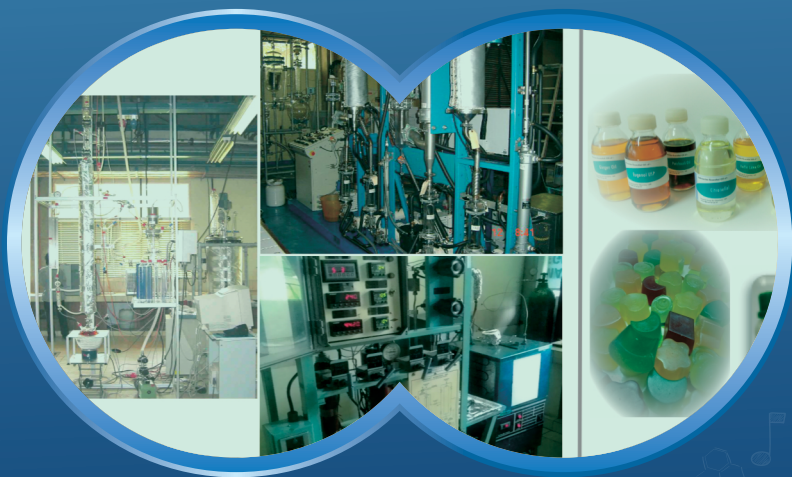




ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET BIDANG TEKNOLOGI KIMIA

PENERAPAN TEKNOLOGI NONKONVENSIONAL DALAM EKSTRAKSI KOMPONEN UTAMA ATSIRI DAN PRODUK TURUNANNYA DI INDONESIA



OLEH:
ANNY SULASWATTY

LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
JAKARTA, 20 AGUSTUS 2019

**PENERAPAN TEKNOLOGI
NONKONVENSIONAL DALAM EKSTRAKSI
KOMPONEN UTAMA ATSIRI DAN PRODUK
TURUNANNYA DI INDONESIA**

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

All Rights Reserved



**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG TEKNOLOGI KIMIA**

**PENERAPAN TEKNOLOGI
NONKONVENSIONAL DALAM
EKSTRAKSI KOMPONEN UTAMA
ATSIRI DAN PRODUK TURUNANNYA
DI INDONESIA**

**OLEH:
ANNY SULASWATTY**

**LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
JAKARTA, 20 AGUSTUS 2019**

BIODATA RINGKAS



Anny Sulaswatty, lahir di Bandung pada 11 Agustus 1957, adalah anak kelima dari Bapak H. R. Taman Soejono dan Ibu Hj. R. Toeti Soelastri. Menikah dengan R. M. Bambang Sugeng, S.E., dikaruniai dua anak, Rr. Biantika Kusuma Wardhani, S.E. yang menikah dengan Alisyah Jaya Samosir, S.T., dan R. Biantoro Kusumo Setiawan, S.T.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 25/K Tahun 2017 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama/IVe terhitung 01 April 2017. Kemudian berdasarkan Surat Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Nomor 160/A/2019 tanggal 7 agustus 2019 tentang Pembentukan Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan pidato Pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Ign Slamet Riyadi Bandung, tahun 1969; Sekolah Menengah Pertama Negeri 4 Bandung, tahun 1972; dan Sekolah Menengah Atas Negeri 3 Bandung, tahun 1975. Memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Institut Teknologi Bandung (ITB), tahun 1981; gelar Magister *Applied Chemistry* dari *Tokyo University of Agriculture and Technology*, Jepang, tahun 1988; dan gelar Doktor bidang *Food Science* dari Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 1998.

Mengikuti beberapa pelatihan yang terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain *General Exchange Program JSPS on High Separation Tech., Specialization Development of Extraction Essential Oil Component By Supercritical Fluid Extraction System* di Kumamoto University, Jepang (2003).

Pernah menduduki jabatan struktural sebagai Kepala Laboratorium Operasi Teknik Kimia, Pusat Penelitian Kimia LIPI (2001–2003); Kepala Bidang Jasa Iptek, Pusat Penelitian Kimia LIPI (2003–2004); Asisten Deputi Bidang MIPA Kementerian Riset dan Teknologi (2005–2009); Kepala Biro Hukum dan Humas Kementerian Riset dan Teknologi (2009–2013) serta Asisten Deputi Bidang Jaringan Penyedia dengan Lembaga Regulasi Kementerian Riset dan Teknologi (2013).

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Asisten Peneliti Muda golongan III/a tahun 1989, Asisten Peneliti Madya golongan III/b tahun 1990, Ajun Peneliti Madya golongan III/c tahun 1992, Ajun Peneliti Madya, golongan III/c tahun 1997, Peneliti Madya, golongan IV/a tahun 1999, Ahli Peneliti Muda golongan IV/b tahun 2002, Ahli Peneliti Madya golongan IV/b tahun 2005, dan memperoleh jabatan Peneliti Ahli Utama golongan IV/e bidang Teknik Kimia tahun 2015.

Menghasilkan 71 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain, dalam bentuk buku, jurnal, makalah, dan prosiding yang diterbitkan, baik di tingkat nasional maupun internasional, dan 30 di antaranya ditulis dalam bahasa Inggris serta telah menghasilkan 2 paten terdaftar.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing skripsi (S1) pada Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Indonesia, Universitas Surya, Universitas Pamulang, dan Universitas Negeri Malang. Selain itu juga membimbing dan menjadi penguji tesis (S2) dan disertasi (S3) di Institut Pertanian Bogor dan Universitas Indonesia.

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah sebagai pengurus dan anggota di Himpunan Kimia Indonesia (HKI), Dewan Atsiri Indonesia (DAI), Asosiasi Alumni JSPS Indonesia (JAAI),

Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia (Maksi), Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI), Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo), Persatuan Alumni Jepang (Persada), dan Asosiasi Peneliti Atsiri Indonesia (APAI).

Menerima tanda penghargaan Satyalancana Karya Satya 10 Tahun (1998), Satyalancana Karya Satya 20 Tahun (2003), dan Satyalancana Karya Satya 30 Tahun (2013) dari Presiden RI.

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS.....	v
PRAKATA PENGUKUHAN.....	xi
I. PENDAHULUAN.....	1
II. PERSPEKTIF PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PROSES EKSTRAKSI DAN PENYULINGAN MINYAK ATSIRI.....	5
2.1 Perkembangan Teknologi Proses Ekstraksi Atsiri.....	5
2.2 Pengembangan Teknologi Proses Penyulingan.....	6
III. PERAN TEKNOLOGI EKSTRAKSI DAN PEMURNIAN NON- KONVENSIONAL UNTUK PENINGKATAN MUTU MINYAK ATSIRI.....	9
3.1 Aplikasi Fluida Superkritik dalam Ekstraksi Komponen Utama Atsiri.....	9
3.2 Aplikasi Ultrasonikasi untuk Meningkatkan Ekstraksi Komponen Aktif Atsiri.....	13
3.3 Teknologi Distilasi Fraksionasi untuk Pemurnian Komponen Utama Minyak Atsiri.....	17
IV. PENGEMBANGAN KOMPONEN ATSIRI SEBAGAI PRODUK TURUNANNYA.....	20
V. KESIMPULAN.....	27
VI. PENUTUP.....	29
UCAPAN TERIMA KASIH.....	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN.....	37
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH.....	47
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	59

**PRAKATA PENGUKUHAN
ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG TEKNOLOGI KIMIA**

Bismillaahirrahmaanirrohiim.

Assalaamu 'alaikum warahmatullaahi wabarakatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset yang mulia dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama, marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga pada kesempatan ini, kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir dalam acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul;

**“PENERAPAN TEKNOLOGI NONKONVENSIONAL
DALAM EKSTRAKSI KOMPONEN UTAMA ATSIRI
DAN PRODUK TURUNANNYA DI INDONESIA”**

I. PENDAHULUAN

Minyak yang terdapat di alam dibagi menjadi tiga golongan, yaitu minyak mineral (*mineral oil*), minyak nabati dan hewani yang dapat dimakan (*edible fat*), dan minyak atsiri (*essential oil*). Minyak atsiri dikenal juga sebagai minyak eteris (*aetheric oil*), minyak esensial, minyak terbang, serta minyak aromatik yang biasanya terdiri dari senyawa organik bergugus alkohol, aldehid, keton, dan berantai pendek. Wujudnya berupa cairan lembut, bersifat aromatik kental pada suhu ruangan, namun mudah menguap sehingga memberikan aroma yang khas sebagai bahan dasar wangi-wangian. Minyak ini diperoleh dari ekstrak atau penyulingan bunga, biji, daun, kulit batang, kayu, dan akar tumbuh-tumbuhan¹.

Secara global, tanaman penghasil minyak atsiri diperkirakan berjumlah 150–200 spesies tanaman, yang termasuk dalam Famili Pinaceae, Labiatae, Compositae, Lauraceae, Myrtaceae, dan Umbelliferaceae. Di Indonesia dikenal sekitar 40 jenis tanaman penghasil minyak atsiri, namun baru sekitar 19 jenis minyak atsiri yang dihasilkan (Tabel 1). Dari ke-19 jenis minyak atsiri tersebut, terdapat sembilan jenis minyak yang paling menonjol di Indonesia (Gambar 1), yaitu nilam, serai wangi, cengkih, jahe, pala, kayu manis, akar wangi, kenanga, dan kayu putih^{2,3}.

Teknologi klasik untuk produksi minyak atsiri ada tiga cara, yaitu dengan pengempaan (*pressing*), ekstraksi menggunakan pelarut (*solvent extraction*), dan penyulingan (*distillation*)^{2,4}. Beberapa faktor penghambat perkembangan produksi minyak atsiri di Indonesia, antara lain karena masih lemahnya modal dan penguasaan teknologi proses produksi para perajin atsiri, seperti persyaratan dan ketentuan teknis dalam melakukan proses penyulingan.

Teknik penyulingan minyak atsiri selama ini masih sangat sederhana. Penanganan produksinya pun belum maksimal sehingga rentan untuk mengalami oksidasi, hidrolisis, atau polimerisasi. Minyak atsiri akan terlihat lebih gelap, kehitaman, atau kehijauan akibat kontaminasi dari logam besi (Fe) dan tembaga (Cu). Untuk itu, proses penyulingan minyak yang baik dan benar perlu dikembangkan, agar dapat memenuhi persyaratan mutu.

Parameter mutu minyak atsiri ditentukan oleh sifat-sifat fisika-kimia minyak, seperti bilangan asam, bilangan ester, dan kadar komponen utama minyak, masih rendah dibandingkan dengan standar mutu perdagangan. Faktor lain yang berperan adalah jenis tanaman, umur panen, perlakuan bahan sebelum penyulingan, jenis peralatan yang digunakan dan kondisi proses, perlakuan minyak setelah penyulingan, kemasan dan penyimpanan⁵.

Pada saat ini, pengembangan teknologi yang berdampak nyata dalam meningkatkan ketangguhan suatu bangsa sangat diperlukan, khususnya dalam menghadapi persaingan industri global. Pengkajian yang telah dilakukan oleh para pakar, sampai sekitar tahun 2000, menunjukkan bahwa peluang teknologi nonkonvensional dalam pasar industri atsiri di Indonesia belum begitu memberikan dampak yang signifikan. Hal ini karena penelitian dalam bidang teknologi nonkonvensional masih relatif baru dan belum banyak digunakan di Indonesia. Oleh karena itu, pengembangan teknologi nonkonvensional perlu di dorong agar sumber daya alam Indonesia mempunyai keunggulan komparatif dan berdaya saing dengan negara-negara lain di pasar global.

Senyawa utama atsiri, seperti *eugenol*, *sitronelal*, *sitronelol*, *geraniol*, *isopulegol*, *patchouli alcohol*, *sinamaldehyd*, *miristisin*, *vetiverol*, dan *gingerol* dapat digunakan dalam berbagai sektor komersial, seperti pangan, farmasi, kosmetik, dan industri kimia.

Hal ini menandakan bahwa kebutuhan adanya metode yang tepat dan memiliki standar dalam memurnikan berbagai komponen utama atsiri sangat diperlukan sehingga dapat dikembangkan menjadi bahan aktif lainnya.

Seiring dengan teknologi konvensional yang ada saat ini, pada umumnya membutuhkan waktu yang lama, kurang ramah lingkungan, dan berpotensi memicu kerusakan senyawa. Selain itu, adanya metode alternatif seperti *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE), *Ultrasound-Microwave Assisted Extraction* (UMAE), dan juga Ekstraksi Fluida Superkritik telah dilakukan dan cukup stabil. Akan tetapi, sampai saat ini tidak ada metode tunggal yang dianggap sebagai standar untuk mengekstrak senyawa utama dari tumbuhan dan bahan alam termasuk atsiri⁶.

Ekstraksi komponen utama atsiri dapat dilakukan dengan berbagai prosedur ekstraksi (Gambar 2). Salah satunya melalui metode nonkonvensional yang lebih ramah lingkungan dengan penurunan penggunaan bahan kimia sintetis dan organik sehingga dapat mengurangi waktu operasional, serta hasil dan kualitas ekstrak yang lebih baik. Upaya ini telah dikembangkan selama 20 tahun terakhir untuk meningkatkan hasil keseluruhan dan selektivitas komponen utama dari bahan alam, *ultrasound*, medan listrik berdenyut (*pulsed electric field*), ekstraksi enzimatik (*enzymatic digestion*), ekstrusi, pemanasan *microwave*, pemanasan ohmik, fluida superkritik, dan *accelerated solvent* yang telah dipelajari sebagai metode nonkonvensional^{5,7}. Pada saat yang sama, ekstraksi metode konvensional, seperti *Soxhlet* masih dianggap sebagai salah satu metode referensi untuk membandingkan keberhasilan metodologi yang baru dikembangkan.

Penelitian untuk meningkatkan kemampuan penguasaan teknologi ekstraksi atsiri ini telah dilakukan di LIPI sejak tahun 1990 secara berkelanjutan, dengan harapan bangsa Indonesia

dapat menjadi pelaku industri atsiri yang lebih efektif, efisien, dan berdaya guna⁸.

Penelitian berbasis fluida superkritik di Indonesia telah digeluti mulai tahun 1990-an dan berkembang pula di berbagai lembaga penelitian serta perguruan tinggi, seperti yang telah dilakukan pada 1998 tentang “Karakteristik pemekatan karotenoid minyak sawit dengan teknik fluida CO₂ superkritik”⁹.

Selain Teknologi Ekstraksi Fluida Superkritik, Teknologi Ultrasonikasi sebagai *Pretreatment Technology* dan Teknologi nonkonvensional lainnya, seperti Distilasi Fraksionasi Vakum guna memperoleh produk turunannya, akan berperan aktif dalam aplikasi di bidang ekstraksi komponen utama dari atsiri Indonesia^{5,8,10}. Untuk meningkatkan nilai tambah atsiri hingga diperoleh produk turunannya, selain melalui tahap fraksionasi vakum juga dapat dilakukan dengan sintesis kimia. Turunan senyawa sitronelal dan geraniol seperti hidroksi sitronelal, mentol sintesis, ester geraniol dan sitronelol serta metil eugenol banyak dibutuhkan industri formulasi parfum berkualitas tinggi, *flavor, fragrance, obat-obatan, attractant dan repellent*¹¹.

Dalam orasi ini akan dipaparkan intisari dari rangkaian hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan bersama tim, mencakup pengembangan teknologi ekstraksi, distilasi dan fraksionasi serta sintesis dan formulasi produk turunannya untuk memecahkan permasalahan tersebut.

II. PERSPEKTIF PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PROSES EKSTRAKSI DAN PENYULINGAN MINYAK ATSIRI

2.1 Perkembangan Teknologi Proses Ekstraksi Atsiri

Pengembangan teknik ekstraksi minyak atsiri guna meningkatkan mutu dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Proses pemurnian secara fisika, yaitu melalui metode penarikan air, penyaringan, sentrifugasi, redistilasi, filtrasi membran, gravitasi papan bertingkat, distilasi fraksionasi, distilasi molekuler, dan ekstraksi fluida CO₂ superkritis. Sementara itu, pemurnian secara kimia dilakukan antara lain melalui flokulasi, adsorpsi, dan kromatografi kolom^{5,12}.

Teknologi ekstraksi bahan alam dilakukan antara lain dalam bentuk simplisia nabati, hewani, bahan mineral, sediaan galenik (sarian) atau campuran bahan-bahan tersebut yang ada di Indonesia. Berdasarkan hal itu, energi/suhu ekstraksi dibagi dua bagian, yaitu ekstraksi dingin (maserasi, perkolasi) dan ekstraksi panas (refluks, sokletasi, digesti). Standardisasi proses merupakan kaidah penting yang harus dilaksanakan dalam ekstraksi bahan alam. adanya standardisasi ini dilakukan sejak pemanenan sampai pengendalian mutu ekstrak agar tercapai kesesuaian, keamanan, dan kualitas antar-*batch* produksi ataupun dalam produksi itu sendiri.

Sementara itu, prinsip *solvent extraction* adalah upaya pemisahan komponen berdasarkan perbedaan kelarutan. Upaya ini dilakukan dengan cara melarutkan bahan minyak atsiri ke dalam bahan dengan pelarut yang mudah menguap. Ekstraksi ini umumnya baik untuk bunga-bunga atau minyak atsiri yang mudah rusak oleh pemanasan^{2,8}.

Penelitian kualitatif dan kuantitatif senyawa utama dari bahan tanaman atsiri, sebagian besar bergantung pada pemilihan metode ekstraksi yang tepat. Faktor yang paling umum mempengaruhi proses ekstraksi adalah sifat matriks dari bagian tanaman, pelarut, suhu, tekanan, dan waktu. Secara karakteristik, senyawa utama tetap bersama dengan senyawa lain yang ada dalam tumbuhan. Senyawa utama dapat diidentifikasi dan dicirikan dari berbagai bagian tanaman, seperti akar, batang, kulit, daun, dan bunga. Sebagai hasil dari peningkatan teknologi dan pengembangan teknik yang luas ini, ekstrak atsiri, herbal, aditif pangan bahkan pada sektor pestisida alami menjadi terfokus pada molekul bioaktif dari sumber alami⁷.

2.2. Pengembangan Teknologi Proses Penyulingan

Minyak atsiri merupakan campuran senyawa yang mudah menguap dan tiap senyawa memiliki titik didih serta tekanan uap yang spesifik¹¹. Pada umumnya, metode penyulingan minyak atsiri dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu 1) penyulingan dengan sistem air (*water distillation*); 2) penyulingan dengan air dan uap (*water and steam distillation*); dan 3) penyulingan dengan uap langsung (*direct steam distillation*).

Penerapan metode tersebut didasarkan pada jenis bahan baku tanaman, karakteristik minyak, proses difusi minyak dengan air panas, dekomposisi minyak akibat efek panas, efisiensi produksi dan alasan nilai ekonomis serta efektivitas produksi. Penyulingan adalah proses pemisahan komponen yang berdasarkan perbedaan titik uapnya dan proses ini dilakukan terhadap minyak atsiri yang tidak larut dalam air^{2,13}, juga pada perbedaan tekanan uap dari masing-masing zat tersebut¹¹. Pemisahan minyak tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan titik didih (tekanan uap) di antara komponen-komponen bahan.

Lama penyulingan bergantung dari cara, kapasitas ketel suling, dan kecepatan penyulingan. Untuk penyulingan secara uap air, lamanya antara 5–10 jam, sedangkan untuk penyulingan dengan uap langsung, berkisar antara 4–6 jam¹³. Selanjutnya, lama penyulingan dapat diperkirakan dengan dasar, misalnya kandungan minyak serai wangi maksimal dalam rendemen sebesar 0,6–1,2%. Untuk penyulingan secara uap air, kecepatan penyulingan yang baik sebesar 0,6 kg uap/kg untuk daun serai wangi. Pada penyulingan dengan uap langsung yang tertera pada Gambar 3, tekanan uap semula 1,0 atm, kemudian dinaikan secara bertahap dan diakhiri pada tekanan sebesar 2,5–3 atm. Hal ini disebabkan karena fraksi berat seperti geraniol, baru akan tersuling pada suhu tinggi atau waktu penyulingan cukup lama, sedangkan sitronelal berada pada awal proses. Sitronelal dan total geraniol adalah fraksi yang menentukan mutu minyak serai wangi, makin besar kandungannya dalam minyak akan makin tinggi mutu minyak serai wangi^{13,14}.

Pengembangan proses penyulingan minyak atsiri untuk mendapatkan rendemen yang tinggi, salah satunya dilakukan dengan memodifikasi sistem sambungan ketel penyulingan dengan kondensor yang menyerupai leher angsa (Gambar 4). Perubahan pipa keluaran tutup ketel berdiameter besar ke ukuran lebih kecil yang menyerupai leher angsa tersebut diharapkan semua campuran uap air-minyak akan mengarah ke kondensor sehingga mengurangi uap yang terkondensasi sebelum masuk ke kondensor.

Penyulingan dengan alat sistem leher angsa meningkatkan efisiensi kondensor untuk mengondensasikan kondensat hingga mencapai suhu 32,27°C adalah 94,51%, di mana debit air pendingin rata-rata adalah 0,12 l/det¹⁵. Selain itu, dilakukan dengan cara peningkatan tekanan uap air secara bertahap. Proses pe-

ningkatan tekanan uap air secara bertahap membuat rendemen minyak serai wangi meningkat signifikan. Ini terbukti pada penyulingan minyak nilam dari rendemen 1,2% menjadi 1,5–2% dan dengan sistem peningkatan tekanan secara bertahap menjadi 2,39%¹⁵.

Dalam produksi minyak atsiri, sentuhan teknologi tidak bisa lepas untuk menghasilkan rendemen dan kualitas minyak yang baik, dan sudah dikembangkan sistem penyulingan uap langsung. Pengembangan sistem proses dilakukan dengan peningkatan tekanan uap air secara bertahap, modifikasi sistem leher angsa antara sambungan ketel distilasi dan kondensor, menghasilkan peningkatan rendemen minyak cukup signifikan. Modifikasi ini dapat memberikan peningkatan rendemen hingga 60%¹⁵. Peningkatan skala produksi penyulingan minyak atsiri dari kapasitas 1 kg hingga 300 kg bahan baku, sudah dilakukan oleh Savitri dkk. (2009)¹⁶ dan dihasilkan minyak atsiri yang sesuai dengan persyaratan SNI¹⁷. (Gambar 5)

Jahe adalah jenis tanaman atsiri yang biasanya digunakan sebagai bumbu masakan, bahan minuman dan obat herbal. Selain penggunaan mentah, minyak esensial jahe memiliki banyak keunggulan sebagai antimikroba aktif dan antioksidan¹⁸. Ada banyak metode untuk mengekstrak minyak esensial jahe, salah satunya dilakukan dengan distilasi uap, di mana dengan variasi waktu proses dan laju alir uap diperoleh kondisi terbaik pada 0,35 ml/detik laju alir uap dengan 2,43% minyak selama 7,5 jam. Komposisi minyak bervariasi bergantung pada laju alir uap¹⁹. Komposisi *curcumene* dalam minyak meningkat dengan meningkatnya laju aliran uap yang diterapkan, tetapi komposisi *camphene* menurun¹⁰.

III. PERAN TEKNOLOGI EKSTRAKSI DAN PEMURNIAN NONKONVENSIONAL UNTUK PENINGKATAN MUTU MINYAK ATSIRI

Tantangan utama ekstraksi konvensional adalah pada panjangnya waktu ekstraksi, persyaratan kemurnian pelarut yang tinggi dan mahal, penguapan sejumlah besar pelarut, selektifitas ekstraksi yang rendah dan dekomposisi termal dari senyawa termo labil⁷. Untuk mengatasi keterbatasan ini, teknik ekstraksi baru dan prospektif sudah mulai gencar diperkenalkan. Teknik-teknik ini disebut teknik ekstraksi nonkonvensional. Beberapa yang cukup prospektif adalah teknik ekstraksi dengan perlakuan awal ultrasonikasi, atau ekstraksi dibantu oleh enzim (*enzyme-assisted extraction, EAE*), ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro (*microwave assisted extraction, MAE*), *pulsed electric field assisted extraction* (PEF), ekstraksi fluida superkritis (SFE)^{7,20}, dan ekstraksi fluida bertekanan. Beberapa teknik ini dianggap sebagai ‘teknik hijau’ dengan memenuhi standar yang ditetapkan oleh *Environmental Protection Agency, AS*. Ini termasuk merancang perpaduan bahan kimia yang tidak berbahaya; lebih aman, desain untuk efisiensi energi, penggunaan bahan baku terbarukan, katalisis, desain untuk mencegah degradasi, untuk pencegahan pencemaran dan secara kimia inheren lebih aman untuk pencegahan kecelakaan.

3.1 Aplikasi Fluida Superkritis dalam Ekstraksi Komponen Utama Atsiri

Setiap zat di alam ini memiliki tiga kondisi dasar, yaitu padat, cair, dan gas. Keadaan superkritis adalah keadaan yang khas dan hanya dapat dicapai jika suatu zat terkena suhu dan tekanan di luar titik kritisnya. Dalam keadaan superkritis, sifat spesifik gas dan/atau fluida menjadi hilang, yang berarti fluida superkritis

tidak dapat dicairkan dengan memodifikasi suhu dan tekanan. Fluida superkritis memiliki sifat seperti gas dari difusi, viskositas, dan tegangan permukaan, serta densitas seperti fluida dan kekuatan solvasi. Sifat-sifat ini membuatnya cocok untuk mengekstrak senyawa dalam waktu singkat dengan hasil yang lebih tinggi^{7,9}. Sistem ekstraksi fluida superkritis (SFE) terdiri dari bagian-bagian berikut: tangki fase gerak, biasanya CO₂, pompa untuk menekan gas, bejana pelarut bersama dan pompa, oven yang berisi bejana ekstraksi, pengontrol untuk mempertahankan tekanan tinggi di dalam sistem dan bejana perangkap. Biasanya jenis meter yang berbeda seperti flow meter, meteran gas kering/basah dapat dilekatkan pada sistem.

Diagram instrumentasi dan mekanisme SFE di Pusat Penelitian Kimia LIPI, tertera pada Gambar 6. Karbon dioksida dianggap sebagai pelarut yang ideal untuk SFE. Suhu kritis CO₂ (31°C) dekat dengan suhu ruangan, dan tekanan kritis rendah (74Bar) menawarkan kemungkinan untuk beroperasi pada tekanan sedang, umumnya antara 100 dan 450 bar²⁰.

Satu-satunya kelemahan karbon dioksida adalah polaritasnya yang rendah sehingga membuatnya ideal untuk lemak, lemak dan senyawa nonpolar, tetapi tidak cocok untuk sebagian besar obat-obatan dan sampel obat. Keterbatasan polaritas rendah karbon dioksida telah berhasil diatasi dengan penggunaan *chemical modifier* seperti dichloromethane (CH₂Cl₂) dapat meningkatkan ekstraksi yang sama untuk hidrodistilasi selama empat jam⁷.

Keberhasilan ekstraksi senyawa utama dari bahan alam sangat bergantung pada parameter SFE yang *tuneable* untuk memaksimalkan manfaat dari teknik ini. Variabel utama yang mempengaruhi efisiensi ekstraksi adalah suhu, tekanan, ukuran partikel dan kadar air, waktu ekstraksi, laju aliran CO₂, dan *solvent feed ratio*^{20,21}.

Keuntungan menggunakan fluida superkritis untuk ekstraksi senyawa utama dapat dipahami, karena fluida superkritis memiliki koefisien difusi tinggi dan viskositas rendah serta tegangan permukaan dari pelarut liquid, yang mengarah ke penetrasi lebih ke matriks sampel dan transfer massa yang menguntungkan. Waktu ekstraksi dapat dikurangi secara substansial oleh SFE dibandingkan dengan metode konvensional. Selektivitas fluida superkritis lebih tinggi dari pelarut cair karena daya solvasinya dapat diatur dengan mengubah suhu dan atau tekanan, serta ramah lingkungan.

Selanjutnya, telah dan sedang dikembangkan juga teknologi untuk minyak atsiri lainnya, seperti minyak cengkih, nilam, akar wangi, kenanga, serai wangi, kayu manis, lada, jahe, kayu putih, cendana, pala, dan gaharu. Hasilnya menunjukkan peningkatan rendemen dan mutu.

Teknik pemurnian yang telah dikembangkan sejak 1999 ini, sudah mencapai purifikasi cukup tinggi, misalnya pemurnian minyak nilam dengan ekstraksi fluida karbondioksida (CO_2) superkritis menghasilkan fraksi berat dengan *yield patchoulli alcohol* total mencapai 88,92%¹⁴. Selain itu, pemurnian minyak akar wangi menggunakan SFE menghasilkan total vetiverol sebesar 51,82%²².

Perkembangan teknik ekstraksi lainnya, guna peningkatan mutu minyak atsiri dapat dilakukan secara fisika dan kimia seperti penyulingan hampa udara terfraksi (*vacuum fraction distillation*), penyulingan ulang (*redistillation*) sistem kohobasi, dan flokulasi.

Beberapa peneliti menggunakan superkritis CO_2 untuk ekstraksi teh hijau dan menurut Wang *et al.*, (2001) dapat mengekstrak akar ginseng dan terbukti meningkatkan rendemen²³, sedangkan Badalyan (1998) mengekstraksi oleoresin jahe

menggunakan etanol sebagai *co-solvent* dengan metode SFE²⁴. Menurut Talansier *et al* (2008), SFE dapat meningkatkan rendemen akar wangi sebesar 14–29% dibandingkan hidrodistilasi²⁵. Dari beberapa literatur di atas bahwa SFE dapat meningkatkan rendemen ekstrak dibandingkan ekstraksi yang konvensional²². Penelitian telah membuktikan bahwa selektifitas ekstraksi menggunakan fluida superkritis lebih tinggi dibandingkan menggunakan cara konvensional. Hal ini terutama dipengaruhi oleh sifat fisika-kimia fluida tersebut dan proses transfer massa yang terjadi. Pada akhirnya, teknologi fluida superkritis bisa diterapkan dalam berbagai industri lain, misalnya, makanan, pewarnaan, *consumer good*, pengolahan limbah, ataupun sintesis kimia²⁶.

Fraksionasi minyak serai wangi rakyat sebagai langkah pemurnian telah dikaji menggunakan ekstraksi fluida superkritis (SFE) CO₂ dengan variasi tekanan, temperatur, laju alir CO₂ dan waktu proses²⁰. Dari penelitian yang dilakukan telah berhasil mendapatkan perubahan *yield*, densitas, viskositas serta komposisi kandungan sitronellal, sitronellol, geraniol, dan diperoleh *yield* ekstrak minyak serai lebih tinggi dan bening. Guna meningkatkan *yield* minyak serai, perlu memodifikasi kondisi proses secara faktorial, agar didapat hasil yang lebih optimal.

Terkait dengan karakteristik ekstraksi minyak pala dari biji pala untuk memperoleh minyak pala kaya miristisin, telah dikaji model secara mendalam menggunakan teknologi fluida superkritis oleh Machmudah, dkk. (2006)²⁷. Minyak pala diekstraksi dari biji pala pada tekanan 15–20 MPa dan suhu 40–50°C dengan CO₂ superkritis. Efek dari parameter pemisahan seperti suhu, tekanan, laju alir CO₂ dan ukuran partikel pada laju proses tingkat ekstraksi minyak pala diamati. Model *Broken and Intact Cells* (BIC) dikombinasikan dengan kesetimbangan fase diskontinu antara fase cair dan fase padat, dan *Shrinking Core Model* dipilih untuk menggambarkan proses ekstraksi²⁷.

Teknologi ekstraksi fluida CO₂ superkritik secara berkelanjutan diteliti untuk berbagai atsiri yang ada di Indonesia, seperti jahe, guna memperoleh ekstrak dengan komponen utama yang dominan. Dihasilkan *yield* tertinggi (2,9%) dicapai dengan menggunakan suhu 40°C dan tekanan 4500 Psi selama 4 jam²⁸. Namun, dengan menggunakan metode *the curve-fitting*, direkomendasikan untuk menggunakan suhu 42°C dan waktu selama 5,12 jam. Tiga komponen bioaktif utama dari ekstrak ini adalah *curcumene*, *zingiberene*, dan *β-sesquippellandrene*¹⁰.

3.2 Aplikasi Ultrasonikasi untuk Meningkatkan Ekstraksi Komponen Aktif Atsiri

Peningkatan proses ekstraksi dibantu ultrasonikasi (UEA) telah diterapkan untuk makanan dan industri terkait termasuk herbal, minyak, protein, dan bioaktif dari bahan tanaman dan hewan (misalnya polifenol, *anthocyanin*, senyawa aromatik, polisakarida, dan senyawa fungsional) dengan peningkatan hasil komponen yang diekstraksi, peningkatan laju ekstraksi, pengurangan waktu ekstraksi, dan pemrosesan yang lebih tinggi^{29,30}. *Ultrasound* dapat meningkatkan proses ekstraksi dan memungkinkan peluang proses ekstraksi komersial baru. Pendekatan pemrosesan UEA telah dikaji, termasuk (a) potensi modifikasi bahan sel tanaman untuk menyediakan bioavailabilitas nutrisi mikro yang ditingkatkan dengan mempertahankan kualitas alaminya, (b) ekstraksi dan enkapsulasi simultan, (c) *quenching* dari sonokimia radikal terutama dalam sistem cair untuk menghindari degradasi bioaktif, dan (d) potensi penggunaan sonokimia radikal untuk mencapai hidrosilasi polifenolik dan karotenoid untuk meningkatkan bioaktivitas.

Cara kerja metode ultrasonik tertera pada Gambar 7, di mana gelombang ultrasonik terbentuk dari pembangkitan ultrasonik secara lokal dari kavitasasi mikro pada sekeliling bahan yang akan

diekstraksi sehingga terjadi pemanasan pada bahan tersebut, dan melepaskan senyawa ekstrak³¹. Terdapat efek ganda yang dihasilkan, yaitu pengacauan dinding sel sehingga membebaskan kandungan senyawa yang ada di dalamnya, pemanasan lokal pada fluida, dan meningkatkan difusi ekstrak³². Energi kinetik dilewatkan ke seluruh bagian fluida, diikuti dengan munculnya gelembung kavitasi pada dinding atau permukaan sehingga meningkatkan transfer masa antara permukaan padat-cair. Efek mekanik yang ditimbulkan adalah meningkatkan penetrasi dari fluida menuju dinding membran sel, mendukung pelepasan komponen sel, dan meningkatkan transfer massa³³. Kavitasi ultrasonik menghasilkan daya patah yang akan memecah dinding sel secara mekanis dan meningkatkan transfer material³⁴. Ultrasonik bersifat *non-destructive* dan *non-invasive* sehingga dapat dengan mudah diadaptasikan ke berbagai aplikasi, salah satu manfaat metode ekstraksi ultrasonik adalah untuk mempercepat proses ekstraksi³⁵.

Ultrasonik Sistem Tanduk Getar

Beberapa jenis konfigurasi reaktor gelombang ultrasonik antara lain: sistem tanduk getar, *batch*, rambatan frekuensi ganda, rambatan frekuensi triple, sistem *batch* dengan getaran longitudinal, *homogenizer* tekanan tinggi, *homogenizer* kecepatan tinggi dan *plat orifice*³⁶. Salah satu sistem ultrasonik yang sering digunakan adalah ultrasonik tanduk getar. Ultrasonik tanduk getar menggunakan gelombang yang ditransmisikan dengan frekuensi 16–30 kHz dengan daya hingga 240W. Luas penampang iradiasi bergantung dari kedalaman celup tanduk getar dan bisa digunakan untuk mengatur intensitas iradiasi. Konfigurasi ultrasonik sistem tanduk getar ini bisa digunakan untuk kebutuhan merusak jaringan sel tanaman, homogenisasi, dan proses-proses percepatan reaksi kimia³⁷.

Sistem tanduk getar terdiri dari generator pembangkit gelombang ultrasonik, tanduk getar, pengatur frekuensi, dan amplitudo. Penyangga tanduk getar bisa menggunakan rangka atau statif³⁷. Efisiensi pembangkit gelombang ultrasonik jenis ini paling rendah dibandingkan jenis lain yang telah berkembang. Efisiensi rambatan energi dari tanduk getar ke fluida terhadap input total energi berkisar 7,6%³⁷.

Penggunaan ultrasonik pada dasarnya menggunakan prinsip dasar sifat akustik gelombang ultrasonik yang dirambatkan melalui medium yang dilewati. Pada saat gelombang merambat, medium yang dilewatinya akan mengalami getaran. Getaran akan memberikan pengadukan yang intensif terhadap proses ekstraksi. Pengadukan akan meningkatkan osmosis antara bahan dengan pelarut sehingga akan meningkatkan proses ekstraksi. Ekstraksi dan karakterisasi minyak atsiri dari tanaman serai wangi (*Cymbopogon*) telah dilakukan menggunakan *Ultrasonic Assisted Hydrodistillation* (UAHD) dengan hasil 1,37% minyak³⁸. *Ultrasonic-Assisted Hydrodistillation* (UAHD), metode distilasi yang memanfaatkan pemanasan ultrasonik dengan hidrodistilasi konvensional, baru-baru ini telah banyak dilakukan untuk ekstraksi minyak esensial dari tanaman obat dan herbal karena teknologi hijau. Salah satu cara dalam memaksimalkan efisiensi suatu metode adalah mengoptimalkan kondisi parameternya untuk mendapatkan hasil maksimum, seperti UAH dalam ekstraksi minyak atsiri jahe (*Zingiber Officinale Roscoe*) dan serai wangi (*Cymbopogon nardus*). Pengaruh tiga faktor utama, yaitu daya *microwave*, waktu ekstraksi, dan air terhadap rasio bahan baku diselidiki untuk mengoptimalkan kondisi operasi ekstraksi guna memperoleh hasil minyak maksimum. Hasilnya, kondisi terbaik yang telah ditentukan untuk produksi minyak atsiri maksimum berada di bawah 60 kecepatan ultrasonik, daya selama 90 menit pada air untuk rasio bahan baku 8: 1. Kondisi optimum ini

diselesaikan berdasarkan hasil maksimum dari jahe dan serai wangi yang masing-masing 0,85% (b/b) dan 1,37% (b/b).

Teknik ultrasonik telah dilakukan pula untuk mengetahui pengaruh perlakuan sonikasi terhadap karakteristik ekstraksi minyak atsiri serai wangi³⁸. Perlakuan awal dilakukan dengan memvariasikan waktu sonikasi, *SF Ratio*, dan amplitude, dilanjutkan dengan hidrodistilasi pada 116–120°C selama 8 jam. Minyak serai wangi yang dihasilkan bersifat larut dalam etanol 80% dengan bobot jenis 0,9136 g/ml serta nilai indeks bias sebesar 1,472–1,474 sesuai dengan SNI 06-3593-1995³⁹. Rendemen minyak serai wangi 1,62% diperoleh pada waktu sonikasi 60 menit, *SF Ratio* 20:1, dan amplitudo 90% dengan komponen utama *Citronella* (13,67%), *Citronellol* (21,18%), dan *Geraniol* (21,32%). Perlakuan awal sonikasi telah mempersingkat waktu hidrodistilasi 47,54%⁴⁰.

Teknik ultrasonik sebagai *pretreatment*, dilakukan guna mempelajari karakterisasi ekstrak dan minyak daun jambang (*syzygium cumini*) hasil maserasi dan hidrodistilasi dengan perlakuan awal sonikasi⁴¹ dan minyak nilam⁴². Perlakuan sonikasi dapat meningkatkan *yield* sebesar 2,3 kali lipat pada ekstrak jambang dengan amplitudo 90% selama 60 menit. Komponen senyawa utama pada minyak daun jambang adalah α -*eudesmol* (35,12%), *guaiol* (23,99%), dan γ -*eudesmol* (10,10%). Secara kualitas, aktivitas antioksidan dan fitokimia, ekstrak daun jambang terbaik diperoleh pada perlakuan amplitudo 30% selama 40 menit.

Minyak daun jambang hasil hidrodistilasi 13 jam dengan perlakuan awal sonikasi memiliki nilai indeks bias 1,49306–1,49700, serta memiliki solubilitas yang baik dalam alkohol dengan total fenol terbaik 3,78 mg asam galat ekuivalen/gram sampel, dan total flavonoid terbaik 14,47 mg *quercetin* ekuivalen/

gram sampel. Ekstrak daun jamblang hasil maserasi dengan sonikasi terbaik memiliki kualitas lebih baik dibandingkan tanpa ultrasonic dengan nilai IC_{50} 10,26 $\mu\text{g/ml}$, total fenol 47,37 mg asam galat ekivalen/gram sampel, serta total flavonoid 26,99 mg *quercetin* ekivalen/gram sampel.

3.3 Teknologi Distilasi Fraksionasi untuk Pemurnian Komponen Utama Minyak Atsiri

Nilai impor Indonesia untuk turunan minyak atsiri sangat tinggi dibandingkan bahan dasarnya, seperti ester sitronelal, mentol, eugenol, vanilin, dan lainnya. Sementara itu, ekspor minyak atsiri Indonesia, masih berupa minyak atsiri mentah (*crude*) yang belum diproses lebih lanjut sehingga menyebabkan tingginya nilai impor dibandingkan dengan ekspor.

Pada tahun 2018, telah berhasil dikembangkan teknologi proses pemurnian minyak atsiri nilam hingga menjadi kristal murni yang secara otomatis akan meningkatkan harga jual minyak atsiri Indonesia¹⁴. Potensi ini bisa membuat minyak atsiri Indonesia menjadi nomor satu. Harga minyak mentah nilam antara Rp900.000,- per liter, namun harga bisa turun, hingga Rp90.000,- per liter. Sementara itu, minyak murni dalam bentuk kristal dijual per gram, pasarnya bukan Singapura, tetapi ke *end user*. Hingga saat ini, belum ada survei terfokus untuk melakukan ini. Data di Kementerian Perdagangan pun masih seputar minyak mentah yang dipasarkan. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian tahun 2017, ekspor minyak atsiri mengalami kecenderungan peningkatan rata-rata per tahun 14%. Pada tahun 2016, ekspor minyak atsiri Indonesia sebesar US\$ 360.900.100⁴³, sedangkan impornya mencapai US\$ 1.043.300.000⁴⁴.

Teknologi nonkonvensional lain untuk pemisahan komponen-komponen dalam minyak atsiri salah satunya dapat dilaku-

kan secara fisika dengan menggunakan distilasi terfraksi vakum. Distilasi terfraksi digunakan untuk menghasilkan perolehan/distilat yang lebih murni, sedangkan vakum dalam proses ini digunakan untuk menjaga agar suhu yang digunakan tidak terlalu tinggi sehingga dapat mencegah kerusakan/dekomposisi bahan akibat panas yang terlalu tinggi dan lama^{26,45,46}. Menurut Foust (1990), prinsip dari distilasi fraksionasi adalah pemisahan campuran yang berbentuk cair berdasarkan perbedaan tekanan uap senyawa-senyawa yang ada dalam campuran tersebut⁴⁷. Proses fraksinasi merupakan suatu seri proses tahapan penguapan *flash* yang tersusun dalam suatu seri uap dan cairan, dari setiap tahap mengalir secara bolak-balik ke tahap berikutnya, di mana cairan akan mengalir ke tahap bawahnya, sedangkan uap mengalir naik dari tahap ke tahap di atasnya.

Pemurnian sitronelal dari minyak serai wangi sebesar 96,10%, pemurnian eugenol dari minyak cengkih sebesar 99% menggunakan distilasi fraksionasi, dan pemurnian *patchouli alcohol* dari minyak nilam sebesar 92% menggunakan distilasi fraksionasi. Bahkan, pengembangan menjadi kristal pun sudah mampu dilakukan. Selanjutnya, dikembangkan penelitian pada turunan dari minyak atsiri dan aplikasinya²⁶.

Dengan distilasi fraksinasi, hasil yang didapat dari proses pemisahan akan memiliki kemurnian yang cukup tinggi, lebih tinggi dibanding dengan distilasi biasa¹⁰. Selain itu, distilasi fraksionasi dalam pemisahannya tidak membutuhkan tambahan bahan lain (*solvent*, gas, dll.). Distilasi fraksionasi ini dilengkapi dengan unit refluks yang digunakan untuk meningkatkan mutu/kemurnian fraksi yang diperoleh. Jenis kolom yang digunakan pada fraksionasi minyak atsiri ini adalah kolom *packed* dan *bubble cap*, kedua kolom tersebut mempunyai luas permukaan yang berbeda. Semakin luas bidang permukaan, laju penguapan akan meningkat^{26,46,47}.

Fraksionasi atau rektifikasi atau distilasi bertahap dengan refluks merupakan suatu seri proses tahapan penguapan flash yang tersusun dalam suatu seri uap dan cairan dari setiap tahap mengalir secara bolak-balik ke tahap berikutnya^{26,46}. Cairan dalam suatu tahap mengalir ke tahap di bawahnya, sedangkan uap mengalir naik dari satu tahap ke tahap di atasnya. Dalam setiap tahap aliran uap (V) dan aliran cairan (L) masuk, bercampur dan mencapai kesetimbangan, kemudian mengalir meninggalkan kesetimbangan.

Perlakuan teoretis untuk distilasi bertingkat memerlukan hubungan antara titik didih komponen cairan atau tekanan uap campuran dan komposisi komponen dalam cairan⁴⁷. Faktor penting yang mempengaruhi pemisahan menjadi fraksi murni adalah waktu distilasi, panjang kolom, isolasi panas, dan rasio refluks^{26,46}.

Pengembangan teknologi lanjut minyak atsiri, dilakukan untuk isolasi sitronelal, sitronelol, geraniol dari minyak serai wangi dengan distilasi fraksinasi pengurangan tekanan, sitronelal yang merupakan komponen utama dari minyak serai wangi, dipisahkan menggunakan distilasi fraksionasi vakum (Gambar 8). Salah satu kegiatan dengan memvariasikan kondisi proses pada perubahan volume distilat, tekanan dan rasio refluks pada distilasi fraksionasi sangat berpengaruh besar terhadap kemurnian sitronelal sehingga diperoleh kondisi optimum pada tekanan 60 mmHg, rasio refluks 20:10, Konsentrasi sitronelal tertinggi diperoleh sebesar 96,10%, dengan rendemen 41,33%^{26,46,48}.

IV. PENGEMBANGAN KOMPONEN KIMIA ATSIRI SEBAGAI PRODUK TURUNANNYA

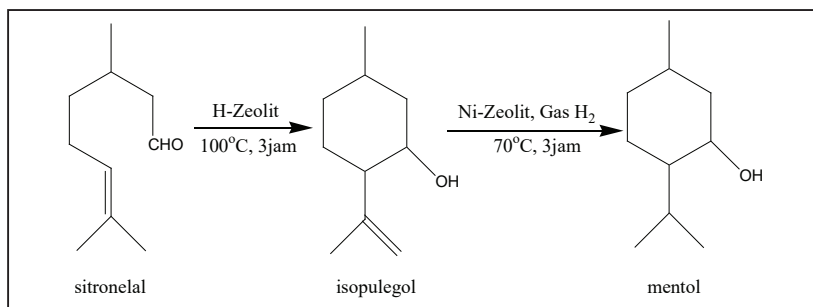
Salah satu peningkatan nilai tambah dari minyak atsiri adalah pengembangan komponen kimia dari minyak atsiri menjadi produk turunannya. Kunci utama dalam pengembangan komponen kimia dari minyak atsiri adalah teknologi yang cocok terhadap minyak atsiri tersebut. Sintesis dan proses pemisahan memegang peranan penting dalam menghasilkan turunan minyak atsiri. Minyak serai wangi dan minyak cengkih merupakan komoditas tanaman Indonesia yang dominan pada dekade ini.

Sebagai bahan yang bisa digunakan dalam wangi-wangian atau formula khusus adalah turunan yang dibuat dari isolat komponen-komponen kimia minyak atsiri. Untuk membuat turunan ini umumnya dilakukan melalui proses kimia, antara lain oksidasi, esterifikasi, hidrogenasi, dan sebagainya. Isolat dan turunannya inilah yang menambah nilai minyak atsiri menjadi lebih tinggi^{5,8}.

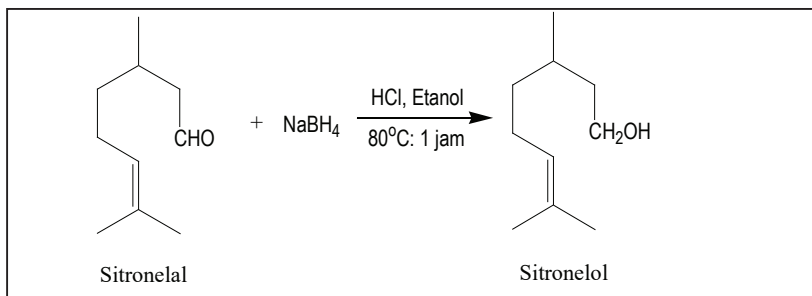
Impor minyak atsiri kebanyakan berupa turunan atau isolat senyawa kimia dari minyak atsiri tersebut yang harganya sangat tinggi dibandingkan dengan bahan dasarnya. Contohnya, ester sitronelal, mentol, eugenol, vanilin, dan lainnya. Sementara itu, ekspor minyak atsiri Indonesia berupa minyak atsiri mentah (*crude*) yang belum diproses lebih lanjut sehingga perlu adanya tahap pengolahan lanjut minyak atsiri guna meningkatkan nilai tambah minyak atsiri Indonesia sehingga memiliki daya saing yang tinggi di pasar global⁵.

Minyak serai wangi merupakan tanaman khas Indonesia yang memiliki berbagai produk turunan (Gambar 9). Sitronelal dan rhodinol (sitronelol dan geraniol) adalah komponen kimia utamanya. Sitronelal dapat dipisahkan dari campuran menggunakan distilasi fraksinasi vakum sampai 96% dalam hal

pemisahan sitronelal, faktor utama yang perlu berpengaruh sekali adalah pemotongan komponen pada tiap fraksi, tekanan vakum dan rasio refluks²⁶. Pada penelitian yang dilakukan oleh Agustian dkk. (2007), sitronelal dengan kemurnian tinggi disintesis menjadi isopulegol²⁶. Pada reaksi siklisasi sitronelal yang merupakan senyawa alifatik, berubah bentuk menjadi senyawa aromatik, hal ini karena adanya reaksi dari katalis yang bersifat asam sesuai dengan Gambar 10. Dengan katalis asam berbasis zeolit alam yang termodifikasi, reaksi siklisasi sitronelal menjadi isopulegol didapat perolehan sebesar 87% pada kondisi 100°C selama 3 jam dan tanpa pelarut⁴⁹. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Adilina dkk. (2015), yaitu konversi sitronelal menjadi mentol menggunakan katalis nikel berbasis zeolit dalam sistem reaksi satu tempat (*one pot*)⁵⁰. Katalis dipreparasi melalui immobilisasi nikel pada zeolit alam dan sintetis. Reaksi katalitik dilakukan pada suhu 70°C dengan reaksi pertama adalah siklisasi sitronelal menjadi isopulegol kemudian dilanjutkan reaksi kedua, yaitu hidrogenasi menjadi mentol pada 2 MPa gas hidrogen. Hasil yang didapat konversi sitronelal menjadi mentol sebesar 24% dan selektivitas katalis sebesar 36%. Ini menunjukkan bahwa turunan dari minyak serai wangi berpotensi meningkatkan nilai tambah minyak serai wangi.



Gambar 10. Reaksi Sitronelal Menjadi Mentol²⁶



Gambar 11. Reaksi Reduksi Citronelal Menjadi Citronelol²⁶

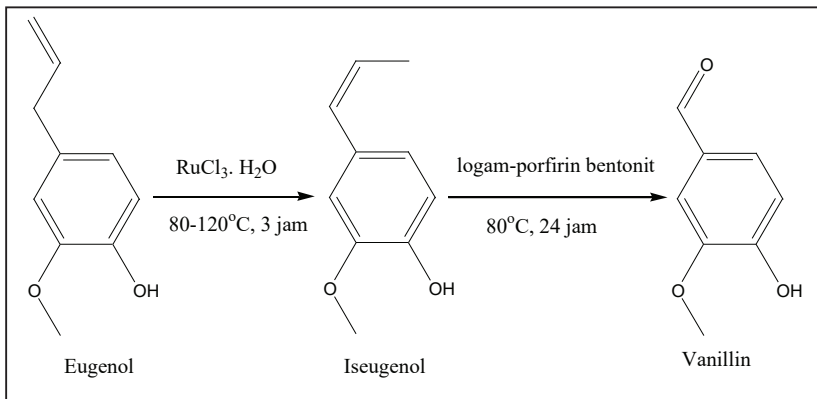
Konversi citronelal menjadi citronelol dapat dilakukan melalui reaksi reduksi, di mana gugus aldehyd pada citronelal akan tereduksi menjadi senyawa alkohol menggunakan NaBH₄ (Gambar 11). Konversi yang terjadi sebesar 94,46% dengan kondisi 80°C, rasio 1:1 (citronelal:NaBH₄) dan 1 jam reaksi⁵¹. Hasil tersebut menunjukkan bahwa citronelol merupakan produk turunan dari minyak serai wangi yang dapat dikonversi dari citronelal.

Minyak cengkih adalah minyak yang dihasilkan dari bagian daun dan batang tanaman cengkih. Usaha peningkatan secara intensif untuk menghasilkan eugenol sebagai komponen utama minyak cengkih menjadi bahan yang lebih berguna sudah dilakukan di laboratorium minyak atsiri Pusat Penelitian Kimia LIPI.

Turunan eugenol digunakan untuk menghasilkan produk, seperti vanili, eugenil eter, metil eter eugenil, eugenil etil eter, eugenil asetat, eugenil sinamate, dimer eugenol, dan eugenil benzoat. Derivatisasi dapat dilakukan dengan menggunakan proses kemokatalitik dan biokatalitik. Beberapa sistem kemokatalisis dan biokatalisis untuk derivatisasi komponen minyak cengkih seperti eugenol menjadi senyawa lain telah dikaji. Biokatalisis atau biotransformasi dapat didefinisikan sebagai penggunaan

sistem biologis (sel utuh, ekstrak seluler atau enzim terisolasi) untuk mengkatalisis konversi suatu senyawa lainnya. Selain sistem kemo katalisis yang umum digunakan untuk derivatisasi minyak cengkih dan senyawa minyak cengkih seperti eugenol menjadi senyawa lain⁵².

Pemisahan eugenol dari minyak cengkih dapat dilakukan secara kimia atau fisika. Menurut Hardjono (2002) eugenol yang terkandung dalam minyak cengkih sebesar 80% dan sisanya kariofilena serta seskuiterpen lain⁵³. Salah satu pengembangan turunan eugenol dari minyak cengkih menjadi vanillin. Proses pembuatan vanilin disintesis melalui dua tahapan, yaitu (i) isomerisasi eugenol menjadi isoeugenol menggunakan katalis $\text{RuCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ sebesar 0,1–5%, pada suhu 80–200°C selama 3 jam dengan komposisi isoeugenol sebesar 91,95% yang diikuti oleh proses fraksionasi, dan (ii) melakukan reaksi oksidasi isoeugenol menjadi vanilin menggunakan katalis logam-porfirin berpepyangga bentonite selama 24 jam didapat selektivitas vanillin sebesar 88% (Gambar 12). Keunggulan metode pembuatan vanilin yang digunakan dalam invensi ini adalah bahan-bahan kimia yang digunakan termasuk bahan kimia ramah lingkungan



Gambar 12. Reaksi Eugenol Menjadi Vanilin⁵⁴

Selain itu, pengembangan teknologi derivatisasi produk turunan minyak serai wangi dan minyak cengkih menjadi produk *green* aditif penghemat bahan bakar dalam bentuk prototipe formulasi *green* aditif telah dihasilkan dari rangkaian kerja sama penelitian yang didukung program Inovasi Produksi Kementeristekdikti⁵⁶. Komponen turunan atsiri yang digunakan dalam formulasi merupakan hasil pengembangan teknologi dan aplikasi kerja sama penelitian yang ditingkatkan skalanya di industri. Eugenol asetat & Eugenol USP dari minyak cengkih, geraniol dari minyak serai wangi, *d-limonene* dari minyak jeruk serta alpha pinene dari minyak pinus adalah turunan minyak atsiri hasil penerapan teknologi bersama yang di *scale up* ke skala produksi, kemudian diformulasi untuk hilirisasi ke arah produk siap pakai (Gambar 14). Prototipe formula inovatif *green* aditif adalah penghemat bahan bakar berbasis turunan minyak atsiri. Penggunaan *green* aditif bekerja membersihkan deposit pada ruang bakar sehingga bermanfaat pada perpindahan panas yang lebih baik, mengoptimalkan performa mesin, tarikan menjadi ringan, menghilangkan *knocking*, emisi NOx lebih rendah sehingga mengurangi polusi gas buang, umur mesin lebih panjang sehingga secara umum dapat menghemat bahan bakar.

Penelitian dengan produk kosmetik berbasis krim nanoemulsi dengan bahan minyak pala sebagai pewangi telah dilakukan, di mana morfologi krim tidak ada perubahan yang signifikan selama dua bulan disimpan pada suhu 40°C⁵⁷. Ini menunjukkan bahwa minyak pala tidak mengganggu kestabilan nanoemulsi tersebut.

Selanjutnya, telah dikembangkan juga penelitian teknologi proses produksi turunan dari berbagai minyak atsiri dan aplikasinya. Bahkan, saat ini pun mulai dikembangkan aplikasi katalis pengolah minyak atsiri dengan teknologi nanokatalis.

Kelebihannya, bentuk nano mempunyai luas permukaan yang besar dan sangat efektif karena efek dari pengolahan fisik katalis itu sangat mempengaruhi reaksi kimia minyak atsiri, misalnya produksi metil eugenol menggunakan proses katalitik⁵².

Tentu pengembangan-pengembangan ini bertujuan untuk menjadikan Indonesia sebagai pemain utama bisnis minyak atsiri. Tidak sebatas dimanfaatkan sebagai kosmetik, juga pengembangan menjadi bahan dasar farmasi seperti kandungan eugenol dalam cengkih yang bermanfaat sebagai antioksidan dan antiseptik. Sementara itu, kandungan serai, turunannya bisa menjadi mentol murni yang dimanfaatkan sebagai obat dan bahan pangan.

V. KESIMPULAN

Pengembangan teknologi nonkonvensional gencar diarahkan untuk meningkatkan nilai tambah minyak atsiri Indonesia secara signifikan dalam memproses sumber daya alam yang besar sebagai bahan baku pembuatan produk pangan, *food additives, flavor and fragrance*. Penguatan kemampuan peneliti dalam bidang teknologi proses akan memberikan kontribusi yang besar dalam kemajuan produk atsiri Indonesia.

Kontribusi hasil pengembangan teknologi proses ekstraksi tanaman atsiri nonkonvensional sebagai upaya memperoleh ekstrak kaya komponen bioaktif telah berhasil mencapai kemurnian tinggi yang diperoleh melalui berbagai metode ekstraksi, yaitu kombinasi perlakuan awal ultrasonikasi pada hidrodistilasi yang meningkatkan rendemen minyak 3–5%, teknologi nonkonvensional fluida superkritik minyak akar wangi yang menghasilkan total vetiverol menjadi 51,82%, dan fraksionasi vakum sitronelal minyak serai wangi yang meningkat sebesar 96,1%, dan minyak cengkih sebesar 99%, sedangkan minyak nilam mencapai 92%, bahkan, hingga menjadi *patchoulli alcohol* kristal.

Uji aktivitas komponen bioaktif dari berbagai tanaman atsiri hasil ekstraksi menunjukkan bahwa teknik konvensional dengan maserasi berbagai pelarut memerlukan waktu lama, sedangkan menggunakan teknik ekstraksi fluida superkritik dan kombinasi dengan ultrasonik sebagai perlakuan awal hidrodistilasi meningkatkan jumlah ekstrak dan bioaktivitas cukup signifikan.

Upaya peningkatan nilai tambah minyak atsiri melalui fraksionasi dan sintesa kimia, diperoleh dengan hasil yang baik (sitronelol 94,5%, isopulegol 87%, metil eugenol 98,06%), namun untuk sintesis mentol dan vanillin masih rendah (mentol 24%, vanillin 17,38%).

Pemanfaatan teknologi nonkonvensional perlu diimplementasikan melalui kerja sama dengan industri. Salah satunya, telah dilakukan pengembangan *green*-aditif berbasis turunan minyak atsiri yang dapat menurunkan kadar air dalam solar hingga 15%, menghemat bahan bakar hingga 8%, dan produk ini mulai merambah pasar.

Dengan memperluas penerapan penelitian fraksinasi, pemurnian, serta perbaikan teknologi ekstraksi dan lainnya di industri, maka minyak atsiri tidak lagi hanya dalam bentuk mentah, tetapi dapat meningkatkan daya saing produk minyak atsiri Indonesia dan turunannya di tingkat global.

VI. PENUTUP

Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya di bidang industri kimia bahan alam (minyak atsiri) dan produk turunannya, dari masa ke masa, telah mengubah kehidupan manusia menjadi lebih baik. Akhir-akhir ini teknologi nonkonvensional telah menjadi pusat perhatian dunia dalam kaitan aplikasinya pada industri kimia, pangan, pertanian, dan kosmetik serta farmasi. Industri-industri yang menerapkan teknologi nonkonvensional dalam proses produksinya secara nyata akan mengungguli industri lainnya karena kualitas produk yang dihasilkan jauh lebih baik.

Berdasarkan hal tersebut, perlu pengembangan dan dukungan di berbagai sektor. Tantangan yang dihadapi dalam penggunaan proses teknologi nonkonvensional adalah kebutuhan akan sarana dan prasarana, SDM yang andal, serta adanya kerja sama dengan pihak industri.

Bangsa Indonesia perlu strategi kebijakan untuk mengembangkan teknologi nonkonvensional. Melalui Kemenristekdikti pemerintah telah mengambil sikap terhadap pengembangan teknologi anak bangsa secara global dengan memberikan insentif kegiatan, baik Insinas, Program Pengembangan Teknologi Industri (PPTI), maupun Inovasi Industri dalam program besar penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan subtema dalam Rencana Induk Riset Nasional (RIRN 2017–2045)⁵⁸. Program ini akan memperkuat dan mengembangkan kemampuan peneliti dalam rangka menguasai teknologi nonkonvensional, memberikan arah fokus pada pengembangan kegiatan penelitian berbasis sumber daya alam dan memberikan sinergi dengan industri guna meningkatkan kemampuan peneliti nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Esa karena atas segala karunia-Nya sehingga penyampaian orasi ini telah berjalan sebagaimana yang diharapkan.

Perkenankan saya menghaturkan penghargaan dan terima kasih kepada Presiden Republik Indonesia, Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Dr. Laksana Tri Handoko, M.Sc., Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M.Agr.; Sekretaris Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Gadis Sri Haryani; Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah: Prof. Dr. Muhammad Hanafi, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Witono Basuki, M.Sc., dan Prof. Dr. Andria Agusta; Sekretaris Utama LIPI, Nur Tri Aries Suestiningtyas, S.I.P, M.A.; Plt. Kepala Pusat Pembinaan, Pendidikan dan Pelatihan LIPI, Dr. Yan Rianto, M.Eng.; Kepala Biro Organisasi dan Sumber Daya Manusia LIPI, Dr. Heru Santoso, M.App.Sc.; Kepada Deputy Bidang IPT, Dr. Eng. Agus Haryono, dan Kepada Plt. Kepala Pusat Penelitian Kimia LIPI, Raden Arthur Ario Lelono, Ph.D. beserta seluruh staf dan karyawan Pusat Penelitian Kimia LIPI, khususnya Arief A.R. Setiawan M.Eng. dan Egi Agustian M.Eng., saya menyampaikan apresiasi dan terima kasih atas semua dukungan dan peranannya dalam memfasilitasi saya selama meniti karier di LIPI sampai orasi ini.

Terima kasih yang tak terhingga kepada almarhum dan almarhumah kedua orang tua dan mertua saya karena telah mendidik dengan penuh kasih sayang. Terakhir, kepada suami saya, Bambang Sugeng, serta anak cucu tercinta (Biantika bersama suami Alisyah, dan Biantoro serta Kirana) yang penuh pengertian mendukung perjalanan karier saya.

Wabillahi taufik wal hidayah,

wassalamu 'alaikum warakhmatullahi wabarakaatuh.

DAFTAR PUSTAKA

1. **Sulaswatty A**, Wuryaningsih. Teknologi ekstraksi dan pemurnian minyak atsiri sebagai bahan baku flavor & fragrance. Prosiding Simposium Rempah Indonesia 13–14 September 2001, Buku 2. Jakarta: Kerja Sama MaRI dan Puslitbangbun; 2001. 99–106.
2. Ketaren. Pengantar teknologi minyak atsiri. PN Balai Pustaka. Jakarta: P.N. Balai Pustaka; 1985. 427.
3. Rizal M, Rusli MS, Mulyadi A. Minyak atsiri Indonesia. Dewan Atsiri Indonesia dan IPB; 2009.
4. Tuhana TA. Menyuling minyak atsiri. Yogyakarta: PT. Citra Aji Parama; 2007.
5. **Sulaswatty A**. Pengolahan lanjut minyak atsiri dan penggunaannya dalam negeri. Workshop Nasional Minyak Atsiri 30 Oktober 2002. Dirjen Industri Kecil Dagang Menengah, Depperindag; 2002.
6. Sasongko A, Nugroho RW, Setiawan CE, Utami IW, Pusfitasari MD. Aplikasi metode nonkonvensional pada ekstraksi bawang dayak. *Jurnal Teknologi Terpadu*. 2018;6(1):8.
7. Azmir J, Zaidul ISM, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F, et al. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *J Food Eng*. 2013; 117(4):426–36.
8. **Sulaswatty A**, Wuryaningsih, Adin YM, Abimanyu H, Hartati S, Laksmono JA. Proses ekstraksi dan pemurnian bahan pewangi (flavour and fragrance) dari tanaman pewangi Indonesia. Laporan Akhir Penelitian DIP-BBKA, Pusat Penelitian Kimia LIPI; 2001.
9. **Sulaswatty A**. Karakteristik pemekatan karotenoid minyak sawit dengan teknik fluida CO₂ superkritik (Disertasi). IPB; 1998.
10. Fitriady MA, **Sulaswatty A**, Agustian E, Salahuddin, Aditama DPF. Steam distillation extraction of ginger essential oil: Study of the effect of steam flow rate and time process. In: AIP Conference Proceedings 1803 (1), 020032; 2017.

11. Guenther E. Minyak atsiri (terjemahan, S. Ketaren dan R. Mulyono). Universitas Indonesia Press; 1990.
12. Laksmono JA, Wuryaningsih, **Sulaswatty A**. Pemurnian minyak nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan teknik destilasi molekuler: Pengaruh temperatur jaket pemanas. Prosiding Seminar Himpunan Kimia Indonesia, 28–29 Mei 2002; Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia; 2002.
13. Agustian E, **Sulaswatty A**. Fraksionasi minyak atsiri dan sintesa turunannya. Laporan akhir penelitian DIP, PP Kimia, LIPI, Kawasan PUSPIPTEK Serpong; 2005.
14. Agustian E, **Sulaswatty A**. Proses ekstraksi dan fraksionasi Patchouli Alcohol Kristal. (draft paten); 2018.
15. Agustian E, **Sulaswatty A**. Produksi minyak nilam untuk (Fixative Aromatherapy): Studi kasus desain kondensor. *J BioPropal Ind*; 2015; 6(1):75–80.
16. Savitri, Agustian E, Wuryaningsih. Sistem produksi minyak atsiri rimpang jahe; 2009.
17. BSN. SNI 8028-1:2014 tentang alat penyulingan minyak atsiri-bagian 1: Sistem kukus-syarat mutu dan metode uji; 2014.
18. Azizah N, Filaila E, Salahuddin S, Agustian E, **Sulaswatty A**, Artanti N. Antibacterial and antioxidant activities of Indonesian ginger (jahe emprit) essential oil extracted by hydrodistillation. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia (Indonesian Journal of Applied Chemistry)*. 2019 Jan 28;20(2):90–6.
19. Maulidina G, Khotimah NK, **Sulaswatty A**. Ekstraksi minyak jahe menggunakan teknik hidrodistilasi dan fluida karbondioksida superkritik. Sekolah Tinggi Manajemen Industri; 2015.
20. **Sulaswatty A**, Aiman S, Hanafi M. Studi fraksinasi minyak sereh rakyat dengan fluida CO₂ superkritik. Laporan Kegiatan Tahunan Pusat Penelitian Kimia LIPI; 2001.
21. Reverchon E, De Marco I. Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. *J Supercrit Fluids*. 2006;38(2):146–66.

22. **Sulaswatty A**, Agustian E. Nilai tambah minyak akar wangi dengan pemekatan kadar vetiverol menggunakan ekstraksi Co₂ fluida superkritik. *J Kim Terap Indonesia*. 2014;16(2):76–81.
23. Wang HC, Chen CR, Chang CJ. Carbon dioxide extraction of ginseng root hair oil and ginsenosides. *Food Chem*. 2001; 72(4):505–9.
24. Badalyan AG, Wilkinson GT, Chun BS. Extraction of Australian ginger root with carbon dioxide and ethanol entrainer. *J Supercrit Fluids*. 1998;13(1–3):319–24.
25. Talansier E, Braga MEM, Rosa PTV, Paolucci-Jeanjean D, Meireles MAA. Supercritical fluid extraction of vetiver roots: A study of SFE kinetics. *J Supercrit Fluids*. 2008; 47(2):200–8.
26. Agustian E, **Sulaswatty A**, Tasrif, Laksmono JA, Adilina IB. Pemisahan sitronelal dari minyak sereh wangi menggunakan unit fraksionasi skala bench. *J Teknol Ind Pertan*. 2007;17(2):49–53.
27. Machmudah S, **Sulaswatty A**, Sasaki M, Goto M, Hirose T. Supercritical CO₂ extraction of nutmeg oil: Experiments and modeling. *J Supercrit Fluids*. 2006;39(1):30–9.
28. Aditima DFA, **Sulaswatty A**. Karakterisasi minyak atsiri rimpang jahe hasil ekstraksi fluida karbondioksida superkritik dan distilasi uap. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah; 2016.
29. Mason TJ, Paniwnyk L, Lorimer JP. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasound Sonochem*. 1996; 3(3).
30. Cameron DK, Wang YJ. Application of protease and high-intensity ultrasound in corn starch isolation from degermed corn flour. *Cereal Chem*. 2006; 83(5): 505–9.
31. Rizvi SH. Separation, Extraction and Concentration Processes in the Food, Beverage and Nutraceutical Industries. Separation, Extraction and Concentration Processes in the Food, Beverage and Nutraceutical Industries. Oxford: Woodhead Publishing; 2010.
32. Suslick KS. Ultrasound: Its chemical, physical, and biological effects. Vol. 173, Radiology. New York: VHC Publishers; 1988.

33. F.J. K. Modeling of Process Intensification. In: Alupului A, Calinescu I, Lavric V, editors. Ultrasonic vs microwave extraction intensification of active principles from medicinal plants, AIDIC Conference Series. 2009; (9): 1–8.
34. Liu QM, Yang XM, Zhang L, Majetich G. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of chlorogenic acid from *Folium eucommiae* and evaluation of its antioxidant activity. *J Med Plants Res.* 2010;4(23):2503–11.
35. McClements D. J. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science & Technology.* 1995 September;6(9):293–299.
36. Gogate PR, Tayal RK, Pandit AB. Cavitation: A technology on the horizon. *Curr Sci.* 2006;91(1):35–46.
37. Susilo B. Studi penggunaan ultrasonik untuk transesterifikasi minyak. Pengembangan Industri Integratednya. Jakarta: SBRC LPPM–IPB Bogor; 2007.
38. **Sulaswatty A**, Agustian E, Arifuddin M, Sukandar D, Hamidi I. Laporan teknis karakteristik minyak atsiri sereh wangi (*Cymbopogon Nardus L.*) hasil Hidrodistilasi Dengan Perlakuan Awal Sonikasi. Pusat Penelitian Kimia LIPI; 2017.
39. BSN. SNI 06-3953-1995 tentang minyak sereh, mutu dan cara uji; 1995.
40. Hamidi I, **Sulaswatty A**. Karakteristik minyak atsiri sereh wangi (*Cymbopogon nardus L.*) hasil hidrodistilasi dengan perlakuan awal sonikasi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah; 2017.
41. Lestari D, **Sulaswatty A**. Karakterisasi ekstrak dan minyak daun jambang (*Syzygium Cumini*) hasil maserasi dan hidrodistilasi dengan perlakuan awal sonikasi. Universitas Tangerang; 2018.
42. Wijayanti KP, **Sulaswatty A**. Hidrodistilasi minyak nilam (*patchouli oil*) dengan ultrasonikasi sebagai perlakuan awal fakultas teknik. Universitas Surya Tangerang; 2018.

43. Perindustrian K. Perkembangan ekspor kelompok industri bahan kimia dan barang dari bahan kimia. Jakarta: Kementerian Perindustrian; 2018.
44. Kementerian Perdagangan. Growth of non-oil and gas import (commodity) Period: 2014–2019. Jakarta: Kementerian Perdagangan; 2019.
45. Abimanyu H, **Sulaswatty A**, Wuryaningsih, Hartati S. Pemekatan patchouli alkohol dalam minyak nilam menggunakan penyulingan vakum terfraksi. Prosiding Seminar Nasional II: Aplikasi Kimia Dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan; 2002.
46. Abimanyu H, **Sulaswatty A**, Dkk. Sitronelal dari minyak sereh wangi dengan variasi kecepatan pengadukan dan penambahan natrium bisulfit citronellal from citronella oil by way of varying the mixing velocities and the additions of sodium bisulfite. Dalam: Seminar Kedeputian IPT LIPI, Pemaparan Hasil Litbang. Jakarta; 2003: 259–27.
47. Foust AS, Wenzel LA, Clump CW, Maus L, Andersen LB. Principles of unit operations. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons; 1990.
48. **Sulaswatty A**, Wuryaningsih, Agustian E, Kadarohman A, Tasrif. Fraksionasi minyak atsiri dan sintesa turunannya. Laporan Akhir Penelitian Daftar Isian Proyek, Serpong: Pusat Penelitian Kimia LIPI; 2005.
49. Adilina IB, Agustian E. Green synthesis of isopulegol from citronellal catalysed by zeolite based solid acid catalysts. *Chim Nat Acta*. 2017;2(1):58–60.
50. Adilina IB, Pertiwi R, **Sulaswatty A**. Conversion of (±) -citronellal and its derivatives To (-) - Menthol Using Bifunctional. *Biopropal Ind*. 2015;6(1):1–6.
51. Sirendra R, Kadarohman A, **Sulaswatty A**. Synthesis of citronellal to citronellol using sodium borohydride catalyst. Dalam: Prosiding Simposium Nasional Kimia Bahan Alam XIV (SimNasK-BA). 2004: 95.










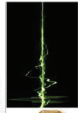



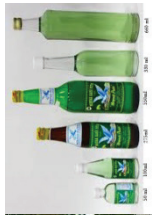





52. Tursiloadi S, Artanti N, **Sulaswatty A**. Chemical catalytic and biocatalytic process of clove oil derivatives review. *J Kim Terap Indonesia*. 2015; 17(1): 69–85.
53. Hardjono. *Kimia minyak atsiri*. Yogyakarta: FMIPA, UGM; 2002.
54. Agustian E, Adilina IB, **Sulaswatty A**, Rinaldi, N., Sudiarmanto, Tursiloadi S. Proses pembuatan vanilin dari eugenol minyak cengkih. Indonesia: Dirjen HKI; S00201809313; 2018.
55. Agustian E, Tursiloadi S, **Sulaswatty A**, Rinaldi N, Sudiarmanto. One-pot conversion and separation of methyl eugenol by vacuum fractionation. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019: 012056.
56. **Sulaswatty A**, Agustian E, Adilina IB, Arifuddin M, Setiawan AAR. Komersialisasi green aditives berbasis minyak atsiri. Laporan Kerja sama Alih Teknologi dan Kajian Ilmiah Terpadu dengan PT SUMA, PT Grasindo dan BPPT; 2017.
57. Meliana Y, Restu WK, Agustian E, **Sulaswaty A**, Sampora Y, Fahmiati S, et al. The characteristics of emulsion cream containing gotukola and ginger extract in addition of fragrance. *Proceedings of 3rd BISSTECH*. 2015: C.33–C.38.
58. Kemenristekdikti. *Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) Tahun 2017–2045*, (edisi 28 Februari 2017); 2017.
59. Rusli MS. Potensi minyak atsiri Indonesia & peran DAI. Makalah Seminar Sehari Prospek Bisnis Minyak Atsiri; Bogor; Dewan Astiri Indonesia; 2015.
60. **Sulaswatty A**, Rusli MS, Abimanyu H, Tursiloadi S. *Quo Vadis Minyak Sereh dan Produk Turunannya*. Jakarta: LIPI Press; 2019.

LAMPIRAN

Tabel 1. Produktivitas Minyak Atsiri di Indonesia Tahun 2014 (Estimasi DAI)

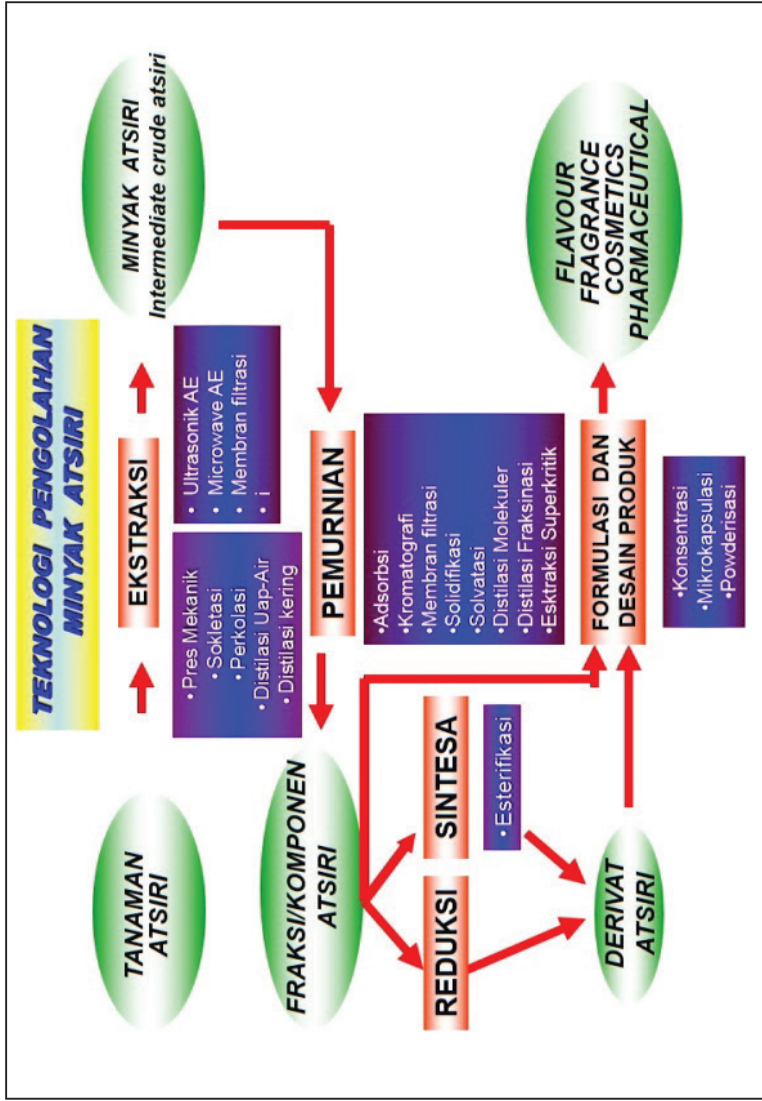
No	Minyak Atsiri	Produksi (ton)	Kecenderungan Produksi
1	<i>Clove (leaf/ stem/ bud) oil</i>	3500–4000	Stabil
2	<i>Patchouli oil</i>	800–1000	Turun
3	<i>Citronella oil</i>	500–600	Naik
4	<i>Nutmeg oil</i>	350–400	Naik
5	<i>Cajuput oil</i>	350–400	Stabil
6	<i>Vetiver oil</i>	25–30	Stabil
7	<i>Cananga oil</i>	12–15	Turun
8	<i>Massoia bark oil</i>	12–15	Turun
9	<i>Gurjun balsam oil</i>	8–10	Turun
10	<i>Ginger oil</i>	5–7	Naik
11	<i>Kaffir lime leaf oil</i>	2–3	Stabil
12	<i>Aetoxylon oil</i>	1–2	Stabil
13	<i>Cubeb oil</i>	1–2	Stabil
14	<i>Lajagoa oil</i>	<1	Turun
15	<i>Sandalwood oil</i>	<1	Turun
16	<i>Lemongrass oil</i>	<1	Stabil
17	<i>Cinnamon Bark oil</i>	<1	Stabil
18	<i>Black pepper oil</i>	<1	Stabil
19	<i>Agarwood oil</i>	<0.3	Stabil

Sumber: Rusli (2015)⁵⁹

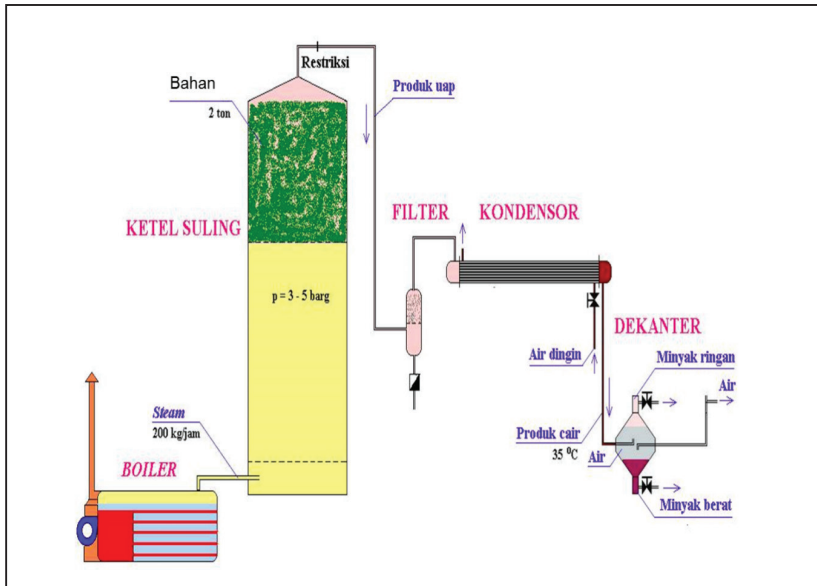
						
Cengkih (<i>Syzgium Aromaticum</i>)	Kenanga (<i>Canangium Odoratum</i>)	Minyak Cengkih (Clove Oil)	Kenanga (<i>Canangium Odoratum</i>)	Minyak Kenanga (Cananga Oil)	Nilam (<i>Pogostemon Cablin</i>)	Minyak Nilam (Patchouli Oil)
						
Akar Wangi (<i>Atractylodes</i>)	Minyak Akar Wangi (Atractylodes Oil)	Pala (<i>Myristica Fragrans</i>)	Pala (<i>Myristica Fragrans</i>)	Minyak Pala (Nutmeg Oil)	Kayu Putih (<i>Melaleuca Lencadendron</i>)	Minyak Kayu Putih (Cajuput Oil)
						
Serai Wangi (<i>Cymbopogon nardus L renalle</i>)	Minyak Serai Wangi (Citronella Oil)	Jahe (<i>Zingiber Officinale</i>)	Minyak Jahe (Ginger Oil)	Kayu Manis (<i>Cinnamomum caseca</i>)		Minyak Kayu Manis (Cinnamon Bark Oil)

Sumber: Rusli (1985); Ketaren (1985); Kementan (2013)

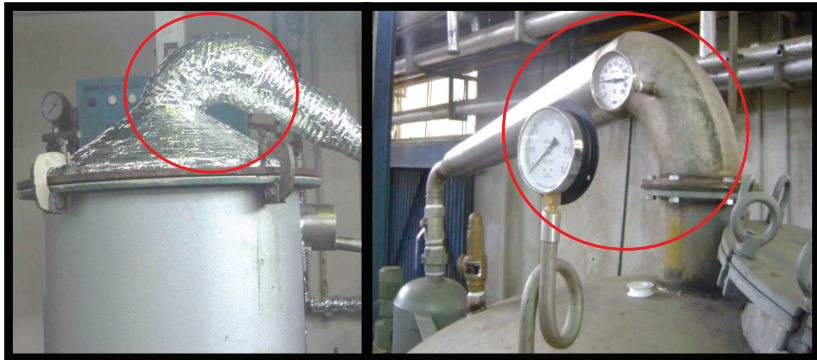
Gambar 1. Jenis-Jenis Minyak Atsiri yang Paling Menonjol di Indonesia



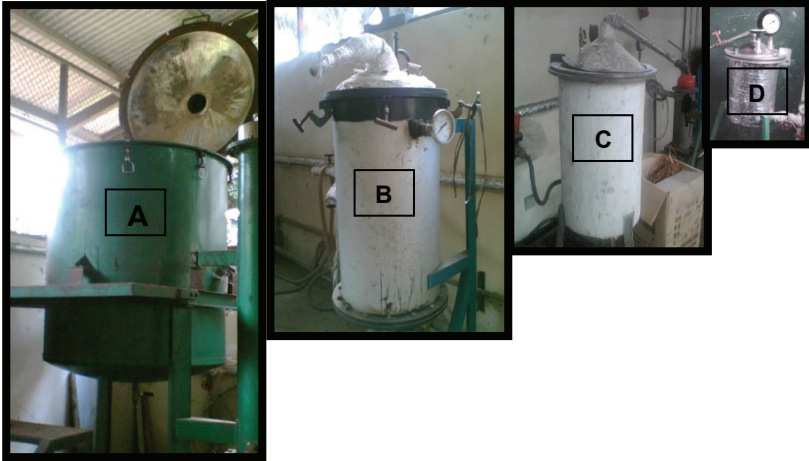
Gambar 2. Diagram Alir Ekstraksi Minyak Atsiri



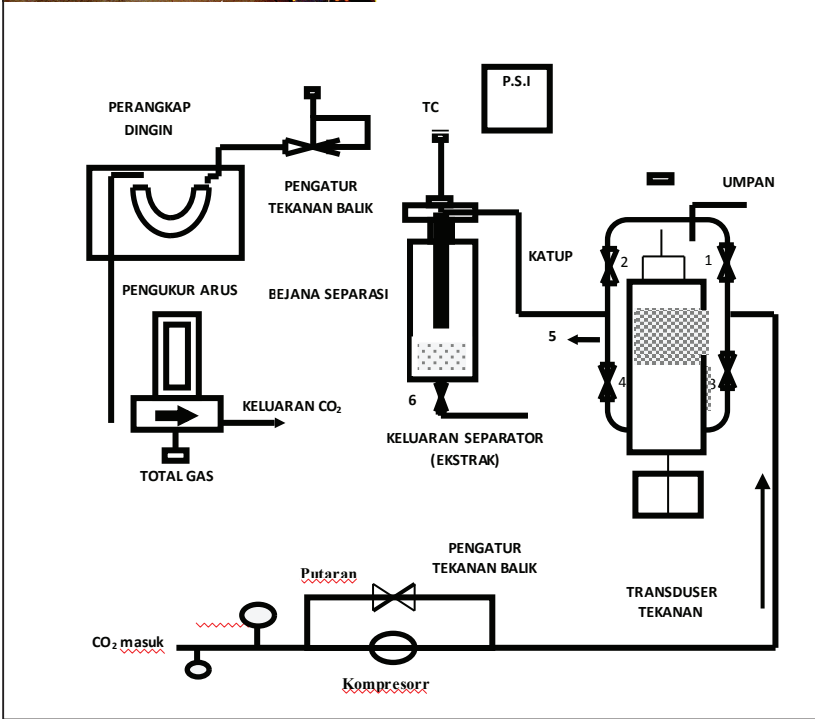
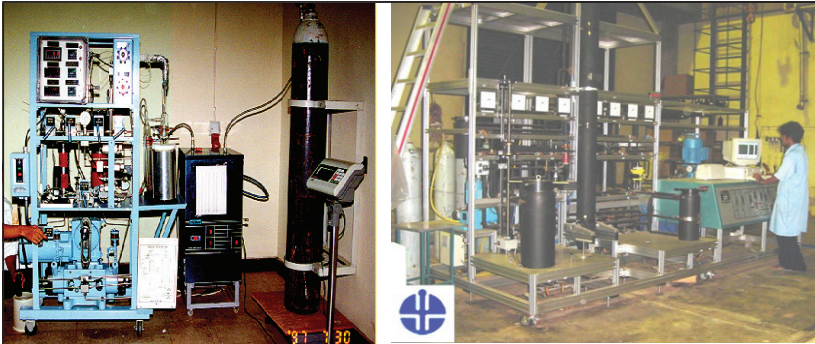
Gambar 3. Diagram Proses Penyulingan Minyak Serih Wangi dengan Sistem Uap Langsung



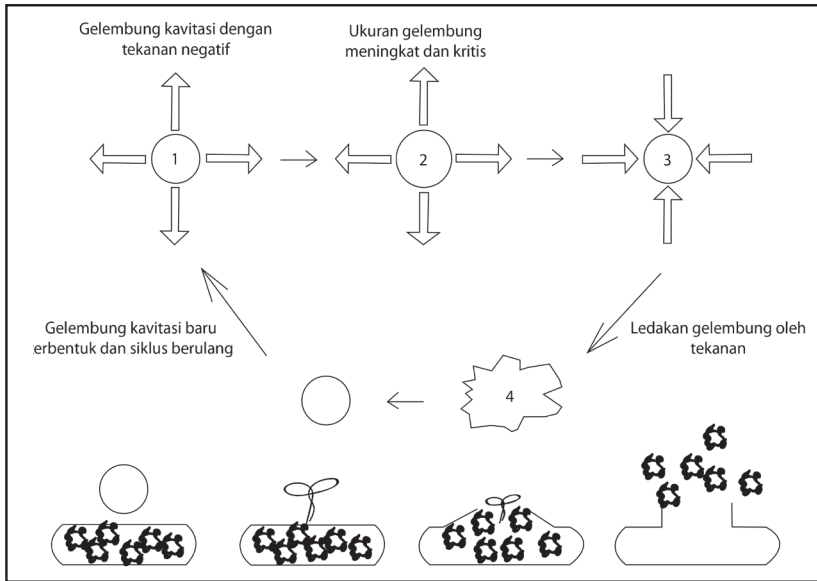
Gambar 4. Modifikasi Sambungan dari Bagian Alat Ketel Penyulingan ke Pendingin Kondensor



Gambar 5. Ketel distilasi/ekstraksi minyak atsiri berbagai kapasitas 300 kg bahan (A), 20 kg bahan (B), 10 kg bahan (C), dan 1 kg bahan (D).

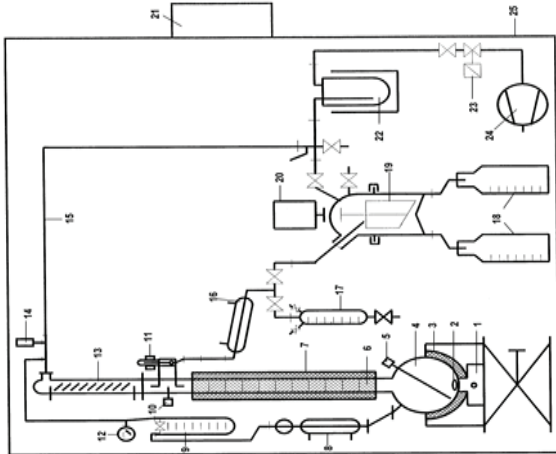
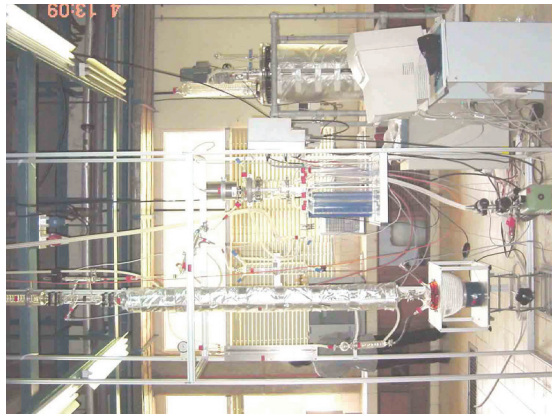


Gambar 6. Supercritical fluid extraction system dan skema mekanisme ekstraksi CO₂ fluida superkritik di PPKimia LIPI.



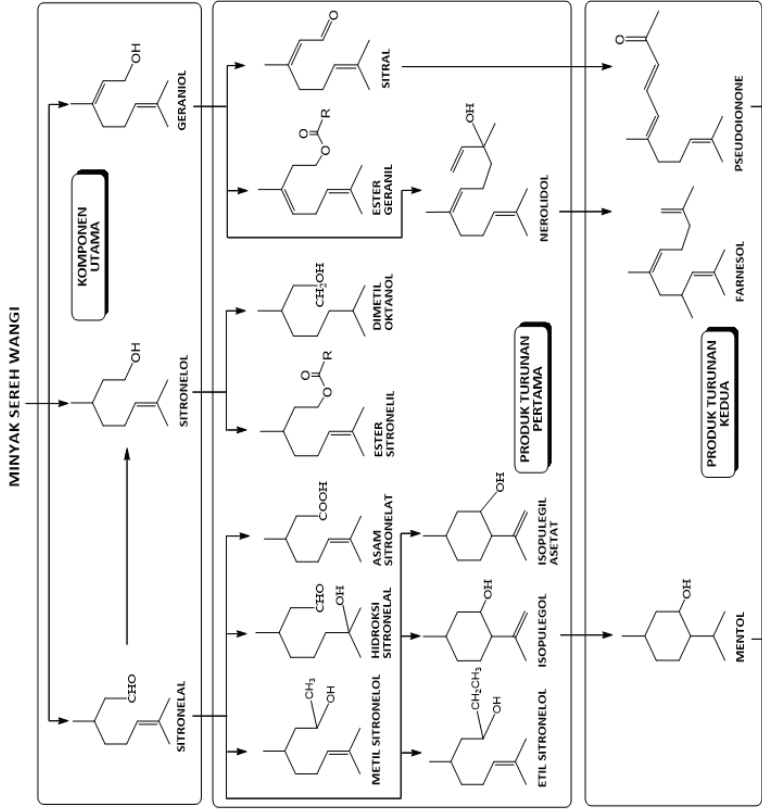
Sumber: Rizvi (2010)

Gambar 7. Mekanisme Ultrasonik dalam Ekstraksi Minyak Atsiri



1. Motor pengaduk
2. Batang pengaduk magnet
3. Jaket pemanas
4. Labu umpan
5. Termokopel umpan
6. Kolom distilasi
7. Jaket pemanas kolom
8. Pendingin
9. Alat pengukur selisih tekanan
10. Termokopel puncak
11. Unit refluks
12. Manometer
13. Kondenser
14. Sensor vakum
15. Selang vakum
16. Pendingin distilat
17. Botol penampung
18. Penampung fraksi vakum
19. Pembagi fraksi
20. Motor pembagi aluminium
21. Panel kontrol
22. Tabung Trap
23. Kran pengontrol
24. Pompa vakum
25. Rangka

Gambar 8. Skema unit distilasi fraksinasi skala bench dilengkapi dengan refluks dan vakum di Pusat Penelitian Kimia LIPI.



Sumber: Tursiloadi (2019) dalam Sulaswatty (2019)

Gambar 9. Produk Turunan Minyak Sereh



LEBIH Powerful Efisien Optimal





Komposisi

Green aditif diformulasikan dari berbagai turunan minyak atsiri yaitu minyak cengkeh, minyak serai wangi, minyak jeruk dan minyak pinus yang aman bagi mesin dan lingkungan. Minyak atsiri diproses dengan teknologi distilasi bertingkat dan sintesis kimia untuk menghasilkan turunan minyak atsiri.

Pengguna

Green Aditif akan bermanfaat bagi pelaku industri pengguna bahan bakar solar seperti: Perusahaan tambang, pembangkit listrik, pengelola moda transportasi (kapal laut, kereta api, bus, truk) industri pengguna solar dan pengguna kendaraan diesel.



Hubungi Kami
+62 812-8962-3736
 +62 812 8962 3736
 id_sulfira@gmail.com



Performance Improver

FOR DIESEL FUEL

Cara Kerja

Green aditif dari minyak atsiri bekerja menurunkan keakuan bahan antar molekul penyusun solar yang membuat air dan kontaminan yang terlarut dalam solar sehingga meningkatkan sifat dielectric solar serta mengurangi tantangan biodiesel yang bersifat hidrokopis.

Green aditif juga membersihkan deposit pada jaket dan ruang bakar sehingga persiapan pegas menjadi lebih baik, performa mesin semakin optimal, tarikan menjadi bertenak, emisi NOx lebih rendah sehingga mengurangi polusi gas buang, umur mesin lebih panjang, sehingga secara umum akan memberi keuntungan biaya maintenance mesin.

Characteristic

1. 100% Organic
2. Non Hazardous
3. Homogeneous with fuel
4. Oxygen Enrichment
5. Solvent / Substances Decomposition

Green Aditif Berbasis Turunan Minyak Atsiri

Green aditif merupakan fuel additives sehingga meningkatkan efisiensi bahan bakar. Terbuat dari turunan minyak atsiri. Mendukung ketahanan energi nasional serta menjadi alternatif energi bagi dunia industri untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar serta meningkatkan nilai tambah tambakan atsiri Indonesia. Green aditif menggunakan aditif sintesis yang toxic, karasngemik, dan berefek catalyzt poisoning. Selain pengembangan enterol industri pengguna solar, komersialisasi Green aditif juga akan berdampak besar menumbuhkan penyuling minyak atsiri pada tanaman atsiri untuk skala lahan solar dan berperan memperbaiki kualitas udara dengan mengurangi asap hitam industri dan kendaraan.





sumber: Sulaswatty dkk. (2017)

Gambar 14. Green Aditif Berbasis Turunan Minyak Atsiri⁵⁶

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Buku Nasional

1. **Sulaswatty A**, Rusli MS, Abimanyu H, Tursiloadi S, editor. Quo Vadis Minyak Sereh dan Produk Turunannya. Jakarta: LIPI Press; 2019.
2. Stigter C. (Kees) J., Fox JJ, Trisyono YA, Djokowoerjo Sas-tradipradja D, **Sulaswatty A**. Krisis pangan dan sesat pikir: mengapa masih berlanjut?. Yunita T. Winarto, penyunting. Jakarta: Pustaka Obor Indonesia; 2016.
3. **Sulaswatty A**. Buku sumber inspirasi Indonesia: 20 karya unggulan teknologi anak bangsa. Jakarta: Kemenristekdikti dan PT Centro Inti Media; Agustus 2015.
4. Barmawi, M, **Sulaswatty A**. Iptek nano bagi pembangunan di Indonesia. Cetakan Pertama. Jakarta: Penerbit Titian Pena Abadi: November 2014; 76.
5. Prihatman K, Widyawati H, **Sulaswatty A**, Dkoswara V. Buku sumber inspirasi Indonesia: 19 karya unggulan teknologi anak bangsa. Jakarta: Kemenristek; Agustus 2013; 201.
6. **Sulaswatty A**, Koswara VD, Adrinaldi Z. Buku sumber inspirasi Indonesia: 18 karya unggulan teknologi anak bangsa. Jakarta: Kemenristek; Agustus 2013; 200 hlm.
7. **Sulaswatty A**, Koswara VD, Bayu W. Buku sains & teknologi 5: Berbagai ide untuk menjawab tantangan dan kebutuhan. Jakarta: Kemenristek; (1); 2012, 255.
8. Trisnamurti RH, **Sulaswatty A**, Yohan, Hidayat, Pattikawa F. Riset dan industri garam di Indonesia. Jakarta: LIPI Press; 2008, 228.
9. Rosidi I, Yohan, Tajudin, T, **Sulaswatty A**. Buku potensi dan prospek sumber daya hayati minyak nabati dan biodiesel. Jakarta: Kemeristek; 2008, 204.

10. Aryanto Y, **Sulaswatty A**, Rahman A, Artsanti P, Yohan. Strategi pengembangan ilmu kimia di Indonesia. Yogyakarta: Kemenristek dan Penerbit PT Diglossia; Desember 2006, 184 hlm.

Bagian Buku Internasional

11. **Sulaswatty A**. The status of Indonesian intellectual property rights. In: Part of book of intellectual property rights management in developing countries. Section III, 1st ed. Editors: Sheila Mavis Nyatlo, Catherina Caballero and M. A. M. Fernando. New Delhi: International Daya Publishing House; 2012; 229.

Bagian Buku Nasional

12. **Sulaswatty A**, Abimanyu H, Rusli MS. Menelusuri jejak serai wangi dari hulu sampai hilir. Dalam *Quo Vadis Minyak Sereh dan Produk Turunannya*. Editor: Sulaswatty A, Rusli MS, Abimanyu H, Tursiloadi S. Jakarta: LIPI Press; 2019.
13. **Sulaswatty A**, Adilina IB. Serai wangi dan potensinya. Dalam *Quo Vadis Minyak Sereh dan Produk Turunannya*. Editor: Sulaswatty A, Rusli MS, Abimanyu H, Tursiloadi S. Jakarta: LIPI Press; 2019.
14. Agustian E, **Sulaswatty A**. Teknologi penyulingan dan ekstraksi minyak serai. Dalam *Quo Vadis Minyak Sereh dan Produk Turunannya*. Editor: Sulaswatty A, Rusli MS, Abimanyu H, Tursiloadi S. Jakarta: LIPI Press; 2019.
15. **Sulaswatty A**, Agustian E. Teknologi pemurnian minyak serai wangi. Dalam *Quo Vadis Minyak Sereh dan Produk Turunannya*. Editor: Sulaswatty A, Rusli MS, Abimanyu H, Tursiloadi S. Jakarta: LIPI Press; 2019.
16. Sastradipradja D, Widyantoro S, Winarto YT, **Sulaswatty A**. Memaknai perilaku tak biasa satwa menjelang datangnya

gempa bumi: Sawangan menyeluruh. Dalam *Memaknai Perilaku Tak Biasa Satwa Menjelang Terjadinya Gempa Bumi*, Cetakan Pertama. Jakarta: Titian Pena Abadi; November 2014, 1–12.

17. Barmawi M, **Sulaswatty A**. Prediksi gempa bumi dan sinyal-sinyal geokimia dan geofisika. Dalam *Memaknai Perilaku Tak Biasa satwa Menjelang Terjadinya Gempa Bumi*, Cetakan Pertama. Jakarta: Titian Pena Abadi; November 2014, 127–148.
18. **Sulaswatty A**. Wardhani BK. Pajak untuk peningkatan perbaikan lingkungan. Dalam *Sains & Teknologi 3, Berbagai Ide untuk Menjawab Tantangan & Kebutuhan*. Jakarta: Penerbit Gramedia Pustaka Utama, 2010; 261.
19. **Sulaswatty A**. Kepentingan reformasi ekonomi dan birokrasi. Dalam *Sains dan Teknologi 2: Berbagai Ide untuk Menjawab Tantangan dan Kebutuhan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama; 2009, 224–225.
20. **Sulaswatty A**. Diskriminasi gender: Masih adakah. Dalam *Sains dan Teknologi 2: Berbagai Ide untuk Menjawab Tantangan dan Kebutuhan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama; 2009, 327–331.
21. **Sulaswatty A**. Perkembangan IPTEK, lingkungan dan budaya bangsa. Dalam *Sains & Teknologi 2: Berbagai Ide untuk Menjawab Tantangan & Kebutuhan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama; 2009, 233–236.
22. **Sulaswatty A**, Cahyanti WA. Mengagas peningkatan kesejahteraan. Dalam *Sains & Teknologi 3: Berbagai Ide untuk Menjawab Tantangan & Kebutuhan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama; 2010, 261.
23. **Sulaswatty A**. Masyarakat acuh hukum. Dalam *Sains & Teknologi 1: Berbagai Ide untuk Menjawab Tantangan & Kebutuhan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama; 2009, 287.

Jurnal Internasional

24. Agustian E, Jessica, Untoro P, **Sulaswatty A**. Esterification of waste cooking oil using ultrasonic: kinetic study. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 2018; 20(2): 57–68.
25. Bardant TB, Haq MS, Setiawan AAR, Harianto S, Waluyo J, Mastur AI, Lestari AD, **Sulaswatty A**, Sujarwo, Rinaldi N, Wiloso EI. The renewability indicator and cumulative degree of perfection for gamboeng tea; Part.2, Exergy Calculation of Tea Factory. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 2018; 20(2): 79–89.
26. Azizah N, Filaila E, Salahuddin, Agustian E, **Sulaswatty A**, Artanti N. Antibacterial and Antioxidant Activities of Indonesian Ginger (Jahe Emprit) Essential Oil Extracted by Hydrodistillation. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 2018; 20(2): 90–96.
27. Setiawan AAR, **Sulaswatty A**, Meliana Y, Haryono A. Innovation readiness assessment toward research commercialization: Case of surfactants for food processing. *International Journal of Innovation*. 2018; 6 (2), 180–193.
28. Randy A, Arutanti O, Wiloso EI, Haq MS, **Sulaswatty A**, Setiawan AAR, Sari AA, Meliana Y, Haryono A. Life cycle assessment of tea: A review, *ICSOLCA UI - Carbon Management Journal* (Thomson Reuters). (2018); under review.
29. Yanto E, Agustian E, **Sulaswatty A**. Simple purification of vetiver oil by multiglass plate system for quality improvement. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 2017; 18(2): 124–131.
30. Sudiyani Y, Triwahyuni E, Muryanto, Burhani D, Waluyo J, **Sulaswatty A**, Abimanyu H. Alkaline Pretreatment of sweet sorghum bagasse for bioethanol production. *International Journal of Renewable Energy Development*. 2016; 5(2):113–118.

31. Setiawan AAR, **Sulaswatty A**, Haryono A. Finding the most efficient technology transfer route using dijkstra algorithm to foster innovation: The case of essential oil developments in the research center for chemistry at the Indonesian Institute of Sciences. *Journal of STI Policy and Management*. 2016; 1(1):75–10.
32. Tursiloadi S, Artanti N, **Sulaswatty A**. Chemical catalytic and biocatalytic processes of clove oil derivates review. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 2015;17(1):69–85.
33. Adilina IB, Agustian E, Meliana Y, **Sulaswatty A**. Synthesis and properties of ethoxylated glycerol monooleate as palm oil based nonionic surfactants. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 2015; 17(1):49–55.
34. Adilina IB, Tursiloadi S, **Sulaswatty A**. Structural analyses and homolog distribution of ethoxylated glycerol monooleate as nonionic surfactants from palm oil. *Indonesian Journal of Oil Palm*. 2015; 23(1).
35. Machmudah S, **Sulaswatty A**, Sasaki M, Goto M, Hirose T. Supercritical CO₂ extraction of nutmeg oil: experiments and modeling. *The Journal of Supercritical Fluids*. 2006; 39(1):30–39. Diakses dari doi:10.1016/j.supflu..01.007.
36. Nakamura N, **Sulaswatty A**, Nishimura S, Matsunaga T, Kitamura T, Tsuji M, Kawaguchi T. Phenylalanine methyl ester production from phenylpyruvate methyl ester by immobilized *Nocardia opaca* under high hydrogen pressure. *Journal of Biotechnology*. 1992; 26(2-3):163–171. Diakses dari doi:10.1016/0168-1656(92)90004-s
37. Nakamura N, **Sulaswatty A**, Nishimura S, Kitamura T, Tsuji M, Kawaguchi T, Matsunaga T. N-(Benzyloxycarbonyl)-L-Aspartyl-L-Phenylalanine methyl ester production by immobilized *Nocardia opaca*: Thermolysin under hydrogen high pressure in a water-organic solvent system. *Journal of Fermentation and Bioengineering*. 1989;67(6):399–403. Diakses dari doi:10.1016/0922-338x(89)90048-2.

38. Matsunaga T, Higashijima M, **Sulaswatty A**, Nishimura S, Kitamura T, Tsuji M, Kawaguchi T. Repeated batch production of L-phenylalanine from phenylpyruvate and NH_4Cl by immobilized cells of *Nocardia opaca* under hydrogen high pressure. *Journal of Biotechnology and Bioengineering*. 1988; 31(8): 834–840. Diakses dari doi:10.1002/bit.260310811
39. Adilina IB, Pertiwi R, **Sulaswatty A**. Conversion of (\pm)-citronellal and its derivatives to (-)-menthol using bifunctional nickel zeolite catalysts. *Journal Biopropal Industri*. 2015;6(1): 1–6.

Jurnal Nasional

40. Agustian E, Jessica J, Untoro P, **Sulaswatty A**. Esterification of waste cooking oil using ultrasonic: kinetic study. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 2019; 20(2):57–68.
41. Bardant TB, Haq MS, Setiawan AAR, Harianto S, Waluyo J, Mastur AI, **Sulaswatty A**, Lestari AD, Sujarwo S, Rinaldi N, Wiloso EI. The renewability indicator and cumulative degree of perfection for gamboeng tea; Part.2, Exergy Calculation of Tea Factory. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 2019; 20(2): 79–89.
42. Tursiloadi S, Artanti N, **Sulaswatty A**. Chemical catalytic and biocatalytic processes of clove oil derivatives review. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 2015; 17(1):69–85. Diakses dari DOI: <https://doi.org/10.14203/jkti.v17i1.24>.
43. Sastradipradja D, **Sulaswatty A**. Pendampingan petani dalam upaya peningkatan produksi beras: mendukung ketahanan pangan nasional. *Jurnal Kajian LEMHANNAS RI*. Edisi 22 Juni 2015. Diakses dari http://www.lemhannas.go.id/images/Publikasi_Humas/Jurnal/Jurnal_Edisi_22_Juni_2015.pdf.

44. Agustian E, **Sulaswatty A**. Patchouli oil production for fixative aromatherapy: a case study design of condenser for steam distillation. *Jurnal Nasional Biopropal Industri*. 2015;6(1): 19–27. Diakses dari <http://ejournal.kemenperin.go.id/biopropal/article/view/830/741>.
45. Adilina IB, Pertiwi R, **Sulaswatty A**. Conversion of (\pm)-citronellal and its derivatives to (-)-menthol using bifunctional nickel zeolite catalysts. *Jurnal Biopropal Industri*. Juni 2015;6(1):1–6. Diakses dari <http://ejournal.kemenperin.go.id/biopropal/article/view/828>.
46. Adilina IB, Agustian E, Meliana Y, **Sulaswatty A**. Sintesis dan properti gliserol monooleat etoksilat sebagai surfaktan nonionik berbasis minyak kelapa sawit. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 2015; 17(1): 49–55.
47. **Sulaswatty A**, Agustian E. Nilai tambah minyak akar wangi dengan pemekatan kadar vetiverol menggunakan ekstraksi CO₂ fluida superkritik. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. Desember 2014; 16(2): 76–81.
48. Agustian E, **Sulaswatty A**, Tasrif, Laksmono JA, Adilina IB. Pemisahan sitronelal dari minyak sereh wangi menggunakan unit fraksionasi skala bench. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 2007; 17(2): 49–53.

Prosiding dan Makalah Internasional

49. Setiawan AAR, **Sulaswatty A**, Haq MS, Utomo THA, Randy A, Arutanti O, Agustian E, Wiloso EI, Haryono A. A study on ecolabeling and life cycle assessment for food products in Indonesia: Potential application to improve the competitiveness of the tea industry. 3rd International Symposium on Green Technology for Value Chains 2018. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;277: Conference 1. Diakses dari <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/277/1/012026>.

50. Agustian E, Rinaldi N, Adillina IB, **Sulaswatty A**, Kusuma DA. Preparation of aluminium and cobalt pillared bentonite using ultrasonic treatment for vanillin catalyst. Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Chemistry 2018 AIP Conf. Proc. 2024, 020044-1–020044-6. Diakses dari <https://doi.org/10.1063/1.5064330>.
51. Agustian E, Tursiloadi S, **Sulaswatty A**, Rinaldi, N, Sudiarmanto. One-pot conversion and separation of methyl eugenol by vacuum fractionation. Published Under Licence By IOP Publishing Ltd, IOP Conference Series: Materials Science And Engineering. 2019; 494(1). Diakses dari <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/494/1/012056>.
52. Bardant TB, Haq MS, Setiawan AAR, Harianto S, Waluyo J, Mastur AI, Lestari AD, Sujarwo, **Sulaswatty A**, Wiloso EI. The renewability indicator and cumulative degree of perfection for gamboeng tea. International Conference Series on Life Cycle Assessment (ICSOLCA): Life Cycle Assessment as A Metric to Achieve Sustainable Development Goals. 2018; 74. Diakses dari <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/20187407003>.
53. Waluyo J, Haq MS, Sari AA, Putri AMH, Muryanto, Mastur AI, Bardant TB, Harianto S, Setiawan AAR, **Sulaswatty A**, Wiloso EI. Life Cycle Inventory of Green Tea Production: Case of Gambung. E3S Web of Conferences. 2918; 74: 07002. Dapat diakses melalui DOI: 10.1051/e3sconf/20187407002.
54. Setiawan AAR, **Sulaswatty A**, Haq MS, Utomo THA, Randy A, Arutanti O, Agustian E, Wiloso EI, Haryono A. A study on ecolabeling and life cycle assessment for food product in Indonesia: potential application to improve the competitiveness of tea industry. 3rd International Symposium on Green Technology for Value Chains 2018;

1–2 November 2018; Tangerang, Indonesia: 2019: 277. Dapat diakses melalui <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/277/1/012026>

55. Setiawan AAR, **Sulaswatty A**. Production technology readiness assessment of surfactant in the research center for Chemistry-Indonesian Institute of Sciences. Proceedings Of The 3rd International Symposium On Applied Chemistry 2017; November 2017. Dapat diakses melalui <https://doi:10.1063/1.5011917>.
56. Fitriady MA, **Sulaswatty A**, Agustian E, Salahuddin, Aditama DPF. Steam distillation extraction of ginger essential oil: Study of the effect of steam flow rate and time process. International Symposium On Applied Chemistry (ISAC) 2016; 2017. Dapat diakses melalui <https://doi:10.1063/1.4973159>.
57. Sudiyani Y, Triwahyuni E, Muryanto, Burhani D, Waluyo J, **Sulaswatty A**, Abimanyu H. Alkaline pretreatment effect on sweet sorghum bagasse for bioethanol production. Proceedings of The 5th Annual International Conference Syiah Kuala University (AIC Unsyiah) 2015. In conjunction with The 8th International Conference of Chemical Engineering on Science and Applications (ChESA) 2015; 2015 September 9–11; Banda Aceh, Indonesia. Dapat diakses melalui <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/AICS-SciEng/article/view/5776/4782>
58. Sastradipradja D, Widiyantoro S, Winarto Y, **Sulaswatty A**. Giving meaning to unusual animal behavior prior to earthquakes. Proceeding of Regional Workshop of Science, Health, Environment and Risk (SHER) Communication: Role of S&T Communication in Disaster Management and Community Preparedness. Jakarta; 2015.

59. Meliana Y, Restu WK, Agustian E, **Sulaswaty A**, Sampora Y, Fahmiati S, Septiyanti M. The characteristics of emulsion cream containing gotukola and ginger extract in addition of fragrance. Proceedings of the 3rd Bali International Seminar on Science and Technology (BISSTECH). Towards Fundamental and Applied Research for Socio-Environmentally Safe Industrial Development: 2015 October 15–17th: C33.
60. Adilina IB, Agustian E, Meliana Y, **Sulaswatty A**. Ethoxylated glycerol monooleate: palm oil based nonionic surfactant for oil-in-water emulsion systems. Proceeding of The ASEAN Conference on Science and Technology: 2014.
61. **Sulaswatty A**. Preliminary study of concentrating carotenoid from red Palm Oil by supercritical CO₂ fluid extraction system. Proceeding of International Oil Palm Conference. Enhancing Oil Palm Industry Development Through environmentally Friendly Technology; Nusa Dua, Bali (Indonesia): 2002 July 8–12.

Prosiding dan Makalah Nasional

62. **Sulaswatty A**. Pentingnya pemahaman HKI bagi pelaku litbangyasa dan royalti bagi inventor. Disampaikan pada *Forum Group Discussion* Strategi Komersialisasi Hasil Riset Pendanaan LPDP 15 September 2014: Jakarta: 2014.
63. **Sulaswatty A**. Karakteristik pemekatan karotenoid minyak sawit dengan teknik ekstraksi fluida CO₂ superkritik. Makalah dalam Forum Pascasarjana IPB: 2011. Dapat diakses melalui <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/52758>.
64. **Sulaswatty A**. Implementasi sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) di KRT-LPNK. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Keselamatan dan Kesehatan Kerja Manajemen Risiko Bidang K3. Hotel Bumikarsa Bidakara; Jakarta; 2011 27–28 April.

65. **Sulaswatty A.** Arah program dan fokus riset Iptek Nasional. Disampaikan sebagai makalah kunci pada Seminar Nasional X Kimia dalam Pembangunan; Jakarta; 2007 21 Juni.
66. **Sulaswatty A.** Strategi pengembangan kompetensi dan institusi MIPA di Indonesia. Sebagai Special Lecture Dalam Seminar Ilmiah Nasional MIPA dan Expo Iptek; Depok; 2005 25–26 November.
67. Sirendra R, Kadarohman A, **Sulaswatty A.** Synthesis of citronellal to citronellol using sodium borohydride catalyst. Prosiding Simposium Nasional Kimia Bahan Alam XIV (SimNasKBA 2004). 2004 16–17 Desember: 95.
68. **Sulaswatty A.** Pengolahan lanjut minyak atsiri dan penggunaannya dalam negeri. Prosiding Workshop Nasional Minyak Atsiri 30 Oktober 2002. Dirjen Industri Kecil Dagang Menengah, Depperindag; 2002.
69. Laksmono JA, Wuryaningsih, **Sulaswatty A.** Pemurnian minyak nilam (*Pogostemon Cablin Benth*) dengan teknik destilasi molekuler: Pengaruh temperatur jaket pemanas. Seminar Himpunan Kimia Indonesia, Bandung; 2002.
70. **Sulaswatty A,** Wuryaningsih, Hartati S, Abimanyu H, Laksono, JA. Produksi oleoresin berbahan baku limbah destilasi kayu manis (*Cinnamomum burmannii*). Kajian awal hasil ekstraksi minyak dan oleoresin dari kulit kayu manis. Prosiding seminar nasional X Kimia Industri Lingkungan; Yogyakarta; 2001 6–7 November.
71. **Sulaswatty A,** Wuryaningsih, Hartati S, Abimanyu H, Laksono, JA. Ekstraksi oleoresin kayu manis (*Cinnamomum burmannii*): Optimasi rendemen dan pengujian karakteristik mutu. Kajian Awal Hasil Ekstraksi Minyak dan Oleoresin dari Kulit Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii Blume*). Prosiding Seminar Nasional X Kimia Industri dan Lingkungan; Yogyakarta; 2001 6–7 November.

Paten

1. Ernawati T, **Sulaswatty A**, Darmawan A, Lotulung PDN, Widiyarti G, Fajriah S, Minarti, Meilawati L, Megawati. PATEN: Proses Pembuatan Minuman Fungsional yang Mengandung Teh Gambung Putih; No. Pendaftaran S00201807908; 2018.
2. Agustian E, Adilina IB, **Sulaswatty A**, Rinaldi N, Sudyarmanto, Tursiloadi S. PATENT: Proses Pembuatan Vanilin Dari Eugenol Minyak Cengkih;. Paten terdaftar No. S00201809313; 2018.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama Lengkap : Anny Sulaswatty
Tempat / Tanggal lahir : Bandung/11 Agustus 1957
Anak Ke- : 5 dari 8 Bersaudara
Jenis Kelamin : Wanita
Ayah Kandung : R. Taman Soejono
Ibu Kandung : R. Tuti Soelastrri
Istri : Drs. R. M. Bambang Sugeng
Anak : 1. Rr. Biantika Kusuma Wardani, S.E.
2. Rd. Biantoro Kusuma Setiawan, S.T.
Instansi : Pusat Penelitian Kimia LIPI
Judul Orasi : Penerapan Teknologi Nonkonvensional dalam Ekstraksi Komponen Utama Atsiri dan Produk Turunannya di Indonesia
Bidang Kepekaran : Teknologi Kimia
No. SK Pangkat Terakhir : 25/K Tahun 2017
No. SK Peneliti Utama : 16/M/2017

B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah/PT	Jurusan	Tanda Lulus Tahun	Tempat
1.	SD	IGN Slamet Riyadi	-	1969	Bandung
2.	SLTP	SMPN IV	-	1972	Bandung
3.	SLTA	SMAN III	IPA	1975	Bandung
4.	S1	ITB	Teknik Kimia	1981	Bandung
5.	S2	Tokyo Univ. of Agri & Tech	Applied Chem	1988	Tokyo
6.	S3	IPB	Food Science	1998	Bogor

C. Pendidikan Nonformal

No	Nama Kursus/Pelatihan	Tempat	Tahun
1	Kursus Aplikasi Control untuk Proses Kimia dan fermentasi	Bandung	1984
2	ASEAN -EC Workshop and Training , Cost Evaluation and Technology Transfer of Biotechnological Processes	Bandung	1990
3	Training on Thermal Process Control School and Aceptic Processing and Packaging Technology	Bogor	1993
4	Training in the Use of Supercritical Extraction and Engineering for Food Processing and the Application of Scientific and Engineering Methods to Food Research and Development	Melbourne	1996
5	General Exchange Program – JSPS on High Separation Tech. Specialization Development of Extraction Essential Oil Component By Supercritical Fluid Ex- traction System	Kumamoto	2003
6	“Intellectual Property Rights Management in Devel- oping Countries”	New Delhi	2010

D. Jabatan Struktural

No	Jabatan	Nama Instansi	Tahun
1	Kepala Lab. Operasi Teknik Kimia	LIPI	2001
2	Kepala Bidang Jasa Iptek	LIPI	2003
3	Asisten Deputi Urusan Perkembangan Matematika dan IPA	Kementerian Riset dan Teknologi	2005
4	Asisten Deputi Urusan Perkembangan Matematika dan IPA	Kementerian Riset dan Teknologi	2006
5	Kepala Biro Hukum dan Humas	Kementerian Riset dan Teknologi	2009
6	Asisten Deputi Jaringan Penyedia dengan Lembaga Regulasi	Kementerian Riset dan Teknologi	2013

E. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1	Asisten Peneliti Muda	01-18-1989
2	Asisten Peneliti Madya	01-09-1990
3	Ajun Peneliti Muda	01-02-1992
4	Ajun Peneliti Madya	01-01-1997
5	Peneliti Madya	01-09-1999
6	Ahli Peneliti Muda	01-06-2002
7	Ahli Peneliti Madya	01-06-2005
8	Peneliti Ahli Utama – IV/e	01-10-2015

F. Penugasan Khusus

No.	Jabatan	Pemberi Tugas	Tahun
1	Asisten Ahli Komisi Ilmu Pengetahuan Dasar	AIPI	1999- sekarang
2	Kepala Biro Administrasi Iptek	AIPI	2001-2003

G. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Kota/Negara	Tahun
1	Monev Puslit Kimia LIPI	Ketua Tim Perencanaan	Tangerang	2001–2003
2	Program RUT-KNRT	Tim Reviewer	Jakarta	2004–2006
3	Program RUSNAS SAWIT-KNRT	Tim Reviewer	Jakarta	2003–2007
4	Program Insentif Riset MIPA	Koordinator Pelaksana	Jakarta	2005–2007
5	Program RUSNAS KNRT untuk Industri Sawit	Supervisor	Jakarta	2007–2009
6	Program Insentif KNRT untuk Riset Dasar	Koordinator Pelaksana	Jakarta	2007–2008
7	Beasiswa Kemenristek	Tim Reviewer	Jakarta	2005–2009
8	Insentif Sinas Kemenristek	Tim Reviewer	Jakarta	2008–2012
9	Pembuatan Perundang undangan Reformasi Birokrasi Kemenristek	Tim Gugus Tugas	Jakarta	2010–2010
10	Pelayanan Publik Reformasi Birokrasi Kemenristek	Tim Gugus Tugas	Jakarta	2011–2013

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Kota/Negara	Tahun
11	PPID Kemenristek	Tim Pengarah dan pelaksana	Jakarta	2011–2013
12	LPSE Kemenristek	Tim Pelaksana	Jakarta	2011–2013
13	JDIH Kemenristek	Tim Pengelola		2010–2013
14	Peringatan Hakteknas 2011	Ketua	Bandung	2011
15	Peringatan Hakteknas 2009-2014	Tim Pelaksana	Jakarta	2009–2014
16	Expo Ritech 2012	Ketua Pelaksana	Bandung	2012
17	Insentif Riset Produksi (RISPRO) LPDP	Tim Reviewer	Jakarta	2012–sekarang
18	Pembuatan Buku Nasional 18 Karya Anak Bangsa	Ketua Tim	Jakarta	2013
19	Pembuatan Buku Nasional 19 Karya Anak Bangsa	Tim Pelaksana	Jakarta	2014
20	Kegiatan DIPA PP Kimia LIPI	Tim Perencanaan Monitoring dan Evaluasi	Tangerang	2014–2016
21	Peringatan Jubilee AIPI 25 Tahun	Tim Pelaksana	Jakarta	2015
22	Pembuatan Buku Nasional 20 Karya Anak Bangsa	Tim Pelaksana	Jakarta	2015
23	Pembuatan Buku Kaleidoskop Sereh Wangi dan Produksi Turunannya	Koordinator Tim Pelaksana Pembuatan	Jakarta	2016–sekarang
24	Kerja Reformasi Birokrasi dan Pembangunan Zona Integritas	Tim Pelaksana	Jakarta	2017
25	Penerbitan Jurnal Biopropal	Tim Reviewer	Tangerang	2015–sekarang
26	Penerbitan Jurnal Kimia Terapan Indonesia (Inajac)	Reviewer Manuscript	Tangerang	2014–Sekarang
27	Program Insentif Dana Riset Kemenristek	Reviewer Nasional	Jakarta	2017–Sekarang
28	Insentif Riset LPDP Kemenkeu	Reviewer Pendanaan	Jakarta	2012–Sekarang
29	Insinas Flagship Pangan Fungsional LIPI	Koordinator Sub Program	Jakarta	2018–2020
30	Workshop/Pameran Buku	Peserta	Frankfurt/ Jerman	2016

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Kota/Negara	Tahun
31	Conference and Working group AASSA	Peserta dan Presenter	Manila, National Academy of Science and Tech. Philippines	2016
32	Asean Food Conference	Peserta dan poster Presenter	Vietnam	2018
33	Conference and Working group AASSA	Peserta dan Presenter	New Delhi, India	2019

H. Keterlibatan dalam Pengelolaan Jurnal Ilmiah

No	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
1	Jurnal Teknologi Indonesia	LIPI	Editor	2009–2013
2	Jurnal Kimia Terapan Indonesia	LIPI	Editor	2014–sekarang
3	Jurnal Biopropal	Dinas Perindustri	Reviewer	2015–sekarang

I. Karya Tulis Ilmiah

No	Kualifikasi	Jumlah
1	Penulis Tunggal	---
2	Penulis Utama	24 buah
3	Penulis Bersama	47 buah
	Total	71 buah

No	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1	Bahasa Inggris	30 buah
2	Bahasa Indonesia	41 buah
3	Bahasa Lainnya	--- buah
	Total	71 buah

J. Pembinaan Kader Ilmiah

No.	Nama	Perguruan Tinggi	Peran/Tugas	Tahun Lulus
1.	Nur Wulandari (S2)	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2012
2.	Gusturiani Maulidina (S1)	Tinggi Manajemen Industri	Pembimbing	2015

No.	Nama	Perguruan Tinggi	Peran/Tugas	Tahun Lulus
3.	Nita Khusnul Khotimah (S1)	Sekolah Tinggi Manajemen Industri	Pembimbing	2015
4.	Adrianus Orias Willem Kaya (S3)	Institut Pertanian Bogor	Penguji	2015
5.	Dewi Fortuna Ayu (S3)	Institut Pertanian Bogor	Penguji	2015
6.	Deska Prayoga Fauzi (S1)	Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah	Pembimbing	2016
7.	Nurul Azizah (S1)	Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah	Pembimbing	2016
8.	Imam Hamidi (S1)	Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah	Pembimbing	2017
9.	Ainez Zahira (S1)	Universitas Surya Tangerang	Pembimbing	2018
10.	Kim Poopy Wijayanti (S1)	Universitas Surya Tangerang	Pembimbing	2018
11.	Devi Lestari (S1)	Universitas Tangerang	Pembimbing	2018
12.	Dessy (S1)	Universitas Tangerang	Pembimbing	2018
13.	Fenny (S1)	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2019
14.	Erick Nabu (S3)	Universitas Indonesia	Penguji	2019

K. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1	Anggota	PII – Badan Kejuruan Kimia	2005–Sekarang
2	Pengurus/ Anggota	Himpunan Kimia Indonesia, Jakarta	1988–Sekarang
3	Anggota	Dewan Atsiri Indonesia, Cabang Jakarta	1990–Sekarang
4	Anggota	PATPI (Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia) Bogor	1998–sekarang
5	Anggota	MAKSI (Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia) Bogor	2000–sekarang
6	Anggota	Asosiasi Peneliti Atsiri Indonesia (APAI), Malang	2017–Sekarang

L. Riwayat Pekerjaan Lain

No	Nama Kegiatan	Waktu
1	Pengajar Tidak Tetap UNPAS Bandung	1982–1984
2	Pengajar Tidak Tetap ITI Serpong	1990–2003
3	Pengajar Tidak Tetap IPB Bogor	1997–2000

M. Pembicara Ilmiah

No.	Penulis, Judul	Nama Kegiatan Ilmiah	Penyelenggara (Tempat, waktu)
1.	Yanni Sudiyani, Anny Sulaswatty, dkk., “Alkaline Pretreatment Effect on Sweet Sorghum Bagasse for Bioethanol Production”	The 5th Annual International Conference (AIC) 2015 in conjunction with The 8th International Conference of Chemical Engineering on Science and Applications (ChESA) 2015	Universitas Syiah Kuala (Aceh, 9-10 September 2015)
2.	Sastradipradja, Anny Sulaswatty dkk., “Giving Meaning To Unusual Animal Behavior Prior to Earthquakes”	AASSA Regional Workshop on SHER (Science, Health, Environment & Risk) Communication: Role of S&T Communication in Disaster Management & Community Preparedness	Association of Academies and Societies of Sciences in Asia (AASSA), Indonesian Academy of Sciences (AIPI) and Korean Academy of Science and Technology (KAST) (Jakarta, 8-9 Desember 2015)
3.	Anny Sulaswatty dan Indri Badria Adilina “Lignocellulosic agricultural waste as a versatile source for sustainable energy in Indonesia”	AASSA–NAST PHL Workshop on the Role of Science Academies in Sustainable Development in conjunction with the 2016 Climate Conference on Addressing Climate Risk for Sustainable Development	AASSA–NAST PHL Workshop on the Role of Science Academies in Sustainable Development in conjunction with the 2016 Climate Conference on Addressing Climate Risk for Sustainable Development (Taal Vista Hotel, Tagaytay City, Philippines, 28-29 September 2016)

No.	Penulis, Judul	Nama Kegiatan Ilmiah	Penyelenggara (Tempat, waktu)
4	Anny Sulaswatty, Egi Agustian, Arifuddin Fitriady, "Hydrodistillation and Supercritical CO2 Extraction of Essential Oil from Ginger Rhizome (<i>Zingiber Officinale</i>)"	The 1st International Conference of Essential Oil Indonesia (ICEO 2017)	Universitas Brawijaya (Malang, 11-12 Oktober 2017)
5	Anny Sulaswatty, Sri Priatni, Asep Nurhikmat dan Kristanto, "Country Report of Indonesian Practices"	Seminar-Workshop on Best Practices of Establishment and Operation of Food Innovation Center (FIC) among ASEAN Member States (AMS).	The Philippine Department of Science and Technology (DOST) thru its Industrial Technology Development Institute (ITDI) (Acacia Hotel Manila, 20 October 2017)
6	Anny Sulaswatty, dkk. "Innovation Readiness Assessment of Surfactants for Food Processing"	The 15th ASEAN Food Conference 2017	ASEAN Committee on Science and Technology, Subcommittee Food Science and Technology (Hanoi, Vietnam, 14-17 Nov 2017)
7	Anny Sulaswatty, "A Successful Research Proposal"	Workshop Teknik Penulisan dan Tutorial Proposal Penelitian di UGM	Direktorat Penelitian UGM (Yogyakarta, 11-12 April 2018)
8	Anny Sulaswatty, "Potensi Penerapan LCA untuk Riset"	Workshop Capacity Building on Life Cycle Assessment	Aljabar Selaras (Hotel Pranaya BSD, 25-26 September 2018)
9	Finarya Legoh & Anny Sulaswatty, "Transformation of News in Digital Information Era: What Should be Concerned"	AASSA - INSA - NISCAIR Regional Workshop On Science Breakthrough	Association of Academies and Societies of Sciences in Asia, AASSA Special Committee on SHARE Communication Indian National Science Academy CSIR-National Institute of Science Communication and Information Resources Inter Academy Partnership (IAP) CSIR-NISCAIR (New Delhi, India, 20-22 Februari 2019)

No.	Penulis, Judul	Nama Kegiatan Ilmiah	Penyelenggara (Tempat, waktu)
10	Anny Sulaswatty, "Pendanaan Riset Inovatif Produktif (RISPRO)"	Sosialisasi RISPRO BATCH II di UGM	UGM (Yogyakarta, 15 Juni 2019)
11	Anny Sulaswatty, "Pengembangan produksi Nanobiosilika sbg Filler sol sepatu"	Visitasi dan bimbingan teknis RISPRO BATCH 1 dengan PT. TLU DI Cicurug dan Balitbang Kementan Bidang Hortikultura Pasca Panen Bogor.	LPDP (Sukabumi, 1 Juli 2019)
12	Anny Sulaswatty, "Pengembangan Pengalengan Megono guna peningkatan daya saing Tradtional Food basis nangka muda khas Pekalongan"	Fact finding and Visitasi usulan Proposal RISPRO Batch 1 ke Pemda Pekalongan	LPDP (Pekalongan, 4 Juli 2019)
13	Anny Sulaswatty, "Penilaian Visitasi ke Mitra dan lokasi Pengusul Program RISPRO LPDP 2019"	Sosialisasi Program RISPRO LPDP 2019 dan Bimbingan Teknis penyusunan proposal RISPRO	LIPI (Jakarta, 1 Agustus 2019)

N. Tanda Penghargaan

No	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Satya Lencana Karya Satya XV Tahun	Presiden RI	1998
2	Satya Lencana Karya Satya XX Tahun	Presiden RI	2003
3	Satya Lencana Karya Satya XXX Tahun	Presiden RI	2013



LIPI Press

Gedung PDDI LIPI, Lantai 6
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710
Telp. (+62 21) 573 3465
E-mail: press@mail.lipi.go.id
Website: lipipress.lipi.go.id