTAL POLIFENOL DAN DAYA ANTIOKSIDAN DALAM TEH HIJAU (*Camellia Sinensis*)”**.

Karya Ilmiah Tertulis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program pendidikan Strata Tingkat Satu pada jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Pada kesempatan yang baik ini, penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada :

1. Ir. Hj. Siti Hartanti, MS selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian.
2. Ir. Susijahadi, MS selaku ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian.
3. Ir. Unus, MS selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan serta petunjuk dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah ini.
4. Puspita Sari, STP. MAgr selaku Dosen Pembimbing Anggota I (DPA I) yang selalu membimbing dan mengarahkan serta mendampingi mulai dari awal sampai akhir demi kesempurnaan dari pada Karya Tulis Ilmiah ini.
5. Triana Lindiati, ST selaku Dosen Pembimbing Anggota II (DPA II) yang selalu memberikan bimbingan dan nasehatnya selama penelitian.
6. Semua teknisi laboratorium pada jurusan Teknologi Hasil Pertanian
7. Semua teman-teman TP angkatan 98
8. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu kelancaran penulisan Karya Tulis Ilmiah ini.

Penulis sadar akan masih banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini, karena itu saran maupun kritikan yang sehat penulis terima dengan tangan terbuka. Akhirnya penulis berharap semoga karya ini dapat memberikan tambahan pengetahuan dan manfaat bagi kita semua.

Jember, Oktober 2002

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
RINGKASAN .....	xv
I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat .....	2
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Teh .....	3
2.2 Kandungan Kimia Daun Teh.....	4
2.3 Antioksidan .....	9
2.4 Manfaat dan Kegunaan Teh .....	11
2.5 Hipotesa .....	14
III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Bahan dan Alat Penelitian.....	15
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	15
3.3 Metode Penelitian .....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	16
3.4.1 Tahap Proses Ekstraksi .....	16

3.5 Pengamatan .....	17
3.6 Prosedur Analisa .....	18
3.6.1 Analisa Kimiawi .....	18
3.6.1.1 Kandungan Total Polifenol .....	18
3.6.1.2 Kandungan Kadar Tanin (Metode Presipitasi Protein) .....	18
3.6.1.3 Kandungan Daya Antioksidan .....	19
3.6.2 Analisa Organoleptik .....	19
3.6.2.1 Rasa .....	20
3.6.2.2 After Taste .....	20
3.6.2.3 Warna .....	20
3.6.2.4 Aroma .....	21
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Total Polifenol .....	22
4.2 Total Tanin .....	26
4.3 Kandungan Senyawa Non Tanin .....	30
4.4 Daya Antioksidan .....	34
4.5 Rasa .....	38
4.6 After Taste .....	40
4.7 Warna .....	42
4.8 Aroma .....	45
V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran .....	47
DAFTAR PUSTAKA .....	48
LAMPIRAN .....	51

**DAFTAR TABEL**

Tabel	Hal
1. Komposisi Kimia Daun Teh per 100 g .....	4
2. Komposisi Komponen Katekin Berbagai Macam Teh .....	6
3. Kandungan Polifenol Didalam Beberapa Tipe Teh Hijau dan Teh Hitam (mg/g berat kering) .....	8
4. Komposisi Polifenol Dalam Teh (Varietas Assamica) .....	8
5. Analisis Varian Total Polifenol Pada Masing-masing Kombinasi Perlakuan .....	22
6. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Faktor A Pada Total Polifenol .....	25
7. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Faktor B Pada Total Polifenol .....	25
8. Analisis Varian Total Tanin Pada Masing-masing Kombinasi Perlakuan .....	27
9. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Faktor A Pada Total Tanin .....	29
10. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Faktor B Pada Total Tanin .....	29
11. Analisis Varian Total Senyawa NonTanin Pada Masing-masing Kombinasi Perlakuan .....	31
12. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Faktor A Pada Total Non Tanin .....	33
13. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Faktor B Pada Total Non Tanin .....	33
14. Analisis Varian Antioksidan Pada Masing-masing Kombinasi Perlakuan .....	35
15. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Faktor A Pada Antioksidan .....	37
16. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Faktor B Pada Antioksidan .....	37
17. Analisis Varian Terhadap Rasa Teh Hijau Pada Masing-masing Kombinasi Perlakuan .....	39
18. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Rasa .....	39
19. Analisis Varian Terhadap After Taste Teh Hijau Pada Masing-masing Kombinasi Perlakuan .....	41

20. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap After Taste .....	41
21. Analisis Varian Terhadap Warna Teh Hijau Pada Masing-masing Kombinasi Perlakuan .....	43
22. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Warna.....	43
23. Analisis Varian Terhadap Aroma Teh Hijau Pada Masing-masing Kombinasi Perlakuan .....	45
24. Uji Beda Nyata Duncan Terhadap Aroma .....	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
1. Rumus Struktur Komponen Penyusun Polifenol .....	7
2. Tahapan Terjadinya Penyakit Kanker Dan Pencegahannya.....	13
3. Diagram Alir Proses Ekstraksi Teh Hijau .....	16
4. Pengaruh Suhu Penyeduhan Terhadap Total Polifenol .....	23
5. Pengaruh lama Penyeduhan Terhadap Total Polifenol .....	24
6. Histogram Kombinasi Suhu dan Lama Penyeduhan Terhadap Total Polifenol .....	26
7. Pengaruh Suhu Penyeduhan Terhadap Total Tanin .....	27
8. Pengaruh lama Penyeduhan Terhadap Total Tanin .....	28
9. Histogram Kombinasi Suhu dan Lama Penyeduhan Terhadap Total Tanin .....	30
10. Pengaruh Suhu Penyeduhan Terhadap Total Non Tanin .....	32
11. Pengaruh lama Penyeduhan Terhadap Total Non Tanin .....	32
12. Histogram Kombinasi Suhu dan Lama Penyeduhan Terhadap Total Non Tanin .....	34
13. Pengaruh Suhu Penyeduhan Terhadap Total Antioksidan .....	35
14. Pengaruh Lama Penyeduhan Terhadap Total Antioksidan .....	36
15. Histogram Kombinasi Suhu dan Lama Penyeduhan Terhadap Total Antioksidan .....	38
16. Histogram Kombinasi Suhu dan Lama Penyeduhan Terhadap Rasa .....	40
17. Histogram Kombinasi Suhu dan Lama Penyeduhan Terhadap After Taste .....	42
18. Histogram Kombinasi Suhu dan Lama Penyeduhan Terhadap Warna ..	44
19. Histogram Kombinasi Suhu dan Lama Penyeduhan Terhadap Aroma ..	46

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran	Hal
1. Polifenol .....	51
2. Tanin .....	52
3. Non Tanin .....	53
4. Antioksidan .....	54
5. Rasa .....	55
6. After Taste .....	56
7. Warna .....	57
8. Aroma .....	58
9. Hasil Uji Efektifitas .....	59

Mariyah (981710101017), “**STUDY MENGENAI PENGARUH SUHU DAN LAMA PENYEDUHAN TERHADAP KANDUNGAN TOTAL POLIFENOL DAN DAYA ANTIOKSIDAN DALAM TEH HIJAU (*Camellia Sinensis*)**”.

Fakultas Teknologi Pertanian. Dosen Pembimbing Utama, Ir. UNUS MS; Dosen Pembimbing Anggota I, PUSPITA SARI STP. M.Agr, dan Dosen Pembimbing Anggota II, TRIANA LINDRATI, ST.

### RINGKASAN

Teh merupakan minuman yang sangat populer dan dikonsumsi oleh hampir seluruh masyarakat di dunia dan menjadi produk pertanian yang penting. Teh diolah dari daun teh segar (*Camellia sinensis*) yang berdasarkan pengolahannya dikenal sebagai teh hijau, teh hitam dan teh oolong. Teh hijau yang diproduksi secara non fermentasi diketahui sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya senyawa polifenol termasuk didalamnya tanin yang mempunyai daya antioksidan tinggi dalam mencegah berbagai penyakit kronis seperti kanker dan jantung.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama penyeduhan terhadap kandungan total polifenol termasuk didalamnya tanin dan non tanin serta daya antioksidatif dalam air seduhan teh hijau. Dan untuk mengetahui kombinasi suhu dan lama penyeduhan tertentu sehingga diperoleh total polifenol dan daya antioksidan secara optimal.

Penelitian ini menggunakan metode RAK secara faktorial, dimana sebagai faktor A adalah suhu penyeduhan (27°C, 50°C, 100°C) dan faktor B adalah lama penyeduhan (2, 4 dan 6 menit). Kombinasi perlakuan yang dihasilkan sebanyak 9 perlakuan dengan ulangan tiga kali untuk masing-masing perlakuan.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa semakin tinggi suhu dan lama penyeduhan maka kandungan total polifenol, tanin, non tanin dan daya antioksidan dalam seduhan teh hijau juga semakin meningkat. Selain itu juga dihasilkan bahwa penyeduhan dalam suhu dan lama tertentu akan meningkatkan sifat organoleptik yang meliputi rasa, after taste, warna dan aroma. Dan kombinasi perlakuan yang baik berdasarkan hasil uji efektifitas adalah pada kombinasi perlakuan A3B3 (penyeduhan suhu 100°C selama 10 menit) dengan nilai hasil (NH) total tertinggi dari seluruh perlakuan yaitu sebesar 0,34875 yang menghasilkan total polifenol sebesar 104,0293 mg/g sampel, total tanin sebesar 19,4493 mg/g sampel, non tanin sebesar 76,7983 mg/g sampel dan total antioksidan sebesar 0,1613 µmol/g sampel dengan nilai skor pada rasa sebesar 3,67; after taste sebesar 3,27; warna sebesar 3,67 dan aroma sebesar 2,73.

## I PENDAHULUAN

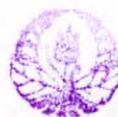
### 1.1 Latar Belakang

Teh merupakan minuman yang sangat populer dan banyak dikonsumsi oleh hampir seluruh masyarakat didunia dan menjadi produk pertanian yang penting. Teh diolah dari daun teh segar (*Camellia sinensis*) dimana berdasarkan cara pengolahannya, teh dikenal sebagai teh hijau, teh hitam dan teh oolong (Kuroda dan Hara, 1999). Sedangkan jenis produk teh yang dikonsumsi masyarakat Indonesia yaitu teh hitam, teh hijau dan teh wangi.

Teh diketahui mengandung senyawa polifenol yang termasuk dalam grup katekin. Polifenol yang terkandung didalam teh hijau dan teh hitam meliputi katekin, galokatekin, epikatekin, epikatekin galat, epigalokatekin dan epigalokatekin galat (Wang *et al.*, 1994). Menurut Bravo (1998), kandungan total polifenol didalam teh hijau 20-35 % (berat daun kering), dan teh hitam 22-33 % (berat daun kering).

Penelitian terkini melaporkan bahwa adanya kandungan senyawa polifenol didalam teh hijau diyakini mempunyai daya antioksidan yang kuat. Senyawa polifenol ini mempunyai peranan dalam meredam aktifitas radikal bebas sehingga bermanfaat bagi pencegahan beberapa penyakit kronis misalnya penyakit jantung kronis, kanker dan lain-lain. Penelitian lain di Jepang juga menunjukkan adanya hubungan antara kebiasaan minum teh hijau dengan rendahnya tingkat kematian yang disebabkan penyakit kanker.

Berdasarkan penelitian dari Institut Kanker Nasional Jepang, ternyata teh hijau yang biasa diminum orang Jepang mempunyai sifat anti kanker yang kuat setelah dicobakan pada tikus betina. Dikatakan juga bahwa persentase pertumbuhan tumor kulit, usus dan perut pada tikus yang diberi minuman teh hijau berkurang 53 %. Penelitian tersebut didukung juga oleh suatu fakta bahwa terjadi penurunan jumlah penderita kanker di Prefektur Shizuoka, Jepang tengah, daerah sentra produksi teh hijau. Ditempat tersebut orang minum teh hijau dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan orang kebanyakan.



Melihat besarnya manfaat teh bagi kesehatan maka perlu adanya penelitian tentang kandungan total polifenol didalam teh selama dilakukan penyeduhan.

## 1.2 Permasalahan

Kandungan polifenol sebagai senyawa antioksidan pada teh sangat berperan penting bagi kesehatan tubuh manusia, terutama sebagai senyawa khemopreventive terhadap rangsangan berbagai penyakit kronis seperti kanker, jantung dan lain-lain.

Permasalahannya adalah bahwa kandungan total polifenol dalam seduhan teh sangat dipengaruhi oleh suhu air penyeduhan dan lamanya penyeduhan. Karena itu perlu adanya penelitian untuk mengetahui sejauh mana kedua faktor tersebut berpengaruh terhadap kandungan total polifenol dan daya antioksidannya dalam seduhan teh hijau.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh suhu penyeduhan terhadap kandungan total polifenol dan daya antioksidan.
2. Mengetahui pengaruh lama penyeduhan terhadap kandungan total polifenol dan daya antioksidan.
3. Mendapatkan kombinasi suhu dan lama penyeduhan tertentu sehingga diperoleh kandungan total polifenol dan daya antioksidan yang optimal.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi mengenai:

1. Suhu dan lama penyeduhan optimal yang dapat melarutkan kandungan polifenol terbanyak dan daya antioksidan yang tinggi.
2. Kandungan total polifenol, tanin, non tanin dan daya antioksidan pada teh hijau.

## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teh

Tanaman teh diduga berasal dari daratan Cina, propinsi Szechwan yang berdekatan dengan laut India, daratan birma, siam, Tibet dan Indocina. Pertama kali teh dikenal di Cina pada masa pemerintahan Shen Nung, tahun 2700 SM. Pada saat itu teh baru dikenal sebagai bahan obat-obatan tradisional dan belum digunakan sebagai minuman (Nazarudin dan Fachrudin, 1993).

Tanaman teh yang berada di Indonesia, berasal dari Jepang, Cina dan Sri Lanka (Anonim, 1977). Di Indonesia dikenal dua macam varietas tanaman teh yaitu *camellia sinensis* var *sinensis* dan *camellia sinensis* var *assamica*. Varietas *assamica* lebih banyak dikembangkan di Indonesia dibanding dengan varietas *sinensis* yang banyak terdapat di Jepang dan Cina. Kandungan senyawa-senyawa katekin termasuk epigallo katekin gallat pada varietas *assamica* lebih besar dibanding dengan *sinensis* (Hartoyo dan Astuti, 2001).

Lebih lanjut menurut Hartoyo dan Astuti (2001) di Indonesia terdapat tiga jenis produk teh yang dikonsumsi masyarakat yaitu teh hijau, teh hitam dan teh wangi. Teh hijau merupakan produk non fermentasi yang berupa daun teh kering berwarna kehijauan dan bila diseduh akan menghasilkan air seduhan berwarna hijau kekuningan berasa sangat pahit khas teh. Menurut Shahidi dan Naczki (1995), sekitar 20% produksi teh didunia dalam bentuk teh hijau. Teh hijau ini diperoleh dengan inaktivasi cepat dari phenol oksidasi (phenolase) yang ada pada daun teh. Teh hijau ini diperoleh dengan pemanasan kering pada daun. Kekurangan dari oksidasi enzimatik fenolik memberikan teh hijau berwarna terang (tidak hitam) dan astringent.

Sedangkan teh hitam menurut Hartoyo dan Astuti (2001) merupakan teh yang dihasilkan dengan proses fermentasi dimana produk akhirnya berupa daun teh kering berwarna kehitaman dan bila diseduh akan menghasilkan air seduhan berwarna coklat kemerahan karena kandungan teaflavin dan tearubigin. Teh wangi dibuat dari teh hijau yang dipanggang dicampur dengan bunga melati atau



bunga gambir, produk akhirnya berupa daun kering berwarna hijau kecoklatan ketika diseduh dengan air panas menghasilkan air seduhan berwarna coklat kemerahan dengan aroma harum dan rasa sepet khas teh. Menurut Terranishi dan Hornstein (1995), di Cina dikenal teh oolong yang dikembangkan sejak abad 18. teh oolong hanya diproduksi di propinsi Fujian dan Taiwan. Teh oolong (teh merah dan kuning) diproses dengan cara semi fermentasi dengan bahan baku khusus sehingga memberikan warna yang spesifik.

## 2.2 Kandungan Kimia Daun Teh

Pucuk daun teh yang baru dipetik dari tanaman mengandung air 75% dari berat kering. Daun yang bermutu baik adalah daun dengan aktifitas enzim yang tinggi, serta sifat-sifat fisik jaringan daun yang sebaik-baiknya. Makin tua daun, makin rendah kandungan taninnya, dan makin tidak elastis daun tersebut.

Komposisi kimia daun teh sangat berpengaruh kepada mutu bubuk teh yang dihasilkan. Komponen ini sangat berpengaruh langsung terutama pada "strength", warna, flavor dan rangsangan seduhan teh tersebut (Fatimah, 1993). Menurut Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI tahun 1981, dalam 100 g daun teh terdapat kandungan bahan-bahan seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Daun Teh per100 g

Komponen	Kandungan
1. Kalori(g)	132
2. Lemak(g)	0,7
3. Kalsium(mg)	717
4. Besi(mg)	11,8
5. Vitamin A(SI)'	2,095
6. Vitamin B(mg)	0,01
7. Vitamin C(mg)	300
8. Air(g)	7,6
9. Protein(g)	19,5
10. Karbohidrat(g)	67,8
11. Fosfor(mg)	165

Sumber : Nazaruddin dan Fachrudin (1993)

Lebih lanjut menurut Nazaruddin dan Fachrudin (1993); Fatimah (1993), bahwa bahan-bahan kimia yang ada didalam daun teh digolongkan menjadi 4 kelompok besar, yaitu 1) substansi fenol (katekin dan flavanol); 2) substansi bukan fenol (karbohidrat, pektin, alkaloid, protein, asam amino, klorofil, asam organik); 3) substansi yang menimbulkan aroma, dan 4) enzim.

Senyawa bioaktif yang penting dalam teh yaitu kelompok polifenol dimana mempunyai pengaruh yang besar terhadap aroma/flavor, warna dan rasa seduhan teh, juga berperan penting sebagai antioksidan yang mampu menghambat atau mencegah terjadinya penyakit degeneratif (Guyton, 1993).

Polifenol dalam teh tersusun dari banyak senyawa fenol. Senyawa fenol adalah zat non gizi yang mempunyai minimal satu cincin aromatik dengan satu atau lebih gugus hidroksil, termasuk turunan-turunan fungsional, seperti ester, metil ester, glikosida dan lain-lain. Sedangkan senyawa polifenol mempunyai lebih dari satu cincin aromatik. Senyawa polifenol dari tanaman antara lain asam fenolat, flavonoid dan tanin (Fatimah, 1993).

Menurut Suradikusumah (1989) dan Fatimah (1993), senyawa fenol bersifat mudah teroksidasi. Dengan adanya oksigen, asam klorogenat, asam fosfat dan senyawa ortodifenol dapat teroksidasi dalam larutan alkalis atau karena enzim polifenolase oksidase. Senyawa fenol juga mudah terikat dengan protein.

Polifenol merupakan senyawa kimia yang terdapat dalam daun teh yang bersifat sebagai antioksidan. Saat proses fermentasi atau pelayuan, polifenol ini akan teroksidasi menjadi senyawa tearubigin dan teaflavin yang berperan dalam penentuan mutu produk teh. Tearubigin dalam teh akan memberikan warna merah kehijauan pada produk teh sedangkan teaflavin akan memberikan warna merah kecoklatan pada seduhan (Fatimah, 1993). Sedangkan menurut Bravo (1998), tearubigin dan teaflavin ini hanya mendominasi bagian terbesar dari teh hitam, dimana teh hijau sangat kaya dengan flavanol.

Senyawa fenol dari jenis yang berbeda mempunyai aktivitas fisiologis yang berbeda pula, sehingga pengaruhnya terhadap nilai bahan pangan juga berbeda. Tanin menurunkan daya cerna protein. Reaksi asam fenolat dengan

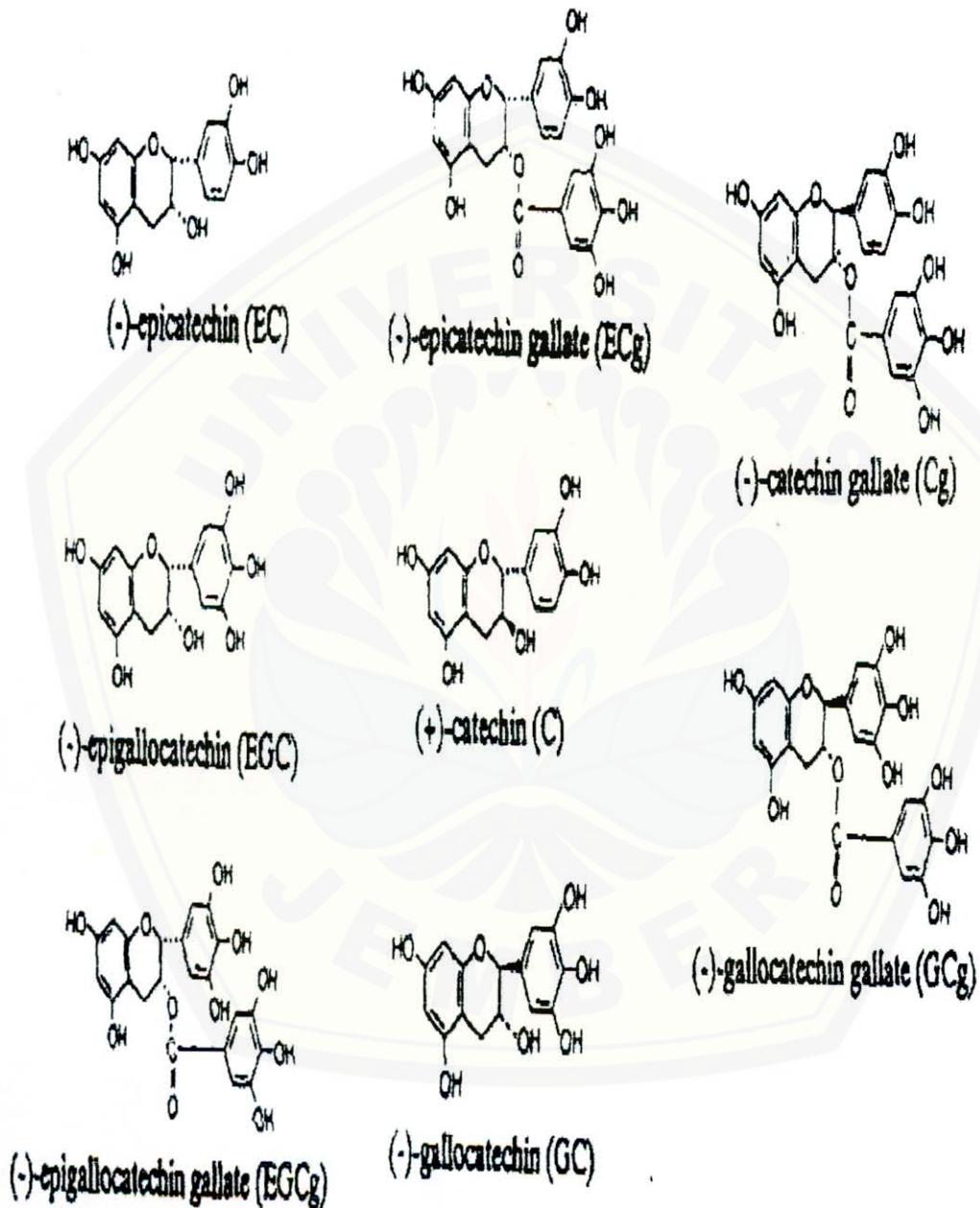
residu lisin menurunkan mutu protein. Sedangkan senyawa flavonoid berpengaruh pada metabolisme asam askorbat (Hughes, 1978).

Teh mengandung senyawa polifenol yang memiliki sifat larut dalam air (Chang *et al.*, 2000 dan Stahl, 1969). Senyawa polifenol yang ditemukan di dalam teh termasuk dalam grup katekin (flavanol). Polifenol yang terkandung didalam teh hijau dan teh hitam meliputi katekin, galokatekin, epikatekin, epikatekin galat, epigalokatekin dan epigalokatekin galat (Wang *et al.*, 1994). Menurut Hartoyo dan Astuti (2001) serta Ahmad dan Hasan (1999), bahwa kandungan senyawa polifenol dalam teh hijau dan teh melati paling tinggi adalah epigallokatekin gallat, kemudian secara berturut-turut adalah epigallo katekin, epikatekin gallat, epi katekin dan katekin. Sedangkan pada teh hitam paling banyak epigallo katekin. Selain senyawa katekin tersebut, pada teh hitam terdapat senyawa teaflavin dan tearubigin. Komposisi komponen katekin berbagai macam teh tercantum pada Tabel 2 dan struktur kimia katekin teh diperlihatkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Komposisi komponen Katekin Berbagai Macam Teh

Katekin komponen	Teh hijau	Teh hitam	Teh melati	Teh melati komersial
Katekin	0,50	0,20	0,35	0,35
Epi katekin	0,66	0,16	0,30	0,25
Epi katekin gallat	1,39	0,41	0,80	0,62
Epi gallo katekin	1,46	1,01	1,00	0,88
Epi gallokatekin gallat	5,10	0,56	2,05	1,70
Katekin total (%)	9,11	2,44	4,50	3,80

Sumber : Hartoyo dan Astuti (2001)



Gambar 1. Struktur kimia katekin teh hijau (Goto *et al.*, 1996)

Menurut Bravo (1998), kandungan total polifenol didalam teh hijau 20-35% (berat daun kering), teh hitam 22-33% (berat daun kering), dan didalam secangkir seduhan teh 150-210 mg/200 ml. Menurut Shahidi dan Naczk (1995) polifenol didalam beberapa tipe dari teh hijau dan teh hitam disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Polifenol Didalam Beberapa Tipe Teh Hijau (mg/g berat kering)

Teh	Polifenol (mg/g)
Finest Grade (Jepang)	132
Popular Grade ( Jepang)	229
Popular Grade ( China)	258

Sumber : Shahidi dan Naczk (1995)

Menurut Shahidi dan Naczk (1995), senyawa polifenol terkandung sampai 35% dari berat kering daun teh. Kandungan utama polifenol daun teh adalah flavanol seperti (-) epikatekin gallat, (-) epigallokatekin, (-) epigallokatekin gallat, (+) katekin dan turunannya, flavonol (Quercetin, kaemferol dan glikosidanya), flavone (vitexin, iso vitexin), asam phenolik (asam galat, asam klorogenat, tehogallat).

Tabel 4. Komposisi Polifenol Dalam Teh (Varietas assamica)

Senyawa phenolik	Komposisi (%)
Teh tanpa proses	
Flavanols (katekin + gallokatekin)	17 – 30
flavonol + flavonol glikosida	3 – 4
flavandiol (leucoanthochianidin)	2 – 3
asam phenolik	5
Teh hitam	
Teharubigin + bisflavanol	2 – 4
Teharubigin lainnya	1,5
Tehaflavin	1 – 2
Asam phenolik	4
Flavanol	1 – 3
Flavonol + glikosida	2 - 3

Sumber : Shahidi dan Naczk (1995)

Grup polifenol lainnya yaitu tanin yang merupakan molekul terhidroksi yang tinggi dan membentuk ikatan kompleks yang tidak larut dengan protein dan karbohidrat (Bravo, 1998). Dan menurut Winarno (1984), tanin disebut juga asam tanat dan asam galotanat. Tanin dapat tidak berwarna sampai berwarna kuning

atau coklat. Asam tanat yang dapat dibeli di pasaran mempunyai BM 1.701 dan kemungkinan besar terdiri dari sembilan molekul asam galat dan sebuah molekul glukosa.

Menurut Bravo (1998) dan Winarno (1984), istilah tanin yang digunakan pada kalangan ahli pangan dibagi kedalam dua grup yaitu *condensed tannin* dan *hydrolized tannin*. *Condensed tannin* atau proanthosianidin adalah polimer dengan BM tinggi yang merupakan dimer 4,8 atau 2,8 C-C atau ikatan dimer eter 3,3 dari senyawa katekin. Dan *hydrolized tannin*, termasuk kedalamnya galotanin dan elogitanin.

Zat tanin yang banyak terdapat pada pucuk teh memegang peranan penting dalam menentukan warna, rasa dan aroma teh (Giyarto, 1996). Hal ini seperti yang dikatakan oleh Bravo (1998), bahwa didalam tumbuhan tanin berfungsi sebagai "astringency" yang disebabkan karena penggumpalan protein terutama protein pada salivari. Sifat astringency ini sangat menentukan cita rasa dari bahan. Polimerisasi dari tanin sangat efektif sebagai pengendap protein. Komplek dari tanin dan protein biasanya dibentuk oleh ikatan hidrogen dan hidrophobik, tanpa adanya ikatan kovalen ataupun ikatan ion. Beberapa ahli pangan berpendapat bahwa tanin terdiri dari katekin, leukoantosianin, dan asam hidroksi yang masing-masing dapat menimbulkan warna bila bereaksi dengan ion logam (Winarno, 1984).

### 2.3 Antioksidan

Antioksidan adalah komponen kimia yang memiliki kemampuan dalam mengikat oksigen dan menjadi donor hidrogen radikal. Sistem kerjanya adalah merubah komponen radikal menjadi netral. Antioksidan ini ada dua tipe yaitu :

1. Antioksidan primer atau pemecah rantai oksidasi atau pencegah reaksi oksidasi. Antioksidan primer bekerja dengan memecah rantai oksidasi dari peroksil sehingga tidak bereaksi lebih lanjut dengan lemak tak jenuh dan membuatnya menjadi lebih stabil.
2. Antioksidan sekunder bekerja dengan menghambat atau mengurangi laju autooksidasi lemak dengan beberapa cara yaitu mengikat ion logam, mengusir

oksigen bebas dalam bahan, memecah hidrogen peroksida menjadi produk non radikal.

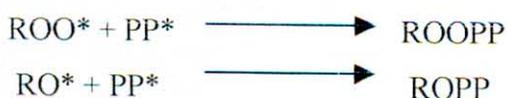
Antioksidan banyak digunakan, baik secara alami ataupun sintetis. Antioksidan sintetis yang banyak dipakai dalam bahan pangan contohnya BHA TBHQ, BHT, PG dan NDGA. Sedangkan antioksidan alami yang sering digunakan dalam produk pangan seperti vitamin C, vitamin E, asam sitrat dan asam fosfat. Antioksidan dapat digunakan secara sendiri-sendiri ataupun kombinasi dengan menimbulkan efek sinergis (Winarno, 1984).

Antioksidan dapat berfungsi sebagai pelindung tubuh terhadap penyakit berbahaya (mulai kanker sampai jantung) serta untuk kecantikan, yang dapat mencegah penuaan dini atau keriput kulit. Konsumsi pil-pil antioksidan untuk menjaga seluruh kesehatan dan memenuhi kebutuhan nutrisi dapat berefek samping, sehingga lebih baik mengkonsumsi zat antioksidan alami seperti pada teh, buah apel, jus angur, bumbu seperti arogano dan peterseli, prune, berry, coklat dan bir yang mengandung flavonoid (Anonim, 2002).

Menurut Bravo (1998), polifenol didalam bahan dapat berperan sebagai antioksidan. Antioksidan fenol berfungsi sebagai penghambat radikal bebas dan pengkelat dari ion-ion logam yang mampu mengkatalisis peroksidasi lipid. Antioksidan fenol menghalangi proses oksidasi lipida dan molekul lain dengan menyumbangkan atom hidrogen pada radikal bebas dengan reaksi sebagai berikut:



Umumnya phenoxy radikal yang terbentuk diatas relatif sangat stabil, dimana reaksi ini tidak mudah terjadi. Phenoxy radikal yang terbentuk juga berperan sebagai terminator (pengakhir) terjadinya siklus propaganda melalui reaksinya dengan radikal bebas lain.



Pada kondisi tertentu (konseprasi fenol tinggi, pH tinggi dan adanya besi), antioksidan fenol dapat mendorong proses autooksidasi dan bertindak seperti prooksidasi.

Bravo juga menyebutkan bahwa efisiensi polifenol sebagai antioksidan sangat tergantung pada struktur kimianya. Fenol dalam bentuk sederhana tidak aktif sebagai antioksidan, tetapi bentuk ortho- dan para- diphenolik mempunyai daya antioksidatif, yang mengalami penambahan ikatan dengan substitusi atom hidrogen oleh golongan etil atau n-butyl.

Lebih lanjut menurut Bravo (1998), antioksidan polifenol, terutama flavonoid, berpotensi sebagai penghambat oksidasi LDL (Low Density Lipid). Adapun beberapa mekanismenya adalah sebagai berikut:

1. mereduksi susunan atau bentuk dari radikal bebas,
2. melindungi  $\alpha$ -tokoferol pada LDL dari proses oksidasi,
3. meregenerasi kembali  $\alpha$ -tokoferol yang teroksidasi, dan
4. mengkelat ion logam.

Aktivitas antioksidan yang berperan dalam ekstrak teh adalah komponen flavonoid terutama golongan katekin (Zhang *et al.*, 1997; Zhu *et al.*, 2000) Mekanisme penghambatan oksidasi oleh katekin teh kemungkinan adalah sebagai berikut: 1) Katekin berfungsi sebagai antioksidan primer dengan mendonorkan atom hidrogennya sehingga pembentukan radikal bebas dapat direduksi (Zhang *et al.*, 1997); 2) Menjaga dan meregenerasi  $\alpha$ -tokoferol dan atau antioksidan lainnya (Zhu *et al.*, 2000); 3) Sebagai kelator ion logam yang menginisiasi terbentuknya radikal bebas (Zhang *et al.*, 1997).

#### 2.4 Manfaat Dan Kegunaan Teh

Selain dapat memberi kesegaran kepada tubuh, teh ternyata mempunyai banyak manfaat lain untuk tubuh manusia. Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan di Jepang dan Rusia ada beberapa nilai nutrisi dan manfaat yang dapat diperoleh dari teh (khususnya teh hitam dan teh hijau), yaitu:

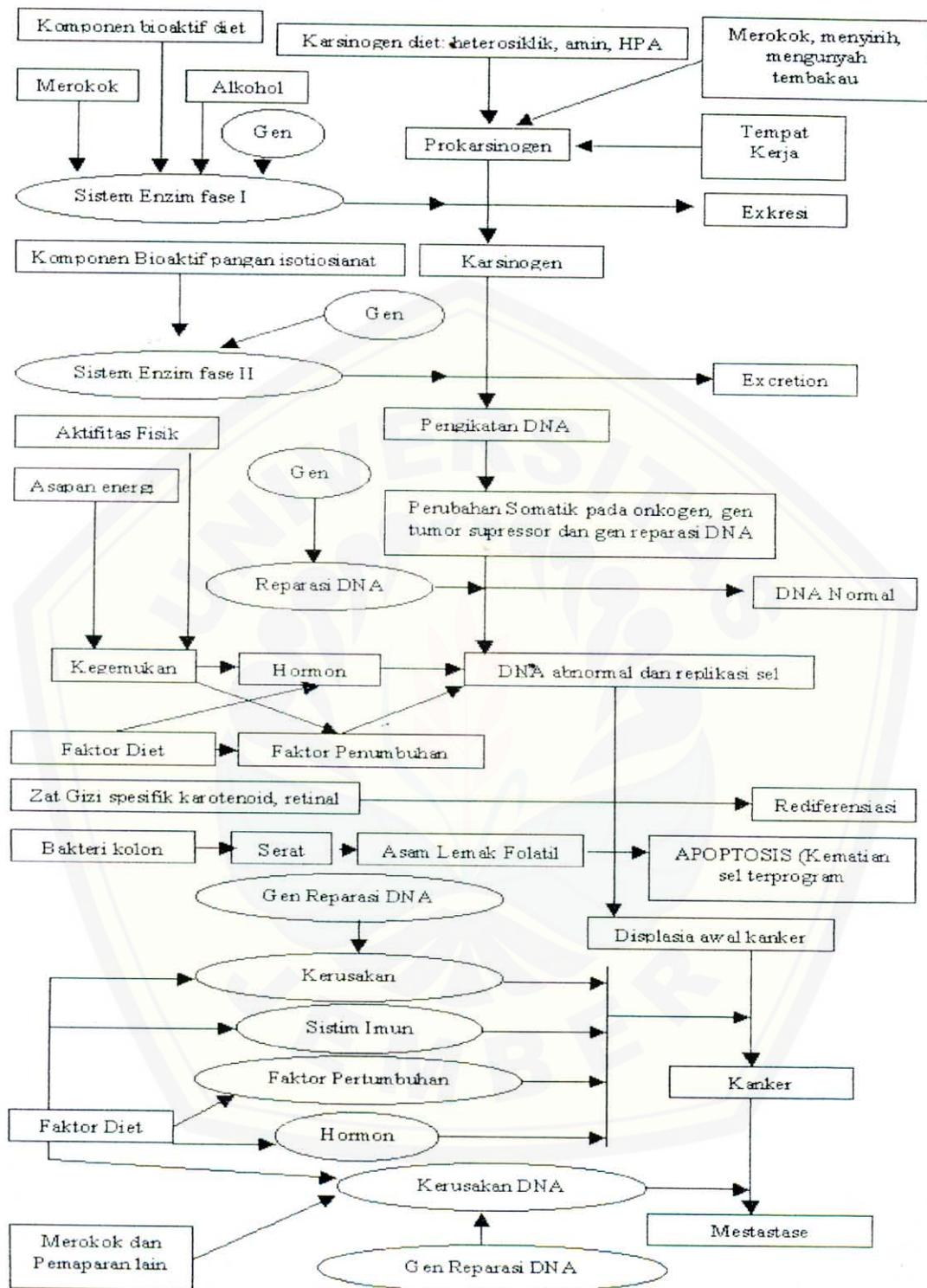
1. Kaya akan vitamin B dan vitamin C, terutama thiamin dan riboflavin yang dibutuhkan tubuh

2. Bahan polifenol mempunyai vitamin P aktif yang dapat membantu mengurangi kerapuhan dinding kapiler dari aliran darah, juga menormalkan hyperfunction dan kelenjar gondok
3. Teh memiliki kemampuan untuk mengantisipasi pengaruh yang merugikan karena aktivitas bakteri maupun basil disentri.

Bubuk teh yang ditambahi dengan ekstrak tempuyung atau yang dikenal dengan nama teh cibinong ternyata ampuh untuk obat penyakit batu ginjal. Tambahan ekstrak tempuyung pada teh ternyata mampu mengubah tekanan permukaan cairan yang rendah pada ginjal menjadi tinggi. Hal ini mengakibatkan pembentukan kristal dari batu ginjal menjadi terhalang. Bahkan batu ginjal yang telah terbentuk dapat dihancurkan oleh teh ini sehingga dapat keluar bersama air seni. Khasiat tersebut disebabkan tempuyung yang mengandung kalium dan mannite (Nazarudin dan Fachrudin, 1993).

Penelitian terkini melaporkan bahwa adanya kandungan senyawa poliphenol didalam teh diyakini mempunyai daya antioksidan yang kuat. Senyawa polifenol ini mempunyai peranan dalam meredam aktifitas radikal bebas sehingga bermanfaat bagi pencegahan beberapa penyakit kronis misalnya penyakit jantung kronis dan kanker (Benzie dan szeto, 1999; Lin *et al*, 1996; La Vecchia *et al*, 1992). Penelitian yang dilekukan di Jepang juga menunjukkan adanya hubungan antara kebiasaan minum teh hijau dengan rendahnya tingkat kematian yang disebabkan penyakit kanker (Kuroda dan Hara, 1999).

Polifenol dalam teh juga mempunyai aktivitas antimutagen yang mencegah terjadinya mutasi genetik (sel termutasi) akibat kerusakan DNA sel yang akan menjadi cikal bakal dari tumor atau kanker. Selain itu polifenol juga mempunyai aktivitas antikarsinogen atau anti kanker dengan cara menetralkan senyawa-senyawa karsinogenik yang umumnya bersifat elektrofil (radikal) seperti senyawa-senyawa hasil oksidasi selama proses detoksifikasi dalam tubuh, senyawa yang berasal dari polutan dan molekul radikal bebas hasil oksidasi (anion superoksida, hidroksil radikal dan peroksida) yang merupakan karsinogenik kuat. Adapun mekanisme terjadinya penyakit kanker serta pencegahannya dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Tahapan Terjadinya Penyakit Kanker Dan Pencegahannya (Zakaria-Rungkat, F. 2001).

Menurut Nazarudin dan Fachrudin (1993), teh Oolong dan teh hijau ternyata dapat mencegah timbulnya kanker tenggorokan. Kandungan polifenol pada kedua jenis teh tersebut tergolong efektif menghalangi sintesis bahan senyawa nitroso, zat yang menyebabkan kanker. Fungsi teh sebagai anti kanker berhubungan erat dengan cara pembuatan dan lama penyimpanannya.

Menurut Ahmad dan Mukhtar (1999), Polifenol yang diisolasi dari teh hijau atau ekstrak dari teh hijau telah diujikan pada beberapa binatang percobaan untuk menghasilkan perlindungan melawan rangsangan karsinogenesis secara kimiawi pada paru-paru, duodenum, pankreas, hati, payudara dan colon/usus.

Flavonoid dalam apel, cokelat, teh dapat mencegah penyakit jantung. Teh juga mengandung catekin yang diduga dapat memerangi kanker dan mencegah kehilangan massa tulang penyebab osteoporosis. Dosis perkiraan pada satu cangkir teh hitam sekitar 100-500 mg perhari. Para ahli menganjurkan banyak minum teh pada setiap kali makan untuk mengurangi resiko penyakit jantung dan kanker (Anonim, 2002).

Sedangkan menurut Bravo (1998), tipe polifenol lain (asam fenolik, hidrolisat tanin dan flavonoid) juga berperan sebagai antikarsinogenik. Polifenol juga berperan dalam perkembangan tumor ganas dengan cara melindungi DNA dari kerusakan akibat oksidasi, menginaktifkan senyawa karsinogenik, menghambat mutasi gen dan aktivitas enzim dalam reaksinya sebagai prokarsinogenik serta menghambat enzim prodetoksifikasi xenobiotik.

## 2.5 Hipotesa

1. Suhu penyeduhan berpengaruh terhadap kandungan polifenol, tanin dan daya antioksidan.
2. Lama penyeduhan berpengaruh terhadap kandungan polifenol, tanin dan daya antioksidan.
3. Pada kombinasi suhu dan lama penyeduhan tertentu diperoleh kandungan polifenol dan antioksidan yang optimal.

### III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Bahan dan Alat penelitian

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah produk teh hijau dari PTPN Bogor yang diperoleh dari KOPKAR Aroma PTPN XII Jember.

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan ethanol, pereaksi Folin-Ciocalteu, larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , asam galat, DPPH 400  $\mu\text{M}$ , larutan protein standart, larutan SDS, reagen  $\text{FeCl}_3$ , asam tannat dan methanol.

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beaker glass, corong, spatula, pemanas/hot place, termometer, stirer, sentrifuge, kapas saring, tabung reaksi, aluminium foil, timmer, vortex, spektrofotometer UV dan oven dan pipet.

#### 3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian pendahuluan dan utama dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan 2 tahap yaitu :

Tahap 1 : Penelitian pendahuluan dilaksanakan pada bulan Juli 2002

Tahap 2 : Penelitian utama dilaksanakan pada bulan Agustus 2002

#### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) secara faktorial dengan dua faktor yaitu :

Faktor A adalah suhu air penyeduhan yang terdiri dari tiga level:

A1 = 27 °C (tanpa pemanasan)

A2 = 50°C

A3 = 100°C



Faktor B adalah waktu penyeduhan yang terdiri dari tiga level:

B1 = 2 menit

B2 = 6 menit

B3 = 10 menit

Masing-masing perlakuan diulang tiga kali.

Dari kedua faktor diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut:

A1B1      A1B2      A1B3

A2B1      A2B2      A2B3

A3B1      A3B2      A3B3

Model umum perancangan acak kelompok adalah sebagai berikut :

$$V_{ijkm} = \mu + R_i + A_j + RA_{ij} + B_k + RB_{ik} + AB_{jk} + RAB_{ijk} + \sum m_{ijk}$$

Keterangan :

$V_{ijkm}$  = Nilai pengamatan karena pengaruh suhu air penyeduhan taraf ke-j dan waktu penyeduhan taraf ke-k dengan replikasi ke-i

$\mu$  = Nilai rata-rata sebenarnya

$R_i$  = Replikasi ke-i

$A_j$  = Efek sebenarnya dari taraf ke -j pada replikasi ke-i

$RA_{ij}$  = Interaksi faktor A ke-j pada replikasi ke-i

$AB_{jk}$  = Efek sebenarnya dari interaksi ke-j factor A dengan taraf ke-k faktor B

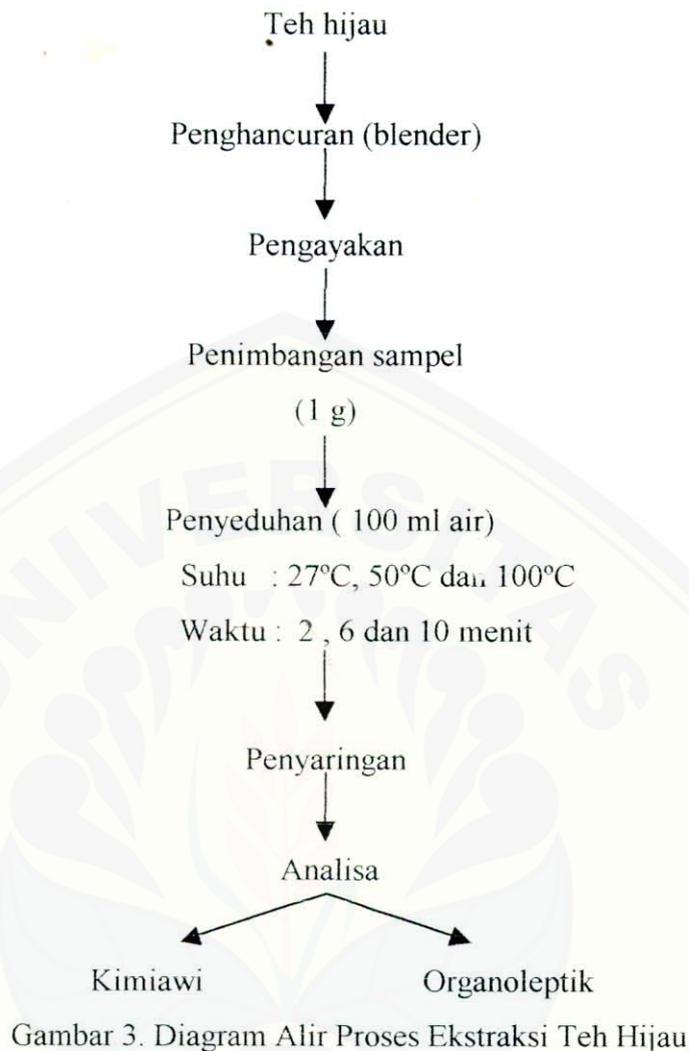
$RAB_{ijk}$  = Interaksi faktor A ke-j factor B ke-k pada replikasi ke-i

$\sum m_{ijk}$  = Pengaruh factor acak dalam kombinasi perlakuan (kesalahan acak)

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Tahap Proses Ekstraksi

Teh hijau dihaluskan dengan blender lalu diayak (40 mesh) untuk menyeragamkan ukuran. Setelah itu ditimbang 1g teh dan dilarutkan kedalam 100 ml air dengan perlakuan suhu 27°C, 50°C, dan 100°C dengan lama penyeduhan 2, 6 dan 10 menit. Hasil seduhan disaring dan filtrat teh yang dihasilkan dianalisa kandungan total polifenol, tanin dan daya antioksidan serta uji organoleptik yang meliputi rasa, warna, aroma dan after taste. Tahapan proses ekstraksi secara skematis dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Proses Ekstraksi Teh Hijau

### 3.5 Pengamatan

Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi :

#### 1. Analisa kimiawi :

- Kandungan total polifenol
- Kandungan tanin
- Kandungan non tanin
- Daya antioksidatif

#### 2. Analisa organoleptik :

- Uji rasa
- Uji after taste

- Uji warna
- Uji aroma

### 3.6 Prosedur Analisa

#### 3.6.1 Analisa Kimiawi

##### 3.6.1.1 Kandungan Total Polifenol

Untuk menghitung kandungan total polifenol dalam teh hijau digunakan metode **Follin Ciocalteu** sesuai dengan metode yang dikembangkan oleh Andarwulan et al.(1999), yaitu memipet 0,1ml filtrat teh hijau, 1ml ethanol, 5ml air aquades, 0,5ml reagen follin Ciocalteu (50%) kedalam tabung reaksi dan divortex kemudian didiamkan selama 5 menit. Setelah itu memasukkan 1ml larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5% lalu divortex agar larutan homogen. Kemudian tabung reaksi didiamkan ditempat gelap selama 60 menit. Setelah itu tabung reaksi divortex dan diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 725 nm dengan spektronik UV 21D. Kurva standart dibuat dengan cara yang sama dengan mengganti sampel menggunakan asam galat 0,5% dalam methanol. Selanjutnya total polifenol dapat dihitung dengan rumus yang diperoleh dari kurva standart sebagai berikut:

$$Y = 9.1125X + 0,0247$$

Dimana : Y adalah konsentrasi polifenol (mg)

X adalah nilai absorbansi

Kandungan total polifenol dalam teh hijau dinyatakan sebagai mg/g teh hijau.

##### 3.6.1.2 Kandungan Tanin (Metode Presipitasi Protein)

Untuk menentukan kandungan tanin digunakan metode presipitasi protein yang dikembangkan oleh Hagerman dan Buttlar (1996) dengan modifikasi. Sebanyak 1,5ml filtrat teh hijau dimasukkan kedalam tabung sentrifuge, kemudian ditambahkan 2 ml larutan protein standart (BSA didalam buffer). Setelah itu memvortex dan mendiarkannya selama 15 menit. Kemudian sampel disentrifuge selama 15 menit untuk memisahkan supernatan (pellet) dari endapannya. Supernatan dibuang, kemudian memasukkan 4ml larutan SDS. Setelah itu memvortex dan menambahkan 1ml larutan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Memvortex

kembali tabung tersebut lalu mendiampkannya selama 30 menit. Setelah itu mengukur nilai absorbansinya dengan panjang gelombang 510 nm dengan spektronik 21 D. Membuat kurva standart dengan cara yang sama dengan larutan asam tanat dalam methanol. Selanjutnya menghitung kandungan tanin dengan rumus yang diperoleh dari kurva standart sebagai berikut:

$$Y = 2,5422X - 0,1824$$

Dimana : Y adalah konsentrasi tanin (mg)

X adalah nilai absorbansi

Kandungan tanin dalam teh hijau dinyatakan sebagai mg/g teh hijau.

### 3.6.1.3 Penentuan Daya Antioksidan

Aktivitas antioksidan sampel teh dianalisa berdasarkan kemampuannya menangkap radikal (*radical scavenging activity*) *diphenylpicrylhydrazyl* (DPPH) menurut metode yang dikembangkan oleh Gadow (1996) dengan modifikasi. Mengambil 0,01ml filtrat teh hijau- kedalam tabung reaksi. Kemudian menambahkan 0,5 ml larutan DPPH 400  $\mu$ M kedalam sampel dan menera dengan ethanol sampai 5ml. Setelah itu mendiampkannya selama 20 menit. Kemudian mengukur nilai absorbansinya dengan spektronik UV 21D. Membuat kurva standart dengan cara yang sama tetapi volume DPPH berubah dengan variasi tertentu sesuai range data yang diperoleh. Aktivitas antioksidan dapat diukur dengan rumus yang diperoleh dari kurva standart sebagai berikut:

$$Y = 0,3911X - 0,0044$$

Dimana : Y adalah konsentrasi antioksidan (mg)

X adalah nilai absorbansi

Daya antioksidan dinyatakan kedalam  $\mu$ mol/g teh hijau.

### 3.6.2 Analisa Organoleptik

Analisa atau uji organoleptik dilaksanakan dengan menggunakan metode deskriptif dengan 15 panelis. Caranya adalah menyiapkan 100 ml filtrat teh hijau pada beaker glass atau gelas kaca untuk masing-masing perlakuan. Kemudian memberi label atau kode untuk setiap perlakuan. Setelah itu panelis akan menguji

perbedaan rasa, warna, aroma dan after taste pada semua sampel dengan memberikan nilai skor 1 sampai 5.

#### **3.6.2.1 Rasa**

Yang dimaksud rasa disini adalah rasa dari seduhan teh yaitu rasa sepat. Disini panelis harus mampu membedakan rasa sepat pada setiap sampel dengan memberikan skor seperti berikut:

1. Sangat tidak kuat
2. Tidak kuat
3. Kurang kuat
4. Kuat
5. Sangat kuat

#### **3.6.2.2 After Taste**

Yang dimaksud after taste disini adalah rasa dari seduhan teh yang masih tertinggal diujung lidah. After taste sering disebut dengan kelat yang kita rasakan setelah kita mengecap rasa dari seduhan teh hijau. After taste dimulai dari kuatnya rasa itu melekat sampai hampir tidak terasa dengan skor 1 sampai 5 seperti berikut ini:

1. Sangat tidak kuat melekat
2. Tidak kuat melekat
3. Kurang kuat melekat
4. Kuat melekat
5. Sangat kuat melekat

#### **3.6.2.3 Warna**

Yang dimaksud warna disini adalah warna yang dihasilkan oleh seduhan dari teh hijau. Warna seduhan teh hijau dimulai dari warna kehijauan sampai merah kecoklatan dengan skor 1 sampai 5 seperti berikut ini:

1. Kehijauan
2. Kuning kehijauan
3. Kuning keemasan

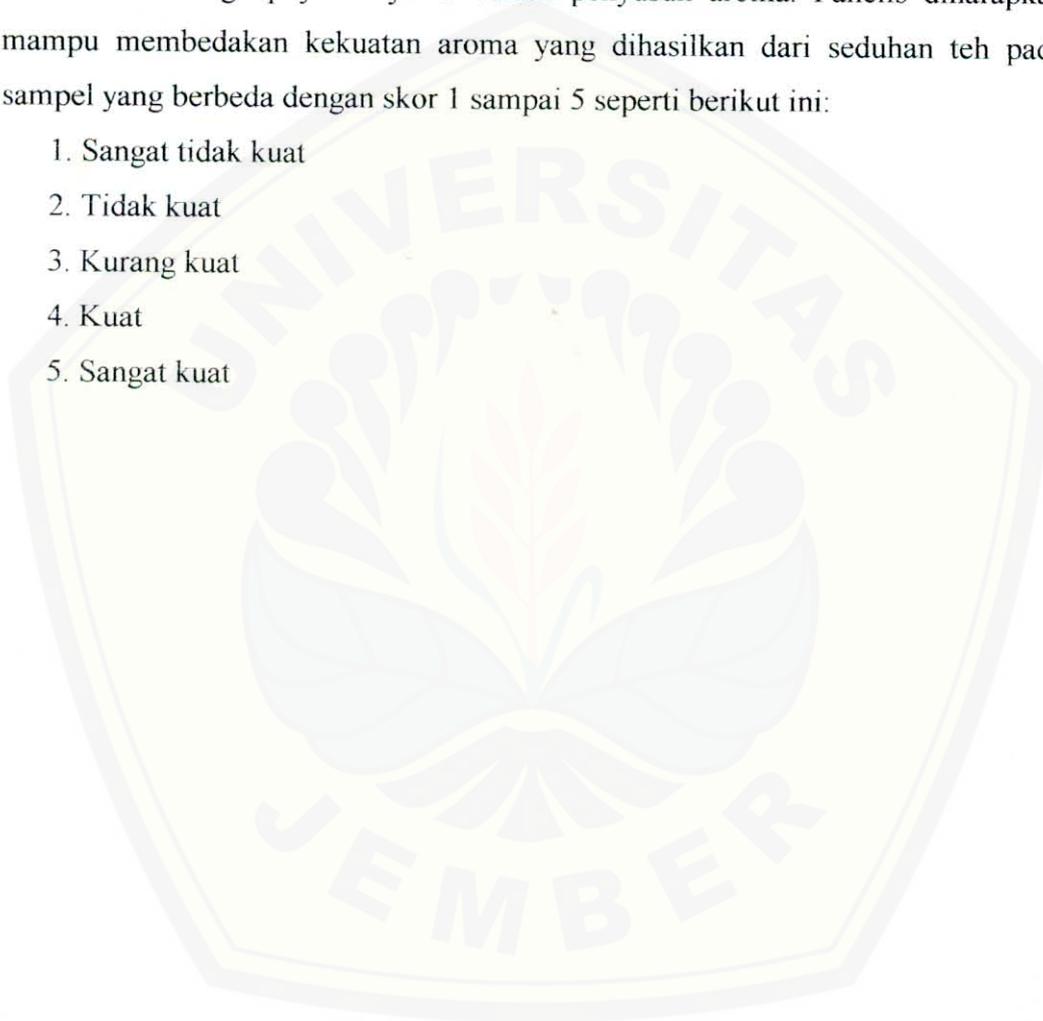
4. Kuning kemerahan

5. Merah kecoklatan

#### **3.6.2.4 Aroma**

Yang dimaksud aroma disini adalah bau dari seduhan teh yang dihasilkan saat kita menyeduh teh. Aroma merupakan bau harum khas teh yang disebabkan menguapnya senyawa volatil penyusun aroma. Panelis diharapkan mampu membedakan kekuatan aroma yang dihasilkan dari seduhan teh pada sampel yang berbeda dengan skor 1 sampai 5 seperti berikut ini:

1. Sangat tidak kuat
2. Tidak kuat
3. Kurang kuat
4. Kuat
5. Sangat kuat



## V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan mengenai pengaruh suhu dan lama penyeduhan terhadap kandungan total polifenol dan daya antioksidan dalam teh hijau ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Suhu dan lama penyeduhan berpengaruh terhadap kandungan total polifenol, tanin, daya antioksidan, rasa, after taste , warna serta aroma teh hijau.
2. Berdasarkan hasil uji efektifitas maka kombinasi perlakuan yang baik adalah pada perlakuan A3B3 (penyeduhan suhu 100°C selama 10 menit) dengan nilai hasil (NH) total tertinggi dari seluruh perlakuan yaitu sebesar 0,34875 yang menghasilkan total polifenol sebesar 104,0293 mg/g sampel, total tanin sebesar 19,4493 mg/g sampel, non tanin sebesar 76,7983 mg/g sampel dan total antioksidan sebesar 0,1613  $\mu\text{mol/g}$  sampel dengan nilai skor pada rasa sebesar 3,67; after taste sebesar 3,27; warna sebesar 3,67 dan aroma sebesar 2,73.

### 5.2 Saran

Berhubung penelitian ini hanya ditujukan pada teh hijau, sedangkan penduduk Indonesia pada umumnya mengkonsumsi teh hitam, maka perlu adanya penelitian yang sama terhadap teh hitam atau tanaman makanan lain yang juga diketahui mengandung senyawa polifenol yang cukup tinggi.



UPT Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N. dan M. Hasan. 1999. *Green Tea Polyphenols and Cancer: Biologic Mechanisms and Practical Implications*. *Nutrition Reviews*. 57: 78-79
- Andarwulan, N., D. Fardiaz, G.A. Wattimena, and K. Shetty. 1999. *Antioxidant activity associated with lipid and phenolic mobilization during seed germination of pangium edule Reinw. J. Agric. Food Chem.* 47: 3158-3163
- Anonim. 1997. *Country Profile of Indonesian Tea Industry*. Nusa Dua-Bali
- . 2002. *Penyembuhan dengan Obat Alamiah*. *Aura*. 47: 21
- Benzie, I. F. F. dan Y.T. Szeto. 1999. *Total Antioxidant Capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power assay. J. Agric. Food Chem.* 47: 633-636
- Bravo, L. 1998. Polyphenols : *Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance*. *Nutrition Reviews*. 56: 317-333
- Chang, J. C., K. Chiu, Y.Chen, C. Chang. 2000. *Separation of Catechins from green tea using carbon dioxide extraction*. *Food Chemistry*. 68: 109-113
- Fatimah, T. 1993.a. *Budidaya Tanaman Teh (Camelia sinensis (L) O. Kuntze)*. Politeknik Pertanian Universitas Jember. Jember
- . 1993.b. *Pengolahan Hasil Tanaman Perkebunan (TEH)*. Politeknik Pertanian Universitas Jember. Jember
- Gadow, A., Joubert, E., and Hansmann, C.F. 1997. *Comparison of The Antioxidant Activity of Aspalathin With That of Other Plant Phenols of Rooibos Tea (Aspalathus Linearis)*. *J. Agric. Food. Chem.*, 45, 632-638
- Geankoplis, Christie J. 1983. *Transport Processes And Unit Operations*. Allyn And Daleon , Inc. Boston
- Giyarto. 1996. *Pengetahuan Bahan Hasil Pertanian*. Universitas Jember. Jember
- Goto,T., Y. Yoshida, I. Amano and H. Horie. 1996. *Chemical Composition of Commercially Available Japanesse Green Tea*. *Foods Ingredients J. Jpn.*, 170: 46-51

- Guyton. 1993. *Textbook of Medical Physiology*. W.B. Sanders. Philadelphia: 390
- Hagerman, A.E. dan L.G. Butler. 1978. *Protein Precipitation Method for The Quantitative Determination of Tannin*. J. Agric. Food Chem. 26: 809-881
- Hartoyo A. dan M. Astuti. 2000. *Aktifitas Antioksidatif dan Hipokolesterolemik ekstrak Teh Hijau dan Teh Wangi Pada Tikus Yang Diberi Ransum Kaya Asam Lemak Tidak Jenuh Ganda*. Persatuan Anggota Teknologi Pangan Indonesia (PATPI). Semarang : 274
- Hughes, R.E. 1978. *Foods Ingredients*. J. Human Nutr. 32:47
- Kuroda, Y. dan Hara, Y. 1999. *Antimutagenic and Anticarcinogenic Activity of Tea Polyphenols*. Mutation Research. 436: 69-97
- La Vecchia, C., Negri, E., Francheschi, S., D'Avanzo, B., Boyle, P. 1992. *Tea Consumption and Cancer Risk*. Nutrition Cancer. 17: 27-31
- Lin, Y. L., I. M. Juan, Y. L. Chen, Y. C. Liang dan J.K. Lin. 1996. *Composition of Polyphenols in fresh Tea Leaves and Associations of Their oxygen-radical-absorbing Capacity With Anti Proliferative Actions in Fibroblast Cells*. Journal of Agricultural Chemistry. 44: 1387-1394
- Luize A. 2002. *Makan Nasi Jangan Minum Air Teh*. Intisari: 34
- Nazarudin dan Fachrudin. 1993. *Pembudidayaan Tanaman Teh*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Shahidi, F. dan M. Naczki. 1995. *Food Phenolics Sources, Chemistry, Effects and Applications*. Technomic Publishing Company, Inc., USA
- Stahl. 1969. *The Chemistry of Tea and Soluble Tea Manufacturing*. Mc. Cormick and Co., Inc., Baltimore, Maryland
- Sudjatini, Sri R., Supriyadi. 1998. *Aktivitas Antioksidatif Ekstrak Flavonoid Teh Hijau Pada Minyak Kacang Tanah*. Persatuan Anggota Teknologi Pangan Indonesia (PATPI). Semarang : 328-339
- Suradikusumah, E. 1989. *Kimia Tumbuhan*. Depdikbud Dirjen Dikti. PAU Ilmu Hayati. IPB Bogor
- Terranishi, R. dan Hornstein, T.Z. 1995. *Food Reviews International*. Marcell Dekker, Inc.

- Wang, Z.Y., M. T. Huang, Y. R. Lou, J. G. Xie, H. L. Reuhl, Ho. C. T. Newmark, C. S. Yang, A. H. Conney. 1994. ***Inhibitory effects of black tea, green tea, decaffeinated black tea and decaffeinated green tea on ultraviolet B light-induced skin carcinogenesis in 7,12-dimethylbenz(a) anthracene-induced SKH-1 mice.*** Cancer Res. 54. 3428-3435
- Wicremasinghe, R.L. 1978. ***Extraction polyphenols of Green Tea.*** Adv Food Res., 24: 229
- Winarno, F.G. 1984. ***Kimia Pangan dan Gizi.*** Erlangga. Jakarta
- Yen, G.C. and Chen, H.Y. 1995. ***Antioxidant Activity of Various Tea Extracts in Relation to Their Antimutagenicity.*** J. Agric. Food Chem. 43: 27-32
- Zakaria-Rungkat, F. 2001. ***Pencegahan Kanker.*** Jurnal Teknologi dan Industri Pangan., Vol XII. Bogor.
- Zhang, A., Chan, P.T., Luk, Y.S., Ho, W.K.K, and Chen, Z.Y. 1997. ***Inhibitory Effects of Jasmine Green Tea Epicatechin Isomerson LDL-Oxidation.*** Nat. Biochem. 8, 334 – 340
- Zhu, Q.Y., Zhang, A., Huang, Y., and Chen, Z.Y. 2000. ***Interaction Between Flavonoid and Tocopherol in Human Low Density Lipoprotein.*** J. Nutr. Biochem. 11, 14 – 21.

## LAMPIRAN

## Lampiran 1

Parameter : Polifenol

Desain : RAK Faktorial 3x3

Kombinasi Perlakuan	Blok			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
A1B1	49,3059	48,8669	75,6434	173,8162	57,9387
A1B2	65,8765	67,9616	71,8025	205,6406	68,5469
A1B3	64,5597	72,5706	70,9246	208,0548	69,3516
A2B1	78,2770	79,5939	84,6420	242,5129	80,8376
A2B2	85,0809	93,8601	87,7147	266,6557	88,8852
A2B3	94,2990	96,4938	100,0050	290,7978	96,9326
A3B1	104,1756	94,2990	107,0288	305,5034	101,8345
A3B2	106,5898	101,3224	99,3471	307,2593	102,4198
A3B3	102,8587	102,2003	107,0288	312,0878	104,0293
Jumlah	751,0231	757,1686	804,1367	2312,3284	
Rata-rata	83,4470	84,1298	89,3485		85,6418

## Lampiran 2

Parameter : Total Tanin

Desain : RAK Faktorial 3x3

Kombinasi Perlakuan	Blok			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
A1B1	9,21511552	8,97909947	11,8375161	30,0317	10,0106
A1B2	10,7361078	11,653948	12,8340283	35,2241	11,7414
A1B3	13,9878845	14,1714525	14,4074686	42,5668	14,1889
A2B1	19,0491176	18,5246375	18,6557575	56,2295	18,7432
A2B2	20,1505258	20,8061259	19,8620617	60,8187	20,2729
A2B3	20,6750059	21,251934	21,9862062	63,9131	21,3044
A3B1	25,5002229	25,3953269	25,6051189	76,5007	25,5002
A3B2	25,972255	26,129599	26,050927	78,1528	26,0509
A3B3	27,7817114	27,3096793	26,6016311	81,6930	27,2310
Jumlah	173,0679	174,2218	177,8407	525,1305	
Rata-rata	19,2298	19,3580	19,7601		19,4493

## Lampiran 3

Parameter : Non Tanin

Desain : RAK Faktorial 3x3

Kombinasi Perlakuan	Blok			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
A1B1	40,0907845	39,8878005	63,8058339	143,7844	47,9281
A1B2	55,1404322	56,307642	58,9684417	170,4165	56,8055
A1B3	50,5717855	58,3991475	56,5170814	165,4880	55,1627
A2B1	59,2278824	61,0692625	65,9862025	186,2833	62,0944
A2B2	64,9303742	73,0539541	67,8526183	205,8369	68,6123
A2B3	73,6239941	75,241896	78,0187938	226,8847	75,6282
A3B1	78,6753771	68,9037131	81,4236811	229,0028	76,3343
A3B2	80,617545	75,192801	73,296123	229,1065	76,3688
A3B3	75,0769886	74,8906207	80,4271689	230,3948	76,7983
Jumlah	577,9552	582,9468	626,2959	1787,1979	
Rata-rata	64,2172	64,7719	69,5884		66,1925

## Lampiran 4

Parameter : ANTIOKSIDAN  
 Desain : RAK Faktorial 3x3

Kombinasi Perlakuan	Blok			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
A1B1	0,05727435	0,05983125	0,06494503	0,1821	0,0607
A1B2	0,08540015	0,08795704	0,09562772	0,2690	0,0897
A1B3	0,09818461	0,09562772	0,1007415	0,2946	0,0982
A2B1	0,08540015	0,08028637	0,08284326	0,2485	0,0828
A2B2	0,10841217	0,11096906	0,09818461	0,3176	0,1059
A2B3	0,1288673	0,11608284	0,11863973	0,3636	0,1212
A3B1	0,1288673	0,11608284	0,11863973	0,3636	0,1212
A3B2	0,15443621	0,14932242	0,14676553	0,4505	0,1502
A3B3	0,15954999	0,1569931	0,16722066	0,4838	0,1613
Jumlah	1,0064	0,9732	0,9936	2,9732	
Rata-rata	0,1118	0,1081	0,1104		0,1101

## Lampiran 5

Parameter : Rasa

Desain : RAK Non-faktorial

Panelis	Kombinasi Perlakuan									Jumlah	Rata-rata
	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3	A3B1	A3B2	A3B3		
1	2	4	3	5	5	4	4	5	5	37	4.11
2	4	4	2	3	5	5	5	5	4	37	4.11
3	3	2	3	2	3	3	4	3	4	27	3.00
4	3	3	2	4	3	4	5	5	4	33	3.67
5	4	4	5	3	3	4	4	4	4	35	3.89
6	3	3	4	3	4	4	3	4	4	32	3.56
7	2	3	3	4	4	5	4	5	5	35	3.89
8	1	2	2	3	4	4	4	3	2	25	2.78
9	3	2	3	3	3	2	3	3	3	25	2.78
10	2	1	3	4	4	3	5	5	4	31	3.44
11	4	4	2	4	4	2	4	3	2	29	3.22
12	3	2	4	4	4	3	4	3	4	31	3.44
13	3	3	4	4	2	4	5	3	3	31	3.44
14	2	3	2	4	4	4	4	3	3	29	3.22
15	2	5	2	3	4	4	5	4	4	33	3.67
Jumlah	41	45	44	53	56	55	63	58	55	470	
Rata-rata	2.73	3.00	2.93	3.53	3.73	3.67	4.20	3.87	3.67		3.48

Lampiran 6

Parameter : After Taste

Desain : RAK Non-faktorial

Panelis	Kombinasi Perlakuan									Jumlah	Rata-rata
	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3	A3B1	A3B2	A3B3		
1	1	2	3	2	4	2	3	5	5	27	3.00
2	3	4	2	3	4	4	5	5	3	33	3.67
3	3	2	2	3	3	4	4	4	4	29	3.22
4	2	3	3	3	2	4	4	5	4	30	3.33
5	4	3	5	3	2	4	3	5	4	33	3.67
6	3	4	4	3	4	4	2	1	3	28	3.11
7	3	3	3	3	4	5	4	4	5	34	3.78
8	3	3	2	5	3	4	5	4	2	31	3.44
9	2	2	3	3	4	2	3	3	2	24	2.67
10	2	3	3	3	4	5	3	4	3	30	3.33
11	2	3	2	3	4	1	4	2	2	23	2.56
12	2	1	2	3	3	3	2	2	4	22	2.44
13	3	4	3	3	2	3	4	2	3	27	3.00
14	2	2	2	3	4	3	4	2	2	24	2.67
15	2	3	2	3	4	4	5	3	3	29	3.22
Jumlah	37	42	41	46	51	52	55	51	49	424	
Rata-rata	2.47	2.80	2.73	3.07	3.40	3.47	3.67	3.40	3.27		3.14

## Lampiran 7

Parameter : Warna

Desain : RAK Non-faktorial

Panelis	Kombinasi Perlakuan									Jumlah	Rata-rata
	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3	A3B1	A3B2	A3B3		
1	1	2	1	5	3	2	4	3	4	16	3.20
2	1	1	1	2	2	2	2	3	4	13	2.60
3	1	2	1	2	3	3	4	3	4	17	3.40
4	1	2	1	2	2	2	3	4	4	15	3.00
5	1	1	2	1	2	2	3	3	3	13	2.60
6	2	1	1	1	1	2	1	4	4	12	2.40
7	1	1	2	2	3	3	4	4	5	19	3.80
8	4	1	1	2	3	3	2	2	1	11	2.20
9	1	2	5	3	3	3	4	3	4	17	3.40
10	1	1	1	2	3	2	4	3	4	16	3.20
11	2	1	1	3	2	3	4	3	4	16	3.20
12	1	2	1	2	2	2	3	3	4	14	2.80
13	4	4	2	4	3	3	3	3	2	14	2.80
14	1	1	4	2	3	1	4	3	4	15	3.00
15	1	1	1	2	3	3	4	4	4	18	3.60
Jumlah	23	23	25	35	38	36	49	48	55	226	
Rata-rata	1.53	1.53	1.67	2.33	2.53	2.40	3.27	3.20	3.67		3.01

## Lampiran 8

Parameter : Aroma

Desain : RAK Non-faktorial

Panelis	Kombinasi Perlakuan									Jumlah	Rata-rata
	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3	A3B1	A3B2	A3B3		
1	4	2	1	2	3	4	4	3	4	27	3.00
2	2	2	2	2	2	3	3	4	2	22	2.44
3	2	3	2	3	2	3	4	4	2	25	2.78
4	1	2	2	4	3	4	4	3	3	26	2.89
5	3	3	3	3	3	4	3	4	4	30	3.33
6	3	3	3	3	4	4	3	4	3	30	3.33
7	2	2	2	3	3	5	3	3	4	27	3.00
8	1	2	1	2	3	3	3	3	2	20	2.22
9	2	3	2	2	2	3	3	2	2	21	2.33
10	3	2	3	3	4	3	4	4	2	28	3.11
11	2	2	2	3	4	3	4	3	3	26	2.89
12	3	3	2	2	3	2	2	3	2	22	2.44
13	2	2	2	2	2	4	4	3	2	23	2.56
14	3	2	3	3	3	3	4	3	2	26	2.89
15	3	2	2	2	2	3	3	3	4	24	2.67
Jumlah	36	35	32	39	43	51	51	49	41	377	
Rata-rata	2.40	2.33	2.13	2.60	2.87	3.40	3.40	3.27	2.73		2.79

Hasil Uji Efektifitas

	Variabel										Total
	Polifenol	Tanin	Non Tanin	Antioksidan	Rasa	After Taste	Warna	Aroma			
Bobot Variabel	1	1	0,9	1	0,8	0,8	0,7	0,6			
Bobot Normal	0,000432465	0,001904	0,000504	0,336338	0,00299625	0,001886792	0,003097	0,001592			
A1B1	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A1B2	NE	0,230158615	0,100509	0,307493	0,2880345	0,27150538	0,416666667	0	-0,2	0,098604	
	NH	9,95354E-05	0,000191	0,000155	0,0968769	0,0008135	0,000786164	0	-0,000318		
A1B3	NE	0,247618455	0,24264	0,250589	0,372887	0,22311828	0,333333333	0,0625	-0,8	0,126329	
	NH	0,000107086	0,000462	0,000126	0,125416	0,00066852	0,000628931	0,000194	-0,001273		
A2B1	NE	0,496824366	0,507107	0,49069	0,2200862	0,88172043	0,75	0,375	0,6	0,081624	
	NH	0,000214859	0,000966	0,000247	0,0740233	0,00264186	0,001415094	0,001162	0,000955		
A2B2	NE	0,671428551	0,595939	0,716456	0,4491216	1,07795699	1,166666667	0,46875	1,4	0,161954	
	NH	0,000290369	0,001135	0,000361	0,1510567	0,00322983	0,002201258	0,001452	0,002228		
A2B3	NE	0,846027673	0,655837	0,959473	0,601591	1	1,25	0,40625	3	0,215823	
	NH	0,000365877	0,001249	0,000483	0,2023379	0,00299625	0,002358491	0,001258	0,004775		
A3B1	NE	0,952380677	0,899493	0,983928	0,601591	1,53763441	1,5	0,8125	3	0,219687	
	NH	0,000411871	0,001713	0,000495	0,2023379	0,00460714	0,002830189	0,002517	0,004775		
A3B2	NE	0,965079597	0,931473	0,985125	0,8896255	1,2016129	1,166666667	0,78125	2,6	0,314261	
	NH	0,000417363	0,001774	0,000496	0,2992148	0,00360034	0,002201258	0,00242	0,004138		
A3B3	NE	1	1	1	1	1	1	1	1	0,34875	
	NH	0,000432465	0,001904	0,000504	0,336338	0,00299625	0,001886792	0,003097	0,001592		

Perlakuan yang terbaik adalah pada perlakuan yang dicetak tebal (A3B3) dengan nilai total (NH) tertinggi.

