



## EKSTRAKSI SENYAWA FENOLIK DARI LIMBAH KULIT KACANG TANAH SEBAGAI ANTIOKSIDAN ALAMI MENGUNAKAN METODE *DOMESTIC MICROWAVE MACERATION*

**Tonny Mulyadi, Rendy Christian Diharja, Nani Indraswati, dan Aning Ayucitra**  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya  
Jalan Kalijudan 37, Surabaya 60114  
E-mail: ren\_z23@rocketmail.com

### *Abstrak*

Limbah kulit kacang tanah (*Arachis hypogea L*) umumnya dihasilkan dari industri kacang yang menghasilkan berbagai produk olahan kacang yang sebagian besar limbahnya belum dimanfaatkan. Hal ini sangat disayangkan karena di dalam kulit kacang terkandung senyawa fenolik yang dapat berfungsi sebagai antioksidan alami. Antioksidan alami dari senyawa fenolik kacang tanah dapat diperoleh melalui proses ekstraksi kulit kacang menggunakan metode *Domestic Microwave Maceration (DMM)*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh jenis pelarut (air dan etanol 96%), perbandingan jumlah solid dan pelarut (g/ml) (1:5, 1:10, 1:15), dan waktu ekstraksi (30, 90, dan 150 detik) terhadap yield dan Total Phenolic Content (TPC) ekstrak kulit kacang tanah menggunakan metode *Domestic Microwave Maceration (DMM)*. Selain itu, juga diuji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH pada ekstrak kulit kacang dengan TPC terbesar. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa pada pelarut air, perbandingan solid dan pelarut 1:10 (g/mL) dan waktu ekstraksi 150 detik dihasilkan ekstrak kulit kacang tanah dengan yield ekstrak terbesar yaitu 5,46% dan pada pelarut etanol 96% berat, perbandingan solid dan pelarut 1:10 (g/mL) dan waktu ekstraksi 150 detik, dihasilkan ekstrak kulit kacang tanah dengan TPC terbesar yaitu 7,7901 g GAE/100 g ekstrak (0,7478 mg GAE/g kulit kacang tanah) dan aktivitas antioksidan sebesar 93,89%.

**Kata kunci:** kulit kacang tanah, senyawa fenolik, antioksidan alami, *domestic microwave maceration*, pelarut etanol

### 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat banyak industri kacang tanah (*Arachis hypogea L*) yang menghasilkan berbagai produk olahan berkualitas. Limbah yang umumnya dihasilkan dari industri kacang berupa kulit kacang. Suplai kacang tanah pada industri-industri makanan yang berbahan dasar kacang tanah di Indonesia mencapai 1,25 ton biji kacang tanah per hari (Deptan 2008), sehingga dihasilkan limbah kulit kacang tanah dalam jumlah yang besar. Kulit kacang belum dimanfaatkan dan pada umumnya dibuang sebagai limbah. Hal ini sangat disayangkan karena di dalam kulit kacang terkandung senyawa fenolik yang dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan alami (Wee, 2007). Antioksidan alami dari senyawa fenolik kacang tanah dapat diperoleh melalui proses ekstraksi kulit kacang.

Metode ekstraksi menentukan kualitas antioksidan yang dihasilkan. Metode ekstraksi yang paling umum digunakan adalah *solvent extraction (SE)*. Namun saat ini mulai banyak digunakan metode *microwave assisted extraction (MAE)*. Perlakuan dengan *microwave* mempengaruhi struktur sel akibat kenaikan suhu yang tiba-tiba dan meningkatkan tekanan internal. Selama proses dinding sel pecah, analit yang akan diekstrak keluar dari sel dan dapat berdifusi cepat ke dalam pelarut. Ekstraksi dengan MAE ini dapat meningkatkan kecepatan transfer massa zat terlarut dari matriks sampel ke dalam pelarut dibandingkan metode SE (Mandal, 2007). MAE memiliki kelebihan dalam mengekstrak senyawa fenolik dari kulit kacang dibanding SE yaitu MAE hanya membutuhkan waktu ekstraksi yang singkat, *solvent* (pelarut) yang sedikit dan energi listrik yang kecil (Ballard, 2008).

Dalam penelitian ini senyawa fenolik akan diekstraksi dari limbah kulit kacang dengan metode yang baru dan berbeda dibanding metode MAE sebelumnya yaitu metode *Domestic Microwave Maceration Extraction (DMME)*. Metode DMME merupakan metode ekstraksi dengan menggabungkan ekstraksi dengan

*domestic microwave* dan perendaman (*maceration*) kulit kacang dalam pelarut. Metode ini dilakukan karena *domestic microwave* yang ada di pasaran memiliki kekurangan yaitu tidak dapat mengontrol suhu dan tekanan. *Microwave* yang memiliki kontrol suhu dan tekanan harganya jauh lebih mahal. Oleh karena itu, dibutuhkan pengaturan batas maksimum waktu ekstraksi pada *domestic microwave* untuk menjaga suhu tetap di bawah titik didih pelarut untuk alasan keselamatan kerja jika pelarut seperti etanol menguap dan terbakar akibat radiasi *microwave*.

Pada penelitian sebelumnya yaitu ekstraksi senyawa fenolik dari kulit kacang tanah menggunakan metode MAE dengan pelarut etanol 30% dan waktu radiasi 30 detik menghasilkan *yield* fenolik sebesar 143,6 mg GAE/g kulit kacang tanah (Ballard, 2008). Selain itu, juga terdapat penelitian ekstraksi senyawa fenolik dari kulit kacang tanah (*Arachis hypogaeae L*) menggunakan metode ekstraksi pelarut dengan waktu ekstraksi 105 menit, pelarut etanol 96% pada suhu 70°C yang menghasilkan TPC sebesar 15,669 g GAE/100 g ekstrak dan *yield* senyawa fenolik terbesar 6,534 mg GAE/g kulit kacang tanah (Andrianto, 2011). Adapun penelitian yang sama tetapi menggunakan metode perendaman (*maceration*) dengan pelarut metanol selama 24 jam pada suhu ruang yang menghasilkan *yield* fenolik terbesar yaitu 158,6 mg GAE/g kulit kacang tanah (Nepote, 2002).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan *yield* dan kadar senyawa fenolik (TPC) menggunakan air dan larutan etanol 96% sebagai pelarut, pada berbagai perbandingan jumlah solid dan pelarut, dan waktu ekstraksi serta menentukan aktivitas antioksidan (DPPH) pada kondisi optimum (kadar TPC terbesar). Manfaat penelitian ini yaitu dapat diperoleh sumber antioksidan baru sebagai pengganti antioksidan sintesis serta dapat diketahui kondisi ekstraksi yang optimum untuk mendapatkan senyawa fenolik dari kulit kacang tanah sebagai sumber antioksidan alami dengan metode DMME.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan kimia yang dipakai dalam penelitian ini adalah aquades, larutan etanol 96% teknis, *gallic acid* p.a, reagen Folin-Ciocalteu p.a, DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radicals) p.a dan TBHQ (*tert-Butylhydroquinone*). Bahan-bahan tersebut diperoleh dari *supplier* di Surabaya dan langsung digunakan tanpa pemrosesan lebih lanjut. Alat ekstraksi yang digunakan adalah *microwave* (Inextron WD9000SL23-2 2.450MHz). Bahan baku kulit kacang tanah diperoleh dari limbah pertanian di Jember. Dari hasil analisa bahan baku kulit kacang tanah diketahui bahwa kulit kacang tanah memiliki kadar abu sebesar 4,13% dan kadar air sebesar 8,93%, serta *yield phenolic* sebesar 2,7780 mg GAE/g serbuk kulit kacang. Pada penelitian ini disiapkan limbah kulit kacang tanah untuk diekstraksi dengan pelarut air dan etanol 96% menggunakan metode *domestic microwave maceration extraction* (DMME). Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: 1) tahap persiapan kulit kacang tanah, 2) proses ekstraksi senyawa fenolik kulit kacang tanah, 3) analisa ekstrak kulit kacang tanah yang meliputi *yield*, *total phenolic compound* (TPC) dan *antioxidant activity* (metode DPPH).

Pada tahap pertama merupakan tahap persiapan bahan baku, kulit kacang tanah dicuci lalu dikeringkan dengan sinar matahari, kemudian dihancurkan menjadi serbuk dan diayak hingga ukuran partikel -20/+80 mesh. Tahap kedua adalah proses ekstraksi serbuk kulit kacang menggunakan pelarut air dan larutan etanol 96%. Proses ekstraksi dilakukan pada berbagai perbandingan jumlah solid dan pelarut yaitu 1:5, 1:10 dan 1:15 serta waktu ekstraksi yaitu 30, 90, dan 150 detik dalam *microwave*. Setiap 30 detik radiasi, *microwave* dimatikan dan dilakukan maserasi selama 2 menit dan pengadukan dengan *shaker* selama 1 menit saat *microwave* dimatikan. Selanjutnya padatan disaring dan pelarut diuapkan hingga didapatkan ekstrak kulit kacang. Hasil ekstrak serbuk kulit kacang disimpan dalam desikator pada suhu kamar untuk digunakan percobaan selanjutnya. Pada tahap ketiga, ekstrak serbuk kulit kacang dianalisa *yield* dan diuji *Total Phenolic Content* (TPC) dengan metode *Folin-Ciocalteu*. Ekstrak kulit kacang dengan TPC terbesar diuji aktivitas antioksidan dengan menggunakan metode DPPH dan dibandingkan dengan aktivitas antioksidan sintesis yang umum digunakan yaitu TBHQ.

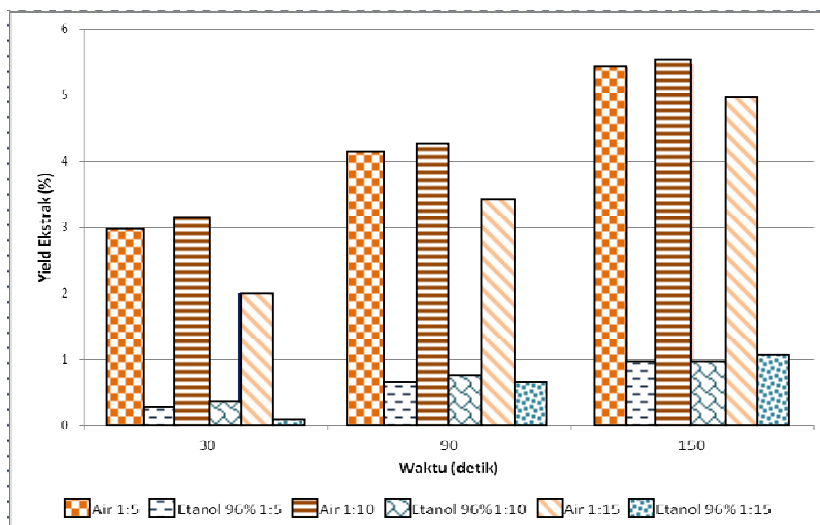
Analisa *Total Phenolic Content* (TPC) ini dilakukan berdasarkan metode *Folin-Ciocalteu Micro Test Method* menggunakan reagen Folin-Ciocalteu yang absorbansinya diukur pada panjang gelombang 765 nm (Waterhouse, 1999). Metode yang digunakan untuk pengujian aktivitas antioksidan dalam penelitian ini adalah metode serapan radikal DPPH karena merupakan metode yang sederhana, mudah, dan menggunakan sampel dalam jumlah yang sedikit dengan waktu yang singkat (Hanani dkk., 2005). Pengukuran aktivitas antioksidan sampel dilakukan pada panjang gelombang 519,8 nm yang merupakan panjang gelombang maksimum DPPH, dengan konsentrasi DPPH 50 µM. Adanya aktivitas antioksidan dari sampel mengakibatkan perubahan warna pada larutan DPPH dalam metanol yang semula berwarna violet pekat menjadi kuning pucat (Permana dkk., 2003). Aktivitas antioksidan sampel ditentukan oleh besarnya hambatan radikal DPPH melalui perhitungan *scavenging activity* dengan menggunakan persamaan (1).

$$\text{Scavenging activity} = \frac{\text{Abs.kontrol} - \text{Abs.sampel}}{\text{Abs.kontrol}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana Abs.kontrol adalah serapan radikal DPPH 50  $\mu$ M pada panjang gelombang 519,8 nm, sedangkan Abs.sampel adalah serapan sampel dalam radikal DPPH 50  $\mu$ M pada panjang gelombang 519,8 nm.

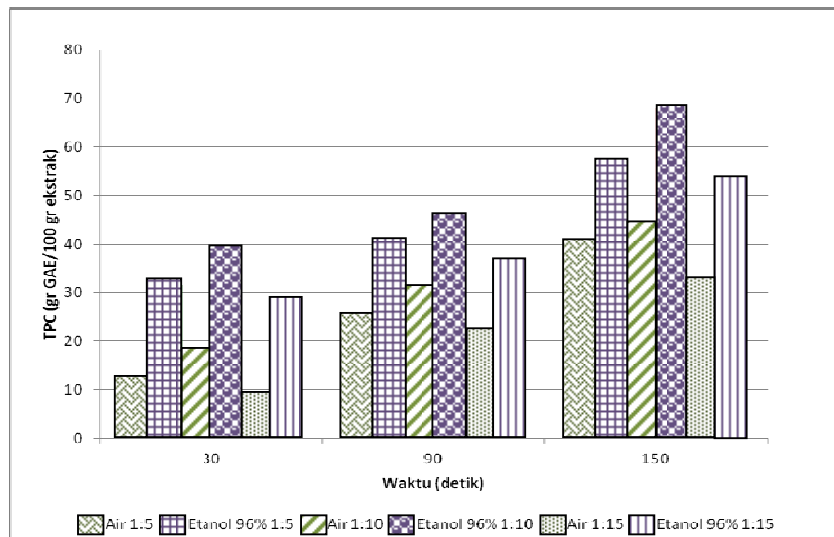
### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 dan 2 menunjukkan *yield* dan TPC ekstrak kulit kacang yang diperoleh menggunakan pelarut air dan etanol 96% pada berbagai waktu ekstraksi dan perbandingan jumlah solid dan pelarut.



Gambar 1. *Yield* Ekstrak dari Ekstraksi Kulit Kacang Tanah dengan Pelarut Air dan Etanol 96% pada Berbagai Waktu Ekstraksi dan Perbandingan Jumlah Solid/Pelarut

Pada Gambar 1 terlihat bahwa *yield* ekstrak kulit kacang tanah yang terbesar diperoleh pada proses ekstraksi dengan pelarut air. Kulit kacang selain mengandung senyawa fenolik, juga mengandung senyawa-senyawa lain yaitu 8,2% protein, 1,1% lemak, 28,8% lignin, 45,2% selulosa and 10,6% karbohidrat, 0,27% kalsium dan 0,09% fosfor dan 4,6% abu (Kerr, 2006). Diketahui bahwa senyawa protein, karbohidrat, kalsium dan fosfor memiliki kelarutan lebih tinggi dalam air daripada etanol (Macedo, 2005), sedangkan lignin dan selulosa tidak dapat larut baik dalam air maupun etanol. Dengan adanya komponen-komponen lain selain senyawa fenolik yang lebih larut dalam air, maka pelarut air menghasilkan *yield* ekstrak paling besar.



Gambar 2. Kadar Senyawa Fenolik (TPC) dari Ekstraksi Kulit Kacang Tanah dengan Pelarut Air dan Etanol 96% pada Berbagai Waktu Ekstraksi dan Perbandingan Jumlah Solid/Pelarut

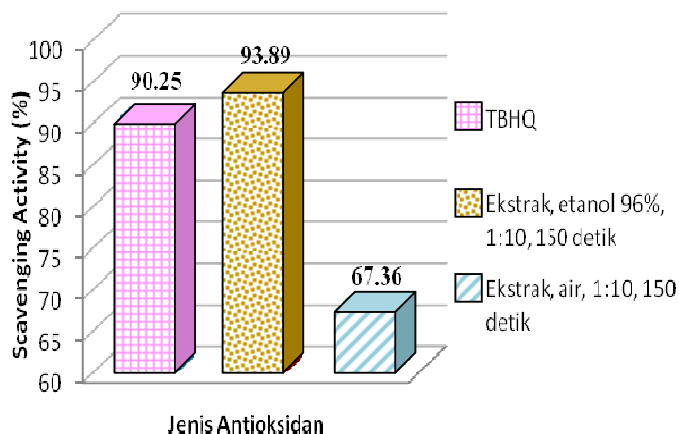
Gambar 2 memperlihatkan fenomena *Total Phenolic Content* diperoleh dari proses ekstraksi yang berbeda dibandingkan *yield* ekstrak dimana terlihat bahwa TPC yang lebih besar menggunakan pelarut etanol

96%. Kulit kacang mengandung senyawa-senyawa fenolik yang sebagian besar adalah *p-hydroxybenzoic acid*, *chlorogenic acid*, *p-coumaric acid*, *ferulic acid*, *resveratrol*, *epicatechin* dan *quercetin* (Win, 2011). *P-hydroxybenzoic acid*, *chlorogenic acid*, *p-coumaric acid*, *ferulic acid*, *resveratrol*, *quercetin* memiliki kelarutan yang lebih besar dalam etanol, sedangkan *epicatechin* memiliki kelarutan yang lebih besar dalam air (Houston, 2012). Oleh karena itu, ekstrak dengan pelarut etanol 96% memiliki TPC yang lebih besar dibandingkan pelarut air.

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 juga terlihat bahwa untuk jenis pelarut dan waktu ekstraksi yang sama, pada perbandingan jumlah solid dan pelarut 1:5, *yield* dan TPC ekstrak yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan perbandingan jumlah solid dan pelarut 1:10. Pada perbandingan jumlah solid dan pelarut 1:5, dengan jumlah pelarut yang sama, jumlah solid yang digunakan lebih banyak dibanding perbandingan yang lain. Dengan semakin besarnya jumlah solid yang ada menyebabkan energi *microwave* yang tersebar dan diserap oleh per satuan massa solid semakin berkurang sehingga pemecahan dinding sel serbuk solid tidak berjalan sempurna akibat penyerapan energi *microwave* yang lebih kecil (Yu, 2009). Oleh karena itu, senyawa fenolik tidak semuanya keluar dari sel akibat pemecahan dinding sel yang kurang sempurna sehingga kecepatan difusi senyawa fenolik dari serbuk kulit kacang ke dalam pelarut lebih lambat. Selain itu, *yield* ekstrak dan TPC yang dihasilkan lebih kecil juga disebabkan pengocokan yang kurang sempurna dengan *water bath shaker* karena jumlah solid yang terlalu banyak sehingga kemungkinan ada solid yang mengendap dan luas kontak ekstraksi semakin kecil (Geankoplis, 2003). Pada perbandingan jumlah solid dan pelarut 1:15, *yield* ekstrak dan TPC yang dihasilkan lebih kecil daripada perbandingan solid dan pelarut yang lain untuk jenis pelarut dan waktu ekstraksi yang sama. Hal ini disebabkan karena jumlah solid yang digunakan lebih sedikit dibanding perbandingan yang lain dengan volume pelarut yang sama sehingga dengan perbandingan jumlah pelarut yang jauh lebih besar dibandingkan jumlah solid yang sedikit, pelarut akan lebih dominan dan banyak menyerap energi *microwave* yang besar untuk menaikkan suhunya, sedangkan solid hanya menyerap sisa energi *microwave* yang ada (Yu, 2009). Hal ini menyebabkan tidak semua senyawa fenolik dapat keluar dari sel kulit kacang sehingga senyawa fenolik tidak dapat terekstrak dengan sempurna.

Semakin lama waktu ekstraksi yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2, maka semakin banyak terjadi perpindahan massa senyawa fenolik dari kulit kacang tanah ke pelarut sehingga meningkatkan *yield* dan TPC ekstrak kulit kacang. Dengan waktu radiasi dalam *microwave* yang semakin lama menyebabkan pelarut akan menyerap energi *microwave* yang lebih banyak. Energi *microwave* yang terserap akan memanaskan air di dalam sel kulit kacang tersebut, sehingga air akan menguap dan menghasilkan tekanan yang besar pada dinding sel yang membuat sel kulit kacang bengkak. Karena adanya tekanan dari dalam sel yang mendorong dinding sel kulit kacang dan akhirnya memecahkan dinding sel itu, sehingga senyawa fenolik yang akan diekstrak keluar dari sel dan lebih cepat berdifusi ke dalam pelarut (Mandal, 2007). Kondisi TPC terbesar yang terdapat dalam ekstrak kulit kacang dari hasil penelitian ini sebesar 7,7901 g GAE/100 g ekstrak kulit kacang tanah (0,7478 mg GAE/g kulit kacang tanah). Kondisi optimum yang menghasilkan TPC ekstrak terbesar adalah kondisi ekstraksi dengan pelarut etanol 96%, waktu ekstraksi 150 detik dan perbandingan jumlah solid dan pelarut 1:10 (g/mL).

Aktivitas antioksidan dari sampel ekstrak kulit kacang dinyatakan dalam persentase *scavenging activity* terhadap radikal DPPH. Persentase *scavenging activity* (aktivitas penghambatan) ini diperoleh dari perbedaan serapan antara absorban DPPH dengan absorban sampel yang diukur dengan spektrofotometer UV-VIS. Berikut hasil penelitian aktivitas antioksidan antara antioksidan sintetis TBHQ (*tert-Butylhydroquinone*) dan antioksidan alami (ekstrak kulit kacang) yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Aktivitas Antioksidan TBHQ dan Ekstrak Kulit Kacang

Gambar 3 terlihat bahwa ekstrak kulit kacang tanah pada kondisi pelarut etanol 96%, waktu ekstraksi 150 detik dan perbandingan solid/pelarut 1:10 (g/mL), memiliki *scavenging activity* paling besar dibandingkan TBHQ dan ekstrak dengan pelarut air. Semakin besar *scavenging activity*, semakin besar pula kemampuan menangkap radikal bebas. Hal ini menunjukkan bahwa antioksidan alami memiliki kemampuan menangkap radikal bebas lebih baik dibandingkan antioksidan sintetis TBHQ. Hal ini kemungkinan disebabkan antioksidan alami memiliki senyawa fenolik yang lebih bermacam-macam yaitu *p-hydroxybenzoic acid*, *chlorogenic acid*, *p-coumaric acid*, *ferulic acid*, *resveratrol*, *epicatechin* dan *quercetin*, dibandingkan antioksidan sintetis yang memiliki hanya satu macam jenis senyawa fenolik. Senyawa fenolik merupakan senyawa antioksidan yang berfungsi untuk mengurangi radikal bebas (Hismath, 2011).

#### 4.KESIMPULAN

Dari penelitian ekstraksi senyawa fenolik dari limbah kulit kacang tanah sebagai sumber antioksidan alami menggunakan metode ekstraksi *Domestic Microwave Maceration* pada perbandingan jumlah solid dan pelarut 1:5, 1:10, 1:15 (g/mL), jenis pelarut air dan etanol 96% (% berat) dan waktu ekstraksi 30, 90, 150 detik diperoleh *yield* ekstrak terbesar pada kondisi ekstraksi dengan perbandingan solid dan pelarut 1:10 (g/ml), jenis pelarut air, dan waktu ekstraksi 150 detik yang menghasilkan *yield* ekstrak terbesar yaitu 5,46% dan TPC terbesar pada kondisi ekstraksi dengan perbandingan solid dan pelarut 1:10 (g/mL), jenis pelarut etanol 96%, dan waktu ekstraksi 150 detik yang menghasilkan TPC terbesar (7,7901 g GAE/100 g ekstrak atau 0,7478 mg GAE/g kulit kacang tanah). Antioksidan alami dari ekstrak kulit kacang pada TPC terbesar memiliki aktivitas antioksidan yang dinyatakan dalam *%scavenging activity* terhadap radikal bebas DPPH sebesar 93,89%.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Nasional RI atas pemberian dana untuk penelitian ini dalam pelaksanaan kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang penelitian tahun 2011 dengan pendanaan tahun anggaran 2012 pada surat kontrak kerja No.1493a/WM01/N/2012 tanggal 2 April 2012.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, S. dan Sulistyani, Y. 2011. *Pemanfaatan Limbah Kulit Kacang sebagai Antioksidan Alami Pengganti Antioksidan Sintetis dalam Minyak Kacang Tanah*. Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala.
- Ballard, T.S. 2008. *Optimizing the Extraction of Phenolic Antioxidant Compounds from Peanut Skins* in *Biological Systems Engineering* Virginia: Polytechnic Institute and State University.
- Deptan. 2008. <http://agribisnis.deptan.go.id/pustaka/teknopro/Proses%20Pengolahan%20Komoditi>. diakses pada 17 Oktober 2011.
- Geankoplis, C.J. 2003. *Transport Process and Separations Process Principles*. ed. 4: Prentice Hall.
- Hanani, E., Mun'im, A., Sekarini, R. 2005. *Identifikasi Senyawa Antioksidan dalam Spons Callyspongia SP Dari Kepulauan Seribu*, in *Majalah Ilmu Kefarmasian..* p. 127-133.
- Hismath, I., Wan Aida, W.M., dan Ho, C.W. 2011. *Optimization of extraction conditions for phenolic compounds from neem (Azadirachta indica) leaves*. *International Food Research Journal*. **18**(3): p. 931-939
- Kerr, T.J., Windham, W.R., Woodward, J.H., dan Benner, R. 2006. *Chemical Composition and in-vitro digestibility of thermochemical treated peanut hulls*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **37**: p. 632-636.
- Macedo, E.A. 2005. *Solubility of amino acids, sugars, and proteins*. *Pure Appl. Chem*. **77**: p. 559-568.
- Mandal, V., Mohan, Y., dan Hemalatha, S. 2007. *Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research*. *Pharmacognosy Reviews*. **1**(1).
- Nepote, V., Grosso, N.R., dan Guzman, C.A. 2002. *Extraction of Antioxidant Components from Peanut Skins*. *Grasas y Aceites*. **53**: p. 391-395.
- Permana, D., Lajis, NH., Abas, F., Othman, AG., Ahmad, R., Kitajama, M., Takayama, H., Aimi, N., CI. 2003. *Antioxidative Constituents of Hedotis Diffusa Wild* *Natural Product Sciences*. **9**(1): p. 7-9.
- Sciencelab. 2012. *Material Safety Data Sheet of p-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, resveratrol, epicatechin, and quercetin* Sciencelab. Editor. Houston.
- Waterhouse, A. 1999. *Folin-Ciocalteu Micro Method for Total Phenol in Wine*.





- 
- Wee, J.H., Moon, J.H., Eun, J.B., Chung, J.H., Kim, Y.G., dan Park, K.H. 2007. *Isolation and Identification of Antioxidants from Peanut Shells and the Relationship between Structure and Antioxidants Activity*. Food Sci. Biotechnol. **16**: p. 116-122.
- Win, M.M., Abdul-Hamid, A., Baharin, B.S., Anwar, F., Sabu, M.C., dan Pak-Dek, M.S. 2011. *Phenolic Compounds And Antioxidant Activity Of Peanut's Skin, Hull, Raw Kernel and Roasted Kernel Flour*. Pak. J. Bot. **43(3)**: p. 1635-1642.
- Yu, Y.J., Chen, B., Chen, Y., Xie, M., Duan, H., Li, Y., dan Duan, G.L. 2009. *Nitrogen-protected microwave-assisted extraction of ascorbic acid from fruit and vegetables*. Journal of Science. **32**: p. 4227-4233.