



UNIVERSITAS INDONESIA

**KANDUNGAN FENOL TOTAL
EKSTRAK BUAH MENGGUDU (*Morinda citrifolia*)**

SKRIPSI

**ANITA RAHMAWATI
0105000301**

**FAKULTAS KEDOKTERAN
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
JAKARTA
JUNI, 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KANDUNGAN FENOL TOTAL
EKSTRAK BUAH MENGGUDU (*Morinda citrifolia*)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Kedokteran pada Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia**

**ANITA RAHMAWATI
0105000301**

**FAKULTAS KEDOKTERAN
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
JAKARTA
JUNI, 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun ditujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Anita Rahmawati

NPM : 0105000301

Tanda Tangan :

Tanggal : 25 Juni 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Anita Rahmawati
NPM : 0105000301
Program Studi : Pendidikan Dokter
Judul Skripsi : Kandungan Fenol Total Ekstrak Buah Mengkudu
(*Morinda citrifolia*)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran pada Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. rer. Physiol. dr. Septelia Inawati Wanandi
NIP 131803516 ()

Penguji : Dra. Ari Estuningtyas, M. Biomed
NIP 132092427 ()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 25 Juni 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi penulis kekuatan untuk menyelesaikan penyusunan skripsi berjudul Kandungan Fenol Total Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia*).

Melalui kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada Dr. dr. Saptawati Bardosono, SpGK, MSc, PhD sebagai Ketua Modul Riset yang telah memimpin modul yang untuk pertama kalinya disertakan dalam Program Pendidikan Dokter Umum Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (FKUI). Penelitian ini tentunya tidak akan pernah tercetus tanpa adanya modul riset ini.

Penulis juga menyampaikan terina kasih banyak kepada Dr. Rer. Physiol. dr. Septelia Inawati Wanandi yang telah membimbing penulis sejak awal penulisan proposal hingga penelitian ini selesai sesuai waktu yang dijadwalkan. Demikian pula kepada Ibu Siti Hawa Deniati, yang turut membimbing dan memberikan bantuan dalam kelangsungan penelitian ini. Beliau yang telah banyak memberi banyak ilmu, saran, serta dorongan untuk menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini antara lain dosen-dosen, karyawan departemen biokimia dan biologi molekuler FKUI, serta teman-teman sekelompok yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

Penulis mohon maaf jika dalam pembuatan skripsi ini penulis melakukan kekhilafan, semata semua adalah untuk proses pembelajaran yang harus penulis tempuh.

Terakhir yang menjadi harapan penulis adalah, semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi masukan yang penting bagi banyak pihak.

Jakarta, 25 Juni 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anita Rahmawati
NPM : 0105000301
Program Studi : Pendidikan Dokter
Departemen : -
Fakultas : Kedokteran
Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Kandungan Fenol Total Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia*)

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 25 Juni 2009

Yang menyatakan

(Anita Rahmawati)

ABSTRAK

Nama : Anita Rahmawati
Program studi : Pendidikan Dokter
Judul : Kandungan Fenol Total Ekstrak Buah Mengkudu
(*Morinda citrifolia*)

Tanaman mengkudu (*Morinda citrifolia*) merupakan salah satu tanaman obat tradisional Polinesia yang penting. Adanya kandungan fenol total ekstrak buah mengkudu memungkinkan penggunaan ekstrak buah mengkudu sebagai pangan fungsional. Penelitian ini bertujuan menentukan kandungan fenol total ekstrak buah mengkudu yang diukur dengan metode kolorimetrik menggunakan larutan Folin-Ciocalteu dan dibandingkan dengan standar asam galat. Tahap pertama homogenat mengkudu diekstrak dengan menggunakan pelarut metanol 70%. Kemudian residu dilarutkan dengan metanol 50%, Tahap kedua dibuat serangkaian larutan standar asam galat dengan kadar 0; 0.1; 0.5; 1.0; 2.5; 5.0 µg/mL. Dengan metode Folin-Ciocalteu larutan-larutan tersebut diukur absorbansinya pada panjang gelombang 765 nm dengan menggunakan alat spektrofotometer. Dari hasil analisis didapatkan kadar fenol total mengkudu adalah 35,60 mg ekuivalen asam galat per 100 g berat mengkudu segar. Terdapat perbedaan hasil dengan penelitian sebelumnya yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti varietas buah, penanaman, bagian buah, musim tumbuh, kondisi lingkungan, praktik hortikultura, asal geografi, kondisi penyimpanan pascapanen, dan prosedur pemrosesan.

Kata Kunci:
Mengkudu, kadar fenol total, Folin-Ciocalteu

ABSTRACT

Name : Anita Rahmawati
Study program: Medical Doctor
Title : Total Phenol Content of Noni (*Morinda citrifolia*) Extract

Noni (*Morinda citrifolia*) is one of the important Polynesian traditional medicinal plant. The total phenol content of *M. citrifolia* makes it possible as functional food. This research aimed to determine the total phenol content of *M. citrifolia* using Folin-Ciocalteu colorimetry method. First, *M. citrifolia* homogenate was extracted using methanol 70% as a solvent. The residue was dissolved in methanol 50%. The second stage, series of gallic acid solution as a standard of measurement were made, with the concentration of 0; 0.1; 0.5; 1.0; 2.5; 5.0 µg/mL. Furthermore the solutions were analyzed by spectrometer and absorbance measured at 765 nm. The results of the analysis was obtained the total phenol content of *M. citrifolia* is 35,60 mg gallic acid equivalent per 100 g fresh weight. There are differences between this result with other reseach before which can be affected by many factors, such as cultivar, fruit part, growing season, environmental conditions, horticultural practices, geographic origin, postharvest storage conditions, and processing procedures.

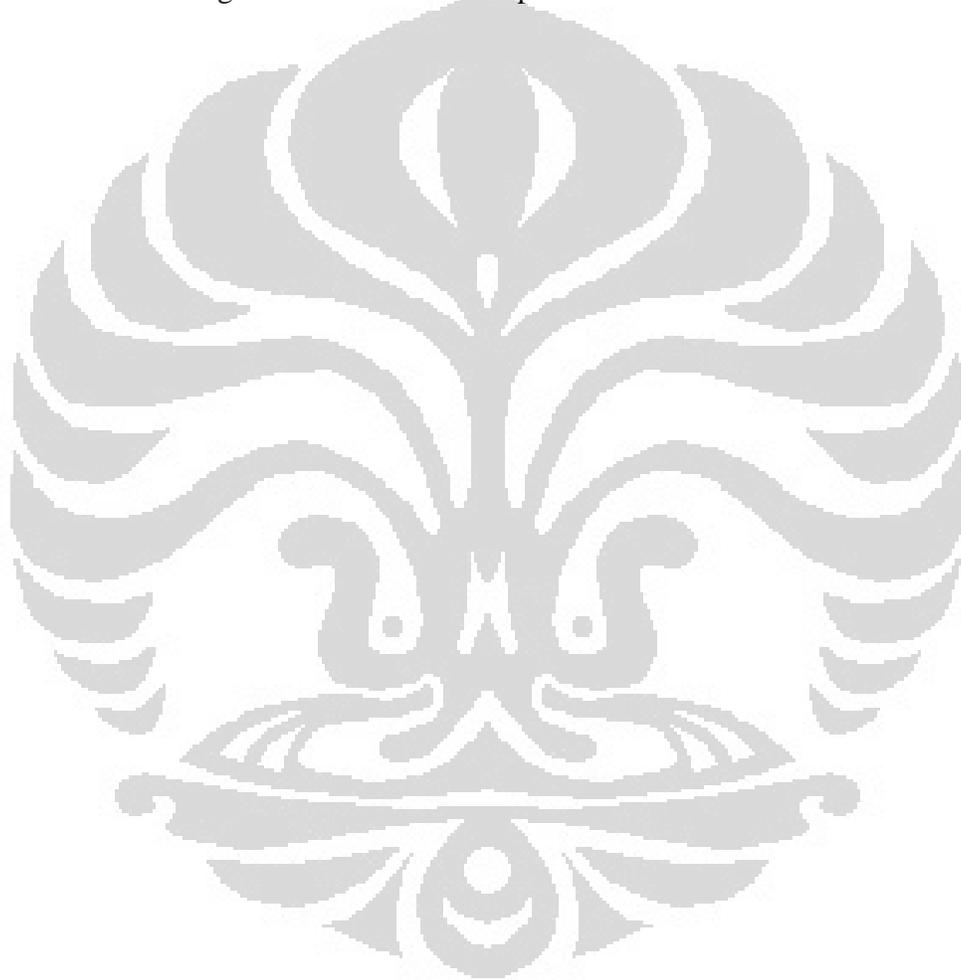
Keywords:
Noni, total phenol, Folin-Ciocalteu

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang Masalah.....	1
I.2 Pertanyaan Penelitian.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Mengkudu.....	4
II.2. Antioksidan.....	22
II.3 Senyawa Fenol.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
III.1 Desain Penelitian.....	35
III.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	35
III.3 Sampel.....	35
III.4 Parameter yang Diuji.....	35
III.5 Bahan dan Alat.....	36
III.6 Prosedur Kerja.....	36
III.7 Definisi Operasional.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
IV.1 Ekstraksi Buah Mengkudu.....	39
IV.2. Penetapan Kandungan Fenol Total.....	39
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	45
V.1 Simpulan.....	45
V.2 Saran.....	45
DAFTAR REFERENSI	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Berbagai Jenis Senyawa Yang Terkandung dalam Mengkudu.....	13
Tabel 2.2. Klasifikasi Senyawa Fenol.....	27
Tabel 4.1. Absorbansi Standar Asam Galat.....	40
Tabel 4.2. Kandungan Fenol Total Mengkudu.....	43
Tabel 4.3. Kandungan Fenol Total Beberapa Bahan Alam.....	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mengkudu.....	8
Gambar 2.2. Flavonoid, Lignan, dan Kumarin dalam Buah Mengkudu.....	11
Gambar 2.3. Langkah-Langkah Oksidasi Lipid.....	22
Gambar 2.4. Senyawa Antioksidan pada Mengkudu.....	25
Gambar 2.5. Struktur Kimia Fenol.....	26
Gambar 2.6. Bioavailabilitas Polifenol: Jalur Yang Mungkin untuk Konsumsi Fenolik pada Manusia.....	28
Gambar 2.7. Struktur Kimia Vitamin E.....	30
Gambar 2.8. Subkelas Flavonoid: Flavonol, Flavon, Isoflavon, Flavan-3-ol, Flavanon, dan Antosianidin.....	31
Gambar 2.9. Struktur Kimia dari Subkelas Flavonoid.....	32
Gambar 2.10. Monolignol.....	33
Gambar 3.1. Bagan Ekstraksi Mengkudu.....	37
Gambar 4.1. Kurva Standar Asam Galat.....	41

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu penyebab kematian utama di Indonesia, menurut Survei Kesehatan Rumah Tangga (SKRT) 2001, adalah penyakit kardiovaskular.¹ Oksidan memegang peranan penting dalam etiologi penyakit tersebut. Selain itu, ada beberapa macam penyakit lain yang juga disebabkan oleh oksidan seperti kanker dan katarak. Kebanyakan efek membahayakan yang potensial dari oksidan berasal dari spesies oksigen reaktif (*Reactive Oxygen Species*, ROS) seperti radikal bebas, yang dapat berasal dari polusi, debu, maupun diproduksi secara kontinu sebagai konsekuensi dari metabolisme normal.²

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat bereaksi dengan oksidan, menunda atau menghambat proses oksidasi lipid atau molekul lain melalui inhibisi proses inisiasi atau propagasi reaksi rantai oksidatif.²⁻⁵ Ada berbagai jenis antioksidan antara lain fenol, karotenoid, dan vitamin.^{6,7} Antioksidan terkandung dalam sayur-sayuran, buah-buahan, dan minuman seperti anggur.⁸

Studi epidemiologi menunjukkan bahwa konsumsi buah dan sayur dengan kandungan fenol yang tinggi mempunyai korelasi dengan menurunnya mortalitas kanker dan penyakit kardioserebrovaskular.^{7,9-11} Senyawa fenol, yang merupakan antioksidan alami, menghasilkan efek yang bermanfaat karena aktivitasnya yang dapat meredam radikal bebas.^{6,9} Oleh sebab itu, fokus utama dalam penelitian ini adalah antioksidan fenolik. Aktivitas antioksidan fenolik terutama disebabkan properti redoks di mana senyawa fenol berlaku sebagai agen pereduksi, donor hidrogen, menangkal oksigen singlet, dan agen pengkelat logam.^{5,12} Penelitian yang dilakukan Kamiya et al membuktikan bahwa konstituen kimia dalam buah mengkudu mempunyai aktivitas antioksidan yang dapat menghambat oksidasi *low-density lipoprotein* (LDL).¹³ Dari penelitian yang dilakukan oleh Su et al ditemukan bahwa senyawa neolignin dan americanin merupakan antioksidan poten yang terkandung dalam buah mengkudu.¹⁴

Tanaman mengkudu (*Morinda citrifolia*) merupakan salah satu tanaman obat tradisional Polinesia yang paling penting. Buah mengkudu berwarna kehijauan dan mempunyai bau kuat dari asam butirat ketika buahnya matang.¹¹

Mengkudu dilaporkan mempunyai kemampuan antibakteri, antivirus, antitumor, antihelmintik, analgesik, hipotensif, antiinflamasi, aktivitas penyembuhan luka, dan efek meningkatkan sistem imun.¹⁵⁻²² Selain itu, jus dari buah ini tidak bersifat hepatotoksik.²²

Dewasa ini telah banyak dikembangkan produk pangan yang memadukan antara fungsi nutrisi dan kesehatan, yang sering disebut pangan fungsional.² Pangan fungsional merupakan produk pangan yang memberikan keuntungan terhadap kesehatan, di samping memenuhi kebutuhan fisiologi.²⁻³ Pangan fungsional dapat mencegah atau mengobati penyakit.¹² Beberapa studi mengenai perkembangan produk-produk komersial menunjukkan bahwa produk mengkudu memberikan sejumlah fungsi terapeutik, terutama dalam pengobatan diabetes dan kanker. Berbagai produk buah mengkudu yang telah beredar di pasaran antara lain dalam bentuk minuman, ekstrak buah dalam bentuk kapsul, ataupun serbuk.¹¹

Kandungan fenol total dari suatu ekstrak dapat diukur secara kolorimetri menggunakan reagen Folin-Ciocalteu dan membandingkannya dengan suatu standar.^{12,23-25} Pada penelitian yang dilakukan oleh Paulino et al diperoleh hasil bahwa jus mengkudu segar mempunyai aktivitas antioksidan yang setara dengan 140 mg asam askorbat/100 mL dan fenol total pada 210 mg asam galat/100 mL.²⁶ Hasil tersebut belum mengemukakan kandungan fenol total ekstrak buah mengkudu yang ditanam di Indonesia.

Adanya kandungan fenol total ekstrak buah mengkudu memungkinkan penggunaan ekstrak buah mengkudu sebagai pangan fungsional. Penelitian ini bertujuan menentukan kandungan fenol total ekstrak buah mengkudu yang diukur dengan metode kolorimetrik menggunakan larutan Folin-Ciocalteu dan dibandingkan dengan standar asam galat.²⁷

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan uraian dalam latar belakang di atas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

Bagaimanakah kandungan fenol total dari ekstrak buah mengkudu?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui gambaran fenol total dari ekstrak buah mengkudu.

1.3.2 Tujuan Khusus

Menentukan kandungan fenol total ekstrak buah mengkudu dengan membandingkannya terhadap asam galat.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat dalam Bidang Ilmiah

Hasil penelitian ini dapat menambah pengetahuan mengenai gambaran kandungan fenol total dari ekstrak buah mengkudu.

1.4.2 Manfaat bagi Perguruan Tinggi

1. Pengejawantahan tri darma perguruan tinggi sebagai lembaga penyelenggara pendidikan, penelitian dan pengabdian bagi masyarakat.
2. Sebagai sumbangan dalam mengkaji kandungan fenol total dari ekstrak buah mengkudu bagi kegiatan akademis dan penelitian selanjutnya.
3. Meningkatkan hubungan kerjasama dan saling pengertian antara pendidik dan mahasiswa.
4. Meningkatkan kualitas penelitian perguruan tinggi dalam rangka menyukseskan pencapaian visi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (FKUI) terkemuka 2010.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mengkudu

2.1.1 Sejarah

Asal-usul mengkudu tidak terlepas dengan keberadaan bangsa Polinesia yang menetap di kepulauan Samudera Pasifik. Bangsa Polinesia dipercaya berasal dari Asia Tenggara. Pada tahun 100 SM, bangsa yang terkenal berani ini mengembara. Tanpa sebab yang jelas mereka menyeberangi lautan meninggalkan tanah air mereka. Ada kesan para pengembara itu dikecewakan oleh suatu hal dan bermaksud menjauhkan diri dari kehidupan sebelumnya. Setelah lama mengembara, mereka sampai di sekitar Polinesia, yaitu kepulauan di sekitar Pasifik Selatan. Para petualang tersebut langsung jatuh hati saat melihat indahnya pemandangan, kondisi pantai, dan pulaunya.²¹

Uniknya, mereka seakan telah mempersiapkan diri untuk berpindah ke pulau lain. Hal ini bisa dibuktikan dari adanya sejumlah tumbuhan dan hewan yang ikut dibawa karena dianggap penting untuk mempertahankan hidup. Beberapa tumbuhan asli seperti pisang, talas, ubi jalar, sukun, tebu, dan mengkudu dibawanya. Di antara tumbuhan yang dibawa itu, masih ada yang berupa stek dan tunas.²¹

Salah satu tumbuhan itu, yakni mengkudu, dianggap barang keramat. Sejak 1500 tahun lalu penduduk kepulauan yang kini disebut Hawaii itu mengenal mengkudu dengan sebutan *noni*. Mereka menduga tumbuhan bernama latin *Morinda citrifolia* tersebut memiliki banyak manfaat. Mereka memandangnya sebagai *Hawaii magic plant*, karena buah ini dipercaya bisa mengobati berbagai macam penyakit. Barangkali, karena selalu mengonsumsi mengkudu, mereka merasa selalu sehat sepanjang waktu tanpa terganggu oleh penyakit yang berarti.²¹

Mengkudu (*Morinda citrifolia*) untuk bahan pengobatan tradisional sangat populer di kawasan Asia Tenggara, Kepulauan Pasifik, dan Karibia. Semua bagian mengkudu digunakan secara luas untuk obat sejak zaman purba, terutama di Vietnam, Thailand, Malaysia, Indonesia, Polinesia, Hawaii, dan Samoa. Bahkan para tabib di Kepulauan Pasifik menganggap mengkudu sebagai tanaman suci. Hal itu disebabkan khasiat obat yang dimilikinya. Bangsa-bangsa di kawasan

Asia Tenggara dan Kepulauan Samudera Pasifik memanfaatkan mengkudu untuk mengobati berbagai jenis penyakit. Khasiat mengkudu secara medis belum dibuktikan, tapi secara empiris sudah banyak orang merasakan manfaatnya bagi kesehatan.²¹

Seluruh bagian tanaman mengkudu seperti akar, kulit batang, daun, dan buah, berkhasiat untuk obat. Akar mengkudu dimanfaatkan untuk mengobati kejang-kejang dan tetanus, juga untuk menormalkan tekanan darah, obat demam, dan tonikum. Pepagan (kulit batang) mengkudu digunakan sebagai tonikum, antiseptik pada pembengkakan kulit, borok, dan luka. Daun mengkudu dimanfaatkan untuk mengobati disentri, kejang usus, pusing-pusing, muntah-muntah, dan demam. Buah mengkudu untuk obat peluruh kemih, urus-urus, pelembut kulit, kejang-kejang, peluruh haid, asma, gangguan pernapasan, radang selaput sendi. Akar, daun, dan buah mengkudu memiliki khasiat anticacing.^{20,21}

2.1.2 Jenis dan Varietas

Berdasarkan penampilan fisik buahnya, mengkudu dapat dibedakan menjadi 2 macam, yakni mengkudu berbiji dan tidak berbiji. Keduanya berkhasiat obat, tetapi mengkudu yang tidak berbiji sangat jarang ditanam atau dikenal orang. Buah mengkudu dipakai untuk menyembuhkan penyakit hati, limpa, radang tenggorokan, batuk, sariawan, demam, cacar, dan luka-luka.²¹

Buku *Ensiklopedi Nasional Indonesia* menyebutkan 2 spesies mengkudu. Pertama, *Morinda citrifolia* yang berdaun lonjong besar berwarna hijau mengkilap. Kedua, *Morinda elliptica* yang berdaun jorong meruncing. Keduanya termasuk famili Rubiaceae (kopi-kopian). Sementara itu, K. Heyna dalam *Tumbuhan Berguna Indonesia* menyebutkan beberapa spesies mengkudu antara lain *Morinda citrifolia*, *M. Braccata*, *M. elliptica*, *M. tinctoria*, dan *M. oleifera*.²¹

Semua jenis mengkudu termasuk genus *Morinda*, famili Rubiaceae (kopi-kopian) yang menurut H. B. Guppy, ilmuwan Inggris (1900), genus itu mencakup 80 spesies. Penyebarannya dari India sampai pulau-pulau kecil di Samudera Pasifik. Mengkudu merupakan tumbuhan tropis. Tinggi pohon bisa mencapai 4-6 m (15-20 kaki). Karena penampilannya yang selalu hijau sepanjang tahun, ia tergolong tumbuhan *ever green*.²¹

Sekitar 20 spesies mengkudu yang memiliki nilai ekonomis, antara lain *Morinda bracteata*, *M. officianalis*, dan *M. citrifolia*. Spesiess lain adalah *M. angustifolia*, *M. elliptica*, *M. tomentosa*, *M. tinctoria* atau *M. coreia*, dan *M. umbellata*. Semua pepagan akar dan batang mengkudu terssebut, zat pewarnanya dapat diekstrak, yaitu morindin. Ekstraknya digunakan untuk mewarnai kain katun menjadi kuning, merah, atau cokelat, seperti halnya pepagan dari mengkudu *M. citrifolia*.²¹

Morinda citrifolia memiliki sinonim *Morinda bracteata* Roxb (1814) dan *Morinda litoralis* Blanco (1845). *Morinda citrifolia* kadang-kadang dibedakan menjadi 2 varietas, yaitu *M. citrifolia* var. *Citrifolia* dan *M. Citrifolia* var. *Bracteata* (Roxb) Hook.f. Varietas yang kedua memiliki 1-2 cuping yang mirip daun, berbentuk lanset memanjang, panjang 1-1,5 cm, batang lebih lurus, dan daun lebih kecil daripada var. *Citrifolia*.²¹

Morinda citrifolia adalah mengkudu yang paling dikenal masyarakat luas. Bangsa Barat menyebut mengkudu ini sebagai *queen of the morinda*. Di Hawaii mengkudu ini lebih dikenal sebagai *noni*, di Tahiti *nonu* atau *nono*, di Inggris *Indian mulberry*, di Australia sebagai *cheese fruit*, mungkin karena baunya yang busuk mirip keju. Di Indonesia mengkudu lebih dikenal dengan berbagai nama lokal, di antaranya pace, bentis, kemudu, mengkudu (Jawa), cangkudu (Sunda), kondhuk (Madura). Di Malaysia disebut *mengkudu besar*, *mengkudu jantan*. Di Cina *Ba Ji Tian*. Di Filipina *tambong-aso* (Tagalog), *bangkuro* (Bidaya), *apatot-nga-basit* (Ilokano). Di Thailand disebut *yo ban*. Sementara itu, orang Inggris menyebut *indian mulberry*.^{21,28-29}

Morinda bracteata menurut K. Heyna dikenal juga sebagai *Morinda citrifolia* var. *Bracteata*. Masyarakat Jawa mengenalnya sebagai mengkudu maluku. Asalnya dari Indonesia timur. Di sana mengkudu tumbuh di hutan dekat pantai. Pohon berbatang lurus. Buahnya dapat dimakan untuk mengusir cacing perut.²¹

Morinda citrifolia var. *bracteata* dapat dibedakan menjadi dua subvarietas, yaitu mengkudu tanah merah (menghasilkan zat warna berwarna merah) dan mengkudu tanah putih (menghasilkan zat warna berwarna kuning). Zat warna tersebut digunakan untuk bahan pewarna alami.²⁰ Kedua varietas itu berasal dari

Pulau Bitung (Sulawesi Utara) dan dibudidayakan di Maluku. Perkembangan industri tekstil di Eropa mendorong pencarian bahan-bahan alami sampai ke wilayah kolonisasi. Pada tahun 1849, para peneliti Eropa menemukan zat pewarna alami yang berasal dari akar tanaman mengkudu. Zat itu diberi nama *morindon* dan *morindin*. Dari hasil penemuan inilah nama *morinda* diturunkan untuk nama ilmiah mengkudu.²¹

2.1.3 Ciri-Ciri Umum

Pohon mengkudu tidak begitu besar, tingginya antara 4-6 m. Batang bengkok-bengkok, berdahan kaku, kasar, dan memiliki akar tunggang yang tertancap dalam. Kulit batang cokelat keabu-abuan atau cokelat kekuningan, berlekah dangkal, tidak berbulu, anak cabangnya bersegi empat. Tajuknya selalu hijau sepanjang tahun. Kayu mengkudu mudah sekali dibelah setelah dikeringkan. Bisa digunakan sebagai kayu bakar dan tiang. Di Malaysia, kayu mengkudu digunakan untuk penopang tanaman lada.²¹

Daun mengkudu terletak berhadap-hadapan. Ukuran daun besar, tebal, dan tunggal. Berbentuk jorong-lanset, berukuran 15-50 x 5-17 cm. Tepi daun rata, ujung lancip sampai lancip pendek. Pangkal berbentuk pasak. Urat daun menyirip. Warna hijau mengilap, tidak berbulu. Pangkal daun pendek, berukuran segi tiga lebar. Daun mengkudu dapat digunakan sebagai sayuran. Nilai gizinya tinggi karena banyak mengandung vitamin A.²¹

Perbungaan mengkudu bertipe bonggol bulat, bergagang 1-4 cm. Bunga tumbuh di ketiak daun penumpu yang berhadapan dengan daun yang tumbuh normal. Bunganya berkelamin dua. Mahkota bunga putih, berbentuk corong, panjangnya bisa mencapai 1,5 cm. Benangsari tertancap di mulut mahkota. Kepala putik berputing dua. Bunga itu mekar dari kelopak berbentuk seperti tandan. Bunganya putih dan harum.²¹

Kelopak bunga tumbuh menjadi buah bulat lonjong sebesar telur ayam bahkan ada yang berdiameter 7,5-10 cm. Permukaan buah seperti terbagi dalam sel-sel poligonal (bersegi banyak) yang berbintik-bintik dan berkulit. Mula-mula buah berwarna hijau, menjelang masak menjadi putih kekuningan. Setelah

matang, warnanya putih transparan dan lunak. Daging buah tersusun dari buah-buah batu berbentuk piramid, berwarna cokelat merah.²¹



Gambar 2.1. Mengkudu

Nelson SC. *Morinda citrifolia* L. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry 2006;4.

Setelah lunak, daging buah mengkudu banyak mengandung air yang aromanya seperti keju busuk. Bau itu timbul karena percampuran antar asam kaprik dan asam kaproat (senyawaan lipid atau lemak yang gugusan molekulnya mudah menguap, menjadi bersifat seperti minyak atsiri) yang berbau tengik dan asam kaprilat yang rasanya tidak enak. Diduga kedua senyawa ini bersifat aktif sebagai antibiotik.²¹

Biji mengkudu berwarna hitam, memiliki albumen yang keras, dan ruang udara yang tampak jelas. Biji itu tetap memiliki daya tumbuh yang tinggi walaupun telah disimpan selama 6 bulan. Perkecambahannya 3-9 minggu setelah biji disemaikan. Pertumbuhan tanaman setelah biji tumbuh sangat cepat. Dalam waktu 6 bulan, tinggi tanaman dapat mencapai 1,2-1,5 m. Pembungaan dan pembuahan dimulai pada tahun ketiga dan berlangsung terus-menerus sepanjang tahun. Umur maksimum tanaman lebih dari 25 tahun.²¹

2.1.4 Taksonomi

Kingdom : *Plantae*

Subkingdom : *Tracheophyta*
 Superdivisi : *Spermatophyta*
 Divisi : *Magnoliophyta*
 Kelas : *Magnoliopsida*
 Subkelas : *Asteridae*
 Ordo : *Rubiales*
 Famili : *Rubiaceae*
 Subfamili : *Rubioideae*
 Genus : *Morinda*
 Spesies : *Morinda citrifolia* L.²⁸⁻³⁰

2.1.5 Kandungan Kimia

Para ilmuwan semula menduga ada sejumlah zat yang berbeda-beda dalam buah mengkudu yang bekerja secara bersama-sama menghasilkan efek yang baik bagi tubuh. Setelah ditelusuri, ternyata mengkudu, baik akar, kulit, daun, buah, serta bunganya, juga memiliki khasiat sebagai obat. Kandungan tersebut di antaranya morindon, morindin, morindanigrin, antrakuinon, klororubin, monometil eter, damnacanthal, asperulosida, saranjidiol, sterol, resin, glikosida, zat kapur, protein, zat besi, karoten, asam glutamat, asam askorbat, tirosin, tiamin, asam ursalat, proxeronin, skopoletin, asam benzoat, asam oktoanoat, potasium, terpenoid, glukosa, eugenol, heksanal, glikosida flavon, asam oleat, dan asam palmitat. Beberapa glikosida flavonol yang baru telah berhasil diidentifikasi, yaitu glikosida iridoid dari daun mengkudu, ester asam lemak trisakarida, rutin, dan asam asperulosida pada buah mengkudu.²⁰ Kandungan flavonoid total dalam daun mengkudu adalah 254 mg/100g fw. Angka ini termasuk tertinggi dibandingkan 90 tanaman lain yang juga diteliti oleh Yang et al.^{31,32}

Akar mengkudu mengandung spektrum luas antrakuinon, seperti rubiadin, damnachantal, alizarin-1-metil eter, derivat naptokuinon, dan sterol. Sementara itu, kandungan dalam daun mengkudu adalah beberapa iridoid, glikosida flavonol, dan triterpen. Buah mengkudu memiliki kandungan polisakarida, glikosida asam lemak, iridoid, antrakuinon, kumarin, flavonoid, lignan, fitosterol, karotinoid, dan sejumlah konstituen volatil meliputi monoterpen dan asam lemak rantai pendek

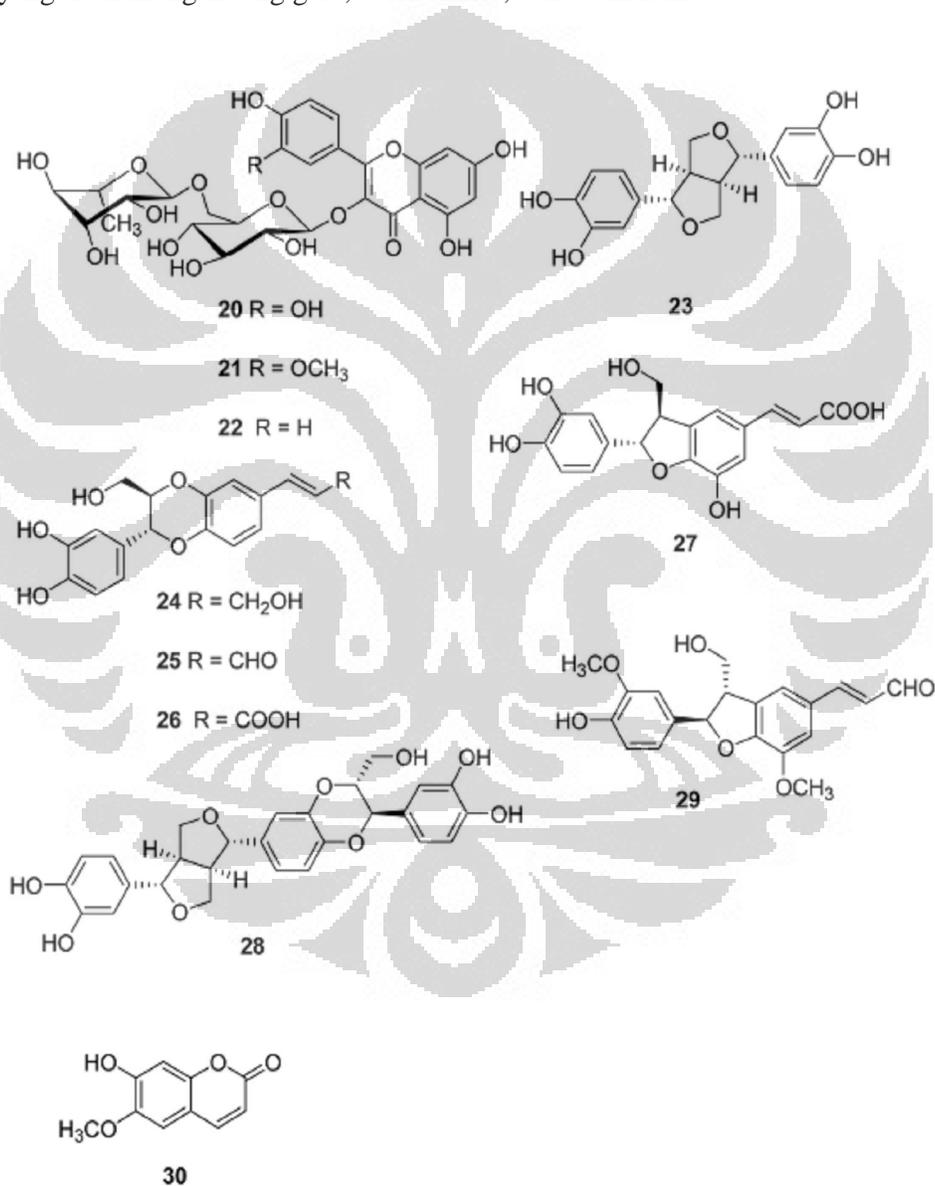
serta ester asam lemak. Iridoid yang terkandung dalam buah mengkudu terutama terdiri atas asperulosida, asam asperulosidat, dan asam deasetilasperulosida. Iridoid minor meliputi deasetilasperulosida, dehidrometoksigaertnerosida, epidihidrokornin, 6 α -hidroksiadoksosida, citrifolinin B epimer a dan b, dan 6b,7 β -epoksi-8-epi-splendosida. Glikosida flavonol meliputi rutin, narcissosida, dan nikotiflorosida. Kandungan lignan meliputi 3,3'-bisdemetilpinoresinol, americanol A, americanin A, asam americanoat A, morindolin, isoprinsepin, dan balanofonin. Kumarin skopoletin telah teridentifikasi pula. Senyawa-senyawa lain seperti β -sitosterol, asam ursolat dan asam 19-hidroksiursolat, sitidin, borrieriagenin dan epiborrieriagenin, asam suksinat diester, 4-hidroksi-3-metoksisinamaldehida, β -hidroksipropiovanilon, dan vanilin telah berhasil diisolasi.^{31,33}

Salah satu kandungan buah mengkudu adalah antrakuinon dan skopoletin yang aktif sebagai antimikroba, terutama bakteri dan jamur, sehingga penting dalam mengatasi peradangan dan alergi. Juga diketahui mengandung enzim yang disebut enzim proxeronase dan suatu alkaloid proxeronin. Jika kita memakan buah dan minum jusnya, enzim ini di dalam dinding usus besar kita akan membentuk suatu zat yang aktif yang disebut xeronine. Xeronine ini kemudian akan masuk ke dalam aliran darah kita menuju semua sel tubuh. Semua sel tubuh yang dimasuki xeronine ini akan menjadi aktif, lebih sehat, dan terjadi perbaikan struktur maupun fungsinya. Xeronine juga dapat mengurangi proses alergi. Di samping itu, xeronine terbukti dapat mengurangi dan mencegah penyakit asma. Lebih lanjut lagi, zat ini juga terbukti mampu mengurangi gejala penyakit-penyakit yang tergolong pada autoimun (seperti gout atau pirai, yang terkenal dengan adanya peradangan sendi).³¹

Buah mengkudu mengandung acubin, asperulosida, alizarin, dan beberapa zat antrakuinon yang terbukti sebagai zat antibakteri. Zat tersebut memiliki kekuatan dalam melawan bakteri infeksi, seperti *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Staphylococcus aureus*. Zat antibakteri tersebut menunjukkan dapat mengontrol perkembangan bakteri yang mematikan, seperti *Salmonella* dan *Shigella*. Zat damnachantal yang dikandung di dalam mengkudu memiliki khasiat

untuk memperlambat dan melawan perkembangan sel K-ras-NRK, yaitu sel prakanker.³¹

Zat alkaloid yang dikandung mengkudu merupakan zat dasar organik yang berguna untuk menghasilkan xeronine untuk mengaktifkan enzim-enzim dan mengatur pembentukan protein. Buah mengkudu juga banyak mengandung protein. Selain itu, banyak mengandung proxeronine, yaitu sejenis asam kaloida yang tidak mengandung gula, asam amino, dan asam nukleat.³¹



Gambar 2.2. Flavonoid, Lignan, dan Kumarin dalam Buah Mengkudu

Potterat O, Hamburger M. *Morinda citrifolia* (Noni) fruit - phytochemistry, pharmacology, safety. *Planta Med* 2007;73:191-9.

Keterangan: rutin (20), narcissosida (21), nikotiflorosida (22), 3,3'-bisdemetilpinoresinol (23), americanol A (24), americanin A (25), asam americanoat A (26), morindolin (27), isoprinsepin (28), balanofonin (29), kumarin skopoletin (30)

Zat-zat nutrisi yang dikandungnya memiliki kemampuan untuk mencukupi kebutuhan vitamin dan zat-zat penting lainnya yang diperlukan oleh tubuh, seperti asam askorbat dan asam kaprilat. Buah mengkudu diketahui mengandung zat skopoletin yang mengikat serotonin, salah satu zat penting dalam butir-butir darah yang melapisi jalur pencernaan dan otak. Di dalam otak, serotonin berfungsi sebagai neurotransmitter dan sebagai pencetus hormon melatonin yang memainkan peranan dalam aktivitas tubuh manusia.³¹

Xeronine dapat mencegah kerusakan jantung akibat infeksi *Staphylococcus*. Selain itu, bisa membunuh bakteri *Shigella* yang menyebabkan disentri. Telah terbukti bahwa xeronine serta beberapa zat aktif lainnya yang ada di dalam jus mengkudu ini dapat meningkatkan taraf kesehatan sel-sel jaringan tubuh.³¹

Dengan demikian terbukti mengkudu mengandung khasiat obat. Sari buah mengkudu merangsang sistem kekebalan tubuh, mengatur fungsi sel dan regenerasi sel-sel jaringan tubuh yang rusak. Sari buah itu melindungi tubuh dengan memberi nutrisi yang dibutuhkan tubuh. Kemampuannya dapat mengatur sel-sel pada tingkat dasar dan kritis itu mungkin bisa menjelaskan mengapa mengkudu dapat digunakan untuk bermacam-macam kondisi kesehatan.³¹

Tabel 2.1. Berbagai Jenis Senyawa Yang Terkandung dalam Mengkudu

1.	Xeronine	30.	Prolin
2.	Plant Sterois	31.	Karotenoid
3.	Alizarin	32.	Sitosterol
4.	Lisin	33.	Leusin
5.	Sosium	34.	Rubiadin
6.	Caprylic acid	35.	Fosfat
7.	Arginin	36.	Sitosterol
8.	Proxeronine	37.	Alkaloid
9.	Antrakuinon	38.	Damnachantal
10.	Trace elements	39.	Asam ursalat
11.	Fenilalanin	40.	Histidin
12.	Magnesium	41.	Morindon
13.	Saranjidiol	42.	Asperulosida
14.	Kofaktor	43.	Aspartat
15.	Glutamat	44.	Proxeronase
16.	Nordamnachantal	45.	Glocopironase
17.	Asam kaproat	46.	Prekursor serotonin
18.	Aktivator multireseptor	47.	Rubiadin Mme
19.	Skopoletin	48.	Karbonat
20.	Mm MaR Glucob	49.	Triptofan
21.	Bioflavonoid	50.	klororubin
22.	Sistein	51.	Tirosin
23.	Serotonin	52.	Serin
24.	Terpenes	53.	Morindin
25.	Enzim	54.	Glikosida
26.	Treonin	55.	Metionin
27.	Protein	56.	Morindadiol
28.	Acetin glucob	57.	Zat besi
29.	Alanin	58.	Vitamin

Bangun AP, Sarwono B. Khasiat mengkudu berdasarkan hasil riset. Dalam: Bangun AP, Sarwono B. Khasiat dan manfaat mengkudu. Jakarta: Agro Media Pustaka; 2002. p.12-24.

Berikut adalah pembahasan mengenai beberapa zat yang terkandung dalam mengkudu.

a. Zat Nutrisi

Secara keseluruhan mengkudu merupakan buah makanan bergizi lengkap. Zat nutrisi yang dibutuhkan tubuh, seperti protein, vitamin, dan mineral penting, tersedia dalam jumlah cukup pada buah dan daun mengkudu. Selenium, salah satu mineral yang terdapat pada mengkudu merupakan antioksidan yang kuat.³¹

Dari hasil analisis komposisi nutrisi jus mengkudu yang tidak difermentasi, diketahui bahwa kandungan materi kering mencapai 10% yang

terutama terdiri dari glukosa dan fruktosa (masing-masing 3-4%), protein (0,2-0,5%), dan lipid (0,1-0,2%).³² Sementara itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan Solomon, buah mengkudu mengandung karbohidrat 52,42%, serat 33,38%, air 7,12%, abu 4,82%, lemak 1,51%, dan protein 0,75%.³³ Kandungan potassium relatif tinggi (30-150 ppm), diikuti oleh kalsium, sodium, dan magnesium. Kandungan vitamin C dilaporkan bervariasi dari 30-155 mg/kg. fraksi polisakarida terutama terdiri atas homogalakturonan pektin, ramnogalakturonan I, arabinan, dan arabinogalaktan tipe I dan II.^{31,33}

b. Terpenoid

Terpenoid dalam senyawa hidrokarbon isomerik terdapat pada minyak atau lemak esensial. Jenis lemak ini penting bagi tubuh. Zat ini membantu tubuh dalam proses sintesis organik dan pemulihan sel-sel tubuh.³¹

c. Zat Antibakteri

Jurnal Pacific Science melaporkan bahwa mengkudu mengandung bahan antibakteri yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah pencernaan dan gangguan jantung. Senyawa antrakuinon yang banyak terdapat pada mengkudu dapat melawan bakteri *Staphylococcus* yang menyebabkan infeksi pada jantung dan bakteri *Shigella* yang menyebabkan disentri.³¹

Zat antibakteri yang terdapat dalam mengkudu antara lain antrakuinon, acubin, dan alizarin. Zat-zat aktif yang terkandung di dalam sari buah mengkudu itu dapat mematikan bakteri penyebab infeksi, seperti *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus morgani*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, dan *Escherichia coli*. Zat antibakteri itu juga dapat mengontrol bakteri patogen seperti *Salmonella montivideo*, *S. scotmuelleri*, *S. typhi*, dan *Shigella dysenteriae*, *S. flexnerii*, *S. paradysenteriae*.^{20,29,31}

Sari buah mengkudu sangat berguna untuk mendukung perawatan dan penyembuhan penyakit infeksi kulit, pilek, demam, dan berbagai masalah kesehatan yang disebabkan bakteri.³¹

d. Skopoletin

Senyawa skopoletin (*hidrok-metoksi-kumarin*) sangat efektif sebagai unsur antiradang dan antialergi. Skopoletin juga dapat menghambat aktivitas *E. coli*.²⁰ Literatur-literatur kedokteran melaporkan keberhasilan pengobatan pada artritis,

bursitis, *carpal tunnel syndrome*, dan alergi dengan menggunakan skopoletin. Bryant Bloss, M. D., seorang ahli ortopedi dari Indiana (USA), melaporkan keberhasilan jus mengkudu menyembuhkan sakit punggung yang dialaminya dan 15 orang pasiennya. Delapan orang pasien mengungkapkan bahwa sakit lutut (osteoarthritis) hampir tidak terasa selama mengonsumsi jus mengkudu. Tiga pasien penderita asma semakin berkurang batuknya. Beberapa pasien penderita radang sendi juga mengalami kemajuan yang nyata setelah minum jus mengkudu. Dokter ini menawarkan jus mengkudu sebagai suplemen (makanan tambahan), bukan sebagai obat pada para pasiennya.³¹

Menurut Neil Solomon, M. D., Ph. D., skopoletin pada mengkudu adalah sejenis fitonutrien yang dapat mengikat serotonin, yaitu zat kimiawi penting di dalam tubuh manusia. Skopoletin berfungsi memperlebar saluran pembuluh darah yang mengalami penyempitan dan melancarkan peredaran darah sehingga jantung tidak perlu bekerja terlalu keras untuk memompa darah. Dengan demikian tekanan darah menjadi normal. Hasil uji coba pada binatang menunjukkan bahwa menurunkan tekanan darah tinggi dan normal menjadi rendah. Meskipun demikian, skopoletin yang terdapat dalam buah mengkudu dapat berinteraksi sinergis dengan *nutraceuticals* (makanan yang berfungsi untuk pengobatan) lain untuk mengatur tekanan darah tinggi menjadi normal, tetapi tidak menurunkan tekanan darah yang sudah normal. Mereka yang berhenti minum sari buah mengkudu, tekanan darah tingginya sering naik. Namun, akan normal jika kembali minum sari buah mengkudu secara teratur.³¹

Skopoletin dapat mengikat serotonin. Menurut Dr. Harrison, skopoletin dapat meningkatkan kegiatan kelenjar pineal yang terdapat di dalam otak. Kelenjar ini merupakan tempat serotonin diproduksi dan kemudian digunakan untuk menghasilkan hormon melatonin. Serotonin adalah salah satu zat penting di dalam trombosit manusia yang melapisi saluran pencernaan dan otak. Di dalam otak, serotonin berperan sebagai neurotransmitter dan prekursor hormon melatonin. Serotonin dan melatonin membantu mengatur beberapa kegiatan tubuh seperti tidur, regulasi suhu badan, suasana hati (*mood*), masa pubertas dan siklus reproduksi sel telur, rasa lapar, dan perilaku seksual.³¹

Kekurangan serotonin dalam tubuh dapat mengakibatkan migrain, pusing, depresi, dan penyakit Alzheimer. Minum sari buah mengkudu dapat memberi efek positif pada tubuh antara lain dapat menstabilkan gula darah, mengurangi rasa sakit waktu menstruasi, mengurangi keinginan buang air kecil pada malam hari untuk pria yang mengalami pembengkakan prostat. Hal itu terjadi karena serotonin berperan dalam proses siklus energi hidup. Mekanismenya, serotonin akan diserap pada tempat yang berdekatan dengan tempat penyerapan endorfin dan bertindak sebagai prekursor hormon (*co-hormone*) untuk mengaktifkan protein reseptor yang memberikan perasaan enak. Akibatnya orang akan merasa enak dan memiliki banyak energi setelah mengonsumsi sari buah mengkudu. Selain itu, skopoletin dapat membunuh beberapa tipe bakteri, bersifat fungisida (pembunuh jamur), misalnya terhadap *Pythium* sp.³¹

e. Zat Antikanker

Empat ilmuwan Jepang berhasil menemukan zat antikanker (*damnachantal*) dalam buah mengkudu. Zat itu ditemukan ketika mereka sedang mencari zat-zat yang dapat merangsang pertumbuhan struktur normal di dalam sel-sel abnormal (sel prakanker) pada 500 jenis ekstrak tumbuhan. Ternyata zat antikanker pada buah mengkudu paling efektif melawan sel-sel abnormal.^{29,31}

Pada pertemuan tahunan *American Association for Cancer Research* ke-83 di San Diego, California, tahun 1992, dikemukakan tentang aktivitas antitumor *Morinda citrifolia* (mengkudu) pada *Lewis Lung Carcinoma* (jenis kanker) aktif yang disuntikkan pada tikus. Semua tikus yang tidak mendapat perawatan dengan mengkudu mati dalam waktu 9-12 hari karena kanker. Namun, yang mendapat perawatan dengan mengkudu hidup lebih lama, di antaranya 40% dari sejumlah tikus percobaan dapat hidup hingga 50 hari atau lebih. Percobaan itu diulang beberapa kali dan terbukti mengkudu mampu memperpanjang umur tikus yang terkena kanker dibandingkan dengan tikus yang tidak dirawat dengan mengkudu. Kesimpulannya, mengkudu dapat menghambat pertumbuhan kanker.³¹

Pada tahun 1993, jurnal *Cancer Letter* melaporkan penemuan zat aktif kanker atau *damnachantal* dalam ekstrak mengkudu yang mampu menghambat pertumbuhan sel-sel kanker. Pasien Dr. Harrison mengungkapkan, ia sembuh karena mengonsumsi sari buah mengkudu. Ia menderita kanker hati dan

pembengkakan perut yang disebabkan cairan yang berlebihan. Selama 7 hari mengonsumsi sari buah mengkudu, bengkak pada perutnya berkurang secara nyata. Pengujian terhadap cairan perut itu menunjukkan bahwa sel-sel kanker tersebut hilang.³¹

Menurut Dr. Judah Folkman dari Universitas Harvard, mengkudu bekerja sinergis dengan mikronutrien lain dalam menghambat aliran darah yang menuju sel-sel tumor. Mekanismenya sama dengan minyak *squalen* (dari hati ikan hiu) yang mengontrol pertumbuhan tumor otak dan memperpanjang usia tikus eksperimen dengan merusak alat-alat peredaran darah yang menyuplai nutrisi menuju tumor. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Universitas Hawaii, sari buah mengkudu dapat menghambat sel tumor dengan cara merangsang kekebalan tubuh. Senyawa kimia dalam mengkudu secara nyata dapat meningkatkan fungsi setiap sel. Di samping itu, mematikan jamur kulit, parasit, dan bakteri yang bisa menimbulkan penyakit pada tubuh.³¹

f. Xeronine dan Proxeronine

Salah satu alkaloid penting yang terdapat di dalam buah mengkudu adalah xeronine. Zat ini ditemukan pertama kali oleh Dr. Ralph Heinicke, ahli biokimia. Buah mengkudu hanya mengandung sedikit xeronine, tapi banyak mengandung bahan pembentuk (prekursor) xeronine, yaitu proxeronine dalam jumlah besar. Proxeronine adalah konstituen alkaloid yang tidak mengandung gula, asam amino, atau asam nukleat.²⁹ Kalau kita mengonsumsi proxeronine, kadar xeronine di dalam tubuh kita akan meningkat. Di dalam usus enzim proxeronase dan zat-zat lain akan mengubah proxeronine menjadi xeronine. Selanjutnya xeronine diserap sel-sel tubuh untuk mengaktifkan protein-protein yang tidak aktif, mengatur struktur dan bentuk sel yang aktif.^{20,31}

Beberapa kasus rasa sakit yang kronis, seperti sakit kepala terus-menerus, rasa sakit pada otot saraf, dan nyeri sendi dapat disembuhkan dengan mengonsumsi jus mengkudu. Menurut teori Dr. Heinicke, xeroninlah yang berperan dalam menghilangkan rasa sakit itu. Hal itu dikaitkan dengan kemampuan xeronine menormalkan protein pada sel-sel abnormal, termasuk sel jaringan otak, tempat berasalnya rasa sakit.^{29,31}

Riset ilmiah membuktikan efek mengkudu untuk mengatasi rasa sakit. Pada tahun 1990 para peneliti menemukan bahwa ekstrak sari buah mengkudu menunjukkan hubungan signifikan antara dosis yang diberikan dan aktivitas analgesik tikus-tikus percobaan. Semakin banyak ekstrak yang digunakan, efeknya semakin kuat.³¹

g. Asam

Asam askorbat yang terdapat di dalam buah mengkudu merupakan sumber vitamin C dan antioksidan yang kuat. Antioksidan bermanfaat menetralkan radikal bebas, yaitu partikel-partikel berbahaya yang terbentuk sebagai hasil samping proses metabolisme yang dapat merusak materi genetik dan sistem kekebalan tubuh.^{20,31}

Mengkudu juga mengandung asam kaproat, asam kaprik, dan asam kaprilat. Asam kaproat dan asam kaprik inilah yang menyebabkan bau busuk yang tajam ketika buah mengkudu masak, sedangkan asam kaprilat membuat rasa buah tidak enak. Mengonsumsi sari buah mengkudu secara rutin dan teratur dapat membantu mengatasi keseimbangan pH tubuh, sehingga meningkatkan kemampuan tubuh dalam menyerap vitamin, mineral, dan protein.³¹

2.1.6 Manfaat terhadap Kesehatan

Setelah mengamati perilaku penduduk asli dan mencermati mengkudu dalam pengobatan tradisional, para peneliti Barat sangat tertarik pada peranan mengkudu. Mereka pun aktif melakukan riset tentang khasiat-khasiatnya. Hasil riset selama puluhan tahun akhirnya membuktikan, mengkudu mengandung zat-zat aktif yang sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia. Riset mengkudu semakin berkembang, baik dilakukan oleh para dokter maupun ahli botani dan biokimia. Penelitian difokuskan pada komponen-komponen (susunan kimia) yang dikandung mengkudu dan efek terapinya terhadap penyakit.³¹

Salah satu contohnya adalah penelitian Dr. Nelson Rivers, seorang dokter farmasi yang juga pembina dan pengarah pada pusat toksikologi dan obat-obatan di California, Amerika Serikat. Menurut penelitian yang dilakukan pada tahun 1996 itu, mengkudu memiliki khasiat sebagai berikut.

- a. Meningkatkan proses penyerapan zat-zat nutrisi.

- b. Meningkatkan kinerja kelenjar-kelenjar tubuh.
- c. Mengatasi tumor.
- d. Mengatasi kulit yang terbakar.³¹

Sementara itu, Dr. Steven M. Hall, M. D., wakil dari Lembaga Konsumen Keluarga Amerika Serikat, pada bulan Oktober 1996, menyatakan bahwa mengkudu mempunyai khasiat sebagai berikut.

- a. Meningkatkan kadar serotonin.
- b. Mengurangi rasa letih.
- c. Menormalkan kadar glukosa dalam darah.
- d. Meningkatkan fungsi reseptor pada dinding-dinding sel.
- e. Menormalkan siklus haid.
- f. Menyeimbangkan kondisi hormon.
- g. Mengurangi nyeri saraf.
- h. Mengurangi edema dan kejang-kejang otot.
- i. Meningkatkan fungsi kelenjar tiroid dan adrenal.
- j. Menyeimbangkan sistem imunitas tubuh.³¹

Jauh sebelum penelitian tersebut dilakukan, sejak tahun 1860, pengobatan alamiah menggunakan mengkudu mulai tercatat di literatur-literatur Eropa. Beberapa penelitian mulai menampakkan hasilnya. Pada 1949 dilaporkan hasil penemuan para peneliti biologi dan fisika di kawasan Pasifik yang dipublikasikan dalam *Pacific Science*. Isinya, suatu zat antibakteri yang terkandung di dalam buah mengkudu bisa melawan penyakit akibat *Escherichia coli* dan *Pseudomonas aeruginosa*.³¹

Pada tahun 1992, peneliti asal Universitas Hawaii, Dr. Ralph M. Henicke menemukan adanya hubungan antara jus mengkudu dan sejumlah zat pembawa xeronine-proxeronine. Pada usus, molekul itu akan melepas xeronine murni ketika terjadi kontak dengan enzim khusus yang terdapat pada jus mengkudu. Menurutny, xeronine akan bekerja pada tahap molekular untuk memperbaiki sel yang rusak. Xeronine ialah alkaloid dengan fungsi utama memperbaiki protein yang mengalami perubahan bentuk dan sifat.³¹

Lebih lanjut peneliti yang menghabiskan 45 tahun untuk mempelajari alkaloid ini mengomentari beberapa penyakit yang bisa membaik setelah

penderita mengonsumsi jus mengkudu. Di antaranya tekanan darah tinggi, kram menstruasi, artritis, depresi mental, salah urat (keseleo), perlukaan, gangguan pencernaan, aterosklerosis, dan lemah fisik akibat umur lanjut.^{20,31}

Antara tahun 1960-1980 riset-riset ilmiah terus dilakukan oleh lembaga penelitian dan universitas. Riset itu dilakukan untuk membuktikan bahwa mengkudu berkhasiat dapat menurunkan tekanan darah tinggi.^{20,31}

Pada tahun 1992, Dr. Isabella Abbott, seorang ahli botani, menulis bahwa mengkudu semakin banyak digunakan orang untuk mengontrol diabetes, kanker, dan tekanan darah tinggi.²⁰ Kemudian pada tahun 1993, jurnal *Center Letter* melaporkan bahwa beberapa peneliti dari *Keio University* dan *The Institute of Biomedical Sciences* di Jepang melakukan riset terhadap 500 jenis tanaman. Mereka mengklaim, pihaknya telah menemukan zat antikanker (damnachantal) yang terkandung dalam buah mengkudu.³¹

Riset tentang aktivitas antitumor dan antikanker pada mengkudu juga dilakukan *University of Hawaii*, USA. Jurnal ilmiah *Proc Wes Pharmacology Society Journal* melaporkan hasil riset tersebut. Survei Dr. Neil Solomon terhadap 8.000 pemakai sari buah mengkudu termasuk 40 dokter dan praktisi medis menunjukkan jus mengkudu membantu penyembuhan sejumlah penyakit. Hasilnya menurut buku *Liquid Island Noni (Morinda citrifolia) The Tropical Fruit with 101 Medical Uses*, sari buah mengkudu berkhasiat mengobati penyakit hipertensi, kolesterol, stroke, kanker, asam urat, diabetes mellitus, kelemahan seksual, rasa nyeri, depresi, gangguan ginjal, dan stres dengan tingkat keberhasilan 78%. Survei itu dilakukan terhadap 40 dokter dan 8.000 pasien.^{20,31}

Menurut Dr. Neil Solomon, jus mengkudu sangat efektif untuk menyembuhkan kanker, gangguan pencernaan, diabetes mellitus, lesu, obesitas, kecanduan rokok, nyeri, depresi, alergi, gangguan pernapasan, sulit tidur, lemah konsentrasi, stres, masalah buah pinggang, meningkatkan perasaan sehat fisik dan pikiran, meningkatkan kecerdasan berpikir, membantu membina otot, artritis, hipertensi, dan meningkatkan daya seksual. Mereka yang berhasil tertolong setelah mengonsumsi mengkudu berdasarkan hasil penelitiannya bervariasi antara 58-91%.^{20,31}

Tahun 1993, Helen Sim melaporkan tesis masternya yang berjudul *The Isolation and Characterization of A Fluorescent Compound from The Fruit of Morinda citrifolia: Studies on 5-th Receptor System*. Ia melaporkan adanya zat-zat di dalam buah mengkudu yang tidak dikenal. Sebagian besar zat itu berhubungan dengan kesehatan dan dibuktikan hanya terdapat dalam buah mengkudu.³¹

2.1.7 Studi Farmakokinetik Mengkudu

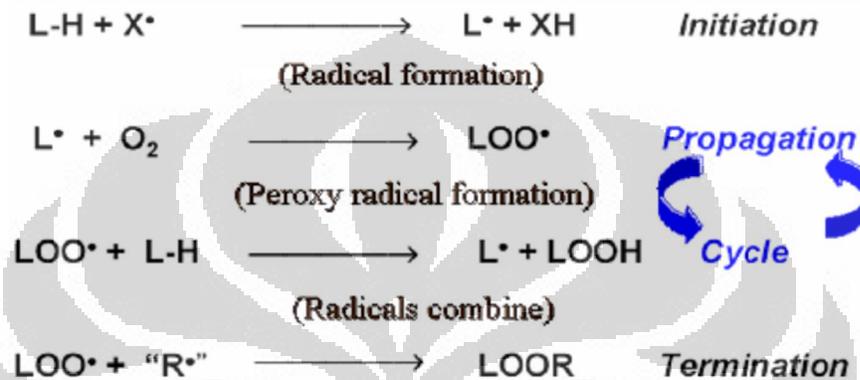
Farmakokinetik mengkudu telah dipelajari pada tikus setelah pemberian dosis 1 mL jus mengkudu mengkudu per 100 g berat badan. Komponen utama yang diketahui pada mengkudu (skopoletin) dipilih sebagai penanda dan dimonitor dalam plasma dan organ yang berbeda sepanjang waktu dengan analisis *high performance liquid chromatography* (HPLC). Konsentrasi plasma mencapai puncak pada waktu dua jam setelah pemberian mengkudu secara oral. Kadar puncak skopoletin menurun menjadi 50% dalam waktu 4 jam. Hanya 12% skopoletin yang tertinggal di plasma pada 12 jam dan hanya 2% tersisa setelah 24 jam. Absorpsinya cepat, dengan 50% konsentrasi puncak tercapai hanya dalam 30 menit. Untuk mempertahankan kadar skopoletin yang tinggi dalam darah, jus mengkudu harus dikonsumsi setiap 2-4 jam. Konsentrasi skopoletin di berbagai organ mengindikasikan bahwa mengkudu diserap ke dalam jaringan yang berbeda kira-kira satu jam setelah pemberian. Konsentrasi puncak pada beberapa jaringan terjadi pada 3 jam setelah mengonsumsi, dengan penurunan yang cepat.²⁰

2.2 Antioksidan

2.2.1 Definisi Antioksidan dan Radikal Bebas

Antioksidan adalah senyawa yang dapat menunda atau menghambat proses oksidasi lipid atau molekul lain melalui inhibisi proses inisiasi atau propagasi reaksi rantai oksidatif.^{7,12} Menurut Halliwell, antioksidan adalah substansi yang ketika pada konsentrasi rendah dibandingkan terhadap substrat yang bisa dioksidasi, secara signifikan akan memperlambat atau mencegah oksidasi substrat tersebut.³⁷ Oksidasi adalah reaksi kimia yang mentransfer elektron dari suatu substansi kepada agen pengoksidasi. Reaksi oksidasi bisa melibatkan produksi radikal bebas yang bisa membentuk rantai reaksi yang

membahayakan.¹² Antioksidan bersifat menangkal radikal bebas dan bisa menterminasi rantai reaksi yang membahayakan tersebut dengan cara mengeliminasi intermediet radikal serta bisa menghambat reaksi oksidasi lain dengan membiarkan dirinya sendiri teroksidasi.^{12,13} Oleh sebab itu, antioksidan biasanya adalah agen pereduksi misalnya tiol atau fenol.¹³



Gambar 2.3. Langkah-Langkah Oksidasi Lipid

Holliday DL. Phenolic compound and antioxidant activity of oat bran by various extraction methods. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2006. Thesis.

Radikal bebas atau spesies oksigen reaktif merupakan suatu molekul oksigen dengan atom yang pada orbit terluarnya memiliki elektron yang tidak berpasangan. Itu sebabnya, molekul ini akan selalu mencari pasangan elektronnya dari molekul atau sel lain dengan bergerak liar, tidak stabil, dan radikal. Akibat lebih jauhnya, sel tersebut menjadi mati atau bermutasi dan memicu terjadinya penyakit degeneratif.¹³ Patut diketahui, radikal bebas ini juga dihasilkan dari dalam tubuh kita sendiri yakni hasil dari proses metabolisme tubuh. Di samping itu, faktor luar tubuh pun berperan besar, seperti polusi udara, paparan sinar matahari yang tinggi, merokok, ataupun mengonsumsi makanan yang mengandung bahan pengawet. Radikal bebas yang berlebihan pada tubuh itulah yang pada akhirnya mengganggu kesehatan tubuh dan menyebabkan stres oksidatif.^{13,39}

Antioksidan bisa ditemui pada buah-buahan, sayuran, dan biji-bijian dalam bentuk vitamin, mineral, karotenoid, dan polifenol.^{13,14} Senyawa antioksidan seperti asam fenolat, polifenol, dan flavonoid meredam radikal bebas, seperti

peroksida atau peroksil lipid dan oleh karena itu dapat menghambat mekanisme yang menyebabkan penyakit degeneratif.¹⁵

2.2.2 Antioksidan Fitokimia

Fitokimia adalah senyawa kimia yang diekstraksi dari tanaman. Senyawa kimia ini diklasifikasikan sebagai konstituen primer atau sekunder, bergantung akan peranannya dalam metabolisme tanaman. Konstituen primer meliputi gula umum, asam amino, protein, purin dan pirimidin asam nukleat, klorofil, dan sebagainya. Sementara itu, konstituen sekunder merupakan zat kimia tanaman yang tersisa atau residu, misalnya alkaloid (berasal dari asam amino), terpen (gugus lipid), dan fenolik (berasal dari karbohidrat).³⁹

Antioksidan fitokimia merupakan konstituen sekunder atau metabolit yang ditemukan secara alami di dalam tanaman seperti buah-buahan dan sayur-sayuran. Secara sederhana istilah antioksidan didefinisikan sebagai sesuatu yang dapat menghambat atau mencegah oksidasi substrat yang rentan. Tumbuh-tumbuhan memproduksi senyawa antioksidan yang mengesankan meliputi karotenoid, flavonoid, asam askorbat, asam sinamat, asam benzoat, asam folat, tokoferol, dan tokotrienol yang mencegah oksidasi substrat yang rentan. Antioksidan yang umum, misalnya vitamin A, vitamin C, vitamin E, dan senyawa tertentu yang disebut karotenoid (seperti lutein dan betakaroten). Konsumsi antioksidan berbasis tanaman dipercaya memiliki peran penting dalam memelihara kesehatan manusia karena antioksidan endogen manusia memberikan proteksi yang tidak mencukupi untuk melawan spesies oksigen reaktif atau oksidan yang terus-menerus ada dan tidak bisa dihindari.³⁹

Produksi radikal bebas atau spesies oksigen reaktif selama metabolisme dan aktivitas lain yang melebihi kapasitas antioksidan sistem biologi akan menimbulkan stres oksidatif. Stres oksidatif memainkan peranan dalam penyakit kardiovaskular, malaria, penyakit neurodegeneratif, AIDS, kanker, dan proses penuaan. Konsep ini didukung adanya fakta bahwa kerusakan oksidatif memainkan peran dalam perkembangan penyakit kronik degeneratif. Antioksidan yang dikonsumsi dari makanan akan melawan proses itu dan menurunkan risiko penyakit tersebut.³⁹

2.2.3 Antioksidan pada Mengkudu

Banyak ilmuwan percaya bahwa buah-buahan dan sayur-sayuran adalah sumber utama antioksidan. Mengkudu merupakan tanaman obat yang memiliki aktivitas antioksidan yang bisa melindungi individu dari oksigen radikal bebas dan peroksidasi lipid. Secara *in vitro*, jus mengkudu menunjukkan inhibisi peroksidasi lipid dan radikal anion superoksida yang bersifat tergantung dosis. Aktivitas meredam radikal anion superoksida dari jus mengkudu dibandingkan dengan tiga macam antioksidan yang telah dikenal, yaitu vitamin C, bubuk biji anggur, dan piktogenol sesuai dosis yang direkomendasikan. Berdasarkan kondisi penelitian tersebut, aktivitas meredam radikal anion superoksida dari jus mengkudu adalah 2,8 kali vitamin C, 1,4 kali piktogenol, dan 1,1 kali bubuk biji anggur. Neolignan dan americanin A merupakan antioksidan yang poten dalam mengkudu.³⁵ Aktivitas antioksidan mengkudu bisa juga merupakan kontribusi dari flavonoid yang dikandungnya.³⁶ Oleh sebab itu, jus mengkudu memiliki potensi meredam oksigen radikal bebas.²⁰

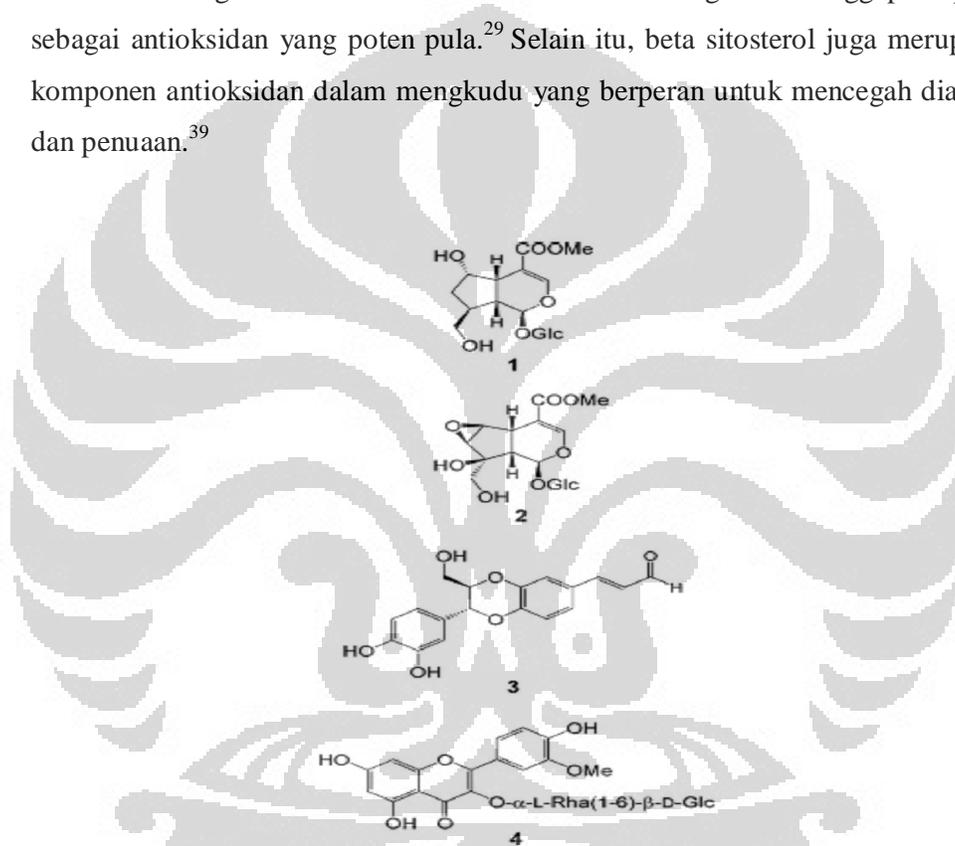
Sejumlah aktivitas biologi *in vitro* mengkudu telah dilaporkan, seperti inhibisi angiogenesis, antioksidan, inhibisi *cyclooxygenases-1* dan *-2*, dan inhibisi tirosin kinase. Sebagian besar studi tersebut menggunakan ekstrak atau fraksi *M. citrifolia*.¹⁴ Konstituen kimia utama yang terdapat dalam tanaman mengkudu yang telah ditemukan antara lain antrakuinon, glikosida flavonol, glikosida iridoid, glikosida lipid, dan triterpenoid.^{14,31,33}

Dari ekstrak metanol *M. citrifolia* ditemukan bahwa ekstrak tersebut memiliki aktivitas antioksidan sedang pada pemeriksaan radikal bebas 2,2-diphenyl picryl hydrazyl (DPPH). Setelah dimurnikan melalui metode kromatografi berulang, akhirnya isolat senyawa tersebut diperoleh, yaitu suatu glikosida iridoid 6 α -hidroksiadoksosida dan 6 β ,7 β -epoksi-8-epi-splendosida serta glikosida iridoid lainnya. Neolignan dan americanin A memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan pada pemeriksaan antioksidan yang dilakukan.¹⁴ Glikosida iridoid merupakan suatu glikosida flavon, sedangkan neolignan dan

americanin A merupakan suatu lignan.³³ Lignan dan glikosida flavon merupakan suatu senyawa fenolik.⁴⁰

Glikosida flavonol lainnya, yaitu narcissosida terbukti menunjukkan aktivitas meredam radikal ONOO^- otentik dan SIN-1-derived ONOO^- . Namun, glikosida flavonol lainnya yang secara struktural mirip, yaitu nicotiflorosida ternyata tidak memiliki aktivitas antioksidan.¹⁴

Kandungan xeronase dan selenium dalam mengkudu dianggap berperan sebagai antioksidan yang poten pula.²⁹ Selain itu, beta sitosterol juga merupakan komponen antioksidan dalam mengkudu yang berperan untuk mencegah diabetes dan penuaan.³⁹



Gambar 2.4. Senyawa Antioksidan pada Mengkudu

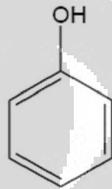
Su BN, Pawlus AD, Jung HA, Keller WJ, McLaughlin JL, Kinghorn AD. Chemical constituents of the fruits of *Morinda Citrifolia* (noni) and their antioxidant activity. *J Nat Prod* 2005;68:592-5.

Keterangan: 6 α -hidroksiadokosida (1), 6 β ,7 β -epoksi-8-epi-splendosida (2), americanin A (3), narcissosida (4)

2.3 Senyawa Fenol

2.3.1 Definisi

Senyawa fenol adalah senyawa yang memiliki satu atau lebih gugus hidroksil yang terikat secara langsung ke sebuah cincin aromatik. Fenol (C_6H_5OH), seperti gambar di bawah ini, merupakan struktur yang mendasari seluruh kelompok senyawa ini dengan cincin aromatik, benzena.⁴⁰



Gambar 2.5. Struktur Kimia Fenol

Vermerris W, Nicholson R. Phenolic compound biochemistry. Springer, 2006.

Fenol dalam banyak hal mirip dengan alkohol dengan struktur alifatik di mana gugus hidroksil terikat pada rantai karbon. Gugus hidroksil fenolik dipengaruhi adanya cincin aromatik. Karena adanya cincin aromatik, hidrogen dari hidroksil fenolik bersifat labil yang menyebabkan fenol bersifat sebagai asam lemah.⁴⁰⁻⁴²

Polifenol adalah senyawa yang memiliki lebih dari satu gugus hidroksil fenolik yang terikat pada satu atau lebih cincin benzena. Istilah tersebut sering dikacaukan oleh anggapan polifenol sebagai polimer dari beberapa molekul fenol. Senyawa fenol khas terdapat pada tanaman dan sebagai suatu gugus biasanya ditemukan dalam bentuk ester atau glikosida dibandingkan senyawa bebas. Hal tersebut perlu diingat jika melakukan ekstraksi fenol dari jaringan tumbuhan.⁴⁰

2.3.2 Klasifikasi

Senyawa fenol bisa diklasifikasikan melalui beberapa cara. Harborne dan Simmonds mengklasifikasikan senyawa ini ke dalam kelompok berdasarkan jumlah atom karbon di dalam suatu molekul.⁴⁰

Tabel 2.2. Klasifikasi Senyawa Fenol

Structure	Class
C ₆	simple phenolics
C ₆ - C ₁	phenolic acids and related compounds
C ₆ - C ₂	acetophenones and phenylacetic acids
C ₆ - C ₃	cinnamic acids, cinnamyl aldehydes, cinnamyl alcohols
C ₆ - C ₃	coumarins, isocoumarins, and chromones
C ₁₅	chalcones, aurones, dihydrochalcones
C ₁₅	flavans
C ₁₅	flavones
C ₁₅	flavanones
C ₁₅	flavanonols
C ₁₅	anthocyanidins
C ₁₅	anthocyanins
C ₃₀	biflavonyls
C ₆ -C ₁ -C ₆ , C ₆ -C ₂ -C ₆	benzophenones, xanthenes, stilbenes
C ₆ , C ₁₀ , C ₁₄	quinones
C ₁₈	betacyanins
Lignans, neolignans	dimers or oligomers
Lignin	polymers
Tannins	oligomers or polymers
Phlobaphenes	polymers

Vermerris W, Nicholson R. Phenolic compound biochemistry. Springer, 2006.

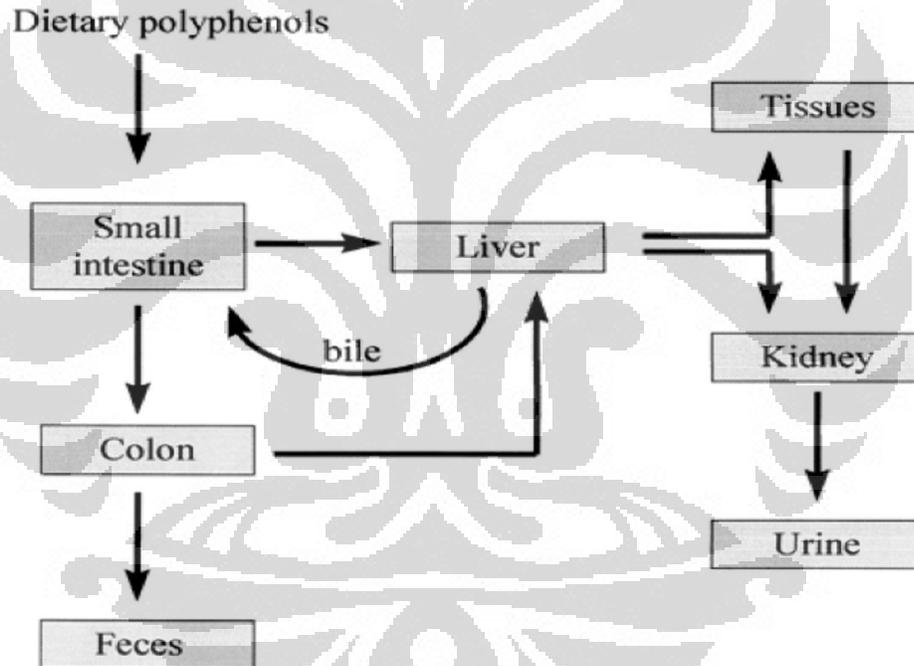
Klasifikasi alternatif digunakan oleh Swain dan Bate-Smith. Mereka mengelompokkan fenol ke dalam kategori “*common*” dan “*less common*”. Ribereau-Gayon mengelompokkan fenol ke dalam tiga famili sebagai berikut:

1. fenol yang terdistribusi secara luas, terdapat banyak di tanaman,
2. fenol yang kurang terdistribusi secara luas, senyawa yang telah diketahui terdapat dalam jumlah terbatas, dan konstituen fenolik yang terdapat dalam bentuk polimer.⁴⁰

2.3.3 Bioavailabilitas

Struktur kimia polifenol akan mempengaruhi properti biologinya, seperti bioavailabilitasnya, aktivitas antioksidan, dan interaksi spesifik dengan reseptor sel dan enzim.⁴² Studi mengenai bioavailabilitas antioksidan fenolik masih terbatas.^{42,43} Absorpsi dan bioavailabilitas senyawa fenol pada manusia masih kontroversial sehingga memerlukan penelitian lebih ekstensif mengenai absorpsinya pada saluran pencernaan dan metabolismanya.⁴³

Meskipun riset mengenai bioavailabilitas senyawa fenol masih terbatas, ada beberapa pemikiran mengenai kemungkinan rute metabolisme untuk konsumsi fenol di manusia. Polifenol dari makanan pertama kali ditranspor ke usus halus. Polifenol kemudian bisa mengikuti satu dari dua jalur atau lintasan. Senyawa tersebut bisa dikirim ke hati dan ditranspor ke ginjal kemudian diekskresikan ke dalam urin atau senyawa tersebut bisa ditranspor ke jaringan dari hati, kemudian ditranspor ke ginjal dan diekskresikan lewat urin. Rute lain yang mungkin adalah transpor dari usus halus ke kolon dan diekskresikan lewat feses. Polifenol bisa juga ditranspor dari kolon ke hati, kemudian ke jaringan atau ginjal dan diekskresikan lewat urin.⁴²



Gambar 2.6. Bioavailabilitas Polifenol: Jalur Yang Mungkin untuk Konsumsi Fenolik pada Manusia

Dansby MY. Evaluation of the antioxidant and biological properties of muscadine grape seed extracts. Graduate Faculty of North Carolina State University, 2006. Thesis.

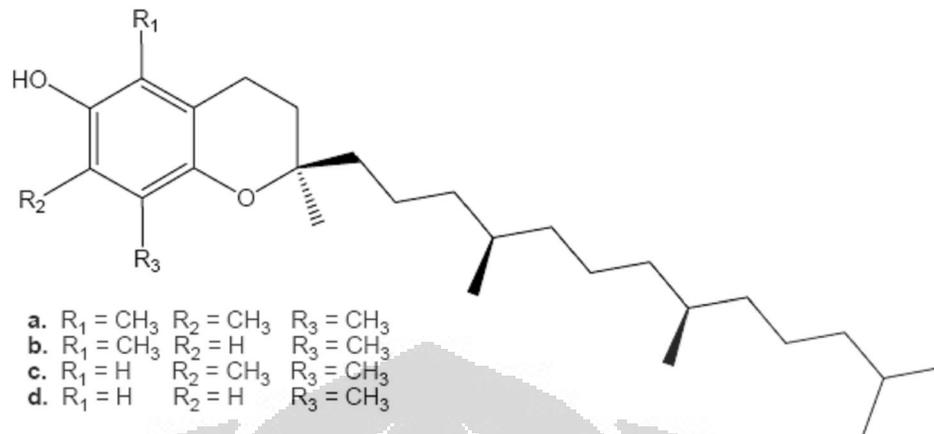
2.3.4 Aktivitas Antioksidan Senyawa Fenolik

Sebagai bagian dari metabolisme normal, radikal bebas selalu dihasilkan. Radikal bebas merupakan senyawa dengan elektron bebas atau tidak berpasangan.

Radikal bebas bersifat sangat reaktif dan jika tidak diredam, dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada molekul-molekul di dalam sel sehingga memberikan dampak negatif terhadap metabolisme selular. Berlebihnya radikal bisa menyebabkan suatu stres oksidatif.⁴¹

Fitokimia adalah senyawa nonnutrien bioaktif yang ditemukan dalam tanaman. Senyawa tersebut banyak terdapat pada jenis beri dan sayur-sayuran. Kelas fitokimia yang paling penting adalah kelompok senyawa fenol. Telah diketahui sejak lama bahwa senyawa fenolik adalah antioksidan yang efektif. Kemampuan senyawa fenol untuk menghentikan radikal bebas disebabkan oleh keasamannya (kemampuan untuk mendonasikan proton) dan adanya elektron π yang terdelokalisasi (kemampuan mentransfer elektron, namun tetap relatif stabil) yang merupakan karakteristik cincin benzena. Elektron yang terdelokalisasi dan mudah mengalami ionisasi mungkin berperan dalam memberi warna cerah pada buah dan sayur yang mengandung senyawa fenol. Ada ribuan fitokimia fenolik, namun secara garis besar dibagi menjadi dua kelompok, yaitu polifenol dan flavonoid.⁴¹

Senyawa yang bisa meredam radikal bebas juga disebut sebagai antioksidan. Antioksidan terbaik yang telah banyak diketahui adalah vitamin C dan vitamin E. Vitamin C adalah L-askorbat, agen pereduksi yang baik dan bisa mencegah oksidasi molekul lain. Vitamin E merupakan campuran dari α -, β -, γ -, dan δ -tokoferol. Dari empat senyawa tersebut, α -tokoferol merupakan yang paling efektif. Vitamin E bersifat larut dalam lipid dan memiliki kemampuan memutus rantai reaksi selama peroksidasi lipid.⁴⁰ Vitamin E merupakan contoh antioksidan fenolik yang banyak dikenal. Radikal bebas bisa dengan mudah menangkap hydrogen dari gugus hidroksil fenol sehingga menyebabkan terbentuknya radikal vitamin E. reaksi spontan hanya terjadi jika ΔG negatif. Sementara itu, reaksi radikal vitamin E dengan lipid lainnya memiliki ΔG positif untuk bisa melanjutkan reaksi berantai sehingga secara energetika kurang disukai. Oleh sebab itu, radikal vitamin E menstabilkan dirinya dengan berubah menjadi kuinon (sikloheksandiendion). Konversi menjadi kuinon akan menyebabkan terminasi reaksi berantai dan melindungi lipid sekitar dari oksidasi.⁴¹



Gambar 2.7. Struktur Kimia Vitamin E

Vermeris W, Nicholson R. Phenolic compound biochemistry. Springer, 2006.

Keterangan: α - tokoferol (a), β - tokoferol (b), γ - tokoferol (c), dan δ -tokoferol (d)

Polifenol merupakan konstituen yang umum terdapat dalam teh, sereal, buah-buahan, sayur-sayuran, dan kacang.⁴¹ Polifenol memiliki konstituen fenol multipel.^{40,41} Senyawa ini berfungsi sebagai peredam radikal bebas yang efisien dengan cara mendonorkan atom hidrogen alkoholik atau satu elektronnya yang terdelokalisasi.⁴¹

Polifenol bisa melindungi tubuh dari kanker dengan cara memproteksi DNA dari kerusakan radikal. Selain itu, polifenol juga membantu mencegah penyakit kardiovaskular dengan cara mencegah oksidasi lipid dan kolesterol.⁴¹

Flavonoid sebenarnya merupakan kelompok spesifik dari polifenol. Flavonoid merupakan kelompok polifenol yang paling banyak sehingga dikategorikan tersendiri. Umumnya, senyawa ini ditemukan di apel, beri, dan buah dan sayur yang berwarna cerah. Flavonoid memproteksi lipid dan komponen sel vital dari kerusakan oksidatif. Flavonoid adalah peredam radikal bebas yang poten karena mendonasikan atom hidrogen alkoholik kepada radikal bebas.⁴¹

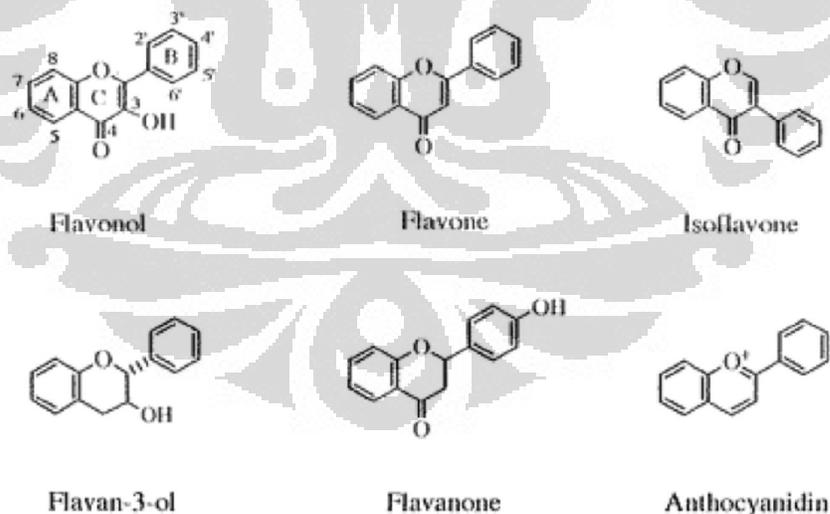
Antioksidan fenol menunjukkan aktivitas antiinflamasi dalam proteksi melawan toksisitas kimia dan kanker. Hal ini ditunjukkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Qiang Ma dan Krista Kinneer-De Fede yang membuktikan bahwa antioksidan fenolat secara poten menghambat transkripsi *tumor necrosis factor*

(TNF) α yang diinduksi sinyal. Hal tersebut menjelaskan mekanisme antiinflamasi antioksidan melalui pengontrolan induksi sitokin selama inflamasi.⁴⁴

2.3.5 Senyawa Fenol dalam Mengkudu

2.3.5.1 Flavonoid

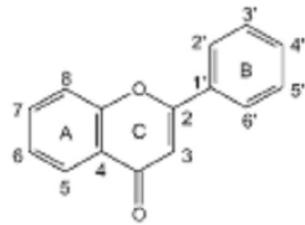
Flavonoid merupakan senyawa C_{15} yang semuanya memiliki struktur $C_6-C_3-C_6$. Pada tiap flavonoid, dua cincin benzena dihubungkan bersama oleh tiga atom karbon yang membentuk suatu heterosiklik teroksigenasi.^{40,42} Susunan gugus tiga karbon ini yang akan menentukan bagaimana senyawa flavonoid diklasifikasikan.⁴⁰ Flavonoid dibagi lagi menjadi enam kelas, yaitu flavon, flavanon, isoflavon, flavonol, flavanol (katekin dan proantosianidin), dan antosianin. Flavonoid yang mengandung substituen $-OH$ multipel memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat melawan radikal peroksil. Flavonoid merupakan komponen utama yang berkontribusi untuk kapasitas antioksidan pada buah-buahan dan sayur-sayuran. Flavonoid bisa membantu mencegah penyakit yang berhubungan dengan stres oksidatif dan memiliki aktivitas antimikroba, antikarsinogenik, antiplatelet, antiiskemik, antialergi, dan antiinflamasi.⁴²



Gambar 2.8. Subkelas flavonoid: flavonol, flavon, isoflavon, flavan-3-ol, flavanon, dan antosianidin

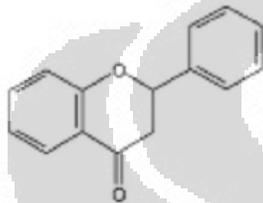
Dansby MY. Evaluation of the antioxidant and biological properties of muscadine grape seed extracts. Graduate Faculty of North Carolina State University, 2006. Thesis.

Flavones



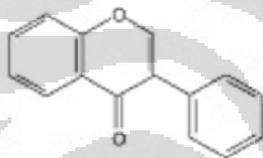
- 3, 5, 7, 3', 4', 5 – OH Myricetin (Myr)
- 3, 5, 7, 3', 4' – OH Quercetin (Que)
- 5, 7, 3', 4' – OH Luteolin (Lut)
- 3-rut, 5, 7, 3', 4' – OH Rutin (Rut)
- 3, 5, 7, 4' – OH Kaempferol (Kae)
- 5, 7, 4' – OH Apigenin (Api)

Flavanones



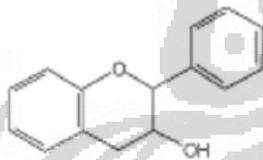
- 3, 5, 7, 3', 4' – OH Taxifolin (Tax)
- 5, 7, 4' – OH Naringenin (Nae)
- 7-rann, 5, 4' – OH Naringin (Nai)

Isoflavones



- 5, 7, 4' – OH Genistein (Gen)
- 7, 4' – OH Daidzein (Dai)

Flavanol



- 3, 5, 7, 3', 4' – OH Catechin (Cat)

Gambar 2.9. Struktur Kimia dari Subkelas Flavonoid beserta Contoh Senyawanya

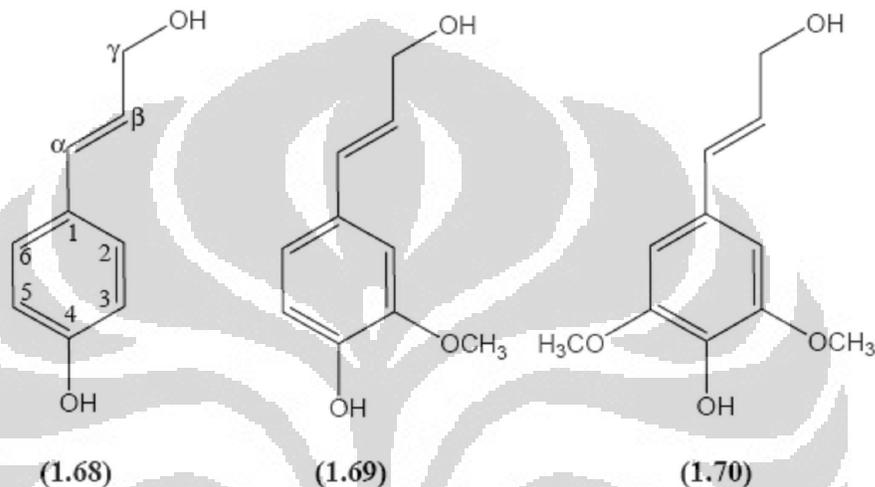
Silva MM, Santos MR, Caroco G, Rocha R, Justino G, Mira L. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids: a re-examination. *Free Radical Research* 2002;36(11):1219-27.

2.3.5.2 Lignan

Lignan adalah dimer atau oligomer yang dihasilkan dari kopling monolignol, yaitu p-kumaril alkohol, koniferil alkohol, dan sinapsil alkohol. Koniferil alkohol adalah monolignol yang paling umum digunakan dalam biosintesis lignan.⁴⁰

Biosintesis lignan berasal dari reaksi radikal monolignol. Radikal monolignol, misalnya p-kumaril alkohol, dihasilkan secara enzimatik melalui

aktivasi peroksidase yang terikat dinding sel yang akan mengeliminasi proton pada gugus para-hidroksil dari fenol. Elektron radikal bisa terdelokalisasi sepanjang cincin fenol, namun juga sepanjang ekor propena sehingga karbon pada posisi 1, 3, dan 5 dari cincin, juga karbon β dari ekor propena akan menjadi reaktif.⁴⁰



Gambar 2.10. Monolignol

Vermerris W, Nicholson R. Phenolic compound biochemistry. Springer, 2006.

Keterangan: p-kumaril alkohol (1.68), koniferil alkohol (1.69), dan sinapil alkohol (1.70)

Istilah lignan secara tipikal mengacu pada dimer dari monolignol yang dihubungkan melalui ikatan 8-8' (β - β'), di mana istilah neolignan mengacu pada dimer atau oligomer yang mengandung ikatan selain ikatan 8-8'. Sebagian besar lignan bersifat optis aktif dan biasanya hanya satu enantiomer yang ditemukan di suatu spesies.⁴⁰

2.3.6 Isolasi Senyawa Fenol dan Kandungan Fenol Total

Senyawa fenol yang terlarut bisa diisolasi dengan mudah dari jaringan tanaman melalui ekstraksi dalam metanol atau metanol yang diasamkan dengan 0,1% (v/v) HCl. Karena sebagian besar fenol ada dalam bentuk glikosida, perlu

diperhatikan dalam isolasi harus menghindari terjadinya hidrolisis. Teknik untuk mencegah hal tersebut meliputi isolasi dalam ruang gelap dan dalam kondisi yang dingin. Hal ini terutama benar ketika mengisolasi antosianin yang sangat mudah terhidrolisis.⁴⁰

Ada beberapa cara untuk mengestimasi jumlah total senyawa fenol yang ada di jaringan tumbuhan, namun hal penting yang perlu diingat adalah bahwa tidak ada satu metode pun yang akan mendeteksi semua senyawa fenol. Sebagai konsekuensinya, sering diperlukan untuk melakukan beberapa analisis.⁴⁰

Suatu metode yang umum digunakan untuk menentukan kandungan fenol dikembangkan oleh Folin dan koleganya. Metode ini bergantung akan reduksi reagen *phosphotungstic* (WO_4^{2-})-*phosphomolybdic* (MoO_4^{2-}) oleh gugus hidroksil dari senyawa fenol, yang akan menghasilkan pembentukan produk berwarna biru. Intensitas warna diukur berdasarkan pembacaan absorbansi menggunakan spektrofotometer. Reagen Folin-Denis disiapkan dengan mencampur *sodium tungstate* dan (*phospho*)*molybdic acid* dalam *phosphoric acid*, lalu dipanaskan selama dua jam, kemudian didinginkan, diencerkan, dan disaring. Metode ini diaplikasikan untuk mengukur fenolik di urin. Modifikasi metode ini dilaporkan oleh Folin dan Ciocalteu. Modifikasi tersebut adalah dengan penambahan litium sulfat dan bromin ke dalam reagen *phosphotungsticphosphomolybdic* pada akhir periode beku, diikuti pendinginan dan pengenceran. Penambahan litium mencegah pembentukan presipitat yang akan mengganggu pengukuran intensitas warna. Akhirnya reagen Folin-Ciocalteu digunakan secara luas untuk menentukan kandungan fenol. Senyawa yang umum digunakan sebagai standar adalah asam galat dan asam klorogenat. Konsentrasi senyawa fenol dilaporkan sebagai ekuivalen asam galat atau asam klorogenat.^{40,46}

Asam galat cukup stabil dalam bentuk kering, namun akan teroksidasi ketika dalam bentuk larutan. Reaksi ini akan meningkat pada temperatur yang lebih tinggi. Larutan standar harus disimpan dalam botol tertutup rapat dan disimpan di kamar pendingin. Paparan terhadap udara yang lebih tinggi akan mempercepat dekomposisi larutan standar.⁴⁶

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menguji kandungan fenol total dari mengkudu dengan menggunakan larutan *Folin-Ciocalteu* (FC) dan sebagai pembanding adalah asam galat.

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif dan dibagi dalam beberapa tahap:

- a. Ekstraksi bahan
- b. Pengujian fenol total

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (FKUI). Penelitian berlangsung selama satu tahun, yaitu dari bulan Maret 2007 sampai dengan bulan Maret 2008.

3.3 Sampel

Sampel buah mengkudu yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstrak buah mengkudu yang dipakai untuk penelitian di Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler FKUI sebelumnya. Buah mengkudu tersebut berasal dari varietas mengkudu Bogor (*M. citrifolia*) yang dipetik langsung dari pohon.

3.4 Parameter Yang Diuji

Kadar fenol total.

3.5 Bahan Dan Alat

3.5.1 Bahan

1. Sampel bahan alam seperti tersebut di atas
2. Standar antioksidan pembanding: asam galat (Sigma)

3. *Folin Ciocalteu phenol reagent (FC reagent)* – Sigma
4. Metanol – Merck
5. Akuades
6. Sodium karbonat – Merck

3.5.2 Alat

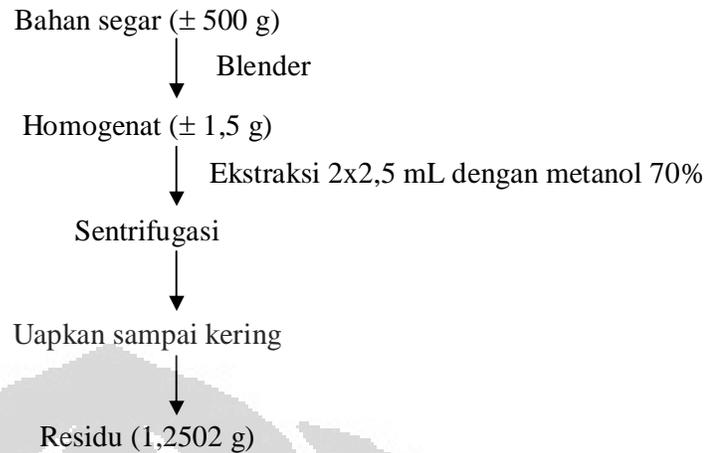
1. Neraca analitik
2. Spektrofotometer
3. Alat-alat gelas

3.6 Prosedur Kerja

3.6.1 Ekstraksi Buah Mengkudu

Buah mengkudu dipilih yang matang dan segar serta tidak perlu dikupas terlebih dahulu. Selanjutnya bahan dicelupkan ke dalam alkohol mendidih 1-3 menit, kemudian dipotong-potong dan dilumatkan dengan *blender*.

Homogenat segera ditimbang ($\pm 1,5$ g) dalam tabung reaksi bertutup ulir. Selanjutnya dilakukan ekstraksi menggunakan metanol 70%. Ekstraksi dilakukan sebanyak dua kali masing-masing dengan 2,5 mL pelarut menggunakan alat *rotary shaker*. Larutan ekstrak disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 10 menit. Lapisan organik dipisahkan dan diuapkan sampai kering dengan bantuan gas nitrogen pada suhu 50°C. Residu kering disimpan dalam *freezer* sebelum pengujian lebih lanjut. Pengujian fenol total dilakukan dengan terlebih dahulu melarutkan residu dalam metanol 50%.



Gambar 3.1. Bagan Ekstraksi Mengkudu

3.6.2 Penetapan Kandungan Fenol Total (Metode Singleton dan Rossi)

Penetapan kandungan fenol total ini dilakukan berdasarkan metode Singleton dan Rossi.^{27,40,46}

3.6.2.1 Prinsip

Senyawa fenol bereaksi dengan pereaksi fosfomolibdat-fosfotungstat (larutan FC) akan memberi warna kuning dan dengan penambahan alkali akan menghasilkan warna biru diukur serapannya pada panjang gelombang 765 nm. Kandungan fenol total dalam bahan dibandingkan terhadap standar asam galat (AG).^{27,46} Karena metode ini mengukur semua senyawa fenol, pilihan asam galat sebagai standar didasarkan atas ketersediaan substansi yang stabil dan murni. Selain itu, asam galat lebih murah dibandingkan dengan senyawa standar lainnya.⁴⁷

3.6.2.2 Cara Kerja

500 μ L residu yang telah dilarutkan dalam 5 mL metanol 50%, dimasukkan dalam tabung reaksi. Selanjutnya ditambahkan 0,5 mL larutan FC yang telah diencerkan 10 kali. Setelah campuran dibiarkan 2 menit kemudian ditambahkan 2 mL larutan sodium karbonat 7,5%. Segera ditambahkan akuades sampai volume 10 mL. Larutan diinkubasi pada 45⁰C selama 15 menit atau 1 jam pada suhu kamar selanjutnya diukur serapannya pada panjang gelombang 765 nm.

3.6.2.3 Pembuatan Standar Asam Galat

Larutan stok asam galat mengandung 1000 $\mu\text{g/mL}$ dalam metanol. Kemudian larutan stok diencerkan untuk mendapatkan larutan kerja dengan kadar 10 $\mu\text{g/mL}$. Kemudian dibuat serangkaian larutan standar dengan kadar 0; 0,1; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 $\mu\text{g/mL}$. Pembuatan standar asam galat ini dilakukan secara duplo.

3.7 Definisi Operasional

Yang dimaksud dengan kandungan fenol total dalam penelitian ini adalah kadar fenol total dalam suatu ekstrak yang ditentukan menggunakan metode kolorimetri lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 765 nm. Hasil yang diperoleh dikalibrasi menggunakan kurva standar asam galat dan hasil akhirnya disajikan dalam satuan mg ekuivalen asam galat/100 g.²⁷ Asam galat memiliki gugus hidroksil dan sebuah gugus asam karboksilat dalam satu molekul yang sama dan bisa berfungsi sebagai antioksidan.⁴³

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ekstraksi Buah Mengkudu

Untuk ekstraksi, buah mengkudu sebanyak kurang lebih 500 g dipilih yang matang dan segar serta tidak perlu dikupas terlebih dahulu. Selanjutnya bahan dicelupkan ke dalam alkohol mendidih selama 1-3 menit. Hal tersebut dilakukan untuk menonaktifkan enzim fenolase yang ada pada bahan. Enzim fenolase dalam bahan-bahan ini berperan dalam proses pencoklatan yang timbul akibat proses oksidasi senyawa-senyawa fenol. Setelah itu, mengkudu dipotong-potong dan dilumatkan dengan *blender*.

Homogenat yang diperoleh segera ditimbang ($\pm 1,5$ g) dalam tabung reaksi bertutup ulir. Selanjutnya dilakukan ekstraksi menggunakan metanol 70%. Ekstraksi dilakukan sebanyak dua kali masing-masing dengan 2,5 mL pelarut metanol 70% menggunakan alat *rotary shaker*. Larutan ekstrak disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 10 menit. Lapisan organik dipisahkan dan diuapkan sampai kering dengan bantuan gas nitrogen pada suhu 50°C. Residu kering yang diperoleh ditimbang dan didapatkan hasil 1,2502 g. Sebelum dipakai untuk pengujian lebih lanjut, residu disimpan dalam *freezer*. Pengujian fenol total dilakukan dengan melarutkan residu dalam metanol 50% terlebih dahulu.

Kandungan fenol total pada penelitian ini ditentukan berdasarkan pada berat bahan yang segar (*fresh weight*) dan bukan berdasarkan berat kering (*dry weight*). Hal ini disebabkan beberapa penelitian yang sejenis menggunakan bahan segar. Selain itu, kebanyakan buah dikonsumsi dalam keadaan segar dan tidak dikeringkan terlebih dahulu.⁶

4.2 Penetapan Kandungan Fenol Total

Dalam penetapan kandungan fenol total, semua residu ekstrak yang didapat (1,2502 g) dilarutkan dengan 5 mL metanol 50% di dalam suatu tabung reaksi. Selanjutnya diambil 500 μ L dan ditambahkan 0,5 mL larutan FC yang telah diencerkan 10 kali. Setelah campuran dibiarkan 2 menit kemudian ditambahkan 2 mL larutan sodium karbonat 7,5%. Segera ditambahkan akuades sampai volume 10 mL. Larutan diinkubasi selama 1 jam pada suhu kamar

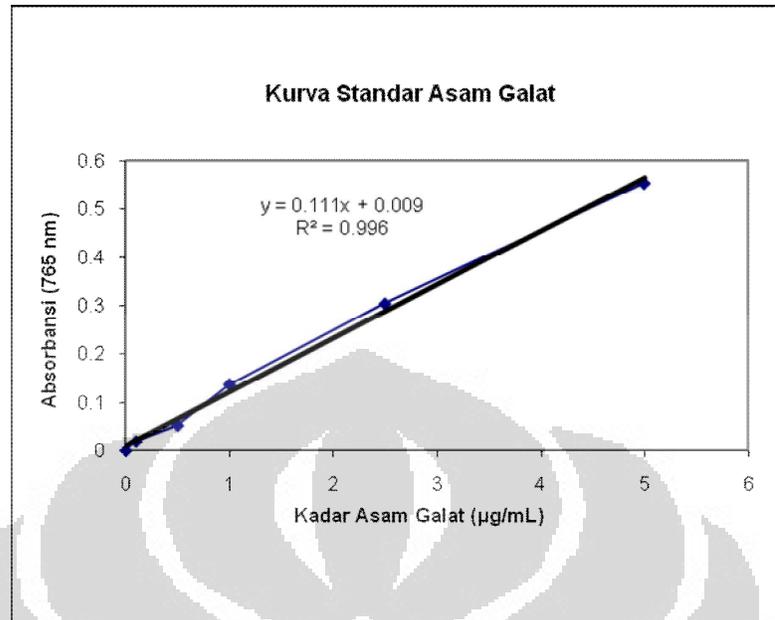
selanjutnya diukur serapannya pada panjang gelombang 765 nm. Semua langkah-langkah tersebut dilakukan secara duplo.

Kandungan fenol total dari bahan yang diuji ditetapkan secara spektrofotometri dengan metode yang dikembangkan oleh Singleton dan Rossi dengan pereaksi *Folin-Ciocalteu* (FC). Sebagai standar digunakan asam galat karena asam galat merupakan turunan dari asam hidroksibenzoat yang tergolong asam fenol sederhana.²⁷ Tambahan pula, pilihan asam galat sebagai standar didasarkan atas ketersediaan substansi yang stabil dan murni. Selain itu, asam galat lebih murah dibandingkan dengan senyawa standar lainnya.⁴⁷

Kadar fenol total dihitung dengan memasukkan nilai serapan sampel pada panjang gelombang 765 nm ke dalam persamaan garis regresi linear $y = ax + b$, yang diperoleh dari kurva kalibrasi asam galat. Hasil dinyatakan dalam satuan mg ekivalen asam galat per 100 gram (*fw*) (mg ek-AG/100 gram). Kurva standar dibuat dengan kadar 0; 0,1; 0,5; 1; 2,5; 5 $\mu\text{g/mL}$.

Tabel 4.1. Absorbansi Standar Asam Galat

Kadar Asam Galat ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Absorbansi Rata-Rata
0	0	0	0
0,1	0,021	0,018	0,0195
0,5	0,05	0,056	0,053
1	0,098	0,176	0,137
2,5	0,282	0,326	0,304
5	0,52	0,589	0,5545



Gambar 4.1. Kurva Standar Asam Galat

Kurva kalibrasi dibuat dari kadar asam galat yang telah dilakukan duplo dan dicari nilai R^2 -nya. Nilai R^2 atau koefisien determinasi merupakan angka yang nilainya berkisar dari 0 sampai 1 yang menunjukkan seberapa dekat nilai perkiraan untuk analisis regresi yang mewakili data yang sebenarnya. Analisis regresi paling dapat dipercaya jika nilai R^2 -nya sama dengan atau mendekati 1. Dari hasil pengukuran kurva kalibrasi diperoleh nilai R^2 sebesar 0,996. Nilai R^2 tersebut lebih dari 0,9900 sehingga dapat digunakan dalam perhitungan kadar.

Kadar fenol total yang ditetapkan menurut metode FC bukan kadar absolut, tapi prinsipnya berdasarkan kapasitas reduksi dari bahan yang diuji terhadap suatu reduksi ekuivalen dari asam galat.²⁷

Untuk menghitung kadar total fenol, mula-mula absorbansi sampel yang telah dibuat duplo dihitung rata-ratanya. Hasil absorbansi rata-rata sampel yang telah didapat, dimasukkan ke dalam persamaan garis regresi linear $y = 0,111x + 0,009$ sebagai pengganti y sehingga diperoleh kadar ekuivalen asam galat (x). Kadar ekuivalen asam galat tersebut kemudian dikalikan dengan jumlah volume yang digunakan saat absorbansinya diukur, yaitu 10 mL. Setelah diperoleh hasilnya, dilakukan konversi satuan dari $\mu\text{gGAE/g}$ menjadi $\text{mgGAE}/100\text{mg}$ lalu dikalikan dengan faktor pengenceran 10.

$$\begin{aligned}
 \text{Absorbansi rata-rata sampel} &= (A_1 + A_2) / 2 \\
 &= (0,506 + 0,500) / 2 \\
 &= 1,006 / 2 \\
 &= 0,503
 \end{aligned}$$

Kadar ekuivalen asam galat:

$$\begin{aligned}
 y &= 0,111x + 0,009 \\
 0,503 &= 0,111x + 0,009 \\
 0,111x &= 0,503 - 0,009 \\
 0,111x &= 0,494 \\
 x &= 4,45 \mu\text{gGAE/mL}
 \end{aligned}$$

Kadar ekuivalen asam galat untuk volume 10 mL

$$\begin{aligned}
 &= 4,45 \times 10 \\
 &= 44,5 \mu\text{gGAE}
 \end{aligned}$$

Kandungan fenol total (p):

$$\begin{aligned}
 44,5 \mu\text{gGAE} / 1,2502 \text{ g} &= p \text{ mgGAE} / 100 \text{ g} \\
 44,5 \times 10^{-3} \text{ mgGAE} / 1,2502 \text{ g} &= p \text{ mgGAE} / 100 \text{ g} \\
 44,5 \times 10^{-3} \times 100 &= 1,2502p \\
 4,45 &= 1,2502p \\
 p &= 4,45 / 1,2502 \\
 p &= 3,56
 \end{aligned}$$

Faktor pengenceran = 10

Kandungan fenol total setelah dikali faktor pengenceran

$$\begin{aligned}
 &= 3,56 \times 10 \\
 &= 35,6
 \end{aligned}$$

Jadi, kandungan fenol total ekstrak mengkudu dalam penelitian ini adalah 35,6 mgGAE/100 g sampel.

Tabel 4.2. Kandungan Fenol Total Mengkudu

Berat bahan (g)	Absorbansi	Absorbansi rata-rata	Standar Deviasi	Koefisien Variasi	Kadar ekuivalen asam galat ($\mu\text{gGAE/mL}$)	Kandungan fenol total (mgGAE/100 g sampel)
1,2502	0,506	0,503	0	0	4,45	35,6
	0,500					

Kadar fenol total yang dihasilkan dari mengkudu karena mengandung flavonoid (rutin), lignan, skopoletin, dan senyawa-senyawa fenol lainnya.^{31,33} Menurut Singleton dan Rossi beberapa senyawa fenol mempunyai respon yang berbeda dalam pengukuran ini. Respon molar metode ini secara keseluruhan sebanding dengan jumlah gugus hidroksil fenol dalam substrat dan kapasitas reduksi meningkat jika gugus-gugus fenol ada pada posisi para dan orto.⁴⁸

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Siti Hawa Deniati, dengan menggunakan buah mengkudu dari pasar organik Bogor serta dengan metode ekstraksi yang sama, kandungan fenol total mengkudu adalah $43,04 \pm 6,09$ mgGAE/100g sampel.⁴⁸ Angka tersebut menunjukkan sedikit perbedaan dengan hasil penelitian ini, yaitu 35,60 mgGAE/100g. Sementara itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Paulino et al di Universitas Guam, Amerika Serikat, diperoleh hasil bahwa jus mengkudu segar mempunyai aktivitas antioksidan yang setara dengan 140 mg asam askorbat/100 mL dan fenol total pada 210 mg asam galat/100 mL jus mengkudu atau 100 g bubuk mengkudu.²⁶ penelitian lain yang dilakukan oleh Vaillant et al menunjukkan kandungan total fenol mengkudu 50 ± 20 mgGAE/100g.⁴⁹ Kandungan fenol total mengkudu varietas Bogor dengan mengkudu dari negara lain tersebut memiliki perbedaan yang cukup besar. Kadar fenol total mengkudu varietas Bogor lebih rendah dibandingkan dengan mengkudu dari luar negeri. Secara umum, perbedaan distribusi dan komposisi fitokimia fenol dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain varietas buah,

penanaman, bagian buah, musim tumbuh, kondisi lingkungan, praktik hortikultura, asal geografi, kondisi penyimpanan pascapanen, dan prosedur pemrosesan.^{50,51}

Penelitian ini merupakan rangkaian penelitian yang menentukan kandungan fenol total dalam sejumlah bahan alam, yaitu mengkudu, tomat oleh Mariska, dan jahe oleh Widiyanti dengan menggunakan metode ekstraksi, pelarut, dan prosedur penghitungan fenol total yang sama. Jika dibandingkan dengan kedua bahan alam lainnya dalam rangkaian penelitian ini, mengkudu menduduki peringkat kedua setelah jahe. Pada jahe didapatkan kandungan fenol total yang tertinggi di antara ketiga bahan alam tersebut, yaitu sebesar 92,98 mgGAE/100g sampel. Sementara itu, tomat memiliki kandungan fenol total terendah di antara ketiganya, yaitu 9,405 mgGAE/100g sampel. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Siti Hawa Deniati di Departemen Biokimia dan Biologi Molekular FKUI, pada enam jenis bahan alam dengan metode ekstraksi yang sama, didapatkan kandungan fenol total tertinggi pada jahe, berikutnya mengkudu, bawang merah, bawang putih, pisang, dan tomat.⁴⁸

Tabel 4.3. Kandungan Fenol Total Beberapa Bahan Alam

Kandungan fenol total (mgGAE/100g)			
Nama Bahan	Pengekstrak		
	Aseton 80%	Metanol 70%	Air + Heksan
Jahe	67,48 ± 7,08	84,23 ± 9,14	-
Mengkudu	46,46 ± 3,86	43,04 ± 6,09	-
Bawang merah	35,48 ± 2,95	37,88 ± 2,03	-
Bawang putih	30,15 ± 2,35	31,26 ± 6,55	-
Pisang	26,19 ± 9,39	27,12 ± 4,84	-
Tomat	17,70 ± 2,08	24,86 ± 2,41	-
Minyak buah merah	-	-	0,03 ± 0

Deniati SH. Aktivitas antioksidan dan kandungan fenol total beberapa ekstrak bahan alam. Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta, 2006. Tesis.

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kandungan fenol total dari ekstrak buah mengkudu (*Morinda citrifolia*) varietas Bogor pada penelitian ini adalah 35,60 mg ekuivalen asam galat/100g berat mengkudu segar. Kadar ini disebabkan kandungan flavonoid (rutin), skopoletin, dan lignan dalam buah mengkudu. Kadar tersebut masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan kadar fenol total buah mengkudu yang berasal dari luar negeri.

5.2 Saran

Diperlukan penelitian lanjutan mengenai efek pemrosesan dan penyimpanan buah mengkudu terhadap kandungan fenol totalnya. Selain itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui aktivitas antioksidan mengkudu yang tumbuh di Indonesia secara *in vitro* serta bagaimana bioavailabilitasnya secara *in vivo*.

DAFTAR REFERENSI

1. Jamal S. Deskripsi penyakit sistem sirkulasi: penyebab kematian utama di Indonesia. *Cermin Dunia Kedokteran* 2004;143:5-9.
2. Septiana AT, Muchtadi D, Zakaria FR. Aktivitas antioksidan ekstrak diklorometana dan air jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) pada asam linoleat. *Buletin Teknologi Industri dan Pangan* 2002;13(2):105.
3. Erickson L. Rooibos tea: research into antioxidant and antimutagenic properties. *Herbal Gram* 2003;59:34-35. Diunduh dari <http://www.herbalgram.org/herbalgram/articleview.asp?a=2550&p=Y>. (Diakses tanggal 26 Januari 2007)
4. Panovska TK, Kulevanova S, Stefova M. In vitro antioxidant activity of some *Teucrium* species (*Lamiaceae*). *Acta Pharm* 2005;55:207-14.
5. Javanmardi J, Stushnoff C, Locke E, Vivanco JM. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. *J Agric Food Chem* 2003;83:547-50.
6. Gil MI, Tomas-Barberan FA, Hess-Pierce B, Holcroft DM, Kader AA. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J Agric Food Chem* 2000;48:4581-9.
7. Kaur C, Kapoor HC.. Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology* 2001;36:703–25.
8. Hertog MGL, Feskens EJM, Kromhout D, Hollman PCH, Katan MB. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *The Lancet* 1993;342(8878):1007-11. Diunduh dari http://www.sciencedirect.com/science?_ob=PublicationURL&_tokey=%23TOC%234886%231993%23996571121%23454895%23FLP%23&_cdi=4886&_pubType=J&view=c&_auth=y&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=87eb1ef13c783af12c56054d6ba5dd41. (Diakses tanggal 13 Maret 2007)
9. Arts ICW, Hollman PCH. Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *American Journal of Clinical Nutrition* 2005;81:317-25.

10. Adams AK, Wermuth EO, McBride PE. Antioxidant vitamins and the prevention of coronary heart disease. *Am Fam Physician* 1999;60:895-904.
11. McClatchey W. From Polynesian healers to health food stores: changing perspectives of *Morinda citrifolia* (Rubiaceae). *Integrative Cancer Therapies* 2002;1(2):110-20. Diunduh dari <http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/Downloads/MorindaCitrifolia.pdf>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
12. Kaur C, Kapoor HC. Anti-oxidant activity and total phenolic of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology* 2002;37:153-61.
13. Kamiya K, Tanaka Y, Endang H, Umar M, Satake T. Chemical constituents of *Morinda citrifolia* fruits inhibit copper-induced low-density lipoprotein oxidation. *J Agric Food Chem* 2004;52:5843-8.
14. Su BN, Pawlus AD, Jung HA, Keller WJ, McLaughlin JL, Kinghorn AD. Chemical constituents of the fruits of *Morinda Citrifolia* (noni) and their antioxidant activity. *J Nat Prod* 2005;68:592-5. Diunduh dari <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=15844957&site=ehost-live>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
15. Wong DK. Are immune responses pivotal to cancer patient's long term survival? Two clinical case-study reports on the effects of *Morinda citrifolia* (noni). *Hawaii Med J* 2004;63(6):182-4. Diunduh dari <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=15298088&site=ehost-live>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
16. Arpornsuwan T, Punjanon T. Tumor cell-selective antiproliferative effect of the extract from *Morinda citrifolia* fruits. *Phytother Res* 2006;20(6):515-7. Diunduh dari <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=16619339&site=ehost-live>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
17. Samoylenko V, Zhao J, Dunbar DC, Khan IA, Rushing JW, Muhammad I. New constituents from noni (*Morinda citrifolia*) fruit juice. *J Agric Food Chem* 2005;54:6398-402. Diunduh dari <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=16910736&site=ehost-live>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
18. Younos C, Rolland A, Fleurentin J, Lanhers MC, Misslin R, Mortier F. Analgesic and behavioural effects of *Morinda citrifolia*. *Planta Medica*

- 1990;56:430-4. Diunduh dari <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=1981810&site=ehost-live>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
19. Nayak BS, Isitor GN, Maxwell A, Bhogadi V, Ramdath DD. Wound-healing activity of *Morinda citrifolia* fruit juice on diabetes-induced rat. *J Wound Care* 2007;16:83-6. Diunduh dari <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=17319624&site=ehost-live>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
20. Wang MY, West BJ, Jensen CJ, Nowicki D, Anderson G, Chen X, et al. *Morinda citrifolia* (noni): a literature review and recent advances in noni research. *Acta Pharmacologica Sinica* 2002;23(12):1127-41. Diunduh dari <http://www.chinaphar.com/1671-4083/23/1127.pdf>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
21. Bangun AP, Sarwono B. Mengenal mengkudu. Dalam: Bangun AP, Sarwono B. *Khasiat dan manfaat mengkudu*. Jakarta: Agro Media Pustaka; 2002. p.1-7.
22. West BJ, Jensen CJ, Westendorf J. Noni juice is not hepatotoxic. *World J Gastroenterol* 2006;12:3616-9. Diunduh dari <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=16773722&site=ehost-live>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
23. Anagnostopoulou MA, Kefalas P, Papageorgiou VP, Assimopoulou AN, Boskou D. Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet orange peel (*Citrus sinensis*). *Food Chemistry* 2006;94(1):19-25.
24. Beta T, Nam S, Dexter JE, Sapirstein HD. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chem* 2005;82(4):390-3.
25. Vinson JA, Hao Y, Su X, Zubik L. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *J Agric Food Chem* 1998;46:3630-4.
26. Yang J, Paulino R, Janke-Stedronsky S, Abawi F. Free-radical-scavenging activity and total phenols of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder in processing and storage. *Food Chem* 2007;102:302-8. Diunduh dari <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814606004122>. (Diakses tanggal 28 Juni 2007)
27. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with

- phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 1965;16(3):144-58.
28. Nelson SC. *Morinda citrifolia* L. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry 2006;4. Diunduh dari <http://www.agroforestry.net/tti/Morinda-noni.pdf>. (Diakses tanggal 28 Maret 2008)
29. Elkins R. Hawaiian noni (*Morinda citrifolia*). Pleasant Grove: Woodland Publishing; 2008. Diunduh dari http://www.nutraceutical.com/educate/pdf/hawaiian_noni.pdf. (Diakses tanggal 29 Maret 2008)
30. Sahelian R. Phenolic compounds and phenolic acids. Diunduh dari <http://www.raysahelian.com/phenolic.html>. (Diakses tanggal 26 Januari 2007)
31. Bangun AP, Sarwono B. Khasiat mengkudu berdasarkan hasil riset. Dalam: Bangun AP, Sarwono B. Khasiat dan manfaat mengkudu. Jakarta: Agro Media Pustaka; 2002. p.12-24.
32. Yang RY, Lin S, Kuo G. Content and distribution of flavonoids among 91 edible plant species. *Asia Pac J Clin Nutr* 2008;17(SI):275-9. Diunduh dari <http://apjcn.nhri.org.tw/server/APJCN/Volume17/vol17suppl.1/275-279S16-1.pdf>. (Diakses tanggal 29 Maret 2008)
33. Potterat O, Hamburger M. *Morinda citrifolia* (Noni) fruit - phytochemistry, pharmacology, safety. *Planta Med* 2007;73:191-9. Diunduh dari <http://www.thieme-connect.com/ejournals/pdf/plantamedica/doi/10.1055/s-2007-967115.pdf>. (Diakses tanggal 28 Maret 2008)
34. Lendri S. Teknik pembibitan mengkudu pada berbagai media. *Buletin Teknik Pertanian* 203;8(1):5-7. Diunduh dari <http://www.pustaka-deptan.go.id/publikasi/bt081032.pdf>. (Diakses tanggal 29 Maret 2008)
35. Braun L, Cohen M. Noni. In: Braun L, Cohen M. Herbs and natural supplements an evidence-based guide. 2nd edition. Australia: Elsevier; 2007. p.879-84.
36. Zin ZM, Hamid AA, Osman A. Antioxidative activity of extracts from mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) root, fruit, and leaf. *Food Chemistry* 2002;78:227-31. Diunduh dari [http://staff.umat.edu.my/~zamzahaila/2002MohdZin_AOA%20morinda%](http://staff.umat.edu.my/~zamzahaila/2002MohdZin_AOA%20morinda%20)

20FTC%20TBA.pdf. (Diakses tanggal 28 Maret 2008)

37. Denisov ET, Afanas'ef IB. Oxidation and antioxidants in organic chemistry and biology. Boca Raton: Taylor and Francis Group; 2005.
38. Holliday DL. Phenolic compound and antioxidant activity of oat bran by various extraction methods. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2006. Thesis. Diunduh dari http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-11152006-082336/unrestricted/Holliday_thesis.pdf. (Diakses tanggal 29 Maret 2008)
39. Krishnaiah D, Sarbatly R, Bono A. Phytochemical antioxidants for health and medicine-a move toward nature. *Biotechnol Mol Biol Rev* 2007;1(4):97-104. Diunduh dari <http://www.academicjournals.org/bmbr/PDF/pdf2007/Sep/Krishnaiah%20et%20al.pdf>. (Diakses tanggal 29 Maret 2008)
40. Vermerris W, Nicholson R. Phenolic compound biochemistry. Springer, 2006.
41. Cheung RLM. Phenolic antioxidants. Diunduh dari <http://robincheung.info/samples/antioxidants.pdf>. (Diakses tanggal 29 Maret 2008)
42. Dansby MY. Evaluation of the antioxidant and biological properties of muscadine grape seed extracts. Graduate Faculty of North Carolina State University, 2006. Thesis. Diunduh dari <http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-08202006-105509/unrestricted/etd.pdf>. (Diakses tanggal 29 Maret 2008)
43. The Columbia Encyclopedia. Gallic acid. Diunduh dari <http://www.encyclopedia.com/doc/1E1-gallicac.html>. (Diakses tanggal 31 Mei 2007)
44. Ma Q, Fede KKD. Chemoprotection by phenolic antioxidants: inhibition of tumor necrosis factor α induction in macrophages. *J Biol Chem* 2001;10:1074. Diunduh dari <http://www.jbc.org/cgi/content/short/277/4/2477>. (Diakses tanggal 16 Februari 2008)
45. Silva MM, Santos MR, Caroco G, Rocha R, Justino G, Mira L. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids: a re-examination. *Free Radical Research* 2002;36(11):1219-27.

46. Waterhouse AL. Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* 2002;11.1.1-11.1.8. Diunduh dari <http://www.nshvn.org/ebook/molbio/Current%20Protocols/CPFAC/fai0101.pdf>. (Diakses tanggal 29 Maret 2008)
47. Waterhouse A. Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine. Diunduh dari <http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/foolinmicro.htm>. (Diakses tanggal 27 Juni2007)
48. Deniati SH. Aktivitas antioksidan dan kandungan fenol total beberapa ekstrak bahan alam. *Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia*. Jakarta, 2006. Tesis.
49. Vaillant F, Blanco YC, Perez AM, Belleville MP, Zuniga C, Brat P. The ripening and aging of noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): microbiological flora and antioxidant compounds. *Journal of The Science of Food and Agriculture* 2007;87(9):1710-6.
50. Khanizadeh S, Ding L, Tsao R, Rekika D, Yang R, Charles MT, et al. Phytochemical distribution among selected advanced apple genotypes developed for fresh market and processing. *J Agric Food Env* 2007;1(2). Diunduh dari <http://www.scientificjournals.org/journals2007/articles/1266.pdf>. (Diakses tanggal 28 Maret 2008)
51. Celiktas OY, Bedir E, Sukan FV. In vitro antioxidant activities of *Rosmarinus officinalis* extracts treated with supercritical carbon dioxide. *Food Chemistry* 2007;101(4):1457-64. Diunduh dari http://www.sciencedirect.com/science?_ob=PublicationURL&_tokey=%23TOC%235037%232007%23998989995%23634694%23FLA%23&_cdi=5037&_pubType=J&_auth=y&_acct=C000052059&_version=1&_urlVersion=0&_userid=4888429&md5=bed11924c93b378b13dfa96df6032241. (Diakses tanggal 3 Maret 2008)