

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bawang daun (*Allium fistulosum* L.) adalah tanaman jenis sayuran daun bahan bumbu dapur dan pencampur sayur mayur yang banyak digunakan di Indonesia. Salah satu kendala yang penting dalam usaha meningkatkan produksi bawang daun yaitu adanya serangan penyakit antraknose yang disebabkan oleh patogen *Colletotrichum* sp. Di sentra produksi bawang di Jawa, penyakit ini dikenal dengan nama penyakit “otomatis” karena tanaman yang terserang bisa mati mendadak. Penyakit tersebut menyebabkan kerusakan 20,15% (Nurjanani, 2011).

Selama ini pengendalian penyakit pada tanaman bawang daun menggunakan pestisida kimia antracol yang memiliki LD₅₀ pada tikus >5000 mg/kg (Anonim, 2014). Menurut Djunaedy (2009) penggunaan pestisida kimiawi yang berlebihan memberi dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia. Keseimbangan alam terganggu dan akan mengakibatkan timbulnya hama yang resisten. Selain itu akan menimbulkan residu pestisida didalam tanah dan juga residu pestisida pada tanaman dapat terbawa sampai mata rantai makanan, sehingga dapat meracuni konsumen, baik hewan maupun manusia.

Karna antracol mempunyai dampak yang negatif maka perlu menggunakan fungisida alternatif salah satunya berasal dari tumbuhan hayati. Minyak atsiri serai wangi (*Cymbopogon winterianus* Linn.) diketahui mengandung beberapa senyawa atsiri yg bersifat desinfektan. Minyak atsiri serai wangi digunakan untuk desinfektan, penyulingan menggunakan uap air dan ekstraksi menggunakan pelarut merupakan dua cara terpenting memperoleh minyak serai (Nakahara *et al.*, 2003). Komponen utama dari minyak atsiri yaitu senyawa sitronelal dapat dihasilkan melalui proses destilasi fraksinasi terhadap minyak serai wangi (Guenther, 1987).

Menurut Ganjewala (2009) *Cymbopogon* minyak esensial dan konstituen mengandung senyawa citral (campuran geraniol dan neral), geraniol, sitronelol, senyawa sitronelal, piperitone, linalool, elemol, 1,8-cineole, limonene, geraniol, β -caryophyllene, metil heptenone, geranyl asetat dan geranyl telah diketahui dapat

berperan sebagai antibakteri, antijamur, antiyeast, insektisida dan penolak serangga dalam jangka waktu yang lama. Nurmansyah (2010) menyatakan bahwa senyawa sitronelal merupakan salah satu komponen utama dalam minyak serai wangi dengan sifat anti jamur yang tinggi.

Senyawa sitronelal termasuk kelompok terpenoid yang tergolong monoterpen yang mampu menekan pertumbuhan jamur patogen. Senyawa-senyawa ini dapat menghambat proses metabolisme jamur sehingga akan mengganggu pertumbuhan jamur. Komponen kimia minyak atsiri yang bersifat anti jamur mampu menembus dinding sel jamur. Dengan demikian akan terjadi gangguan proses metabolisme didalam sel sehingga akan mengganggu pertumbuhan sel, dan pada konsentrasi tertentu akan berakibat kematian sel jamur (Knobloch *et al.*, 1989).

Berdasarkan penelitian Nurmansyah (2010) bahwa pada konsentrasi 750 ppm, minyak seraiwangi mampu menghambat pertumbuhan diameter koloni *Phytophthora palmivora* 75,95% dan biomassa koloni 82,61%. Sedangkan senyawa sitronelal pada konsentrasi yang sama mampu menghambat pertumbuhan diameter koloni lebih baik (yakni 78,88%) dan biomassa koloni 88,41%.

Aktivitas antijamur dari komponen senyawa sitronelal belum pernah dilaporkan, sehingga untuk menentukan konsentrasi efektifnya dapat dilakukan dengan beberapa metode. Metode trial and error memerlukan bahan uji yang cukup banyak serta waktu pengujian yang lama sehingga metode ini memerlukan biaya yang besar dan waktu yang panjang. Untuk mempersingkat waktu dan menekan beban biaya maka penentuan konsentrasi efektif secara teoritis dapat didekati dengan menggunakan metode pemodelan yaitu model interaksi antara molekul antijamur dengan target makromolekul sebagai sasaran inhibisi. Adapun perangkat lunak untuk pemodelan ini tersedia secara gratis di website yang salah satunya adalah perangkat lunak *Autodock Tools*. Pemodelan menggunakan perangkat lunak *Autodock Tools* dapat menghasilkan informasi konstanta inhibisi (K_i) yang berbanding langsung dengan konsentrasi inhibisi antijamur (IC_{50}) (Cer *et al.*, 2009).

Berdasarkan uraian diatas, maka pemanfaatan senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi sebagai fungisida nabati yang ramah lingkungan merupakan alternatif pengendalian penyakit antraknose pada tanaman bawang daun yang sangat bijak pada saat ini. Penelitian ini bertujuan melihat pengaruh senyawa sitronelal seraiwangi terhadap pertumbuhan dan perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit antraknose pada bawang daun.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan dapat diuraikan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi senyawa sitronelal dari hasil destilasi fraksinasi minyak atsiri serai wangi sebagai anti jamur terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit antraknose pada bawang daun secara *in vitro* dan *in vivo*?
2. Berapa konsentrasi senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi yang efektif (EC_{50}) untuk menekan pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit antraknose pada bawang daun?

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui potensi senyawa sitronelal sebagai anti jamur terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. dan mengetahui efektivitas senyawa sitronelal ekstrak serai wangi pada berbagai konsentrasi dalam pengendalian jamur *Colletotrichum* sp.

1.4. Hipotesis

Pemberian fungisida nabati senyawa sitronelal serai wangi pada konsentrasi tertentu dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit antraknose pada tanaman bawang daun.

1.5. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penyakit antraknose pada tanaman bawang daun dan senyawa aktif senyawa sitronelal serai wangi yang berpotensi sebagai fungisida nabati terhadap penyakit antraknose.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.)

2.1.1. Klasifikasi Tanaman Bawang Daun

Kedudukan tanaman bawang daun dalam tatanama (sistematika) tumbuhan menurut Rukmana (1995) diklasifikasikan sebagai berikut yaitu:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (Berkeping satu/monokotil)
Sub kelas	: Liliidae
Ordo	: Liliales
Famili	: Liliceae (Suku bawang-bawangan)
Genus	: <i>Allium</i>
Spesies	: <i>Allium fistulosum</i> L. (Bawang Daun)

Bawang daun termasuk tanaman setahun atau semusim yang berbentuk rumput. Struktur tubuh tanaman terdiri dari akar, batang semu dan daun. Disamping itu, pada stadium reproduktif dapat menghasilkan bunga dan biji. Batang semu terbentuk dan tersusun dari pelepah-pelepah daun yang saling menutupi. Bagian batang semu yang tertimbun tanah umumnya berwarna putih bersih, sedangkan batang semu yang berada pada permukaan tanah berwarna hijau keputihan. Sifat hidup tanaman bawang daun adalah merumpun dengan membentuk anakan-anakan yang baru (Rukmana, 1995).

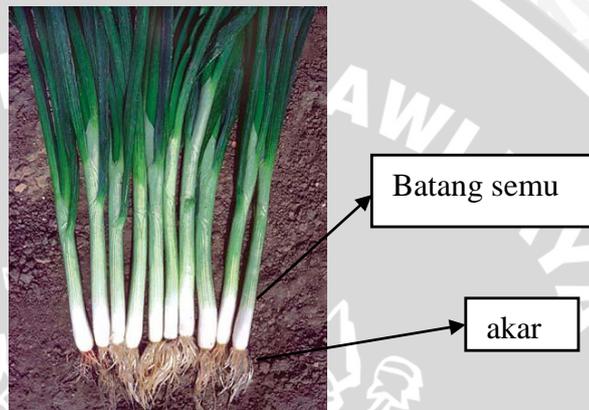
2.1.2. Morfologi Tanaman Bawang Daun

Menurut Rukmana (1995) bawang daun termasuk tanaman setahun atau semusim yang berbentuk rumput. Sistem perakarannya termasuk akar serabut yang terpencah ke semua arah pada kedalaman antara 15-30 cm (Gambar 1). Bentuk daun dari bawang daun dibedakan atas dua macam, yaitu bulat panjang di dalamnya berlubang seperti pipa, dan panjang pipih tidak berlubang. Warna daun umumnya hijau-muda sampai hijau-tua.

Panjang daun sangat bervariasi antara 18-30 cm atau lebih, tergantung dari varietas dan kesuburan pertumbuhannya (Gambar 2). Bawang daun mempunyai batang semu yang berwarna putih pada pangkal dan semakin keatas mendekati

daun warna batang semu semakin hijau (Gambar 1). Bawang daun tidak memiliki umbi seperti jenis bawang pada umumnya.

Tangkai bunga bawang daun keluar dari titik tumbuh yang mempunyai panjang antara 30-90 cm. Secara keseluruhan, bentuk bunga bawang daun seperti payung (*umbrella*) (Gambar 2). Bunga bawang daun dapat menyerbuk sendiri ataupun silang dengan bantuan serangga lalat-hijau ataupun dengan bantuan manusia, sehingga menghasilkan buah dan biji (Rukmana, 1995).

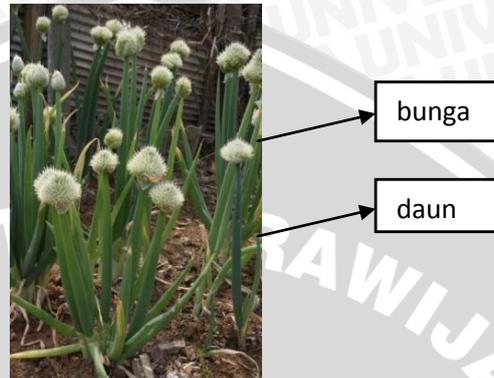


Gambar 1. Batang dan Akar Bawang Daun

Bentuk biji bawang daun umumnya agak pipih dan berwarna hitam, yang digunakan sebagai bahan perbanyakan tanaman secara generatif. Meskipun tanaman bawang daun mudah berbunga pada kondisi alami di Indonesia, namun daya produksi bijinya masih rendah. Salah satu cara untuk merangsang pembungaan dan pembijian bawang daun dalam jumlah banyak adalah melalui perlakuan suhu rendah (*vernalisasi*), yaitu pada suhu 10°C selama 1 - 4 minggu. Pada skala penelitian, teknik *vernalisasi* ini dilakukan pada benih (biji) maupun bibitnya (Rukmana, 1995).

Rukmana (1995) menjelaskan bahwa jenis bawang daun yang berbunga dan berbiji banyak adalah Mambo Jabring dan Siyonya Malang. Bawang daun yang umum dibudidayakan ada dua jenis, yaitu bawang bakung atau bawang semprong atau sibol (*Allium fistulosum* L.) dan bawang prei atau leek (*Allium porum* L.). Ciri-ciri bawang daun jenis bawang bakung (*A. fistulosum* L.) yaitu bentuk daunnya bulat panjang, didalamnya berongga (berlubang) seperti pipa, dan kadang-kadang dapat membentuk umbi berukuran kecil. Sedangkan jenis bawang

prei (*A. porum* L.) ciri-cirinya yaitu: bentuk daunnya panjang-pipih, berpelepah panjang dan liat, serta tidak berumbi. Varietas atau kultivar yang banyak ditanam di Indonesia umumnya varietas bawang bakung lokal, seperti: Awir, Mambo Jabring, Sinyonya Malang, dan Mambo besi.



Gambar 2. Bunga dan Daun Bawang Daun

2.1.3. Syarat Tumbuh Tanaman Bawang Daun

Menurut Rukmana (1995) tanaman bawang daun memiliki daya adaptasi cukup luas terhadap lingkungan tumbuh, sehingga dapat ditanam di dataran rendah sampai dataran tinggi (pegunungan). Berdasarkan indikator kondisi iklim di daerah sentra pertanaman bawang daun seperti di Jawa Barat, Jawa Timur, dan Jawa Tengah, umumnya tanaman ini dibudidayakan di dataran tinggi yang berhawa sejuk. Daerah yang paling ideal untuk pengembangan budidaya tanaman bawang daun adalah dataran tinggi antara 900-1700 meter di atas permukaan laut (dpl). Lokasi terbuka atau mendapat sinar matahari penuh dan drainase air lancar. Suhu udara sekitar 19°-24°C dan kelembaban udara berkisar antara 80%-90%.

Meskipun demikian, dewasa ini tanaman bawang daun mulai banyak dibudidayakan di dataran rendah dan dataran menengah (medium). Hal yang penting untuk diperhatikan dalam budidaya tanaman bawang daun di daerah yang suhunya tinggi antara lain adalah harus dipilih varietas (kultivar) yang toleran terhadap suhu udara panas dan pengelolaan kultur teknik budidayanya harus baik (memadai) (Rukmana, 1995).

Rukmana (1995) menyatakan bahwa di daerah produsen bawang daun, jenis tanah yang relatif baik untuk pertumbuhan tanaman bawang daun adalah Andosol, Latosol, Regosol, dan sebagian kecil pada tanah Mediteran serta Aluvial. Tanah Andosol disebut juga tanah pegunungan tinggi yang memiliki karakteristik antara lain berwarna hitam atau kelabu sampai coklat tua, berstruktur remah dan teksturnya debu atau lempung berdebu sampai lempung, kaya akan kandungan unsur hara khususnya Nitrogen, dan reaksi tanahnya cukup baik pada kisaran pH 5,0-7,0.

Tanah Latosol memiliki ciri-ciri berwarna merah atau coklat sampai kekuning-kuningan, berstruktur remah, teksturnya liat, dan reaksi tanahnya asam antara pH 4,5-6,5. Sementara tanah Regosol umumnya berwarna coklat atau coklat kekuningan, berstruktur lepas (butir tunggal) teksturnya pasir sampai lempung berdebu, dan reaksi tanahnya bervariasi antara netral, agak asam sampai asam (Rukmana, 1995).

Rukmana (1995) menjelaskan bahwa kondisi tanah yang paling baik untuk tanaman bawang daun yaitu subur, lempung atau lempung berpasir, gembur dengan lapisan olah yang tebal, dan mengandung bahan organik, tata air dan tata udara (draenase dan aerasi) baik dan reaksi tanah pada kisaran pH 6,5-7,5. Oleh karena itu, pada tanah-tanah yang kurang subur perlu penanganan yang memadai, antara lain dengan penambahan bahan organik yang cukup tinggi, pengapuran tanah sesuai dengan kondisi pH tanah, pengolahan tanah yang baik (sempurna), dan pemberian pupuk yang mengandung unsur hara makro dan mikro.

2.2. Penyakit Antraknose (*Colletotrichum* sp.)

2.2.1. Klasifikasi Penyakit

Menurut Singh (1998) klasifikasi *Colletotrichum* sp. adalah sebagai berikut yaitu:

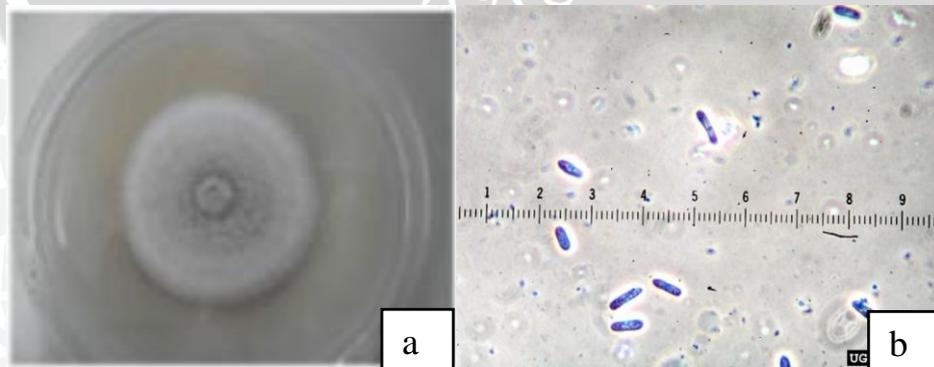
Kerajaan	: Fungi
Divisi	: Ascomycotina
Subdivisi	: Eumycota
Kelas	: Pyrenomycetes
Bangsa	: Sphaeriales
Famili	: Polystigmataceae
Marga	: <i>Colletotrichum</i>
Spesies	: <i>Colletotrichum</i> sp.

2.2.2. Penyebab Penyakit

Antraknose merupakan penyakit penting tanaman di daerah tropis yang panas dan lembab (Hidayat *et al.*, 2004). Jamur *Colletotrichum* sp. merupakan penyebab penyakit antraknose yang dapat menginfeksi benih, daun, batang, dan buah. *Colletotrichum* sp. memiliki inang yang luas, lebih kurang lima puluh delapan spesies pada tujuh belas famili. *Colletotrichum* sp. merupakan anamorf dari *Glomorella* spp. (Settle *et al.*, 1997). Tercatat ada enam puluh enam jenis dari *Colletotrichum* sp. yang umum ditemukan (Hyde *et al.*, 2009).

Karakter morfologi jamur ini dapat dilihat dari bentuk dan ukuran konidia, konidiofor, aservulus, apresoria, dan seta (Phoulivong, 2011). Tanda paling menonjol dari penyakit antraknose yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp. adalah keberadaan seta berwarna hitam (struktur jamur menyerupai rambut) pada jaringan tanaman. Seta memicu keberadaan aservulus, badan buah yang menghasilkan konidia (Settle *et al.*, 1997).

Colletotrichum sp. yang menginfeksi tanaman membentuk aservulus dibawah epidermis yang lalu pecah dan membentuk seperti cawan, dengan garis tengah lebih kurang 300 μm . Aservulus mempunyai seta berwarna coklat, bersekat 2-4, pada umumnya panjangnya kurang dari 100 μm , dengan lebar 4-9 μm . Konidium berbentuk tabung, jorong atau bulat telur dengan ujung-ujung membulat tidak bersepta, bersel tunggal, hialin dengan ukuran 10-20 x 3-6 μm (Gambar 3). Konidium dapat membentuk massa seperti lender yang berwarna merah jambu atau jingga (Semangun, 1990).



Gambar 3. *Colletotrichum* sp. (a) makroskopis; (b) mikroskopis

Colletotrichum sp. secara biologis memiliki konidia berbentuk *abovate* kecil, lurus atau kadangkala sedikit melengkung, berukuran $16 \times 4,5 \mu\text{m}$. *Setae* dewasa pada *Colletotrichum fragariae* Brooks berwarna coklat tua, memiliki lebar yang sama kecuali pada bagian apical yang memiliki fungsi seperti *phialides* dan menghasilkan konidia. Biakan patogen pada medium PDA berwarna abu-abu kecoklatan hingga abu-abu gelap (Xie *et al.*, 2010) (Gambar 3).

Konidia *Colletotrichum* sp. terikat pada *matrix mucilaginous* ekstraseluler sehingga konidiumnya tidak dapat berkecambah apabila masih dalam aservulus (Manandhar *et al.*, 1995). Konidia *Colletotrichum* sp. yang berlendir tidak dapat terlepas dari aservulus dengan bantuan angin namun terdispersi oleh air (Bailey *et al.*, 1992). Menurut Manandhar *et al.*, (1995) konidia *Colletotrichum* sp. akan terlepas dari aservulus apabila terkena percikan air hujan. Percikan air hujan ini dapat menyebarkan konidia dan menularkannya pada tanaman sehat.

2.2.3. Gejala Penyakit

Penyakit antraknose menunjukkan gejala terdapat bercak putih pada daun (Gambar 4a). Selanjutnya terbentuk lekukan pada bercak tersebut yang menyebabkan daun berputar atau terkulai, gejala tersebut sangat khas berputar. Daun berwarna hijau pucat atau kuning akhirnya tanaman mati (Gambar 4b). Proses kematian tanaman sangat cepat. Penyakit tersebut menyebabkan kerusakan pada tanaman bawang sekitar 20,15% (Nurjanani, 2011).



Gambar 4. Gejala Antraknose pada Daun Bawang (a) gejala awal (b) gejala berat

Di beberapa daerah penyakit ini disebut “otomatis” karena daun yang terserang melepuh, berwarna keputihan, kemudian daun patah secara serentak. Serangan awal ditandai dengan terlihatnya bercak berwarna putih pada daun, selanjutnya terbentuk lekukan ke dalam (invaginasi), berlubang dan patah karena terkulai tepat pada bercak tersebut. Jika infeksi berlanjut, maka terbentuklah koloni konidia yang berwarna merah muda, yang kemudian berubah menjadi coklat muda, coklat tua, dan akhirnya kehitam-hitaman (Rosmahani, 2006).

Dalam kondisi kelembaban udara yang tinggi terutama pada musim penghujan, konidia berkembang dengan cepat membentuk miselia yang tumbuh menjalar dari helaian daun, masuk menembus sampai ke umbi, seterusnya menyebar di permukaan tanah, berwarna putih, dan menginfeksi inang di sekitarnya (Udiarto *et. al.*, 2005). Bila serangan berat seluruh hamparan menjadi putih dan panen gagal (Rosmahani, 2006). Skala serangan antraknose *Colletotrichum* sp. (skala-kategori serangan):

0= tidak ada infeksi

1= luas permukaan daun terserang mencapai 1-20%

2= luas permukaan daun terserang mencapai 21-40%

3= luas permukaan daun terserang mencapai 41-60%

4= luas permukaan daun terserang mencapai 61-80%

5= luas permukaan daun terserang mencapai 81-100%

2.2.4. Daur Penyakit

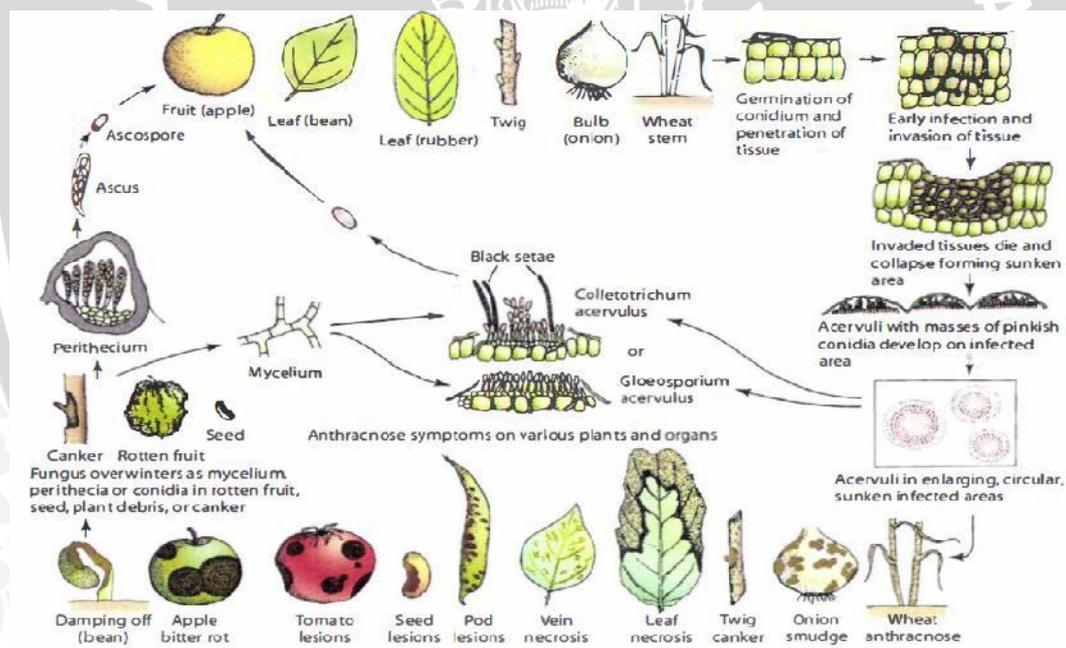
Colletotrichum sp. dapat bertahan dalam bentuk stromata dalam tanah lebih kurang satu tahun dan menginfeksi tanaman. Kelembaban tinggi dibutuhkan untuk pelepasan konidia dari aservulus. Konidia disebarkan oleh percikan air hujan, dan beberapa kejadian penyakit berhubungan erat dengan curah hujan yang tinggi selama masa pertumbuhan tanaman (Byrne *et al.*, 1997).

Mekanisme *Colletotrichum* sp. dalam menginfeksi inang dapat dikategorikan sebagai subkutikular atau *intramural necrotroph*, dimana dalam proses infeksi mekanisme pertahanan inang tidak dipacu, dan patogen melanjutkan penyebarannya dengan cepat di antara sel dalam jaringan (Gambar 5). Secara struktural *Colletotrichum* sp. membentuk apresoria, tabung infeksi untuk menembus sel epidermis, hifa primer atau disebut juga hifa infeksi, lalu

berkembang dan menyebar di dalam plasma membran dengan membentuk hifa sekunder (Vargas *et al*, 2012).

Semangun (2000) mengatakan bahwa jamur *Colletotrichum* sp. menghasilkan konidia dalam jumlah banyak. Konidia terbentuk pada permukaan bercak pada bagian tanaman yang terinfeksi dan konidia tersebut mudah lepas apabila ditiup angin atau bila terkena percikan air. Konidia sangat ringan dan dapat menyebar luas dalam waktu yang singkat.

Konidium membentuk buluh kecambah yang membentuk apresorium pada ujungnya. Penetrasi terjadi langsung dengan menembus kutikula, merusak dinding sel dan benang-benang jamur berkembang didalam dan diantara sel-sel. Mula-mula kloroplas rusak dan diikuti dengan rusaknya mitokondria, selama proses infeksi pathogen melepaskan enzim poligalakturonase, selulase dan toksin (Semangun, 2000).



Gambar 5. Daur Penyakit Antraknose pada Bawang Daun

Infeksi *Colletotrichum* sp. diawali dengan menempelnya konidia dan perkecambahan konidia pada permukaan tanaman. Perkecambahan konidia menghasilkan tabung kecambah yang kemudian berdiferensiasi membentuk apresoria yang diperlukan untuk menembus *barrier* kutikula. Setelah penetrasi, hifa tumbuh secara interselular dan intraselular pada jaringan (Henson *et al.*,

1999). Miselia tumbuh dalam lumen sel tanpa merusak membran inang, yaitu tumbuh diantara membran plasma dan dinding sel tanaman (Bailey *et al.*, 1992) (Gambar 5).

Selama bertahan dan mengkolonisasi tanaman inang, sebagian besar genus *Colletotrichum* sp. mendapatkan makanan secara biotropik dan neotropik. Awalnya, nutrisi yang diperoleh berasal dari sel hidup, setelah fase nekrotropik makanan diperoleh dari sel mati. Patogen berkembang dengan membentuk struktur infeksi termasuk tabung kecambah, apresorium, hifa intraselular primer dan hifa nekrotropik sekunder (Dickman, 2000).

2.2.5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penyakit

Colletotrichum sp. merupakan jamur kosmopolitan, dimana beberapa spesies dapat menginfeksi satu tanaman inang, atau satu spesies dapat menginfeksi beberapa tanaman inang (Hyde *et al.*, 2009). Penyakit antraknose berkembang pada berbagai kisaran suhu. Gejala busuk pangkal berkembang pada suhu 15-25⁰C, dan gejala pada daun terjadi pada suhu di atas 26⁰C. Pecahnya bercak daun oleh antraknose telah diprediksi menggunakan kombinasi kebasahan daun dan suhu. Kebasahan daun terus-menerus selama 12 jam atau lebih dan suhu 14-28⁰C dibutuhkan untuk terjadinya infeksi. Periode laten (waktu antara infeksi hingga membentuk spora baru) diperkirakan 10-12 hari (Settle *et al.*, 1997).

Menurut Robert *et al.* (2007) suhu optimal untuk perkembangan cendawan *Colletotrichum* sp. adalah 27^o C. Kondisi lingkungan yang disenangi oleh cendawan *Colletotrichum* sp. adalah temperatur tinggi, dan memiliki kelembaban tinggi. Untuk perkecambahan konidia diperlukan kelembaban diatas 97%. Konidia dihasilkan dari aservulus pada saat lembab. Pada saat cuaca sangat lembab cendawan membentuk banyak spora pada bagian-bagian tanaman yang sakit (Semangun, 2009).

2.3. Fungisida Nabati

Menurut Djunaedy (2009) fungisida nabati merupakan hasil ekstraksi bagian tertentu dari tanaman baik dari daun, buah, biji, atau akar yang senyawa atau metabolit sekunder dan memiliki sifat racun terhadap hama dan memiliki sifat racun terhadap penyakit tertentu. Fungisida yang terbuat dari bahan-bahan

alam tidak meracuni tanaman dan mencemari lingkungan. Fungisida nabati dapat diperoleh dari tumbuhan yang mengandung zat aktif sebagai desinfektan (Kardinan, 2004). Fungisida alami yang berasal dari bahan-bahan yang terdapat di alam tersebut diekstraksi, diproses, atau dibuat menjadi konsentrat dengan tidak mengubah struktur kimianya (Novizan, 2005).

Adanya kemampuan dari tanaman untuk menghasilkan produk sampingan atau metabolit sekunder memungkinkan tanaman dapat dijadikan sebagai biofungisida atau fungisida nabati. Menurut Margaret & Brian (1981) sejumlah metabolit sekunder juga digunakan sebagai fungisida atau antibiotik untuk melindungi tanaman dari serangan jamur atau bakteri.

Fungisida nabati memiliki banyak kelebihan yaitu bahan dasar mudah didapat, praktis dalam aplikasi, dan hasil relatif cepat terlihat. Selain itu, pestisida berbahan dasar nabati mudah dimasyakatkan karena mudah terurai oleh alam, dan relatif tidak berbahaya bagi manusia dan tidak menimbulkan residu bagi tanaman sehingga aman digunakan (Kardinan, 2004).

Sedangkan pestisida kimiawi yang berlebihan memberi dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia. Keseimbangan alam terganggu dan akan mengakibatkan timbulnya hama yang resisten. Selain itu akan menimbulkan residu pestisida didalam tanah dan juga residu pestisida pada tanaman dapat terbawa sampai mata rantai makanan, sehingga dapat meracuni konsumen, baik hewan maupun manusia (Novizan, 2005).

Keefektifan sesuatu fungisida tergantung dari daya larutnya sehingga dapat dengan mudah diserap oleh patogen dan mempengaruhi kelangsungan hidupnya. Untuk melindungi bagian dari tanaman maka fungisida tersebut harus dapat menutupi dan terbagi rata serta dapat melekat dengan baik pada permukaannya. Selain itu fungisida tersebut harus toksik terhadap patogen tetapi tidak toksik terhadap tanaman (fitotoksik) (Anonim, 1997). Pemakaian ekstrak bahan alami secara terus-menerus diyakini tidak menimbulkan resisten terhadap hama dan penyakit, seperti yang biasa terjadi pada fungisida sintetis (Moekasan, 2004).

Salah satu tanaman yang digunakan sebagai fungisida nabati menurut Kardinan (2004) yaitu tanaman serai (*Cymbopogon*). Menurut Ganjewala (2009) *Cymbopogon* minyak esensial dan konstituen mengandung senyawa citral (campuran geranial dan neral), geraniol, sitronelol, senyawa sitronelal, piperitone, linalool, elemol, 1,8-cineole, limonene, geraniol, β -caryophyllene, metil heptenone, geranyl asetat dan geranyl telah diketahui dapat berperan sebagai antibakteri, antijamur, antiyeast, insektisida dan penolak serangga dalam jangka waktu yang lama. Menurut Nurmansyah (2010) senyawa sitronelal merupakan salah satu komponen utama dalam minyak serai wangi dengan sifat anti jamur (anti jamur) yang tinggi.

Mekanisme fungisida yang digunakan untuk penanggulangan penyakit pada umumnya adalah menghambat perkecambahan, pertumbuhan, dan perkembangbiakan atau sekaligus membunuh patogen. Hingga sekarang fungisida yang dipergunakan untuk penyemprotan atau penghembusan pada daun biasanya ditujukan untuk mencegah terjadinya infeksi dan mematikan patogen yang telah mengadakan infeksi. Kebanyakan dari fungisida sudah harus berada pada permukaan tanaman sebelum patogen datang menyerang sehingga dengan demikian dapat mencegah terjadinya infeksi. Dengan adanya fungisida tersebut, maka perkecambahan spora dapat dicegah atau sekaligus dapat dibunuhnya (Anonim, 1997).

Cara kerja fungisida dalam menghambat atau mematikan cendawan berbeda-beda, diantaranya mengubah struktur dinding sel atau membran sel, menghambat sintesis komponen-komponen seluler yang vital atau mengubah keadaan fisik bahan seluler. Mekanisme kerja dari fungisida nabati ada yang menghambat kerja enzim, sehingga dapat merusak proses-proses metabolisme pada jamur dan ada yang merusak dinding sel jamur dengan cara melarutkan kitin dan selulosa pada dinding sel yang menyebabkan dinding sel rusak dan mengganggu permeabilitas. Akibatnya sel-sel pada jamur tidak selektif, mengalami kerusakan jaringan dan mengakibatkan kematian pada jamur karena jamur tidak mendapatkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangannya (Suradji *et al.*, 1992).

Penelitian mengenai fungisida nabati terhadap jamur patogen telah banyak dilakukan dengan jenis tanaman dan dari bagian tanaman yang berbeda-beda. Penelitian Sundari dan Winarno (2000) menunjukkan bahwa infus ekstrak etanol rimpang lengkuas yang berisi minyak atsiri dapat menghambat pertumbuhan beberapa spesies jamur patogen, yaitu: *Tricophyton*, *Mycrosporium gypseum*, dan *Epidermo floccasum*. Penelitian sebelumnya tentang rimpang lengkuas biasanya difokuskan pada aktivitas antijamur patogen. Mekanisme penghambatan pertumbuhan ekstrak rimpang lengkuas kemungkinan melalui perusakan permeabilitas membran sel (Haraguchi *et al.*, 1996).

Purwantisari (2004) menjelaskan bahwa penghambatan terjadi karena menurunnya pengambilan oksigen oleh mitokondria yang mengalami kerusakan membran dan kerusakan krista, sehingga pada akhirnya energi (ATP) yang dihasilkan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel menjadi berkurang. Mitokondria akan tidak berfungsi lagi sebagai tempat terjadinya metabolisme, dan salah satu organel tempat sintesis protein sehingga menyebabkan terganggunya pembelahan sel dan perbanyakan sel dan pada akhirnya sel tidak dapat memproduksi lagi membentuk sel anakan.

Menurut Griffin (1981) beberapa senyawa antifungi dapat mengganggu metabolisme energi dalam mitokondria yaitu dalam tahap transfer elektron dan fosforilasi. Metabolisme energi dalam mitokondria dihambat dengan terganggunya transfer elektron. Terhambatnya transfer elektron akan mengurangi oksigen dan mengganggu fungsi dari siklus asam trikarboksilat. Akibat tidak terjadinya tahap fosporilasi menyebabkan terhambatnya pembentukan ATP dan ADP.

Dalam peneitian Helmi (2008) menyatakan bahwa senyawa yang diduga memiliki sifat antijamur adalah saponin, triterpenoid dan polifenol yang terkandung di dalam biji kolowe. Saponin mempunyai kemampuan membentuk kompleks sterol dalam membran plasma jamur, kemudian mengganggu sifat permeabilitas, dinding sel jamur sehingga terjadi kematian sel jamur (Defago, 1977 dalam Dey, 1991). Senyawa fenol mempunyai kemampuan membentuk kompleks dengan protein dan polisakarida. Kecenderungan ini memperkirakan bahwa senyawa fenol tersebut mampu menghambat kerja

berbagai enzim yang berperan dalam reaksi enzimatik jamur (Koussevitzky *et al.*, 1998).

Aktifnya formula fungisida nabati menekan pertumbuhan koloni jamur baik dalam bentuk penekanan diameter koloni maupun biomassa koloni dapat dihubungkan dengan kemampuan komponen terpenoid yang terdapat pada formula pestisida nabati dalam menghambat proses metabolisme, yaitu dengan cara mengakumulasi globula lemak di dalam sitoplasma sel, mengurangi jumlah organel-organel sel terutama mitokondria dan merusak membran nukleus sel jamur. Disamping itu senyawa terpenoid ini dapat juga mempengaruhi pengambilan nutrisi oleh sel dari lingkungannya, sehingga akibatnya dapat menghambat kebutuhan energi (ATP) dan selanjutnya pertumbuhan dan perkembangan hifa menjadi berkurang dan hifa menjadi pendek-pendek. Akibatnya miselium yang terbentuk menjadi berkurang dan pertumbuhan koloni menjadi tidak normal (Purwantisari, 2004).

2.4. Tanaman Serai Wangi (*Cymbopogon winterianus* Linn)

2.4.1. Klasifikasi Serai Wangi

Serai wangi termasuk famili Graminae (rumput-rumputan). Genus dari rumput-rumputan ini meliputi hampir 80 jenis/spesies, yang penting diantaranya *C. nardus* dan *C. winterianus*. Klasifikasi tanaman serai wangi (*Cymbopogon winterianus*) menurut Sukamto *et al.* (2011) adalah sebagai berikut :

Nama Indonesia: Serai wangi
Nama Inggris : Lemongrass
Kerajaan : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Filum : Angiospermae
Kelas : Monocotyledoneae
Ordo : Poales
Famili : Graminae (Poaceae)
Marga : *Cymbopogon*, *Andropogon*
Spesies : *C. nardus* Redle, *C. winterianus*.

2.4.2. Morfologi Serai Wangi

Serai wangi merupakan jenis rumput-rumputan dengan tinggi antara 50-100 cm. Daun tunggal berjumbai, panjang sekitar 1m, lebar 1,5 cm, tepi kasar dan tajam, tulang daun sejajar, permukaan atas dan bawah berambut, serta berwarna hijau muda. Batang tidak berkayu, beruas-ruas pendek, dan berwarna putih. Bunga majemuk terletak dalam satu tangkai, dan berwarna putih. Serai wangi mempunyai akar serabut. Perbanyakkan dengan pemisahan tunas dan anakan. Bagian tanaman yang digunakan sebagai pestisida nabati adalah batang dan daunnya (Kardinan, 2004).

Sebelumnya di Indonesia telah dikenal dua jenis tanaman seraiwangi yang dapat dibedakan berdasarkan sifat-sifat morfologi dan fisiologinya, yaitu: (1) *C. nardus Rendle* atau *Andropogon nardus Ceylon* de YONG, yang dikenal sebagai tipe Lena Batu, (2) *C. winter* JOWITT atau *A. nardus* Java de YONG, yang dikenal sebagai tipe Mahapengiri. *winter* JOWITT atau *A. nardus* Java de YONG, yang dikenal sebagai tipe Maha Pengiri (Sukamto *et al.*, 2011).

Tanaman serai wangi yang dibudidayakan di Indonesia terdiri dari dua jenis, yaitu Mahapengiri dan Lena batu. Mahapengiri tumbuh berumpun dalam bentuk lebih rendah dan lebar. Daun berwarna hijau muda dan bagian bawahnya agak kasar (Gambar 6). Menghasilkan minyak lebih banyak dan bermutu tinggi dibandingkan dengan jenis Lenabatu. Kadar senyawa sitronelal Mahapengiri yaitu 30-45% sedangkan lenabatu hanya 7-15% (Sebayang, 2011).



Gambar 6. Tanaman Serai Wangi Mahapengiri

Tanaman serai wangi dapat tumbuh mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 1.200m dpl dengan ketinggian optimum pada 250 m dpl. Panen daun seraiwangi pertama kali pada saat tanaman berumur 6 bulan setelah tanam,

panen selanjutnya dilakukan setiap 3 bulan berikutnya. Keterlambatan pemanenan akan menyebabkan munculnya bunga yang mengakibatkan mutu minyak akan lebih rendah. Penyulingan seraiwangi akan menghasilkan minyak dengan rendemen 0,8-1,2% (Sukanto *et al.*, 2011).

2.4.3. Minyak Atsiri

Minyak atsiri dikenal sebagai minyak yang mudah menguap atau minyak terbang. Minyak atsiri juga dapat didefinisikan sebagai senyawa yang pada umumnya berwujud cair dan diperoleh dari bagian tanaman, akar, kulit, batang, daun, biji, buah, maupun bunga dengan cara penyulingan/destilasi, ekstraksi maupun secara enzimatik (Sastrohamodjojo, 2004). Istilah atsiri biasanya digunakan untuk mewakili aroma dari tanaman asalnya. Komponen utama minyak serai wangi adalah senyawa sitronelal dan geraniol yang masing-masing mempunyai aroma yang khas dan melebihi keharuman minyak serai sendiri (Anonim, 2010). Umumnya minyak atsiri tidak berwarna, tetapi dalam proses penyimpanan yang lama, minyak atsiri dapat teroksidasi. Untuk mencegahnya, minyak atsiri biasa disimpan dalam wadah gelas dan berwarna gelap, ditutup rapat dan disimpan dalam tempat yang sejuk dan kering (Gunawan, 2005).

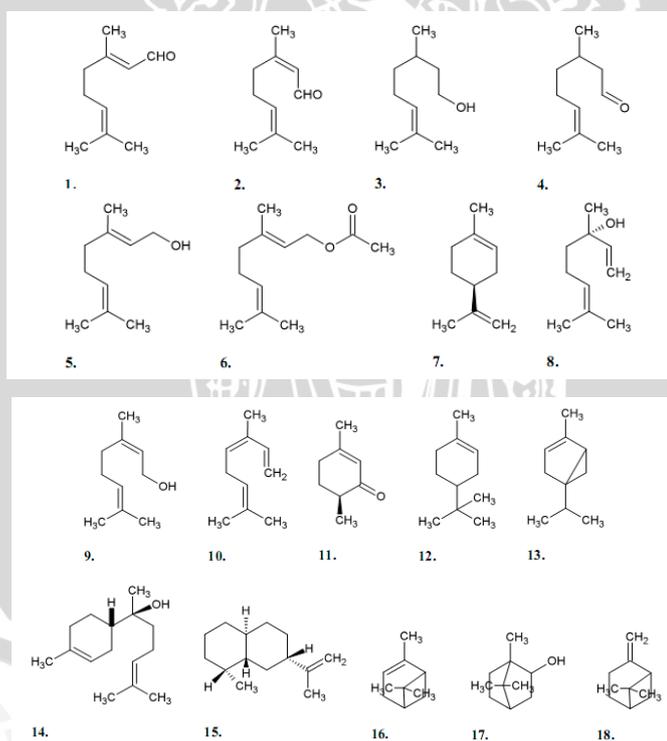
Pada umumnya minyak atsiri larut dalam etanol atau pelarut organik polar lain dan kelarutannya akan menurun jika kadar etanol kurang dari 70 %. Bila minyak atsiri mengandung terpen (senyawa non polar) dalam jumlah besar maka kelarutannya dalam etanol relatif kecil. Minyak atsiri mengandung senyawa-senyawa hidrokarbon yang mempunyai rumus empiris $C_{10}H_{16}$ dan senyawa-senyawa yang mengandung oksigen dengan rumus empiris $C_{10}H_{16}O$ dan $C_{10}H_{18}O$ yang disebut sebagai terpen (Ketaren, 1987). Menurut Ahmad (1986) golongan senyawa terpen sendiri dikelompokkan sebagai berikut : 1). Monoterpen, $C_{10}H_{16}$; 2). Seskuiterpen, $C_{15}H_{24}$; 3). Diterpen, $C_{20}H_{32}$; 4). Triterpen, $C_{30}H_{48}$.

Pada tempat yang terbuka selama penyimpanan sejumlah minyak atsiri akan menguap disertai pula oleh proses oksidasi yang menyebabkan penurunan mutu (Ketaren, 1987). Faktor kimia disebabkan oleh komponen dalam minyak atsiri sebagian terdiri dari senyawa yang mengandung heteroatom oksigen seperti alkohol, aldehyd dan oksida. Beberapa minyak

atsiri bahkan mengandung senyawa-senyawa tersebut dalam jumlah besar. Adanya heteroatom menyebabkan senyawa-senyawa tersebut mudah terurai (Agusta, 2000).

2.4.4. Senyawa Kandungan Minyak Atsiri Serai wangi

Menurut Ganjewala (2009) *Cymbopogon* minyak esensial dan konstituen mengandung senyawa citral (campuran geraniol dan neral), geraniol, sitronelol, senyawa sitronelal, piperitone, linalool, elemol, 1,8-cineole, limonene, geraniol, β -caryophyllene, metil heptenone, geranyl asetat dan geranyl (Gambar 7) telah diketahui dapat berperan sebagai antibakteri, antijamur, antiyeast, insektisida dan penolak serangga dalam jangka waktu yang lama. Sedangkan menurut Santosa (1999) senyawa aktif yang mempunyai potensi sangat besar sebagai anti jamur dalam minyak seraiwangi adalah senyawa sitronelal dan linalool, diikuti α pinen, β pinen, dan menthone. Sedangkan geraniol, sitral, dan terpen mempunyai aktifitas anti jamur sedang.



Gambar 7. Struktur Kimia Minyak Atsiri Serai Wangi (1) citral a; (2) citral b; (3) citronellol; (4) citronellal; (5) geraniol; (6) geranyl acetate; (7) limonene; (8) linalool; (9) nerol; (10) cis-ocimene; (11) piperitone; (12) α -terpineol; (13) thujane; (14) α -b

Menurut Nurmansyah (2010) senyawa sitronelal merupakan salah satu komponen utama dalam minyak serai wangi dengan sifat anti jamur yang tinggi. Minyak atsiri alami memiliki bermacam-macam sifat dari rempah-rempah dan aroma tanaman. Dalam beberapa tahun ini minyak atsiri digunakan secara luas dalam industri makanan dan parfum, obat-obatan, dan kosmetika. Selain itu, minyak atsiri tersebut juga memiliki kekuatan dan aroma spesifik serta dapat digunakan sebagai anti bakteri, fungisida, dan insektisida (Misharina *et al.*, 2003).

Minyak seraiwangi mengandung berbagai minyak atsiri diantaranya senyawa senyawa sitronelal sekitar 32-45%, geraniol 10-12%, sitronellol 11-15%, geranil asetat 2-4% dan sedikit mengandung seskuioterpen serta senyawa lainnya (Wiratno, 2011).

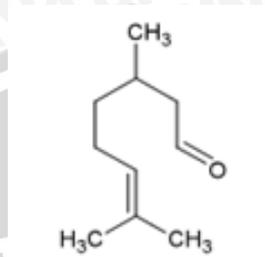
2.4.5. Senyawa sitronelal dalam Minyak Atsiri Serai Wangi

Senyawa sitronelal atau rhodinal atau 3, 7-dimethyloct-6-en-1-al ($C_{10}H_{18}O$) (Gambar 8) adalah sebuah monoterpenoid, bertanggung jawab untuk aromatik yang khas. Senyawa sitronelal adalah salah satu senyawa aldehid tak jenuh yang tekonjugasi yang digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai industri seperti industri farmasi, pertanian, kosmetik, pasta gigi, parfum dan lain sebagainya (Iftitah *et al.*, 2010). Berbagai senyawa turunan seperti sitronelol, isopulegol, menthol merupakan hasil dari modifikasi senyawa sitronelal. Senyawa sitronelal diketahui sebagai cairan tidak berwarna dengan berat jenis 0.84-0,88 g/cm^3 , pada temperatur $25^{\circ}C$ memiliki indeks bias sebesar 1.45, serta kelarutan dalam alkohol sebesar 1:1 (Nurisman, 2009).

Monoterpen merupakan senyawa yang kerangka karbonnya berasal dari dua satuan isoprena dan dengan rumus empiris $C_{10}H_{16}$. Monoterpen dapat berupa hidrokarbon tak jenuh atau dapat mempunyai gugus fungsi, dan berupa alkohol, aldehid atau keton. Monoterpen dibagi menjadi tiga golongan: asiklik, monosiklik dan bisiklik (Padmawinata dan Sudiro, 1987).

Menurut Agustian *et al.* (2007) senyawa sitronelal merupakan bahan dasar sintesis pembuatan *fragrans* seperti sitronelol, isopulegol, mentol, dan ester-ester lainnya yang mempunyai bau dan wangi yang khas. Senyawa sitronelal mempunyai rumus molekul $C_{10}H_{18}O$, berat molekul 154,25 gr/mol , titik didih $204^{\circ}-208^{\circ}C$ dan tidak berwarna. Campuran senyawa sitronelal dan sitronelol dapat

dipisahkan dengan cara fraksinasi karena campuran tersebut mempunyai perbedaan titik didih sekitar 25°C, kondisi operasi 86°C pada tekanan 1 mmHg dengan yield 130,5 g dari berat minyak serai wangi, hasil yang didapat 94% senyawa sitronelal.



Gambar 8. Struktur Kimia Senyawa Sitronelal

Senyawa sitronelal yang terdiri dari campuran terpenoid yang dapat memberikan aroma khusus pada minyak serai wangi merupakan salah satu komponen utama yang terkandung dalam minyak atsiri serai wangi. Senyawa sitronelal termasuk senyawa minyak atsiri yang berwarna kekuningan dan mudah menguap pada suhu kamar. Selain itu, senyawa sitronelal bersifat sedikit larut dalam air dan dapat larut dalam alkohol dan ester (Milon *et al.*, 2000).

Senyawa sitronelal dihasilkan melalui proses fraksinasi minyak serai wangi. Proses fraksinasi minyak serai dilakukan pada tekanan di bawah tekanan atmosfer atau tekanan vakum. Penggunaan tekanan terendah mungkin pada proses fraksinasi minyak serai bertujuan untuk menurunkan temperatur didih dari minyak serai sehingga komponen-komponen yang terdapat dalam minyak serai wangi tidak terdekomposisi. Proses pengeringan kering ini telah banyak diterapkan dalam industri minyak atsiri (Guenther, 1987).

Senyawa sitronelal sebagai salah satu komponen utama minyak serai wangi merupakan senyawa yang mudah bereaksi karena adanya ikatan rangkap atau tergolong senyawa aldehyd. Senyawa sitronelal dapat mengalami reaksi reduksi menjadi alkohol yang sesuai, yaitu sitronelol dengan menggunakan pereduksi, seperti hidrida logam (Kaniawati *et al.*, 2004).

2.4.6. Senyawa sitronelal sebagai Fungisida Nabati

Senyawa sitronelal dan geraniol merupakan senyawa yang bersifat anti jamur. Keduanya termasuk kelompok terpenoid yang tergolong monoterpen yang mampu menekan pertumbuhan jamur patogen. Senyawa-senyawa ini dapat menghambat proses metabolisme jamur sehingga akan mengganggu pertumbuhan jamur. Komponen kimia minyak atsiri yang bersifat anti jamur mampu menembus dinding sel jamur. Dengan demikian akan terjadi gangguan proses metabolisme di dalam sel sehingga akan mengganggu pertumbuhan sel, dan pada konsentrasi tertentu akan berakibat kematian sel jamur (Knobloch *et al.*, 1989).

Berdasarkan penelitian Nurmansyah (2010) bahwa pada konsentrasi 750 ppm, minyak seraiwangi mampu menghambat pertumbuhan diameter koloni *Phytophthora palmivora* 75,95% dan biomassa koloni 82,61%. Sedangkan senyawa sitronelal pada konsentrasi yang sama mampu menghambat pertumbuhan diameter koloni lebih baik (yakni 78,88%) dan biomassa koloni 88,41%. Pada konsentrasi 1.000 ppm, minyak seraiwangi mampu menghambat pertumbuhan diameter dan biomassa koloni jamur *P. palmivora* 100%. Sedangkan hasil penelitian Helal *et al.* (2007) menyatakan bahwa minyak esensial dari serai wangi (*Cymbopogon*) dapat berperan sebagai anti jamur pada konsentrasi 1.0 - 1.5 $\mu\text{l/ml}$ (1.0 - 1.5 ppm) untuk menekan serangan sebesar 50 % (IC_{50}). Cari yg lebih signifikan (berbeda sangat nyata antara minyak atsiri dan senyawa sitronelal

Senyawa sitronelal dapat menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* penyebab penyakit busuk batang panili dan *F. oxysporum* f. sp. *opersici* penyebab penyakit layu fusarium pada tomat. Pengujian secara in planta di rumah kaca menunjukkan bahwa senyawa sitronelal dapat mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat. Hasil pengujian formula senyawa sitronelal secara *in vitro* menunjukkan formula ini dapat menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Begitu pula hasil pengujian komponen senyawa sitronelal dan geraniol terhadap *R. solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri nilam secara *in vitro*, menunjukkan bahwa kedua komponen tersebut dapat menghambat pertumbuhan koloni *R. solanacearum* (Wiratno, 2011).

Begitu juga aktifnya Senyawa sitronelal menekan biomassa koloni *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* dan *F. oxysporum* f. sp *lycopersici* dapat dihubungkan dengan kemampuan komponen terpenoid tersebut dalam menghambat proses metabolisme, yaitu dengan cara mengakumulasi globula lemak di dalam sitoplasma sel, mengurangi jumlah organel-organel sel terutama mitokondria dan merusak membran nukleus sel jamur (Purwantisari, 2004).

Selain sebagai fungisida, senyawa sitronelal juga dapat berperan sebagai pestisida nabati. Hasil penelitian Nurmansyah (2011) menunjukkan bahwa rajangan daun serai wangi 50 g/tabung memperlihatkan sifat menolak (*repellent*) terhadap serangga *H. antonii* pada buah kakao dengan persentase rendah yaitu 53,33%, demikian juga pengaruh dari minyak serai wangi dan senyawa sitronelal pada dosis 0,1 ml/tabung, dengan persentase penolakan berkisar antara 53,33-73,33%. Pada dosis 0,30 ml/tabung pestisida nabati serai wangi bersifat membunuh (insektisida), dengan persentase dan senyawa sitronelal pada konsentrasi 2.000 ppm mampu membunuh serangga *H. antonii* 91,62%, sedangkan pada konsentrasi 4.000 ppm mencapai 100%.

2.5. Pemodelan Interaksi Molekul dengan Reseptor

Metode pemodelan interaksi molekul dengan reseptor dengan menggunakan *AutoDock* yang berbasis *blind docking* (*BD*) dikembangkan untuk mencari sisi aktif pada keseluruhan permukaan protein reseptor dan juga mengoptimalkan konformasi peptidanya. Pada proses *docking*, protein yang digunakan merupakan protein yang tidak mengandung ion, molekul air serta zat lain diluar protein tersebut (Hetenyi and van der Spoel, 2006).

Pada umumnya, sistem *BD* digunakan untuk pencarian dan identifikasi interaksi antara sisi aktif dari struktur kuarterner protein dengan ligan yang memerlukan energi minimum. Energi interaksi antara ligan dengan reseptor dipengaruhi oleh parameter jenis atom berbeda, antara lain donor ikatan hidrogen, aseptor ikatan hidrogen, dan atom non polar seperti karbon (Noolvi and Patel, 2013).

Setiap molekul bioaktif akan berinteraksi dengan target makromolekul (reseptor) sebelum terjadi reaksi berkelanjutan. Demikian pula senyawa-senyawa yang bekerja sebagai antijamur akan menghambat kerja enzim atau mitokondria dalam sel dengan cara berinteraksi secara molekuler antara molekul antijamur (ligan) dengan sisi aktif enzim atau mitokondria (reseptor). Secara umum interaksi tersebut dinyatakan dalam persamaan reaksi dibawah ini:



Konstanta inhibisi (K_i) dinyatakan dalam persamaan dibawah ini:

$$K_i = \frac{[L][R]}{[L-R]}$$

K_i dinyatakan dalam satuan konsentrasi molaritas (M). Dengan kata lain, bahwa semakin besar nilai konstanta inhibisi maka interaksi L-R semakin mudah terdissosiasi (terurai) dan derajat efikasi (kemajuran) molekul L semakin rendah. Derajat efikasi kadang-kadang dinyatakan sebagai IC_{50} (M), dimana hubungan antara K_i dengan IC_{50} dinyatakan dalam persamaan (Cer *et al.*, 2009).

$$K_i = \frac{IC_{50}}{\left(\frac{L}{K_d} + 1\right)}$$

III. METODOLOGI

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikologi Jurusan HPT Fakultas Pertanian, Laboratorium Organik Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, dan *screen house* Universitas Brawijaya Malang. Penelitian mulai dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2014.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah software pemodelan *in silico Autodock Tools*, alat tulis, kamera, timbangan digital, seperangkat alat destilasi fraksinasi vakum (vegrux, kondensor, pemanas, labu alas bulat leher tiga, labu jantung, kompresor, ember, selang, cawan petri, gelas ukur, gunting, pisau, pipet, pinset, bunsen, tabung ukur 100 ml, *cork borer*, batang pengaduk kaca, autoklaf, kompor listrik, *laminar air flow cabinet (L AFC)*, *haemocytometer*, *handsprayer*, beaker glass 1000 ml, beaker glass 100 ml, erlenmeyer, *object glass*, *cover glass*, mikroskop binokuler dengan perbesaran 400x, pipet mikro, GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) merk Shimadzu QC 2010 dengan kolom Rtx-5ms, GC (*Gas Chromatography*) merk hp 9850 dengan kolom HP5, labu ukur 1000 ml, polybag 5 kg.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun dari tanaman bawang daun yang terserang penyakit bercak ungu, bibit bawang daun varietas Sinyonya Malang, batu didih, vaselin, es batu, daun serai wangi, minyak atsiri serai wangi, senyawa sitronelal, isolat *Colletotrichum* sp., media *Potato Dextrose Agar (PDA)*, plastik tahan panas, alumunium foil, tisu, kapas, plastik *wrapping*, aquades, aquades steril, Tween 80, alkohol 70%, khlorox (NaOCl 2%), spiritus, air, tanah, pupuk kandang, pupuk SP36, pupuk KCl, dan pupuk ZA.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tiga tahapan pengujian yaitu:

1. Penentuan konsentrasi senyawa sitronelal dengan menggunakan pendekatan pemodelan secara *in silico* menggunakan perangkat lunak *Autodock Tools*.

Pada komputer dengan processor inter(R) Core(TM) i3 CPU M330 2.13 GHz, RAM 2.00 GB

2. Penentuan konsentrasi sitronelal melalui hasil analisis kandungan sitronelal menggunakan GC
3. Pengujian senyawa sitronelal dalam minyak atsiri serai wangi secara *in vitro* terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. pada cawan petri.

Pengujian terhadap penghambatan pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. pada media PDA oleh senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi berbagai konsentrasi menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 taraf perlakuan dengan masing-masing perlakuan terdapat 4 kali ulangan yaitu :

P0 : kontrol (tanpa perlakuan senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi)

P1 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 0,4 ppm

P2 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 2 ppm

P3 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 7 ppm

P4 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 12 ppm

P5 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 17 ppm

Terdapat dua metode pengujian efektivitas senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi secara *in-vitro*. Metode yang pertama yaitu dengan peracunan makanan (*poisoned food technique*). Menurut Chaelani (2011) metode peracunan makanan yaitu metode yang digunakan dengan cara meracuni pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. melalui media tumbuh PDA yang dicampur dengan senyawa sitronelal. Sedangkan metode yang kedua yaitu metode penguapan melalui kertas saring dalam cawan petri (Istianto dan Eliza, 2009).

Jumlah cawan petri yang dibutuhkan saat pengujian secara *in-vitro* dengan 6 perlakuan dan 4 kali ulangan pada masing-masing metode yang dilakukan yaitu 24 cawan petri. Sehingga untuk melakukan pengujian secara *in-vitro* pada kedua metode dibutuhkan 48 cawan petri.

Parameter yang diamati berupa pertumbuhan koloni jamur pada media PDA serta jumlah spora pada masing-masing perlakuan yang dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai jamur pada perlakuan kontrol memenuhi petri. Data yang didapat kemudian dianalisis dengan analisis varian (sidik ragam) sesuai dengan rancangan yang digunakan.

4. Pengujian senyawa sitronelal dalam minyak atsiri serai wangi secara *in vivo* terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. pada tanaman bawang daun (*Allium fistulosum*) di *screen house*.

Pengujian senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi secara *in vivo* berbagai tingkat konsentrasi untuk mengetahui perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. pada bawang daun secara langsung menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 6 taraf perlakuan dengan masing-masing perlakuan diulang 4 kali ulangan yaitu:

P0 : kontrol (tanpa perlakuan senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi)

P1 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 0,4 ppm

P2 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 2 ppm

P3 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 7 ppm

P4 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 12 ppm

P5 : senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi pada konsentrasi 17 ppm

Terdapat 6 perlakuan dan setiap unit perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Setiap unit perlakuan terdapat 3 tanaman sampel sehingga total semua tanaman yang dibutuhkan adalah $6 \text{ perlakuan} \times 3 \text{ tanaman} \times 4 \text{ ulangan} = 72 \text{ tanaman}$.

3.4. Persiapan Penelitian

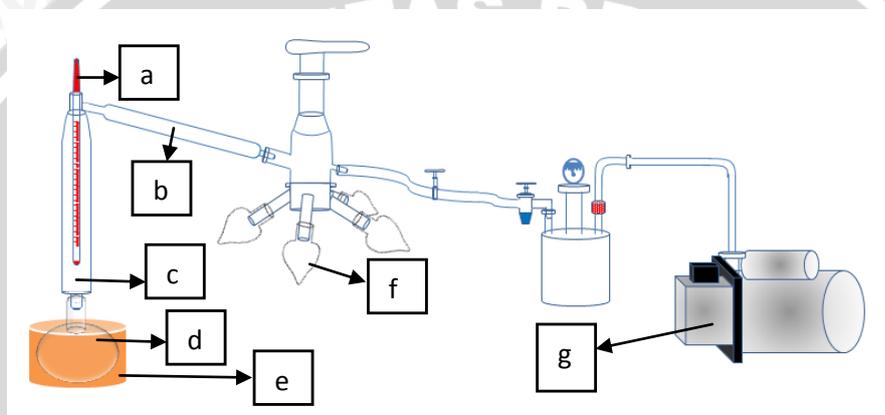
3.4.1. Pemisahan sitronelal dengan destilasi fraksinasi

Minyak atsiri serai wangi yang digunakan untuk dipisahkan senyawa sitronelalnya berasal dari hasil penyulingan atau destilasi uap di PHKI Tema C (Program Hibah Kompetisi Institusi Tema C) Universitas Brawijaya, Kecamatan Kesamben Kabupaten Blitar. Kemudian dianalisis kandungan senyawa-senyawa dalam minyak tersebut menggunakan instrumen GC-MS dengan tipe GCMS-QP2010S Shimadzu dengan kolom Rtx-5ms (Gambar 10) di Laboratorium Organik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang.

Untuk memperoleh senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi tersebut dilakukan dengan pengurangan tekanan menggunakan serangkaian alat destilasi fraksinasi seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Alat Destilasi Fraksinasi dengan Pengurangan Tekanan

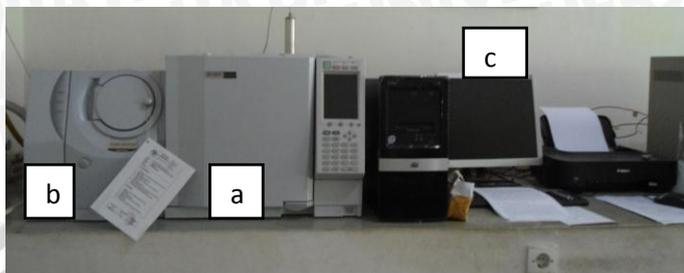


Gambar 10. Skema Rangkaian Alat Destilasi Fraksinasi Vakum dengan Pengurangan Tekanan: (a) termometer, (b) kondensor, (c) vigrent, (d) labu alas bulat, (e) pemanas, (f) labu jantung/fraksi, (g) pompa angin

Senyawa sitronelal diperoleh dari hasil destilasi fraksinasi vakum di Laboratorium Organik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang. Komponen dalam rangkaian alat fraksinasi vakum yaitu terdiri dari labu alas bulat, kolom vigrent, kondensor, temperatur, labu jantung, pemanas dan pompa air. Minyak atsiri serai wangi dimasukkan kedalam rangkaian alat destilasi fraksinasi lalu ditambahkan beberapa batu didih kedalam minyak untuk menyebarkan panas dan mencegah terjadinya *bumping* pada labu leher tiga.

Alat yang telah dirangkai dikondisikan dengan mengurangi tekanan udara didalam rangkaian alat. Dialirkan air untuk mendinginkan uap yang telah melewati *kolom vigrent* sehingga didapatkan destilat. Destilat ditampung dalam fraksi-fraksi pada suhu dan tekanan tertentu, setiap fraksi diuji kemurniannya menggunakan GC.

Hasil destilasi ditampung sebagai fraksi-fraksi distilat pada suhu dan tekanan tertentu. Selanjutnya setiap fraksi dianalisis komposisinya dengan menggunakan GC tipe hp 9850 dengan kolom HP5 seperti Gambar 11.



Gambar 11. Alat Analisis GC-MS Merk Shimidzu QP 2010 S (a) MS, (b) GC, (c) monitor

3.4.2. Menentukan Konsentrasi Inhibitor Secara *In Silico*

Ligan senyawa sitronelal adalah struktur molekul yang diunduh dari www.chemspider.com dalam bentuk struktur molekul 3 dimensi, dan disimpan dalam file dengan format file.pdb. Kemudian makromolekul sebagai reseptor diunduh dari www.ncbi.nlm.nih.gov dan disimpan dalam format sequence fasta.txt. File sequence ini berisi urutan asam amino dari reseptor yang akan digunakan dalam proses *Docking*.

Selanjutnya urutan asam amino tersebut dibuat model struktur kristalnya dalam bentuk 3 dimensi secara online dengan cara mengirimkan urutan asam amino tersebut ke www.swissmodel.expasy.com. Setelah diperoleh struktur 3 dimensi, maka dipilih struktur yang nilai kualitas rata-rata (qmean) yang terbaik (nilai terendah). Kemudian disimpan dalam format file.pdb. Selanjutnya dilakukan docking dengan menggunakan *Autodock Tools*.

Analisis hasil docking menghasilkan harga K_i yang terendah yang selanjutnya digunakan untuk menentukan konsentrasi ligan yang akan diuji baik secara *in vitro* maupun *in vivo*.

3.4.3. Pembuatan Formula Inhibitor

Pembuatan formulasi untuk diujikan secara *in vitro* dimulai dengan membuat larutan stok. Volume senyawa sitronelal serai wangi dihitung sesuai kebutuhan setiap perlakuan menggunakan rumus pengenceran yaitu $V_1 \times M_1 =$

$V_2 \times M_2$. Dimana V_1 = volume senyawa sitronelal serai wangi yang dibutuhkan, M_1 = massa senyawa sitronelal serai wangi, V_2 = volume larutan yang dibutuhkan (100 ml), M_2 = formulasi 10 ppm. Setelah volume senyawa sitronelal didapatkan kemudian ambil senyawa sitronelal menggunakan pipet dan dimasukkan kedalam *beaker glass* ukuran 100 ml dan dicampur dengan tween 80 sebanyak 200 μ L, ditambahkan aquades steril hingga 100 ml. Larutan stok senyawa sitronelal 10 ppm sebanyak 100 ml diencerkan menjadi konsentrasi setiap perlakuan 0,4 ppm, 2 ppm, 7 ppm, 12 ppm, dan 17 ppm. Larutan ini langsung diaplikasikan berdasarkan dua metode pengujian *in vitro*.

Pembuatan formulasi untuk diujikan secara *in vivo* dimulai dengan membuat larutan stok. Volume senyawa sitronelal dihitung sesuai kebutuhan larutan stok (2000 ml) menggunakan rumus pengenceran yaitu $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$. Dimana V_1 = volume senyawa sitronelal yang dibutuhkan, M_1 = massa senyawa sitronelal, V_2 = volume larutan yang dibutuhkan (2000 ml), M_2 = formulasi 10 ppm.

Setelah volume senyawa sitronelal didapatkan kemudian ambil senyawa sitronelal menggunakan pipet dan dimasukkan kedalam *beaker glass* ukuran 1000 ml dan dicampur dengan tween 80 sebanyak 200 μ L, ditambahkan aquades steril hingga 1000 ml (dilakukan 2 kali). Larutan stok senyawa sitronelal 10 ppm sebanyak 2000 ml diencerkan menjadi konsentrasi setiap perlakuan 0,4 ppm, 2 ppm, 7 ppm, 12 ppm, dan 17 ppm didalam *beaker glass* ukuran 500 ml. Larutan ini digunakan untuk aplikasi pada bawang daun secara *in vivo*. Perhitungan dalam pembuatan formula fungisida nabati dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

3.4.4. Sterilisasi Alat dan Bahan

Untuk alat yang berupa gelas, cawan petri, tabung reaksi disterilisasi dengan menggunakan *autoclave*. Sterilisasi dengan menggunakan uap air pada suhu 121^oC selama 2-3 jam pada tekanan sebesar 1 atm/15 lbs (metode sterilisasi basah). Sedangkan untuk media, disterilkan dengan *autoclave* selama 15 menit dengan tekanan 15 lbs pada suhu 121^oC (Achmad dan Sari, 2009).

3.4.5. Pembuatan Media PDA (*Potato Dextrose Agar*)

Media yang digunakan adalah media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dengan komposisi 200 g kentang, 20 g agar, 15 g gula pasir, 1000 ml aquades, dan 250 mg chloramphenicol. Pertama-tama kentang dikupas kemudian dicuci bersih dan dipotong dadu. Setelah itu kentang direbus untuk diambil kaldunya. Kaldu kentang tersebut disaring dan ditambahkan gula serta agar kemudian di aduk sambil dipanaskan hingga tercampur homogen. Setelah terbentuk larutan yang homogen, ditambahkan *chloramphenicol* kemudian dimasukkan ke dalam labu erlemeyer dan ditutup dengan kapas serta aluminiumfoil. Sebelum digunakan, media PDA tersebut disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama ± 15 menit (Ella *et al.*, 2013).

3.4.6. Platting Media PDA

Pada kegiatan platting media PDA yang digunakan adalah *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC). Pertama-tama lampu UV terlebih dahulu dinyalakan selama 15 menit, kemudian blower dinyalakan agar udara dari luar tidak masuk kedalam LAFC. Hal tersebut bertujuan untuk menjaga LAFC tetap dalam keadaan steril. LAFC disterilkan terlebih dahulu dengan alkohol 70% untuk mematikan mikroorganisme yang terdapat didalamnya. Bunsen dinyalakan dengan korek api dan diletakkan kedalam LAFC. Cawan petri steril dan media untuk kegiatan platting media dipersiapkan dan diletakkan kedalam LAFC. Tuang media PDA secara perlahan kedalam cawan petri steril disekitar bunsen lalu wrapping cawan petri supaya tidak terkontaminasi. Diamkan media beberapa saat hingga media membeku dan siap digunakan.

3.4.7. Persiapan dan Perbanyakkan Isolat Jamur *Colletotrichum sp.*

Jamur *Colletotrichum sp.* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daun tanaman bawang daun sakit yang diperoleh dari lahan milik petani di Desa Pendem kec. Karangploso, Malang (Gambar 11). Daun tanaman bawang daun yang terinfeksi dipotong dengan ukuran 1 cm, sehingga potongan mengandung jaringan yang sakit dan jaringan yang sehat. Potongan tersebut dimasukkan ke dalam khlorox (NaOCl 2%) selama 1 menit, dimasukkan dalam larutan sterilisasi

permukaan alkohol 70% selama 1 menit. Kemudian potongan dibilas dengan aquades dan ditiriskan diatas tisu sampai kering. Potongan sample dikeringkan diatas *tissue* steril, kemudian potongan daun ditanam pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Isolat kemudian diinkubasi pada suhu 25-30⁰C selama 5-7 hari atau sampai jamur tumbuh memenuhi cawan petri (*full plate*) (Muhibuddin *et al.*, 2011)

Pemurnian biakan jamur dilakukan dengan cara memotong sebagian miselium jamur dan dipindahkan secara aseptis menggunakan jarum ose kedalam media PDA baru (Alexopoulos *et al.*, 1996). Biakan jamur yang telah murni kemudian diamati secara makroskopis dan mikroskopis untuk proses identifikasi. Koloni jamur yang tumbuh pada media PDA diisolasi dan diletakkan di atas gelas objek steril yang ditetesi aquades steril dan ditutup dengan gelas penutup, diinkubasi 4 hari. Kemudian diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x untuk diidentifikasi.



Gambar 12. Bawang Daun Terserang *Colletotrichum* sp.

Identifikasi *Colletotrichum* sp. secara morfologi dilakukan berdasarkan pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Secara makroskopis meliputi warna permukaan koloni, warna dasar koloni, dan bentuk koloni. Secara mikroskopis meliputi bentuk dan ukuran konidia menurut pustaka yang menunjukkan ciri-ciri *Colletotrichum* sp.

3.4.8. Uji Postulat Koch

Apabila identifikasi *Colletotrichum* sp. yang ditemukan pada tanaman bawang daun sakit menggunakan pustaka telah sesuai, dilakukan uji Postulat Koch untuk membuktikan bahwa patogen yang telah diisolasi adalah penyebab

penyakit sesungguhnya. Jamur *Colletotrichum* sp. dalam biakan murni dinokulasikan pada tanaman bawang daun dengan cara disemprot menggunakan suspensi konidia dan menimbulkan penyakit, selanjutnya patogen dari gejala penyakit yang muncul dari hasil inokulasi harus dapat diisolasi kembali pada biakan murni (Abadi, 2000).

Tanaman bawang daun yang sudah memunculkan gejala bercak ungu diisolasi lagi ke media PDA. Setelah diperoleh biakan murni jamur *Colletotrichum* sp., dilakukan perbanyakan pada media PDA di cawan petri. Biakan murni *Colletotrichum* sp. digunakan sebagai sumber inokulum uji fungisida nabati di laboratorium dan di *screen house*.

3.4.9. Penyiapan Inokulum dan Inokulasi

Biakan *Colletotrichum* sp. pada medium PDA berwarna abu-abu kecoklatan hingga abu-abu gelap (Xie *et al.*, 2010). Ukurannya sangat besar sehingga dapat dilihat melalui kaca pembesar. Jamur *Colletotrichum* sp. yang berasal dari kultur awal ditumbuhkan dalam media PDA yang dilakukan menggunakan metode pengenceran dimana daun yang terserang patogen *Colletotrichum* sp. dipotong tepat pada bagian yang terinfeksi.

Pembuatan inokulum jamur *Colletotrichum* sp. yang digunakan dalam penelitian dilakukan dengan membuat suspensi. Cara pembuatan suspensi jamur, yaitu 10 ml aquades steril ditambahkan pada media biakan jamur *Colletotrichum* sp. yang berumur 7 hari di cawan dan diambil dengan menggunakan jarum ose untuk melepaskan konidianya dari media tumbuh. Jumlah konidia per mililiter dihitung menggunakan *haemocytometer* dan dibuat sampai pada konsentrasi 10^6 konidia/ml. Rumus yang digunakan untuk menghitung konsentrasi konidia permililiter menurut Prasetyowati (2003) sebagai berikut:

$$K = \frac{t \times d}{n \times 0,25} \times 10^6 \text{ konidia/ml}$$

Keterangan:

K = jumlah konidia/ml larutan

t = total konidia dalam semua kotak contoh

d = faktor pengenceran

n = jumlah semua kotak contoh yang dihitung

0,25 = koreksi

Tanaman diinokulasi pada umur 16 hari setelah tanam (hst) pada sore hari dengan menyemprotkan suspensi konidia dengan konsentrasi 10^6 per ml.

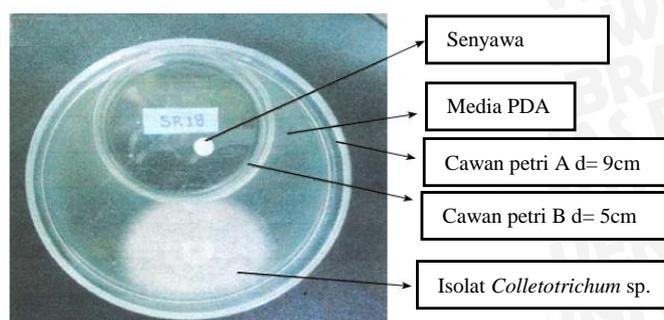
3.5. Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Pengujian Senyawa sitronelal Serai Wangi secara *in vitro* terhadap Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum sp.* pada Cawan Petri

Metode pertama yang digunakan pada pengujian fungisida nabati *in vitro* yaitu dengan peracunan makanan (*poisoned food technique*). Menurut Chaelani (2011) metode peracunan makanan yaitu metode yang digunakan dengan cara meracuni pertumbuhan jamur *Colletotrichum sp.* melalui media tumbuh PDA yang dicampur dengan senyawa sitronelal (Gambar 10).

Senyawa sitronelal masing-masing konsentrasi perlakuan dicampurkan pada saat pembuatan media PDA. Aplikasi fungisida nabati pada cawan petri dilakukan dengan menuangkan media PDA cair yang telah mengandung senyawa sitronelal dengan berbagai konsentrasi sebanyak 10 ml kemudian dituangkan dalam cawan petri dan didiamkan sampai media padat atau mendingin. Selanjutnya isolat murni *Colletotrichum sp.* berdiameter 0,6 cm ditumbuhkan pada media PDA yang sudah dicampur senyawa sitronelal dengan berbagai perlakuan. Kemudian diinkubasi selama 7 hari.

Pada pengujian *in vitro* metode penguapan menurut Istianto dan Eliza (2009) yaitu dengan cara menyiapkan dua macam cawan petri yang berbeda ukuran yaitu cawan petri berdiameter 9 cm (A) dan 5 cm (B). Cawan petri B diletakkan kedalam cawan petri A dan selanjutnya media PDA sebanyak 10 ml dituang kedalam cawan petri A. senyawa sitronelal yang telah diteteskan pada kertas saring berdiameter 1 mm sesuai dengan perlakuan diletakkan kedalam cawan petri B (Gambar 11). Tanam isolat *Colletotrichum sp.* berdiameter 0,6 cm kedalam media PDA. Keseluruhan proses ini dikerjakan didalam LAFC.



Gambar 13. Metode Penguapan

3.5.2. Pengujian Senyawa sitronelal Minyak Atsiri Serai Wangi secara *in vivo* terhadap Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum sp.* pada Tanaman Bawang Daun

Terdapat 6 perlakuan dan setiap unit perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Setiap unit perlakuan terdapat 3 tanaman sampel sehingga total semua tanaman yang dibutuhkan adalah 6 perlakuan x 3 tanaman x 4 ulangan = 72 tanaman. Metode yang digunakan yaitu dengan semprot.

3.5.3. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1. Tanah yang telah dikeringanginkan selama 7 hari kemudian disterilisasi menggunakan formalin 4% dengan dosis 50 ml dalam 2 kg tanah (Askito, 2005). Kemudian tanah dicampur dengan pupuk kandang dan dimasukkan ke dalam polybag. Untuk menanam 72 tanaman maka dibutuhkan polybag ukuran 5 kg sebanyak 72 polybag.

3.5.4. Penanaman

Menurut Rukmana (1995) sebelum ditanam bibit bawang daun dipecah-pecah (anakan), sebagian akar-akarnya dibuang dan sepertiga bagian tanaman dari ujungnya dipotong. Semua daun yang tua dipangkas agar daun/tunas baru tumbuh. Bibit bawang daun berupa anakan, ditanam secara tegak lurus sebanyak satu anakan dalam lubang tanam. Setelah penanaman dilakukan penyiraman pada setiap bedengan (petak percobaan). Bibit bawang yang digunakan adalah bibit yang berumur 2 bulan (setelah lewat waktu panen) (Laude dan Tambing, 2010).

Buat lubang tanam pada jarak 20 cm x 20 cm, kemudian tiap lubang tanam ditanami satu bibit bawang daun. Membenamkan pangkal batang (bibit) pada lubang tanam yang tersedia sedalam 10 cm. Posisi bibit dalam lubang tanam diatur secara tegak (berdiri). Penanaman dilakukan saat pagi atau sore hari, bibit bawang daun akan tumbuh merata pada umur 7-15 hari setelah tanam. Laude dan Tambing (2010) mengatakan bahwa semua daun yang tua dipangkas agar daun/tunas baru tumbuh.

3.5.5. Pemeliharaan

Pada stadium awal pertumbuhan, penyiraman dilakukan secara rutin satu sampai dua kali sehari, tergantung cuaca dan keadaan tanah. Pengairan berikutnya secara berangsur-angsur dikurangi, yakni 3-5 hari sekali atau tergantung kering atau tidaknya tanah. Penyiraman dilakukan saat pagi atau sore hari (Rukmana, 1995).

Peyulaman dilakukan bila terdapat bibit yang tidak tumbuh atau busuk, kegiatan penyulaman dilakukan tidak lebih dari 15 hari setelah tanam. Yaitu mengganti tanaman yang mati dengan bibit yang sebelumnya telah ditanam bersamaan. Penyulaman dilakukan pagi atau sore hari, se usai menyulam bibit sulaman disiram hingga lembab (Rukmana, 1995).

Rukmana (1995) menyatakan bahwa pot-pot polybag yang akan ditanami bawang daun diberi pupuk dasar berupa pupuk SP36 400 kg/ha dan KCl 200 kg/ha yang dicampur merata pada tanah dan diberikan bersama-sama pada saat tanaman berumur 2 mst. Pemupukan dilakukan bersamaan dengan kegiatan penyulaman yaitu dengan memberikan pupuk ZA 6kw/ha atau sama dengan 1,92 mg/tanaman.

Dosis tersebut dapat diberikan sekaligus pada waktu tanaman berumur 3-4 minggu setelah tanam, atau dua kali yaitu pada umur 3-4 minggu dan 6 minggu setelah tanam masing-masing setengah dosis. Cara pemupukannya adalah dengan disebar merata dalam larikan diantara barisan tanamn bawang daun, kemudian ditutup dengan tanah agar pupuk tersebut tidak menguap. Se usai pemupukan langsung dilanjutkan kegiatan penyiraman agar pupuk tersebut larut dengan air tanah sehingga segera dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Pada waktu tertentu, saat tumbuh tangkai bunga dan daun-daun tua ada yang menguning sebaiknya dilakukan pemotogan (pembungaan). Pengendalian OPT dapat dilakukan secara mekanik dan biologis. Anjuran: SP36 1,28 mg/tanaman, KCl 0,64 mg/tanaman.

3.5.6. Aplikasi Fungisida Nabati

Melakukan aplikasi fungisida dengan cara menyemprot fungisida nabati ke seluruh permukaan daun. Penyemprotan fungisida nabati pada tanaman berumur 15-30 HST (Hari Setelah Tanam) sebanyak 2,5 ml per tanaman dengan 25 kali semprotan, sedangkan pada tanaman yang berumur 31-50 HST penyemprotan dilakukan sebanyak 5 ml dengan 50 kali semprotan. Setiap satu kali semprot mengeluarkan fungisida nabati sebanyak 0,1 ml. Jarak penyemprotan yang digunakan pada tanaman yaitu 10 cm dengan luas permukaan semprotan sebesar $226,865 \text{ cm}^2$. Aplikasi fungisida tersebut sesuai dengan perlakuan dilakukan saat tanaman berumur 15 HST. Pengaplikasian fungisida nabati dilakukan sehari sebelum inokulasi penyakit karena aplikasi fungisida nabati ini dilakukan sebagai kegiatan preventif atau pencegahan terhadap penyakit. Penyemprotan fungisida nabati dilakukan dengan interval 7 hari sekali dan penyemprotan berhenti saat tanaman berumur 50 HST (panen).

3.5.7. Pemanenan

Panen dilakukan setelah tanaman berumur 2-2,5 bulan setelah tanam. Jumlah anakan maksimal (7-10 anakan), beberapa daun menguning. Seluruh rumpun dibongkar di sore hari atau pagi hari. Bersihkan akar dari tanah yang berlebihan. Panen dilakukan pada saat tanaman berumur ± 50 hari (berdasarkan kondisi tanaman). Panen dilakukan dengan cara mencabut seluruh bagian tanaman, lalu dibersihkan dan dikering anginkan (Laude dan Tambing, 2010).

3.6. Parameter Pengamatan

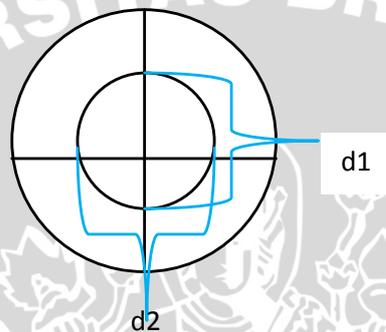
3.6.1. Penghambatan Pertumbuhan Koloni *Colletotrichum sp.* pada Berbagai Konsentrasi

Daya hambat senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum sp.* dihitung berdasarkan hasil pengukuran diameter koloni jamur *Colletotrichum sp.* Pengukuran diameter koloni jamur

dilakukan pada saat koloni jamur pada medium tanpa perlakuan (kontrol) senyawa sitronelal ekstrak daun sirih telah memenuhi cawan petri (Gambar 12). Istianto dan eliza (2009) menyatakan penghitungan diameter koloni dilakukan dengan cara membuat garis vertikal dan horizontal berpotongan tepat pada titik tengah koloni jamur di bagian luar alas cawan petri sesuai dengan rumus dan skema dibawah ini:

$$D = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan : D = diameter koloni jamur, d1 = diameter vertikal koloni jamur yang diamati, d2 = diameter horizontal koloni jamur yang diamati.



Gambar 14. Cara Pengukuran Diameter Koloni Jamur pada Media PDA

3.6.2. Berat Kering (Biomassa) Miselium *Colletotrichum* sp.

Menghitung berat kering (biomassa) miselium jamur digunakan untuk mengetahui terhambatnya pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. oleh senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi melalui bobotnya. Rumus berat kering (biomassa) yaitu:

$$M = m1 - m0$$

Keterangan : M = massa miselium *Colletotrichum* sp., m0 = berat kertas saring kosong, m1 = berat kertas saring + miselia *Colletotrichum* sp.

Menurut Hariyono (2007) prosedur penimbangan berat kering (biomassa) miselia *Colletotrichum* sp. yaitu :

1. Kertas saring digunting bentuk bundar dengan diameter 9 cm sebanyak 48 lembar. Ditimbang dengan timbangan analitik. Kertas saring 48 lembar ditimbang untuk berat awal (m0) dan kertas saring ini juga digunakan untuk menimbang berat miselium (m1).

2. Media PDA yang tidak ditumbuhi jamur dipisahkan dengan cara memotong media pada bagian yang kosong.
3. Bagian media yang ditumbuhi jamur dilarutkan dengan cara menuangkan HCL 10% dalam cawan petri, ditunggu 10 menit sambil digoyang goyang dan dihangatkan di atas lampu bunsen agar media benar-benar larut.
4. Miselium dipisahkan dari media dengan cara disaring menggunakan kertas saring yang sebelumnya sudah ditimbang (langkah 1) setelah media benar-benar larut.
5. Miselium pada kertas saring dikeringkan dalam oven pada suhu 70⁰C selama 1jam-1,5 jam.
6. Penimbangan menggunakan neraca digital setelah pengeringan selesai. Didapatkan berat miselium dan kertas saring (m1).
7. Perhitungan menggunakan rumus pada persamaan.

3.6.3. Persentase Penghambatan

Setelah diketahui diameter koloni pada setiap perlakuan dan ulangan kemudian dihitung persentase penghambatan pertumbuhan koloni dihitung dengan rumus (Nurmansyah, 2010) :

$$P = \frac{K - T}{K} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Penghambatan pertumbuhan koloni/ daya kendali (*inhibition growth*)

K = Diameter koloni/biomassa koloni pada kontrol (*colony biomass on untreated*)

T = Diameter koloni/biomassa koloni pada perlakuan (*colony biomass on treatment*)

3.6.4. Intensitas Serangan Penyakit

Pengukuran intensitas serangan penyakit dilakukan setelah 2-7 minggu setelah inokulasi (MST). Intensitas serangan penyakit diukur dengan rumus Horsfal dan Cowling (1978) dalam Abadi (2003) yaitu:

$$I = \frac{\sum(n.v)}{NZ} \times 100\%$$

Dimana:

- I = intensitas serangan penyakit,
 n = jumlah tanaman dari tiap kategori serangan
 v = nilai skor dari tiap tanaman yang terserang
 N = jumlah tanaman contoh
 Z = skor dari kategori serangan tertinggi

Tabel 1. Skala Serangan Antraknose *Colletotrichum* sp. (skala-kategori serangan)

Skala	Kategori serangan
0	Tidak ada infeksi
1	Luas permukaan daun terserang mencapai 1-20%
2	Luas permukaan daun terserang mencapai 21-40%
3	Luas permukaan daun terserang mencapai 41-60%
4	Luas permukaan daun terserang mencapai 61-80%
5	Luas permukaan daun terserang mencapai 81-100%

3.7. Analisis Data

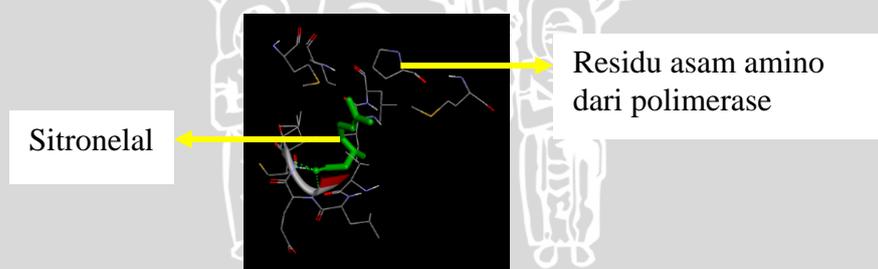
Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F pada taraf kesalahan 5%. Apabila terdapat beda nyata, lebih lanjut nilai rata-rata akan dibandingkan dengan Uji BNT pada Taraf Kebenaran 95% menggunakan minitab 16.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan Interaksi Ligan dengan Reseptor

Dalam penentuan konsentrasi senyawa sitronelal dilakukan dengan menggunakan pendekatan pemodelan secara *in silico* menggunakan perangkat lunak *Autodock Tools*. Sebagai ligan atau molekul antijamur adalah molekul sitronellal sedangkan sebagai reseptor target inhibisi adalah polimerase dari jamur *Colletotrichum* sp. yang diunduh dari www.pdb.org. dengan kode akses. Ligan dan reseptor akan melakukan interaksi yang dinyatakan dalam persamaan reaksi $L + R \rightleftharpoons L-R$ sehingga ditemukan nilai K_i yang setara dengan IC_{50} sebesar $47,04 \mu\text{M}$. Hal ini didukung oleh pernyataan Noolvi and Patel (2013) bahwa sistem *Autodock Tools* yang berbasis *blind docking* digunakan untuk pencarian dan identifikasi interaksi antara sisi aktif dari struktur kuartener protein dengan ligan yang memerlukan energi minimum. Energi interaksi antara ligan dengan reseptor dipengaruhi oleh parameter jenis atom berbeda, antara lain donor ikatan hidrogen, aseptor ikatan hidrogen, dan atom non polar seperti karbon.



Gambar 15. Hasil Pendekatan Pemodelan *In Silico* Menggunakan Perangkat Lunak *Autodock Tools*

Hasil penelitian pendahuluan secara *in silico* diperoleh harga K_i terendah untuk interaksi ligan senyawa sitronelal adalah $K_i = 47,04 \mu\text{M}$ (dengan reseptor Polimerase). Dalam pemodelan ini sitronelal menyerang pada bagian sel *Colletotrichum* sp. yaitu pada polimerase.

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi} &= \text{nilai } K_i (\mu\text{M}) \times \text{berat molekul Senyawa sitronelal (gr/Mol)} \\ &= 47,04 (\mu\text{M}) \times 154,249 \text{ gr/Mol} \\ &= 7255,87 \mu\text{g/L} \\ &= 7,255 \text{ mg/L} \\ &\approx 7 \text{ ppm}\end{aligned}$$

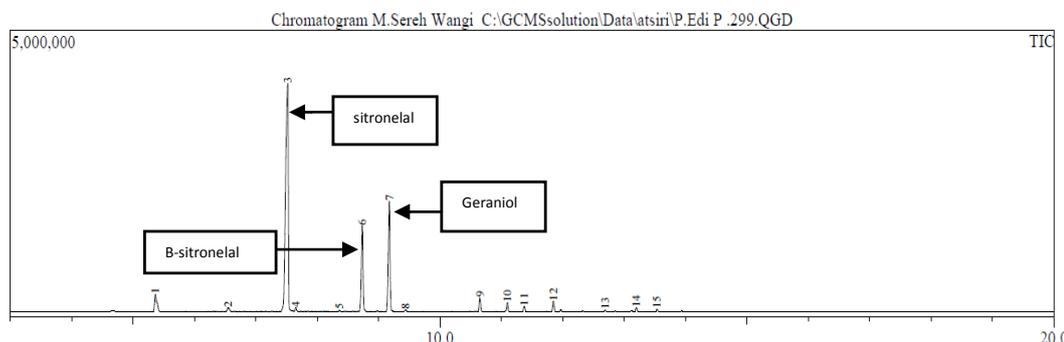
Nilai K_i digunakan sebagai acuan dalam menentukan konsentrasi tengah pengaplikasian fungisida nabati dalam interval perlakuan pada pengujian secara *in vitro* dan *in vivo* karena harga K_i setara dengan IC_{50} . Berdasarkan hasil perhitungan K_i dan berat molekul senyawa sitronelal, konsentrasi yang digunakan adalah 7 ppm (7 mg/L). Dalam pendekatan pemodelan secara *in silico* konsentrasi yang dihasilkan adalah konsentrasi yang mampu menekan aktivitas jamur patogen dalam keadaan tepat sasaran (Gambar 14).

4.2. Analisis Senyawa Sitronelal dengan Menggunakan GC-MS

Senyawa sitronelal diperoleh dari minyak atsiri serai wangi *Cymbopogon winterianus* Linn. hasil destilasi uap air yang digunakan sebagai bahan dalam proses fraksinasi vakum. Serai yang digunakan untuk mendapatkan minyak atsiri yaitu jenis serai wangi Mahapengiri. Menurut Sebayang (2011) kadar senyawa sitronelal yang dimiliki serai wangi Mahapengiri cukup tinggi yaitu 30-45%. Untuk mendapatkan minyak atsiri serai wangi dilakukan cara destilasi uap air (Sastrohamodjojo, 2004). Minyak serai wangi mengandung berbagai minyak atsiri diantaranya senyawa sitronelal sekitar 32-45%, geraniol 10-12%, sitronellol 11-15%, geraniol asetat 2-4% dan sedikit mengandung seskuiterpen serta senyawa lainnya (Wiratno, 2011). Menurut Nurmansyah (2010) senyawa sitronelal merupakan salah satu komponen utama dalam minyak serai wangi dengan sifat anti jamur yang tinggi.

Berdasarkan hasil analisis minyak atsiri serai wangi dengan menggunakan GC-MS, menunjukkan grafik yang memiliki puncak/*peak* yang bervariasi. Perbedaan puncak dipengaruhi oleh kepolaran zat yang dianalisis. Zat yang bersifat polar akan lebih cepat keluar dari kolom dan bersifat non polar akan tertahan lebih lama dalam kolom. Sesuai dengan pernyataan Utami (2011) bahwa jumlah puncak yang teridentifikasi oleh GC-MS bergantung pada kepolaran zat

yang dianalisis, yang akan menentukan banyak sedikitnya waktu untuk berinteraksi dengan fase diam (berapa lama suatu senyawa tertahan dalam kolom).



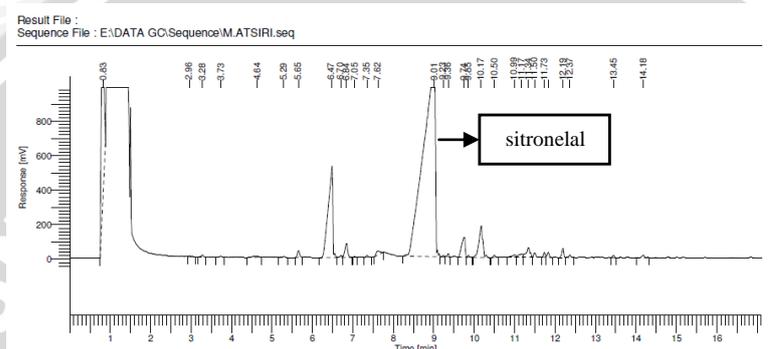
Gambar 16. Hasil Analisis Komponen Minyak Atsiri Serai Wangi dengan GC-MS

Puncak/*peak* pada Gambar 15 menunjukkan senyawa kimia yang teridentifikasi sebanyak 15 senyawa. Senyawa terbanyak yang terkandung dalam minyak atsiri serai wangi adalah senyawa sitronelal (50,39 %), Geraniol (15,36%), dan β -senyawa sitronelal (11,82%). Senyawa lain dalam minyak atsiri serai wangi yaitu limonene, cyclohexane, α -terpinolene, linalool, isopulegol, decanal, nerol, butene, citral, citronellyl, neryl acetate, β -elemene, caryophyllene, germacrene, cadinene, dan elemol (Gambar Lampiran 1).

Menurut Ganjewala (2009) *Cymbopogon* minyak esensial dan konstituen mengandung senyawa citral (campuran geraniol dan nerol), geraniol, sitronelol, senyawa sitronelal, piperitone, linalool, elemol, 1,8-cineole, limonene, geraniol, β -caryophyllene, metil heptenone, geranyl asetat dan geranyl telah diketahui dapat berperan sebagai antibakteri, antijamur, antiyeast, insektisida dan penolak serangga dalam jangka waktu yang lama. Sedangkan menurut Santosa (1999) senyawa aktif yang mempunyai potensi sangat besar sebagai anti jamur dalam minyak seraiwangi adalah senyawa sitronelal dan linalool, diikuti α pinen, β pinen, dan menthone. Sedangkan geraniol, sitral, dan terpen mempunyai aktifitas anti jamur sedang.

Setelah mendapatkan minyak atsiri serai wangi maka dilakukan proses fraksinasi vakum untuk memisahkan senyawa sitronelal dari senyawa-senyawa lain dalam minyak atsiri serai wangi tersebut. Berdasarkan hasil GC (Gambar 16) terlihat bahwa kandungan senyawa sitronelal dalam minyak atsiri hasil fraksinasi

vakum memiliki kemurnian yang lebih besar daripada senyawa sitronelal hasil destilasi. Dalam 50 ml minyak atsiri didapatkan senyawa sitronelal 76,60 % sebanyak 4 ml pada suhu 40⁰ C dan tekanan 20 mmHg, terpisah pada fraksi III dan berat jenis senyawa sitronelal 0,886 g/ml, bening dan memiliki aroma yang khas (Gambar Lampiran 2). Senyawa sitronelal hasil fraksinasi vakum ini digunakan sebagai fungisida nabati dalam menekan serangan *Colletotrichum* sp. dengan ditambahkan pelarut sebanyak 1:1.



Gambar 17. Kromatogram Komponen Senyawa Sitronelal Hasil Destilasi Fraksinasi dengan GC

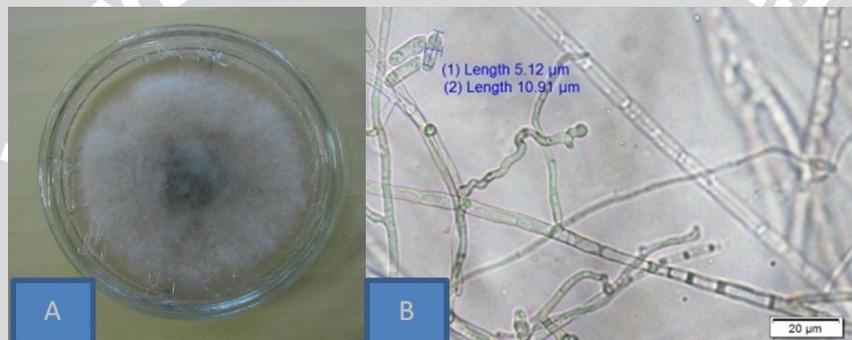
Menurut Milon *et al.* (2000) senyawa sitronelal yang terdiri dari campuran terpenoid yang dapat memberikan aroma khusus pada minyak serai wangi merupakan salah satu komponen utama yang terkandung dalam minyak atsiri serai wangi. Senyawa sitronelal mempunyai rumus molekul C₁₀H₁₈O (Gambar 8), berat molekul 154,25 gr/mol, titik didih 204⁰-208⁰C dan tidak berwarna (Agustian *et al.*, 2007).

4.3. Isolasi dan Identifikasi Jamur *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknose pada Tanaman Bawang Daun

Berdasarkan hasil pengamatan secara makroskopis pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) didapatkan bahwa koloni dari biakan murni jamur *Colletotrichum* sp. pada awal pertumbuhan berwarna putih kemudian koloni semakin lama mengalami perubahan menjadi abu-abu kehitaman dan terus meluas seiring bertambahnya umur koloni. Koloni jamur ini mempunyai tekstur tebal dan permukaan kasar atau tidak rata dan rapat. Koloni jamur *Colletotrichum* sp. memenuhi cawan petri yang berdiameter 9 cm dalam waktu 8 hari (Gambar 16).

Hal ini sesuai dengan Xie *et al.* (2010) bahwa biakan patogen pada medium PDA berwarna abu-abu kecoklatan hingga abu-abu gelap.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan bahwa miselium *Colletotrichum* sp. berwarna hialin dan tidak bersekat, berbentuk tabung atau jorong dengan kedua ujungnya tumpul. Panjang konidia berukuran 10,91 μm dan lebar 5,12 μm (Gambar 17). Hal ini sesuai dengan pernyataan Semangun (1990) yang menyatakan bahwa konidia *Colletotrichum* sp. umumnya panjangnya kurang dari 100 μm , dengan lebar 4-9 μm . Konidium berbentuk tabung, jorong atau bulat telur dengan ujung-ujung membulat tidak bersepta, bersel tunggal, hialin dengan ukuran 10-20 x 3-6 μm .



Gambar 18. Jamur *Colletotrichum* sp. yang diisolasi dari Daun Bawang Daun (A) biakan murni pada cawan petri 9 cm berumur 8 hari (B) mikroskopis dengan perbesaran 400x



Gambar 19. Gejala Antraknose oleh *Colletotrichum* sp. pada Uji Postulat Koch

Berdasarkan hasil uji Postulat Koch, terlihat bahwa terdapat bercak putih pada daun yang lama-kelamaan akan berubah menjadi coklat atau coklat kehitaman kemudian terbentuk lekukan sehingga menyebabkan daun melengkung, terkulai, berputar ataupun patah dan lama kelamaan daun berwarna pucat kemudian kuning dan mati (Gambar 18). Hal ini sesuai dengan pernyataan Rosmahani (2006) bahwa serangan awal akibat *Colletotrichum* sp. ditandai dengan terlihatnya bercak berwarna putih pada daun, selanjutnya terbentuk lekukan ke dalam (invaginasi), berlubang dan patah karena terkulai tepat pada bercak tersebut. Jika infeksi berlanjut, maka terbentuklah koloni konidia yang berwarna merah muda, yang kemudian berubah menjadi coklat muda, coklat tua, dan akhirnya kehitaman.

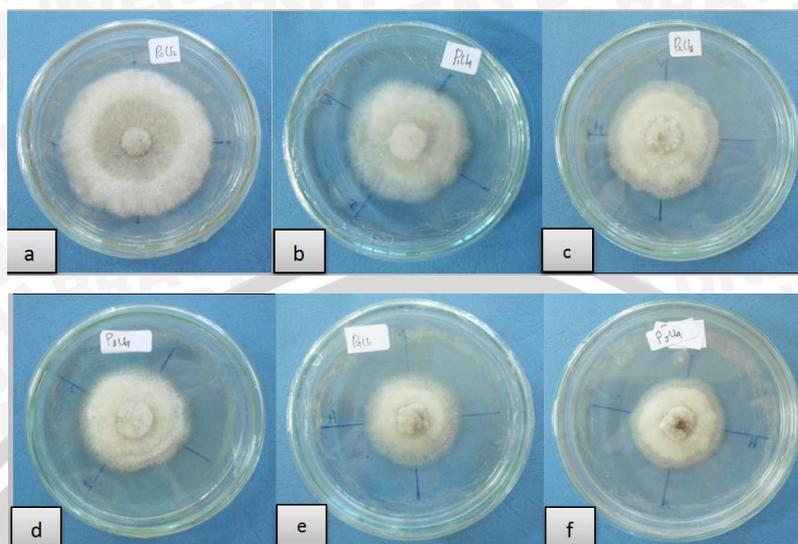
4.4. Pengujian Senyawa sitronelal Serai Wangi secara *in vitro* terhadap Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum* sp.

4.4.1. Pengujian Senyawa sitronelal Serai Wangi secara *in vitro* dengan Metode Peracunan Makanan

a. Penghambatan Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur *Colletotrichum* sp.

Penghambatan pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. dapat dilihat dari dua keadaan yaitu luas koloni yang menandakan jamur tidak mampu tumbuh dan ketebalan koloni yang berhubungan dengan kemampuan bersporulasi. Gambar 19 menunjukkan luas koloni pada kontrol lebih luas, begitu juga dengan ketebalan koloni pada kontrol lebih tebal dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal. Keadaan menunjukkan bahwa senyawa sitronelal serai wangi mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur *Colletotrichum* sp.

Uji pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. melalui metode peracunan makanan dilakukan dengan mengukur diameter koloni pada cawan petri dengan 6 perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal serai wangi dan diamati selama 7 hari setelah inokulasi (hsi). Pada tabel anova (Tabel Lampiran 1-7) menunjukkan bahwa semua perlakuan senyawa sitronelal serai wangi memberikan pengaruh yang berbeda-beda dalam menghambat pertumbuhan koloni jamur *Colletotrichum* sp. Rerata diameter koloni jamur *Colletotrichum* sp. akibat perlakuan senyawa sitronelal serai wangi disajikan pada tabel 2.



Gambar 20. Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur *Colletotrichum* sp. pada Uji Toksisitas Senyawa Sitronelal secara *In Vitro* dalam Cawan Petri pada Akhir Pengamatan (hari ke-7) Metode Peracunan Makanan. (a) kontrol (0 ppm), (b) 0,4 ppm, (c) 2 ppm, (d) 7 ppm, (e) 12 ppm, (f) 17 ppm

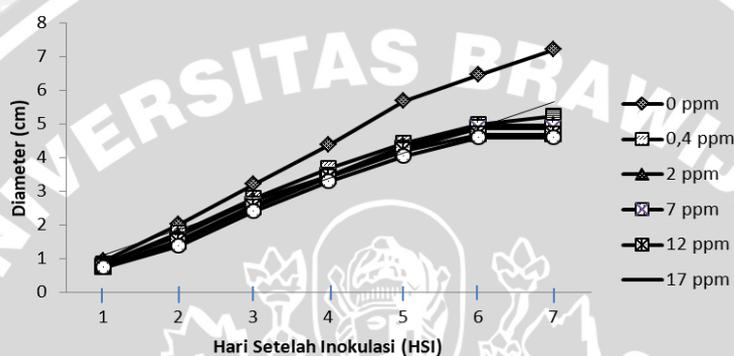
Tabel 2. Rerata Diameter Koloni Jamur *Colletotrichum* sp. (dalam cm) Akibat Perlakuan Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Peracunan Makanan

Perlakuan	Pengamatan (hsi)/cm						
	1	2	3	4	5	6	7
0 ppm	0,94 a	2,01 a	3,20 a	4,39 a	5,68 a	6,48 a	7,23 a
0,4 ppm	0,86 ab	1,76 b	2,79 b	3,69 b	4,43 b	5,00 b	5,25 b
2 ppm	0,85 abc	1,69 bc	2,74 bc	3,48 bc	4,36 b	4,98 b	4,98 bc
7 ppm	0,76 bcd	1,54 cd	2,61 bcd	3,47 bc	4,28 bc	4,88 b	4,88 bc
12 ppm	0,75 cd	1,50 d	2,53 cd	3,44 bc	4,23 bc	4,69 b	4,69 c
17 ppm	0,74 d	1,38 d	2,40 d	3,30 c	4,05 c	4,60 b	4,60 c

Keterangan : Angka pada masing-masing kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada Taraf Kebenaran 95%

Pada Tabel 2. terlihat bahwa untuk perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal serai wangi 0,4 ppm mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan koloni jamur berupa lebar diameter terbesar mulai pengamatan hari pertama sampai akhir pengamatan (hari ke-7) dan terkecil pada perlakuan konsentrasi faksi senyawa sitronelal 17 ppm. Lebar diameter koloni jamur pada pengamatan hari pertama untuk perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal 0,4 ppm adalah 0,86 cm dan untuk perlakuan konsentrasi 17 ppm lebar koloni jamur 0,74 cm, sedangkan untuk perlakuan kontrol sebesar 0,94 cm.

Pertambahan ukuran lebar diameter koloni jamur *Colletotrichum* sp. terus terjadi hingga akhir pengamatan dan untuk perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal serai wangi 0,4 ppm tetap memiliki ukuran diameter terbesar yaitu 5,24 cm dan untuk perlakuan konsentrasi 17 ppm lebar koloni jamur 4,60 cm, sedangkan pada perlakuan kontrol sebesar 7,22 cm. Pertumbuhan diameter koloni jamur *Colletotrichum* sp. hari pertama hingga hari ketujuh pengamatan dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 21. Pertumbuhan Diameter Jamur *Colletotrichum* sp. pada berbagai Konsentrasi Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Peracunan Makanan

Dengan bertambahnya konsentrasi senyawa sitronelal yang diberikan maka diameter koloni jamur *Colletotrichum* sp. akan semakin terhambat. Pada Gambar 20 terlihat bahwa pertumbuhan diameter jamur pada pengamatan hari ke enam dan ketujuh setelah inokulasi pada konsentrasi 2 ppm, 7 ppm, 12 ppm, dan 17 ppm sama yaitu 4,98 cm, 4,88 cm, 4,69 cm, 4,60 cm pada konsentrasi tersebut mempunyai kemampuan yang sama dalam menghambat diameter koloni.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni jamur *Colletotrichum* sp. secara *in vitro* dalam cawan petri yang berisikan campuran media PDA dan senyawa sitronelal serai wangi pada berbagai konsentrasi. Pada akhir pengamatan terlihat bahwa ukuran lebar diameter koloni jamur *Colletotrichum* sp. beragam. Untuk ukuran lebar diameter koloni jamur terkecil terjadi pada perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi dengan konsentrasi 17 ppm, sedangkan

ukuran lebar diameter jamur terbesar terjadi pada perlakuan kontrol yaitu hanya menggunakan media PDA.

Hasil analisis ragam (Tabel Lampiran 8-14) terhadap persentase penghambatan pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. akibat perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi secara *in vitro* pada pengamatan 1 HSI sampai 7 HSI menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap persentase penghambatan pertumbuhan diameter jamur *Colletotrichum* sp. Persentase penghambatan jamur *Colletotrichum* sp. akibat perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Laju Penghambatan Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum* sp. (dalam %) Akibat Perlakuan Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Peracunan Makanan

Perlakuan	Pengamatan (hsi)/%						
	1	2	3	4	5	6	7
0,4 ppm	7,97 a	12,43 a	12,88 a	15,88 a	21,97 a	22,72 a	27,40 a
2 ppm	9,21 a	16,10 ab	14,43 ab	20,80 a	23,10 a	23,09 a	31,12 a
7 ppm	18,57 a	23,53 bc	18,34 ab	20,86 a	24,64 a	24,66 a	32,52 a
12 ppm	20,00 a	25,50 bc	21,07 ab	21,58 a	25,52 a	27,58 a	35,13 a
17 ppm	21,35 a	31,58 c	24,95 b	24,73 a	28,60 a	28,86 a	36,30 a

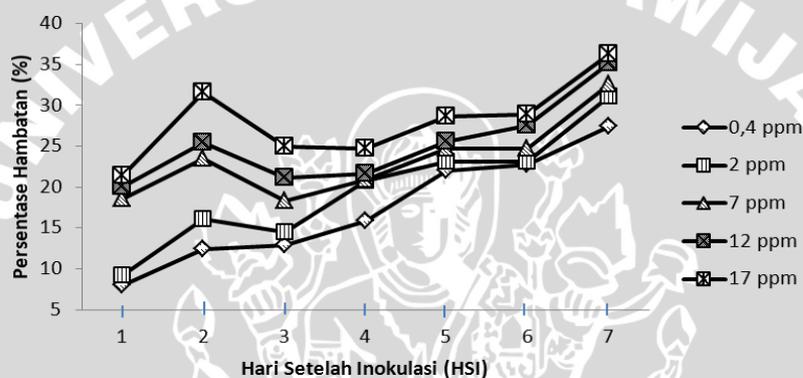
Keterangan: Angka pada masing-masing kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada Taraf Kebenaran 95%

Pada Tabel 3 terlihat bahwa pada pengamatan 1 HSI sampai 7 HSI untuk perlakuan semua konsentrasi pemberian senyawa sitronelal serai wangi menunjukkan bahwa dengan bertambahnya konsentrasi yang digunakan maka kemampuan menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. pada media PDA dalam cawan petri tidak selalu bertambah tinggi pula. Keadaan tersebut menyebabkan laju persentase penghambatan pertumbuhan pada semua perlakuan beragam.

Pada pengamatan pertama pemberian senyawa sitronelal tidak berbeda nyata pada setiap konsentrasi yang diberikan terhadap persentase penghambatan pertumbuhan diameter jamur *Colletotrichum* sp. sedangkan pada pengamatan kedua dan ketiga menunjukkan pengaruh yang nyata. Namun pada pengamatan keempat sampai ketujuh persentase penghambatan diameter jamur tidak berpengaruh nyata. Hal ini menunjukkan bahwa semua konsentrasi senyawa

sitronelal efektif menghambat pada hari kedua dan ketiga setelah inokulasi. Mulai hari keempat sampai ketujuh sudah tidak efektif menekan pertumbuhan koloni jamur *Colletotrichum* sp.

Pada Gambar 21 persentase penghambatan diameter *Colletotrichum* sp. paling tinggi pada pemberian konsentrasi senyawa sitronelal serai wangi 17 ppm, berangsur ke konsentrasi 12 ppm, 7 ppm, 2 ppm, dan persentase terkecil yaitu konsentrasi 0,4 ppm. Persentase penghambatan pada perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal sangat berpengaruh pada perlakuan kontrol yaitu media tumbuh jamur *Colletotrichum* sp. yang tidak diberikan senyawa sitronelal.



Gambar 22. Persentase Penghambatan Diameter Jamur *Colletotrichum* sp. pada berbagai Konsentrasi Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Peracunan Makanan

Gambar 21 menunjukkan dengan bertambahnya konsentrasi senyawa sitronelal serai wangi yang diberikan maka diameter pertumbuhan koloni akan semakin kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa senyawa sitronelal serai wangi efektif menekan pertumbuhan koloni jamur *Colletotrichum* sp. Menurut Budiyanto (2010) pertumbuhan menyangkut penambahan volume dari individu itu sendiri. Pertumbuhan pada umumnya tergantung pada kondisi ketersediaan nutrisi dan juga lingkungan. Apabila kondisi makanan atau nutrisi dan lingkungan cocok untuk mikroorganisme tersebut, maka mikroorganisme akan tumbuh dengan waktu yang relatif singkat dan sempurna.

Aktifnya formula fungisida nabati senyawa sitronelal dalam menekan pertumbuhan koloni jamur dapat dihubungkan dengan kemampuan komponen terpenoid yang terdapat pada formula pestisida nabati dalam menghambat proses

metabolisme jamur. Senyawa terpenoid dapat mempengaruhi pengambilan nutrisi oleh sel dari lingkungannya, sehingga akibatnya dapat menghambat kebutuhan energi (ATP) dan selanjutnya pertumbuhan dan perkembangan hifa menjadi berkurang dan hifa menjadi pendek-pendek. Akibatnya miselium yang terbentuk menjadi berkurang dan pertumbuhan koloni menjadi tidak normal (Purwantisari, 2004).

Pengamatan sampai 7 hari dimaksudkan untuk mengetahui efektifitas fungisida nabati senyawa sitronelal menurun sehingga didapatkan data yang tepat untuk aplikasi lapangan.

b. Berat Kering (Biomassa) dan Persentase Miselium *Colletotrichum* sp.

Penimbangan berat kering miselium dilakukan untuk mengetahui perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. Penghambatan jamur *Colletotrichum* sp. akibat pengaruh pemberian senyawa sitronelal serai wangi dapat dilihat dari pertumbuhan dan perkembangannya. Pertumbuhan jamur dilihat dari diameter koloni jamur dan perkembangan dilihat dari tebal koloni atau biomassa. Berat kering miselium didapatkan dari penimbangan miselium jamur *Colletotrichum* sp. pada hari terakhir pengamatan diameter koloni jamur yaitu pada hari ketujuh setelah inokulasi.

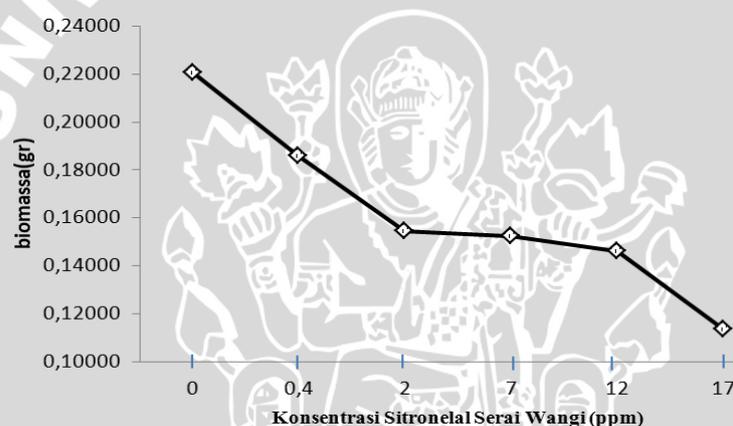
Hasil analisis ragam (Tabel Lampiran 15) miselium *Colletotrichum* sp. menunjukkan bahwa semua perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi memberikan pengaruh yang nyata terhadap kontrol dalam menghambat perkembangan jamur melalui penimbangan biomassa miselium jamur. Rerata dari biomassa jamur *Colletotrichum* sp. disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rerata Berat Kering Miselium Jamur *Colletotrichum* sp. Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Peracunan Makanan pada 7 Hari Setelah Inokulasi

Perlakuan	Rata-rata Biomassa (gr)
0 ppm	0,22068 a
0,4 ppm	0,18568 ab
2 ppm	0,15453 bc
7 ppm	0,15248 bc
12 ppm	0,14625 bc
17 ppm	0,11350 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang bersesuaian menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT (Beda Nyata Terkecil) taraf signifikan 5%

Koloni jamur *Colletotrichum* sp. dengan perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi lebih tipis dibandingkan dengan kontrol. Koloni jamur paling tipis yaitu pada perlakuan pemberian senyawa sitronelal tertinggi yaitu 17 ppm kemudian koloni jamur yang lebih tipis lagi terdapat pada koloni dengan perlakuan 12 ppm, 7 ppm, 2 ppm, dan 0,4 ppm (Gambar 22) untuk koloni terbesar yaitu pada perlakuan kontrol yaitu 0,22068 gr dan koloni paling tipis terdapat pada perlakuan 17 ppm yaitu 0,11350 gr. Koloni jamur yang tipis merupakan respon dari pemberian senyawa sitronelal serai wangi yang aktif sebagai antijamur sehingga perkembangan jamur dapat ditekan. Pada konsentrasi 17 ppm mampu menghambat perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. paling baik yaitu sebesar 0,11350 gr.



Gambar 23. Rerata Berat Kering (Biomassa) Miselium Jamur *Colletotrichum* sp. Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Peracunan Makanan pada 7 Hari Setelah Inokulasi

Sedangkan untuk hasil analisis ragam (Tabel Lampiran 16) persentase penghambatan perkembangan jamur melalui penimbangan biomassa miselium *Colletotrichum* sp. menunjukkan bahwa semua perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi memberikan pengaruh yang nyata terhadap kontrol dalam menghambat perkembangan jamur. Persentase biomassa jamur *Colletotrichum* sp. disajikan pada Tabel 5.

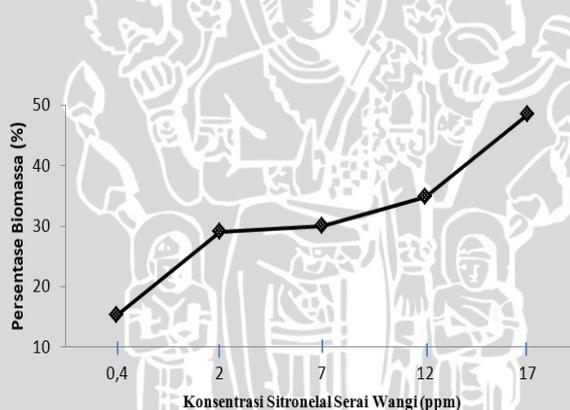
Pada Tabel 5 terlihat bahwa pemberian perlakuan senyawa sitronelal serai wangi dengan konsentrasi 17 ppm mampu menekan perkembangan biomassa jamur *Colletotrichum* sp. paling tinggi yaitu 48,56 % sedangkan persentase paling rendah yaitu pada pemberian senyawa sitronelal dengan konsentrasi 0,4

ppm dengan persentase sebesar 15,34 %. Dengan bertambahnya konsentrasi senyawa sitronelal yang diberikan maka persentase penghambatan biomassa miselium *Colletotrichum* sp. akan bertambah besar dan pemberian konsentrasi yang diberikan semakin rendah maka persentase penghambatan akan semakin kecil (Gambar 23).

Tabel 5. Persentase Berat Kering (Biomassa) Miselium Jamur *Colletotrichum* sp. Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Peracunan Makanan pada 7 Hari Setelah Inokulasi

Perlakuan	Persentase Penghambatan Biomassa (%)
0,4 ppm	15,34 a
2 ppm	29,04 ab
7 ppm	30,00 ab
12 ppm	34,87 ab
17 ppm	48,56 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang bersesuaian menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT (Beda Nyata Terkecil) taraf signifikan 5%



Gambar 24. Persentase Biomassa Miselium Jamur *Colletotrichum* sp. oleh Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Peracunan Makanan pada 7 Hari Setelah Inokulasi

4.4.2. Pengujian Senyawa sitronelal Serai Wangi secara *In Vitro* dengan Metode Penguapan

a. Penghambatan Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur *Colletotrichum* sp.

Uji pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. melalui metode penguapan dilakukan dengan mengukur diameter koloni pada cawan petri dengan 6 perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal serai wangi dan diamati selama 2 hari setelah inokulasi (hsi). Pada tabel anova (Tabel Lampiran 17-18) terhadap pertambahan lebar diameter koloni jamur *Colletotrichum* sp. pada pengamatan pertama dan

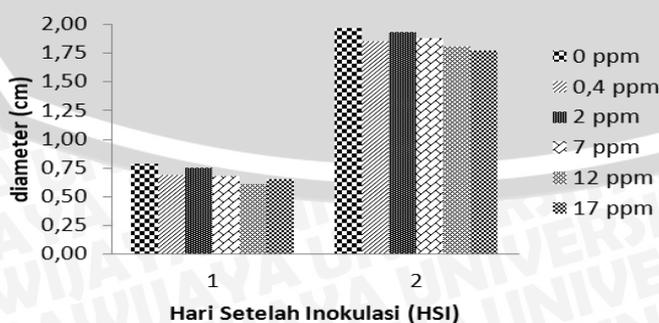
kedua setelah inokulasi menunjukkan bahwa perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi pada hari pertama setelah inokulasi sangat berpengaruh nyata, namun pada hari kedua setelah inokulasi tidak berpengaruh nyata terhadap kontrol. Rerata diameter koloni jamur *Colletotrichum* sp. akibat perlakuan senyawa sitronelal serai wangi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rerata Diameter Koloni Jamur *Colletotrichum* sp. (dalam cm) Akibat Perlakuan Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Penguapan

Perlakuan	Pengamatan (hsi)/cm	
	1	2
0 ppm	0,79 a	1,96 a
0,4 ppm	0,69 bc	1,85 a
2 ppm	0,75 ab	1,92 a
7 ppm	0,68 bc	1,88 a
12 ppm	0,61 c	1,80 a
17 ppm	0,65 c	1,77 a

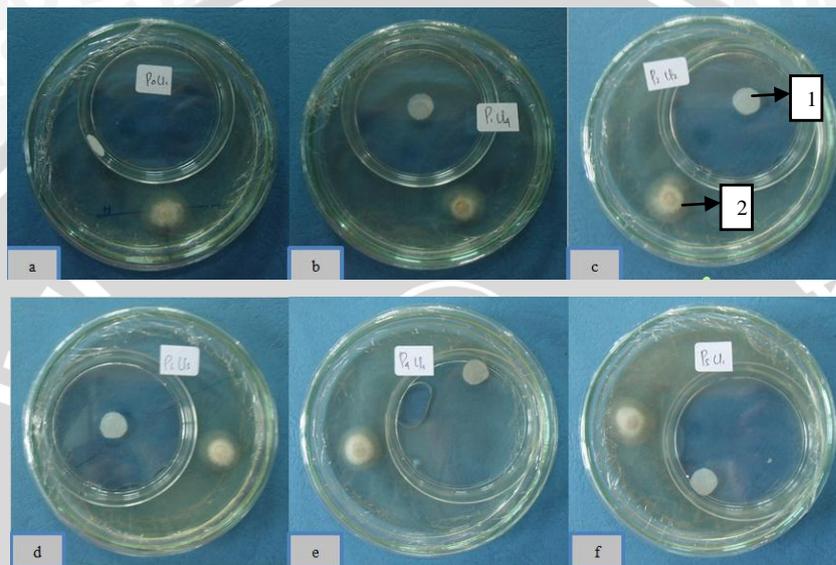
Keterangan: Angka pada masing-masing kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada Taraf Kebenaran 95%

Pertambahan ukuran lebar diameter koloni jamur *Colletotrichum* sp. pada perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal melalui metode penguapan berbeda-beda. Dengan bertambahnya konsentrasi yang diberikan maka ukuran diameter koloni tidak selalu bertambah besar (Gambar 24). Pada pengamatan pertama (1hsi) lebar diameter perlakuan kontrol adalah 0,79 cm, pada perlakuan pemberian senyawa sitronelal dengan konsentrasi 0,4 ppm lebar diameter 0,69 cm, konsentrasi 2 ppm meningkat menjadi 0,75 cm sedangkan pada konsentrasi 7 ppm, 12 ppm, dan 17 ppm mengalami penurunan lebar diameter secara bertahap yaitu 0,68 cm, 0,61 cm, 0,65 cm.



Gambar 25. Pertumbuhan Diameter Jamur *Colletotrichum* sp. pada berbagai Konsentrasi Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Penguapan

Pada pengamatan kedua (2 hsi) lebar koloni tetap bertambah namun perbedaan lebar koloni antar perlakuan konsentrasi masih sama, diameter terkecil pada konsentrasi 17 ppm, dilanjutkan dengan 12 ppm, 0,4 ppm, 7 ppm, 2 ppm dan perlakuan kontrol. Penambahan lebar diameter koloni jamur pada hari kedua metode penguapan tidak berpengaruh nyata (Tabel 6). Lebar diameter miselium *Colletotrichum sp.* pada hari kedua dapat dilihat pada Gambar 25:



Gambar 26. Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur *Colletotrichum sp.* pada Uji Toksisitas Senyawa Sitronelal secara In Vitro dalam Cawan Petri pada Akhir Pengamatan (hari ke-2) Metode Penguapan. (a) kontrol (0 ppm), (b) 0,4 ppm, (c) 2 ppm, (d) 7 ppm, (e) 12 ppm, (f) 17 ppm

Hasil analisis ragam (Tabel Lampiran 19-20) terhadap persentase penghambatan pertumbuhan jamur *Colletotrichum sp.* akibat perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi secara *in vitro* metode penguapan pada pengamatan 1 HSI dan 2 HSI menunjukkan bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh nyata dalam menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum sp.* Persentase penghambatan jamur *Colletotrichum sp.* akibat perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi metode penguapan disajikan pada Tabel 7.

Pada Tabel 7 terlihat bahwa bahwa pada pengamatan 1 hsi dan 2 hsi untuk perlakuan semua konsentrasi pemberian senyawa sitronelal serai wangi metode penguapan menunjukkan bahwa konsentrasi yang tinggi belum tentu menekan pertumbuhan jamur lebih baik. Keadaan tersebut menyebabkan laju persentase

penghambatan pertumbuhan pada semua perlakuan beragam. Karena pada konsentrasi 2 ppm merupakan konsentrasi dengan persentase terkecil, bahkan konsentrasi 0,4 ppm memiliki persentase yang lebih besar dibandingkan dengan persentase konsentrasi 2 ppm. Persentase penghambatan paling tinggi pada pengamatan 1 hsi terjadi pada perlakuan pemberian konsentrasi 12 ppm yaitu 22,64% dan persentase terkecil pada konsentrasi 2 ppm. Pada pengamatan 2 hsi persentase terbesar pada konsentrasi 17 ppm dan terkecil pada konsentrasi 2 ppm (Gambar 26).

Tabel 7. Persentase Laju Penghambatan Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum* sp. (dalam %) Akibat Perlakuan Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Penguapan

Perlakuan	Pengamatan (hsi)/%	
	1	2
0,4 ppm	12,64 ab	5,56 ab
2 ppm	4,98 a	1,92 a
7 ppm	13,90 ab	4,10 ab
12 ppm	22,64 b	7,94 ab
17 ppm	17,34 b	9,63 b

Keterangan: Angka pada masing-masing kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada Taraf Kebenaran 95%



Gambar 27. Persentase Penghambatan Diameter Jamur *Colletotrichum* sp. pada berbagai Konsentrasi Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Penguapan

Pemberian senyawa sitronelal dengan metode penguapan menunjukkan keefektifan yang tidak stabil, hal tersebut terlihat dari luas diameter, biomassa dan persentase diameter dan biomasanya. senyawa sitronelal minyak atsiri bersifat volatil yaitu mudah menguap, oleh sebab itu senyawa sitronelal mampu menekan

pertumbuhan *Colletotrichum* sp. Keefektifan yang tidak stabil dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan yaitu tekanan udara, luas permukaan cawan petri yang digunakan untuk meletakkan kertas saring, suhu dan kelembaban diluar cawan petri.

b. Berat Kering (Biomassa) dan Persentase Miselium *Colletotrichum* sp.

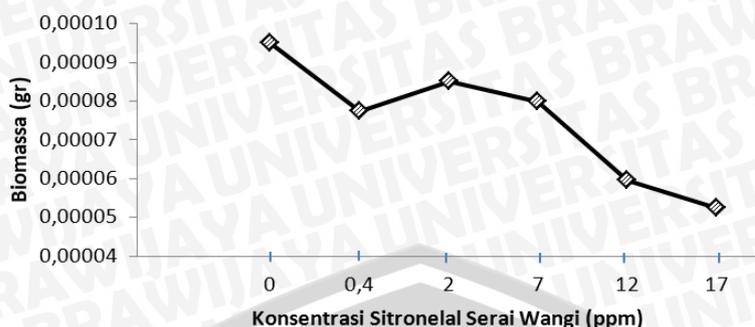
Penimbangan berat kering miselium dilakukan untuk mengetahui perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. Penghambatan jamur *Colletotrichum* sp. akibat pengaruh pemberian senyawa sitronelal serai wangi dapat dilihat dari pertumbuhan dan perkembangannya. Pertumbuhan jamur dilihat dari diameter koloni jamur dan perkembangan dilihat dari tebal koloni atau biomassa. Berat kering miselium didapatkan dari penimbangan miselium jamur *Colletotrichum* sp. pada hari terakhir pengamatan diameter koloni jamur yaitu pada hari kedua setelah inokulasi.

Hasil analisis ragam (Tabel Lampiran 21) miselium *Colletotrichum* sp. menunjukkan bahwa semua perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi memberikan pengaruh yang nyata terhadap kontrol dalam menghambat perkembangan jamur melalui penimbangan biomassa miselium jamur. Rerata dari biomassa jamur *Colletotrichum* sp. disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rerata Berat Kering Miselium Jamur *Colletotrichum* sp. Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Penguapan pada 2 Hari Setelah Inokulasi

Perlakuan	Rata-rata Biomassa (gr)
0 ppm	0,0095 ab
0,4 ppm	0,0078 a
2 ppm	0,0088 ab
7 ppm	0,0080 b
12 ppm	0,0060 b
17 ppm	0,0053 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang bersesuaian menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT (Beda Nyata Terkecil) taraf signifikan 5%



Gambar 28. Rerata Berat Kering Miselium Jamur *Colletotrichum* sp. Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Penguapan pada 2 Hari Setelah Inokulasi

Pada Gambar 27 terlihat bahwa rerata biomassa jamur *Colletotrichum* sp. setelah mendapatkan perlakuan senyawa sitronelal dengan metode penguapan tidak stabil. Pada perlakuan 0,4 ppm biomassa jamur lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan 2 ppm sedangkan pada perlakuan 2 ppm hingga 17 ppm biomassa jamur selalu menurun.

Penimbangan berat kering miselium dilakukan untuk mengetahui perbedaan biomassa *Colletotrichum* sp. akibat pengaruh pemberian senyawa sitronelal serai wangi. Hasil analisis ragam (Tabel Lampiran 22) miselium *Colletotrichum* sp. menunjukkan bahwa semua perlakuan pemberian senyawa sitronelal serai wangi dan kontrol memberikan pengaruh yang berbeda dalam menghambat pertumbuhan jamur. Rerata dari biomassa jamur *Colletotrichum* sp. disajikan pada Tabel 9:

Tabel 9. Persentase Berat Kering (Biomassa) Miselium Jamur *Colletotrichum* sp. Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Penguapan pada 2 Hari Setelah Inokulasi

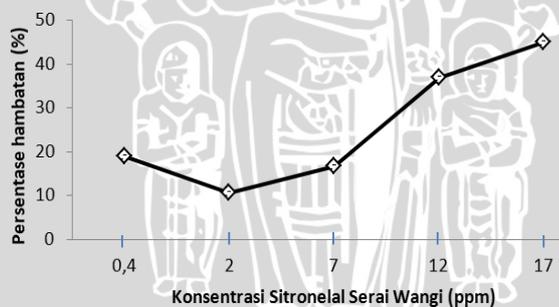
Perlakuan	Persentase Penghambatan Biomassa (%)
0,4 ppm	18,85 ab
2 ppm	10,68 a
7 ppm	16,58 a
12 ppm	36,87 ab
17 ppm	45,04 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang bersesuaian menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT (Beda Nyata Terkecil) taraf signifikan 5%

Pada Tabel 9 terlihat bahwa persentase penghambatan terhadap biomassa miselium *Colletotrichum* sp. pada semua perlakuan konsentrasi senyawa sitronelal serai wangi berpengaruh nyata. Dapat dilihat pada tabel anova Tabel Lampiran

23-34, konsentrasi senyawa sitronelal yang paling berpengaruh adalah konsentrasi 17 ppm. Persentase penghambatan biomassa terbesar adalah pada konsentrasi 17 ppm yaitu 40,04 % sedangkan persentase terkecil adalah pada konsentrasi 2 ppm sebesar 10,68 %. Pada konsentrasi 0,4 ppm persentase penghambatan biomassa sebesar 28,85 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada metode penguapan dengan bertambahnya konsentrasi yang diberikan maka belum tentu persentase penghambatan biomasanya juga besar (Gambar 28).

Pemberian senyawa sitronelal minyak atsiri serai wangi mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. baik dengan metode peracunan makanan maupun penguapan. Hal tersebut dikarenakan senyawa sitronelal mampu merusak sel maupun merubah morfologi pada hifa. Pina-Vaz *et al.* (2004) mengidentifikasi bahwa minyak atsiri dapat menyebabkan perubahan pada morfologi hifa. Hifa menjadi rusak, terpelintir, dan struktur permukaan berubah. Dalam beberapa kasus dapat merusak membran sel. Chami *et al.* (2003) menyatakan bahwa pengamatan minyak atsiri yang memiliki karakter antijamur tersebut dapat diinformasikan dan diaplikasikan untuk menggantikan fungisida sintetik.



Gambar 29. Persentase Biomassa Miselium Jamur *Colletotrichum* sp. oleh Senyawa Sitronelal Serai Wangi Metode Penguapan pada 2 Hari Setelah Inokulasi

Efektivitas penekanan pertumbuhan dan perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. melalui pengukuran luas diameter dan berat miselium (biomassa) dengan metode peracunan makanan lebih stabil dibandingkan dengan metode penguapan. Dapat dilihat bahwa pada metode peracunan makanan dengan bertambahnya konsentrasi senyawa sitronelal yang diberikan maka persentase penghambatannya juga akan bertambah besar sedangkan pada metode penguapan

dengan bertambahnya konsentrasi yang diberikan maka persentase pertumbuhan dan perkembangan jamur belum tentu bertambah besar pula. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode peracunan makanan lebih efektif dibandingkan metode penguapan dalam menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur *Colletotrichum* sp.

4.5. Pengujian Senyawa sitronelal Serai Wangi secara *In Vivo* terhadap Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum* sp.

Pengamatan intensitas serangan penyakit antraknose akibat jamur *Colletotrichum* sp. pada tanaman bawang daun dilakukan 3 hari setelah inokulasi atau pada 15 hst (hari setelah tanam). Hal tersebut dilakukan karena senyawa sitronelal yang diberikan sebagai fungisida nabati bersifat preventif yaitu diberikan sebelum inokulasi penyakit dilakukan. Pengamatan dilakukan sebanyak 12 kali hingga tanaman sampai pada umur panen (50 hst).

Hasil analisis anova intensitas serangan *Colletotrichum* sp. (Lampiran Tabel 11) pada tanaman bawang daun yang diberi fungisida nabati dari senyawa sitronelal dengan berbagai konsentrasi menunjukkan terdapat pengaruh pada pertumbuhan *in vivo* *Colletotrichum* sp. Rata-rata intensitas serangan pada berbagai jenis ekstrak dan konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 9.

Persentase intensitas serangan *Colletotrichum* sp. pada tanaman bawang daun pada Tabel 9 berpengaruh nyata pada pengamatan 1 sampai 12 namun tidak berpengaruh nyata pada pengamatan ke 12. Pada semua perlakuan konsentrasi yang diberikan, intensitas serangan tertinggi yaitu pada konsentrasi 0,4 ppm kemudian semakin menurun pada pemberian konsentrasi 2 ppm, dan 7 ppm. Namun, pada konsentrasi 12 ppm dan 17 ppm intensitas serangan *Colletotrichum* sp. tidak stabil. Pada pengamatan pertama hingga ketujuh intensitas serangan pada konsentrasi 12 ppm lebih besar daripada konsentrasi 17 ppm namun pada pengamatan kedelapan hingga duabelas intensitas serangan pada pemberian perlakuan konsentrasi 17 ppm lebih besar dibandingkan konsentrasi 12 ppm (Gambar 29).

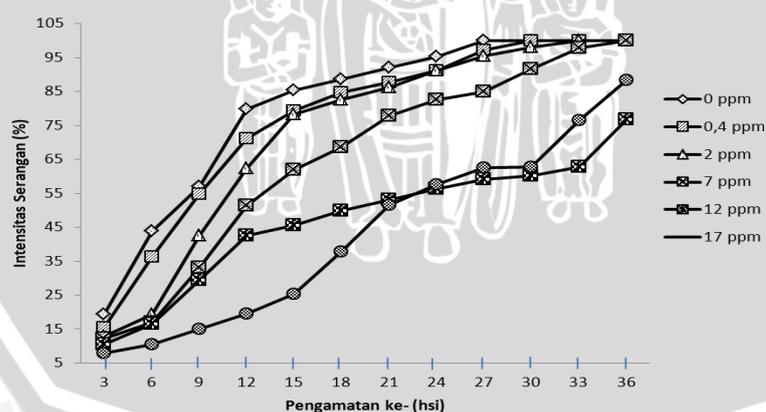
Keefektifan pemberian senyawa sitronelal pada tanaman bawang daun tidak stabil, hal itu dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Pada proses metabolisme tanaman bawang daun, patogen sangat peka terhadap kondisi lingkungan dan

menentukan apakah iklim dan cuaca juga dapat mendukung bagi perkembangan penyakit antraknose. Menurut Koesmaryono (1999) perubahan lingkungan fisik, iklim atau cuaca akan sangat berpengaruh terhadap perkembangan penyakit pada saat patogen masih berada diluar jaringan tanaman (pre-penetrasi).

Tabel 10. Rata-rata Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun yang telah diberi Fungisida Nabati Senyawa Sitronelal Serai Wangi dengan berbagai Konsentrasi.

Pengamatan (%)	Perlakuan					
	0 ppm	0,4 ppm	2ppm	7 ppm	12 ppm	17 ppm
3 hsi	19,25a	15,50ab	12,75abc	12,25abc	10,50bc	8,00c
6 hsi	43,75a	36,25a	19,20b	17,00b	16,50b	10,50b
9 hsi	57,00a	54,75ab	42,50bc	33,00c	29,50c	15,00d
12 hsi	79,75a	71,25ab	62,25abc	51,25bc	42,50cd	19,50d
15 hsi	85,25a	79,25a	78,25a	62,00ab	45,50bc	25,25c
18 hsi	88,50a	84,75a	82,50a	68,50ab	49,75bc	37,75c
21 hsi	92,00a	87,75a	86,25a	77,75a	53,00b	51,50b
24 hsi	95,25a	91,25a	91,25a	82,50a	56,25b	57,50b
27 hsi	100a	97,25ab	95,50ab	85,00b	59,00c	62,50c
30 hsi	100a	100a	98,00a	91,50a	60,25b	62,75b
33 hsi	100a	100a	100a	97,75a	62,75b	76,50ab
36 hsi	100a	100a	100a	100a	76,75a	88,25a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang bersesuaian menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT (Beda Nyata Terkecil) taraf signifikan 5%



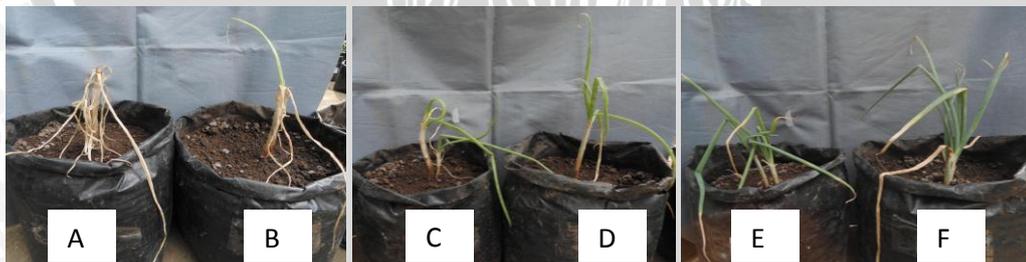
Gambar 30. Intensitas Serangan Jamur *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun

Pemberian senyawa sitronelal serai wangi pada konsentrasi 12 ppm dan 17 ppm mampu menekan perkembangan intensitas serangan penyakit antraknose yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* sp. pada tanaman bawang daun,

sedangkan tanpa perlakuan (kontrol) perkembangan intensitas serangan penyakit antraknose relatif lebih cepat dibandingkan dengan pemberian senyawa sitronelal. Penggunaan dosis senyawa sitronelal yang semakin tinggi untuk diaplikasikan memungkinkan untuk terjadinya penurunan intensitas serangan penyakit antraknose pada tanaman bawang daun.

Komponen kimia minyak atsiri yang bersifat anti jamur mampu menembus dinding sel jamur. Dengan demikian akan terjadi gangguan proses metabolisme di dalam sel sehingga akan mengganggu pertumbuhan sel, dan pada konsentrasi tertentu akan berakibat kematian sel jamur (Knobloch *et al.*, 1989). Menurut Nurmansyah (2010) senyawa sitronelal merupakan salah satu komponen utama dalam minyak serai wangi dengan sifat anti jamur (anti jamur) yang tinggi.

Penurunan efektivitas fungisida nabati senyawa sitronelal diduga senyawa yang terkandung sudah hilang karena mudah terurai di alam. Syakir (2011) menyatakan bahwa fungisida nabati mudah terurai (bio-degradable) oleh lingkungan sehingga tidak tahan lama di alam. Fungisida nabati senyawa sitronelal termasuk fungisida kontak yang berarti bersifat mencegah agar tidak terjadi perkecambahan konidia jamur *Colletotrichum* sp. pada bawang daun. Larutan senyawa sitronelal akan melapisi seluruh permukaan daun dan ketika konidia yang jatuh pada permukaan daun tidak akan sempat berkecambah karena teracuni oleh senyawa sitronelal.



Gambar 31. Intensitas Serangan Jamur *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun. (A) kontrol, (B) 0,4 ppm, (C) 2 ppm, (D) 7 ppm, (E) 12 ppm, (F) 17 ppm pada pengamatan 18 hsi

4.6. Pengaruh Konsentrasi Sitronelal Serai Wangi terhadap Penghambatan Pertumbuhan (EC_{50}) Jamur *Colletotrichum* sp.

Effective Concentration (EC_{50}) merupakan konsentrasi yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan jamur sebesar 50%. Untuk mengetahui nilai EC_{50} sitronelal serai wangi secara *in vitro* baik metode peracunan makanan maupun penguapan digunakan data diameter pertumbuhan *Colletotrichum* sp. pada cawan petri. Penentuan EC_{50} menggunakan program Analisis Probit Hsinchi (1997) (lampiran Gambar 14 dan lampiran Gambar 15). Berdasarkan hasil analisis Probit Hsinchi (1997) nilai EC_{50} sitronelal dalam menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. secara *in vitro* pada metode peracunan makanan yaitu 17499,973 sedangkan hasil EC_{50} pada metode penguapan secara *in vitro* yaitu 183431,6062. Dapat disimpulkan bahwa dalam mengendalikan pertumbuhan jamur sebesar 50% kebutuhan konsentrasi pada metode *in vitro* penguapan lebih besar daripada *in vitro* peracunan makanan (Tabel 11).

Tabel 11. Nilai EC_{50} Sitronelal Serai Wangi

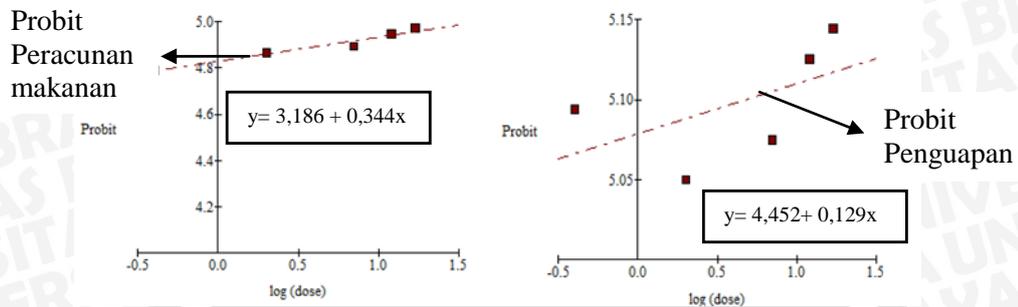
Perlakuan	Persamaan	EC_{50} (ppm)
Peracunan makanan	$y = 4,829 + 0,105x$	41,342188
Penguapan	$y = 5,078 + 3,114x$	2,929334

Keterangan: Nilai EC_{50} dan persamaan dihitung dengan program Analisis Probit Hsinchi (1997).

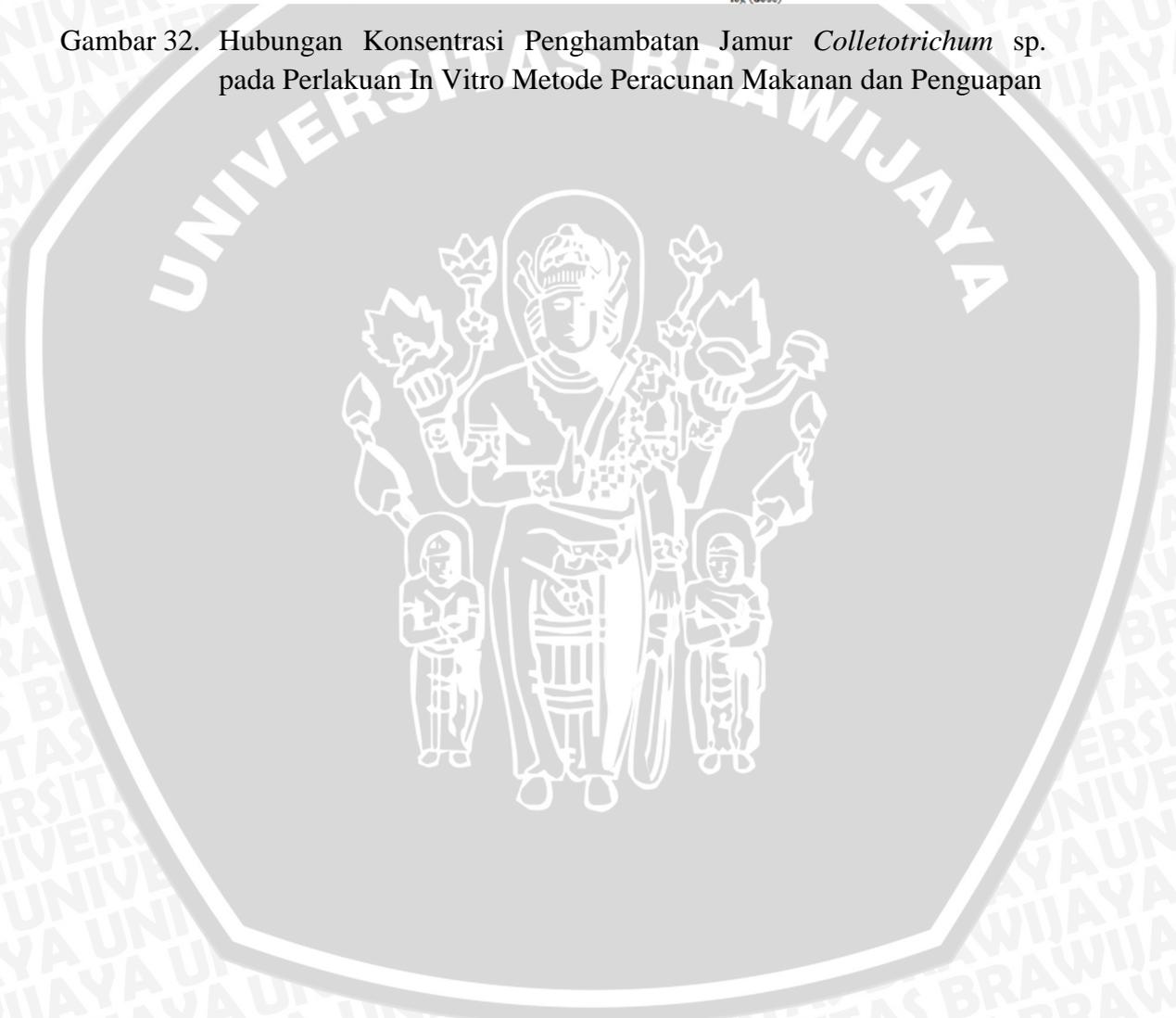
Nilai EC_{50} sitronelal serai wangi dalam menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. secara *in vitro* baik metode peracunan makanan maupun penguapan memiliki nilai yang berbeda. Konsentrasi sitronelal yang dibutuhkan untuk menghambat pertumbuhan jamur sebesar 50% pada metode penguapan lebih besar daripada metode peracunan makanan. Nilai EC_{50} berbanding terbalik dengan aktivitas antifungi suatu senyawa. Semakin besar nilai EC_{50} maka aktivitas antifungi semakin kecil, artinya konsentrasi yang dibutuhkan untuk menghasilkan aktivitas antiifungi sebesar 50 % semakin besar (Widyaningsih, 2010).

Persamaan garis regresi pada perlakuan *in vitro* metode peracunan makanan $y = 3,186 + 0,344x$ yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan nilai koefisien x (konsentrasi), maka nilai dari koefisien y (probit) akan mengalami kenaikan sebesar 3,186. Sedangkan persamaan garis regresi pada perlakuan *in vitro* metode penguapan $y = 4,452 + 0,129x$ yang menunjukkan bahwa setiap

kenaikan nilai koefisien x (konsentrasi), maka nilai dari koefisien y (probit) akan mengalami kenaikan sebesar 4,452.



Gambar 32. Hubungan Konsentrasi Penghambatan Jamur *Colletotrichum* sp. pada Perlakuan In Vitro Metode Peracunan Makanan dan Penguapan



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa fraksinasi vakum minyak atsiri serai wangi dapat meningkatkan kemurnian senyawa sitronelal. Berdasarkan hasil pendekatan pemodelan *in silico* konsentrasi yang dibutuhkan untuk mengendalikan patogen 50% adalah pada konsentrasi 7 ppm. Hasil pengujian *in vitro*, metode peracunan makanan memiliki efektivitas yang stabil dibandingkan metode penguapan dalam menekan pertumbuhan *Colletotrichum* sp. Berdasarkan pengujian *in vivo*, dengan bertambahnya konsentrasi senyawa sitronelal yang diberikan pada bawang daun maka intensitas serangannya akan semakin rendah. Nilai EC_{50} pada percobaan secara *in vitro* metode peracunan makanan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode penguapan.

5.2. Saran

Dalam pengaplikasian fungisida nabati sebaiknya menggunakan senyawa sitronelal untuk membunuh *Colletotrichum* sp. karena konsentrasi yang dibutuhkan lebih sedikit daripada menggunakan minyak atsiri serai wangi. Pada penelitian yang akan datang, sebaiknya dilakukan penelitian mengenai efektivitas fungisida nabati senyawa sitronelal dengan konsentrasi yang berbeda pada percobaan di lapang.

DAFTAR PUTAKA

- Abadi, A.L. 2000. Ilmu Penyakit Tumbuhan: Dasar-Dasar dan Penerapannya. Lembaga Penerbitan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Abadi, A.L. 2003. Ilmu Penyakit Tumbuhan 3. Bayumedia Publishing. Malang: hlm. 145
- Achmad dan Sari, E.P. 2009. Pengaruh Media terhadap Pertumbuhan Cendawan *Fusarium oxysporum*. Buletin RISTRI Vol. 1 (4). Bogor
- Agusta, A. 2000. Minyak Atsiri Tumbuhan Tropika. Penerbit ITB. Bandung. hlm 1-21, 113
- Agustian, E., Anny S., Tasrif, Joddy A.L., dan Indri B.A.,. 2007. Pemisahan Senyawa sitronelal dari Minyak Serai Wangi Menggunakan Unit Fraksionasi Skala Bench. J.Tek. Ind. Pert. 17 (2): 49-53. Tangerang
- Ahmad, S.A. 1986. Kimia Organik Bahan Alam. Modul 1-6. Karunika. Jakarta
- Alexopoulos, C.J., Mims W.C. & Blackwell M. 1996. Introductory Mycology. Ed ke-4. John Wiley & Sons Inc. Canada
- Askito, W. 2005. Pengaruh Pemupukan terhadap Pertumbuhan Hasil dan Tanaman Kedelai di Lahan Kering. Universitas Mataram. Mataram
- Black, L., Conn, K., Bagor, B., Kao, J., and Lutton, J. 2012. Onion Disease Guide (A Practical Guide for Seedsmen, Growers and Agricultural Advisors). Seminis growforward. USA
- Budiyanto, A.K. 2010. Pertumbuhan Mikroorganisme. <http://zaifbio.wordpress.com>
- Cer, R.Z., Mudunur, U., Stephens, R., and Lebeda, F.J. 2009. IC₅₀-to-Ki: A Web-Based Tool For Converting IC₅₀ To Ki Values For Inhibitors Of Enzyme Activity And Ligand Binding, Nucleic Acids Research, Vol. 37
- Chaelani, S.R. 2011. Metode Penelitian Penyakit Tumbuhan. Universitas Brawijaya Press. Malang
- Chami, F., N. Chami, S. Bennis, T. Bouchikhi, and A. Remmal. 2003. Oregano and Clove Essential Oils Induce Surface Alteration of *Saccaromyces cerevisiae*. <http://www3.inyterscience.wiley.com/cgi-bin/anstract>
- Dey, P.M. 1991. Methods in Plant Biochemistry. Volume 7- London- Academic Press. Diakses tanggal 23 Mei 2014
- Djunaedy, A. 2009. Biopestisida sebagai Pengendali Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang Ramah Lingkungan. Embryo Vol.6 No.1
- Ella, M.U., Sumartha, K., Suniti, N.W., Sudiarta, I.P., Antara, N.S. 2013. Uji Efektivitas Konsentrasi Minyak Atsiri Sereh Dapur *Cymbopogon Citratus*

(DC.) Stapf) terhadap Pertumbuhan Jamur *Aspergillus* Sp. secara *In Vitro*.
E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika ISSN: 2301-6515 Vol. 2, No.1

Ganjewala, D. 2009. Cymbopogon Essential Oils: Chemical Compositions and Bioactivities. International Journal of Essential Oil Therapeutics Vol.3, 56-65. India

Griffin, H. D. 1981. Fungal Physiology. New York. John Wiley & Sons, Inc

Guenther, E. 1987. Minyak Atsiri. (diterjemahkan oleh: S. Ketaren). Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta

Gunawan, O.S. 2005. Uji Efektivitas Biopestisida sebagai Pengendali Biologi terhadap Penyakit Antraknose pada Cabai Merah. Jurnal hortikultura. 15 (4): 297-302

Haraguchi, H., Kuwata Y., Inada K., Shingu K., Miyahara K., Nagao M., and Yagi A. 1996. Antifungal Activity from *Alpinia Galanga* and The Competition for Incorporation of Unsaturated Fatty Acids in Cell Growth. *Planta Medica* 62:308-313

Helal, G.A., Sarhan, M.M., Abu Shahla, A.N., Abou El-Khair, E.K. 2007. Effects of *Cymbopogon citratus* L. Essential Oil on The Growth, Morphogenesis and Alatoxin Production of *Aspergillus flavus* ML2-strain. *J Basic Microbiol* ;47:5-15

Helmi, H. 2008. Aktivitas Bakterisida dan Fungisida Ekstrak Kasar Biji Kolowe. Program Studi Biologi FPPB Universitas Bangka Belitung. Bangka Belitung

Hetenyi, C., and van der Spoel, D. 2006. Blind Docking of Drug-sized Compounds to Protein with up to a Thousand Residues. *FEBS Letters*. 580: 1447 – 1450

Iftitah, E.D., Muchalal, M., Trisunaryanti, W., dan Armunanto R. 2010. Cyclization and Hydrogenation of (+)-Citronellal to Menthols Over $ZnBr_2$ and Ni Catalysts Supported on $\gamma-Al_2O_3$, *Indo. J. Chem*, 10 (2), 208 – 213

Istianto, M. dan Eliza. 2009. Aktivitas Antijamur Minyak Atsiri terhadap Penyakit Antraknos Buah Pisang di Penyimpanan pada Kondisi Laboratorium. *J. Hort*. 19(2):192-198

Kaniawati, D., Kadarohman, A., Gebi D. 2004. Konversi Senyawa sitronelal Hasil Isolasi Minyak Serai Wangi Menjadi Sitronelol dan Isopulegol. Seminar Nasional Penelitian dan Pendidikan Kimia: “Kontribusi Penelitian Kimia terhadap Pengembangan Pendidikan Kimia”. Jakarta. 9 Oktober 2004

Kardinan, A. 2004. Pestisida Nabati Ramuan dan Aplikasi. Penebar Swadaya. Jakarta

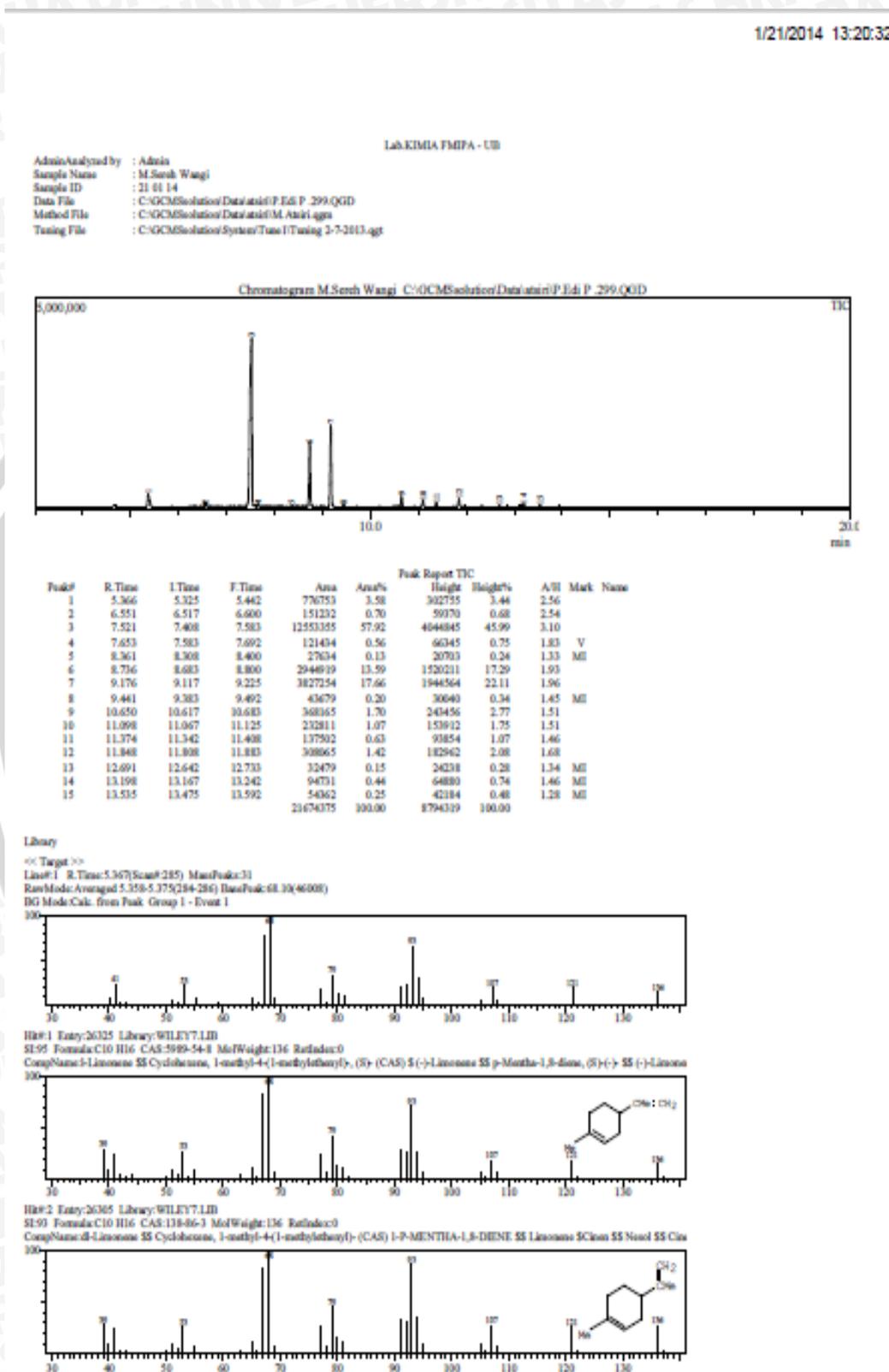
Ketaren. 1987. Minyak Atsiri. UI Press. Terjemahan : Guenther, E. 1947. *Essential Oils*. Vol.1. John Willey and Sons. New York. Hal : 21-25, 90, 132-134, 244-245

- Knobloch, K.A., B. Paul., H. Ilber, Weigand, and W. Weil. 1989. Antibacterial and Antifungal Properties of Essential Oil Components. *J. Ess. Oil.* 1 : 119-128
- Koussevitzky, S., Neeman E., Sommer A. 1998. Purification and Properties of a Novel Chloroplast Stromal Peptidase, Processing Polyphenol Oxidase and Other Imported Precursors. Department of Plant Sciences, The Hebrew University. Jerusalem. <http://www.ibr.orl>
- Laude, S. dan Tambing, Y. 2010. Pertumbuhan dan Hasil Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.) pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang Ayam. *J. Agroland* 17 (2) : 144 – 148
- Margaret, L.V & Brian, V. 1981. Secondary Plant Metabolism. London: The Macmillan Press Ltd
- Milon, C. 2000. Selective One Step Synthesis of (-)- Mentol from (+)- Citronellal on Ru Support on Modified SiO₂. *Applied Catalyst A: general.* 199, 239-244
- Misharina, T.A., A.N. Polshkov, E.L. Ruchkina, and I. B. Medvedeva. 2003. Changes in Composition of The Essential Oil of Marjoram During Storage. *Applied Biochemistry and Microbiology.* vol 39. No. 3. Pp. 311-316. Rusia
- Moekasan. 2004. Kelayakan Teknis dan Ekonomis Penerapan Teknologi Pengendalian Hama Terpadu pada Sistem Tanaman Tumpang Gilir Bawang Merah dan Cabai. *Jurnal hortikultura* 14 (3): 188-203
- Muhibuddin, A., Addina L., Abadi A. L., dan Ahmad A.. 2011. Biodiversity of Soil Fungi on Integrated Pest Management Farming System. *Agrivita* Vol. 33, No. 22: 111-118.
- Nakahara, K., N.S. Alzoreky, T. Yoshihashi, H.T.T. Nguyen, and G. Trakoontivakorn. 2003. Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oil from *Cymbopogon nardus* (Citronella Grass). *JARQ* 37 (4); 249-252. <http://www.jircas.affre.go.jp>
- Noolvi, M.N., and Patel, H.M., 2013, A Comparative QSAR Analysis and Molecular Docking Studies of Quinazoline Derivatives as Tyrosine Kinase (EGFR) Inhibitors : A Rational Approach to Anticancer Drug Design, *Journal of Saudi Chemical Society*, 17 : 361 – 379
- Novizan. 2005. Membuat dan Memanfaatkan Pestisida Ramah Lingkungan. AgroMedia Pustaka. Jakarta
- Nurisman, A. 2009. Sintesa Mentol dari Sitronellal dalam Proses Satu Tahap dengan Katalis Dwifungsi. *Skripsi.* Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor

- Nurjanani. 2011. Identifikasi Hama dan Penyakit pada Tanaman Bawang Merah di Kabupaten Bone. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan. Superman: Suara Perlindungan Tanaman, Vol.1., No.4. Hlm. 18
- Nurmansyah. 2010. Efektivitas Minyak Seraiwangi dan Sitronellal terhadap Pertumbuhan Jamur *Phytophthora palmivora* Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao. Kebun Percobaan Laing Solo Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Bul. Littro. Vol. 21 No. 1, hlm.43 – 52
- Nurmansyah. 2011. Efektivitas Serai Wangi Terhadap Hama Pengisap Buah Kakao *Helopeltis Antonii*. Bul. Littro. Vol. 22 No. 2, 205 – 213. Hlm. 205-213
- Padmawinata, K., dan Sudiro, I. 1987. Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. ITB. Bandung. Terjemahan: Phytochemical Methods, Harborne, J.B., 1973. Chapman and Hall Ltd. London
- Pina-Vaz, C., A. Goncalves Rodrigues, E. Pinto, S. Costade-Oliveira, C. Tavares, L. Salgueiro, C. Cvaaleiro, M. J. Goncalves, and J. Martinez-de-Oliveira. 2004. Antifungal Activity of Thymus Oils and Their Major Compounds, *J. Eur. Acad. Dermatol Venereol.* 18(1):73-78
- Prasetyowati, A. 2003. Pengaruh Minyak Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *Colletotricum capsisi* Penyebab Penyakit Antraknosa pada Cabai Besar (*Capcicum annum* L.). Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. Hlm. 47
- Purwantisari, S. 2004. Uji Aktivitas Ekstrak Daun Cempaka (*Michelia champaca*) terhadap Pengendalian Pertumbuhan Jamur dan Bakteri Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Tomat. Staf Pengajar Lab. Mikrobiogenetika Jurusan Biologi FMIPA UNDIP. Semarang
- Robert, P., L. L. Pernezny and T. A. Kucharek. 2007. Antracnose Caosed by *Colletotrichum* sp. on Pepper. Available at <http://www.mycologia.org>. (verified 10 december 2007).
- Rosmahani, L. 2006. Pengelolaan Hama dan Penyakit Bawang Merah seara Terpadu. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur. Info Teknologi Pertanian No. 30 Tahun 2006. Hlm.5
- Rukmana, R. 1995. Bawang Daun. Penerbit Kanisius. Jakarta
- Santosa, H.B. 1999. Bertanam dan Penyulingan Serai Wangi. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Sastrohamodjojo, H. 2004. Kimia Minyak Atsiri. Gadjah Mada University Press. Yoyakarta
- Sebayang, E.P.P. 2011. Pengendalian Mutu Minyak Atsiri Serai Wangi (*citronella oil*) di UKM Sari Murni. Tugas Akhir Program Studi DIII Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta. Solo

- Semangun, H. 1990. Penyakit-penyakit Tanaman Pangan di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta: hlm 428
- Semangun, H. 2000. Penyakit-penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Hlm. 23-27
- Settle, H.R. 1997. Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry. Prentice hall. New york
- Singh, R.S. 1998. Plant Disease. Oxford Ibh Publishing Co. PVT.LTD, New Delhi, India
- Sukanto., Djazuli, M., Suheryadi, D. 2011. Seraiwangi (*Cymbopogon Nardus L.*) sebagai Penghasil Minyak Atsiri. Tanaman Konservasi dan Pakan Ternak. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Perkebunan 2011. Hlm 175-180
- Sundari, D. dan Winarno, M.W. 2000. Informasi Tumbuhan Obat sebagai Anti Jamur. Jakarta: Puslitbang-Balitbangkes Depkes RI
- Suradji, M., Suprama, Widodo dan Bony Purnomo. 1992. Kemungkinan Pengendalian Hayati bagi *C. Capsisi* (Syd) Bult. Et Bisby Penyebab Penyakit Antraknose pada Tanaman Cabai. Cisarua. Bogor: hlm 135-140
- Syakir, M. 2011. Status Penelitian Pestisida Nabati Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman
- Udiarto, B.K., Setiawati, W., dan Suryaningsih, E. 2005. Pengenalan Hama dan Penyakit pada Tanaman Bawang Merah dan Pengendaliannya. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Pusat Pengembangan Hortikultura Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Panduan Teknis. PTT Bawang Merah No. 2. ISBN: 979-8304-48-9. Hlm 15-16
- Utami, O.Y. 2011. Komponen Minyak Atsiri Daun Sirih (*Piper Betle L.*) dan Potensinya dalam Mencegah Ketengikan Minyak Kelapa. Skripsi. FMIPAITSB. Bogor
- Widyaningsih, W. 2010. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Dewa (*Gynura procumbens*) dengan Metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). Fakultas Farmasi Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. ISBN : 978-979-18458-2-3
- Wiratno. 2011. Efektifitas Pestisida Nabati Berbasis Minyak Jarak Pagar, Cengkeh, dan Seraiwangi terhadap Mortalitas *Nilaparvata Lugens* Stahl. Wiratno, Semnas Pesnab IV. Jakarta 15 Oktober 2011. Hlm.19-28

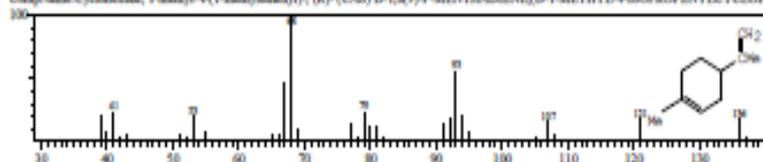
Gambar Lampiran 1. Hasil Analisis Kandungan Senyawa Minyak Atsiri Serai Wangi



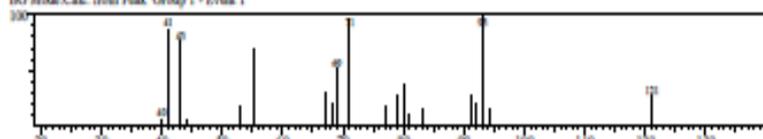
Gambar Lampiran 1 (Lanjutan)

1/21/2014 13:20:32

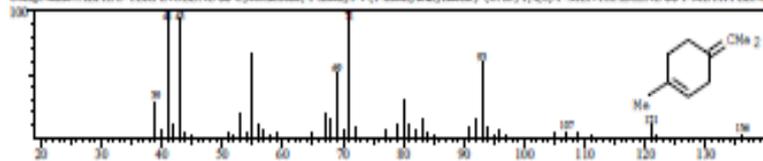
HR#3 Entry:2689 Library:WILEY7.LIB
 SE93 Formula:C10 H16 CAS:5989-27-5 MolWeight:136 RefIndex:0
 CompName:Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methylbutyl), (R)- (CAS) D-1,R(9)-P-MENTHADIENTE,D-1-METHYL-4-ISOPROPENYLCYCLOHE



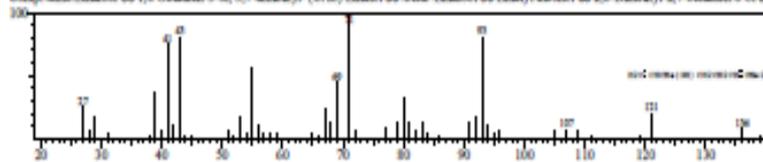
<< Target >>
 Line#2 R.Time:6.550(Scan#427) MassPeak:20
 RawMode: Averaged 6.542-6.558(426-428) BasePeak:30.10(7930)
 BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



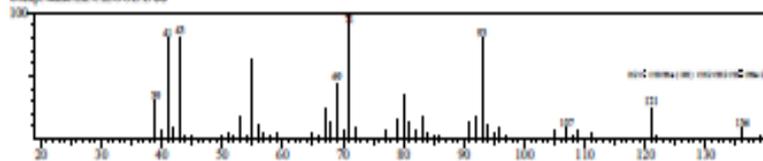
HR#1 Entry:2634 Library:WILEY7.LIB
 SE87 Formula:C10 H16 CAS:58642-9 MolWeight:136 RefIndex:0
 CompName:ALPHA-TERPENOLENE S5 Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methylbutylidene)- (CAS) 1,(9S)-P-MENTHADIENTE S5 1-METHYLENE-



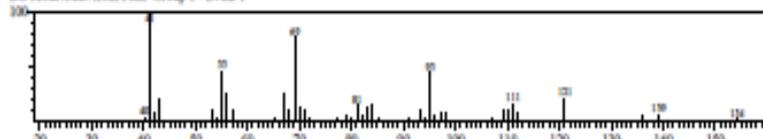
HR#2 Entry:4763 Library:WILEY7.LIB
 SE87 Formula:C10 H18 O CAS:79-79-6 MolWeight:154 RefIndex:0
 CompName:Linalool S5 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Linalol S5 beta-Linalool S5 Linalyl alcohol S5 2,6-Dimethyl-2,7-octadien-6-ol S5



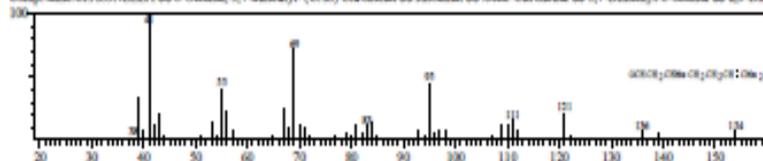
HR#3 Entry:4291 Library:WILEY7.LIB
 SE87 Formula:C10 H18 O CAS:79-79-6 MolWeight:154 RefIndex:0
 CompName:LINALOOL L S5



<< Target >>
 Line#3 R.Time:7.525(Scan#546) MassPeak:67
 RawMode: Averaged 7.517-7.533(543-545) BasePeak:41.10(522255)
 BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



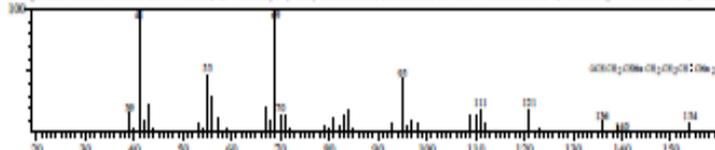
HR#1 Entry:4166 Library:WILEY7.LIB
 SE97 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RefIndex:0
 CompName:CITRONELLA S5 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal S5 Rhodinal S5 beta-Citronellal S5 3,7-Dimethyl-6-octenal S5 2,3-Dihy



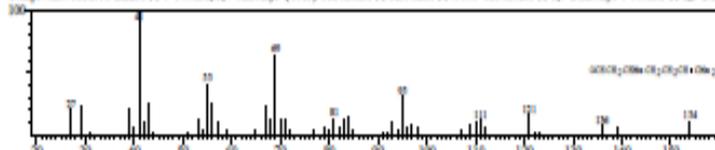
Gambar Lampiran 1 (Lanjutan)

1/21/2014 13:20:32

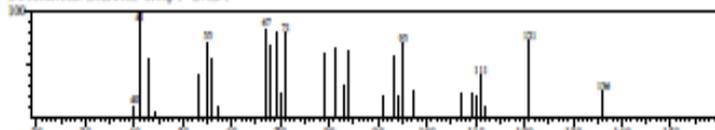
Hit#2 Entry:0689 Library:WILEY7.LIB
 SE96 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName: CITRONELLA SS 6-Octanal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal SS Rhodanal SS beta-Chromedol SS 3,7-Dimethyl-6-octanal SS 2,3-Dib



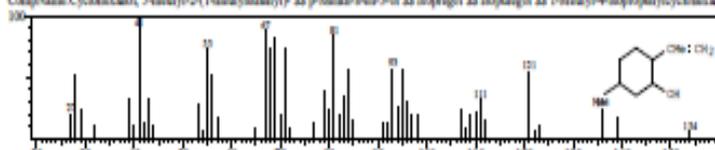
Hit#3 Entry:0685 Library:WILEY7.LIB
 SE96 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName: CITRONELLA SS 6-Octanal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal SS Rhodanal SS beta-Chromedol SS 3,7-Dimethyl-6-octanal SS 2,3-Dib



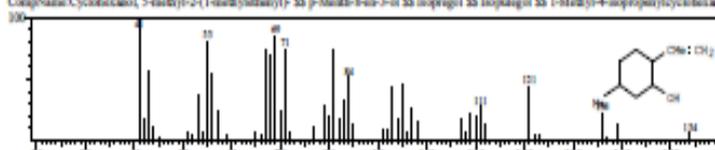
<< Target >>
 Line#4 R.Time:7.650(Scan#559) MassPeak:29
 RawMode:Averaged 7.642-7.658(558-564) DataPeak:41.30(858)
 BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



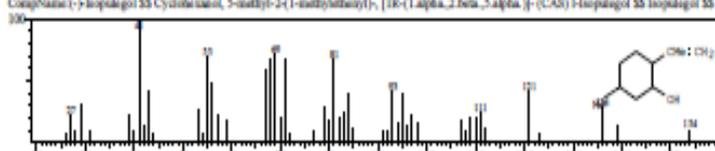
Hit#1 Entry:0877 Library:WILEY7.LIB
 SE89 Formula:C10 H18 O CAS:7786-67-6 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName: Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methyl-2-propenyl)- SS p-Menth-8-en-3-ol SS isopropyl SS isopropyl SS 1-Methyl-4-isopropylcyclohexa



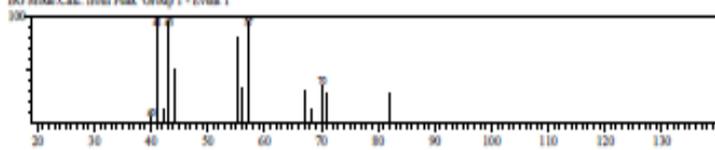
Hit#2 Entry:0878 Library:WILEY7.LIB
 SE88 Formula:C10 H18 O CAS:7786-67-6 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName: Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methyl-2-propenyl)- SS p-Menth-8-en-3-ol SS isopropyl SS isopropyl SS 1-Methyl-4-isopropylcyclohexa



Hit#3 Entry:0855 Library:WILEY7.LIB
 SE87 Formula:C10 H18 O CAS:89-79-2 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName: (-)-Isopropyl SS Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methyl-2-propenyl)-, [(1R-(1.alpha.,2.beta.,5.alpha.))-] (CAS) Isopropyl SS isopropyl SS p

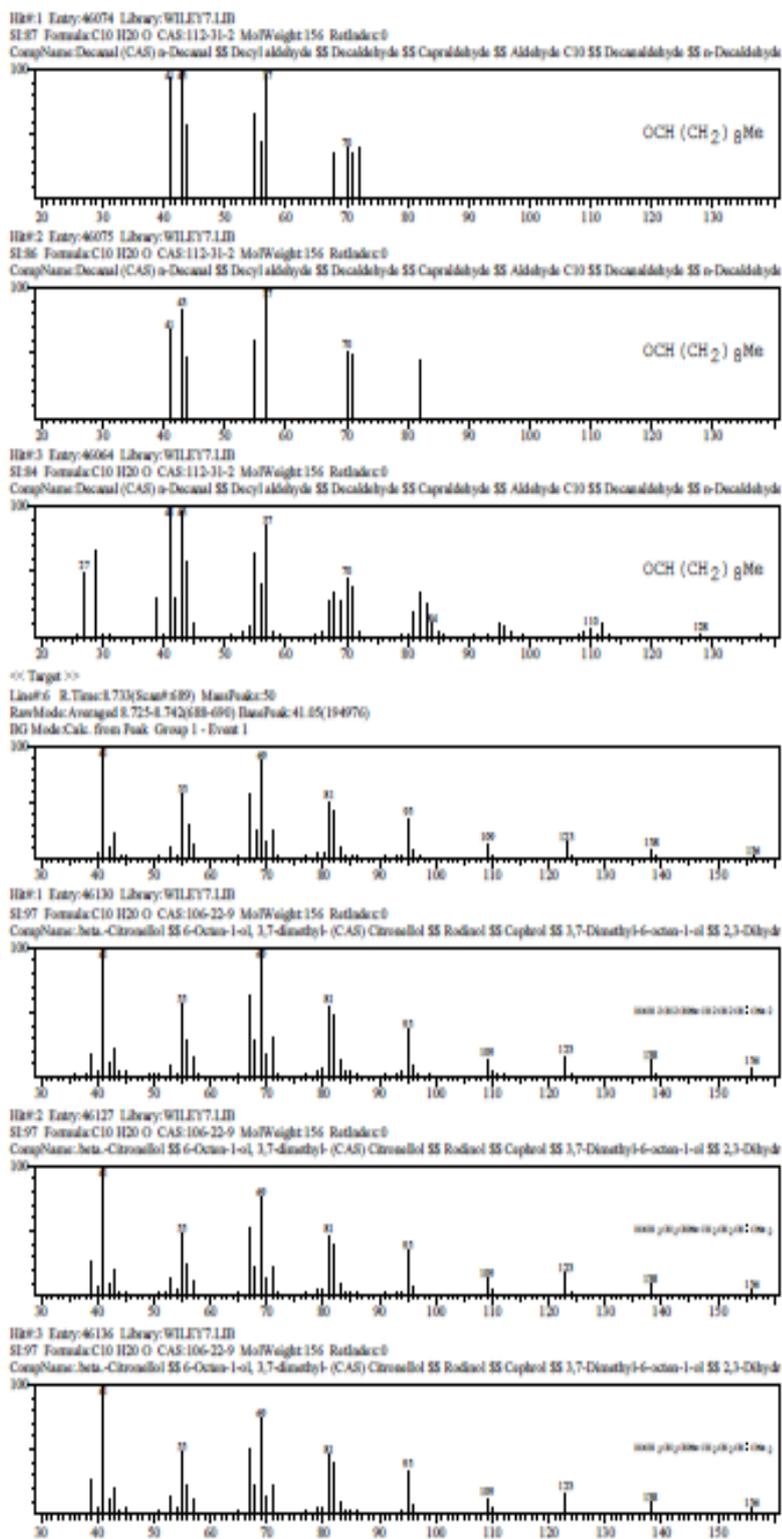


<< Target >>
 Line#5 R.Time:8.358(Scan#644) MassPeak:13
 RawMode:Averaged 8.350-8.367(643-645) DataPeak:41.30(2541)
 BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



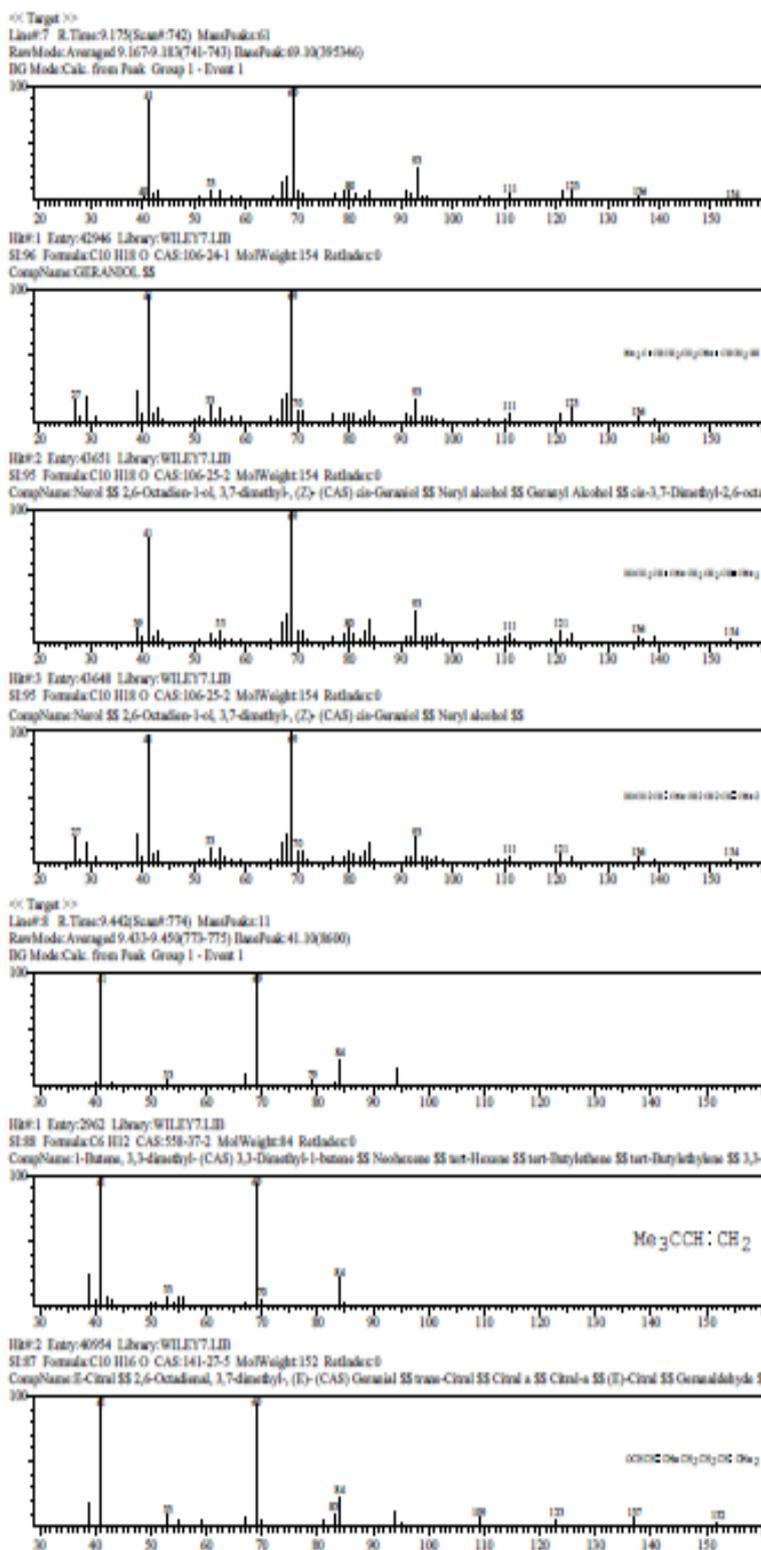
Gambar Lampiran 1 (lanjutan)

1/21/2014 13:20:32



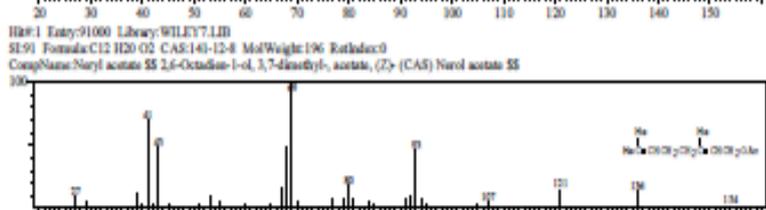
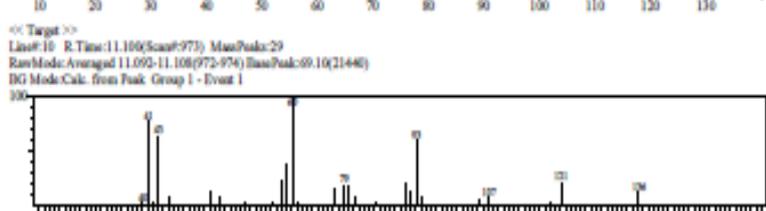
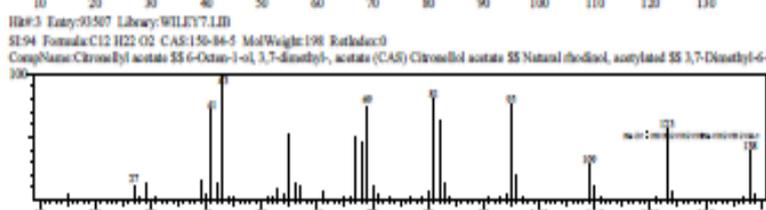
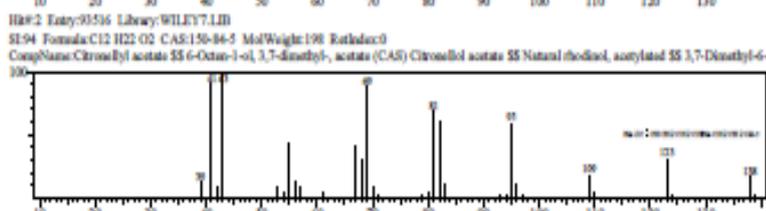
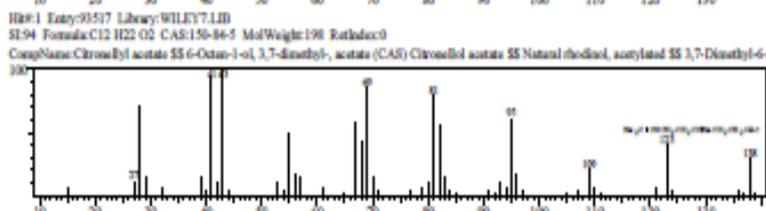
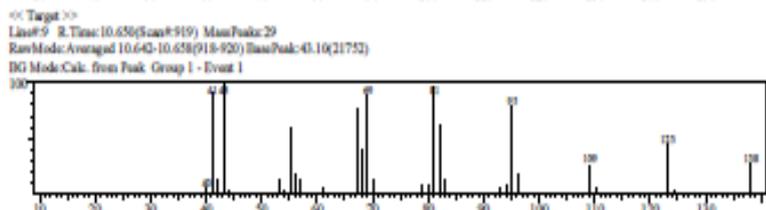
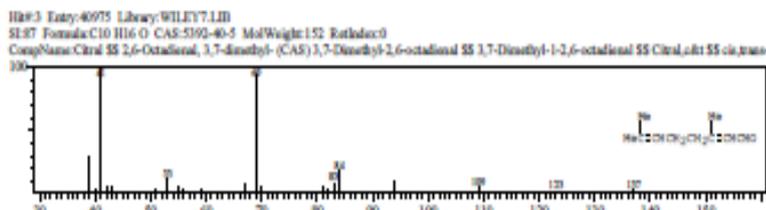
Gambar Lampiran 1 (lanjutan)

1/21/2014 13:20:32



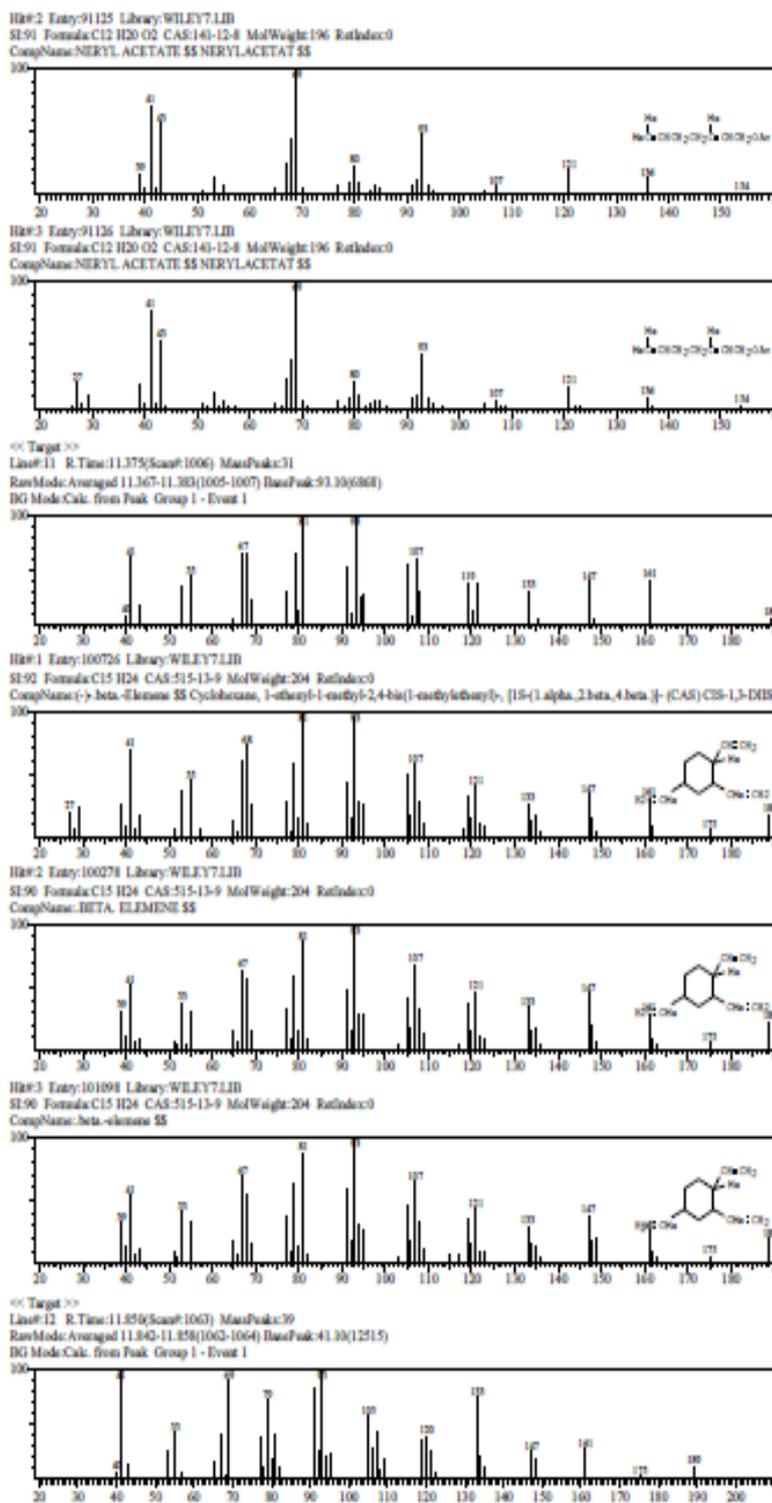
Gambar Lampiran 1 (lanjutan)

1/21/2014 13:20:32



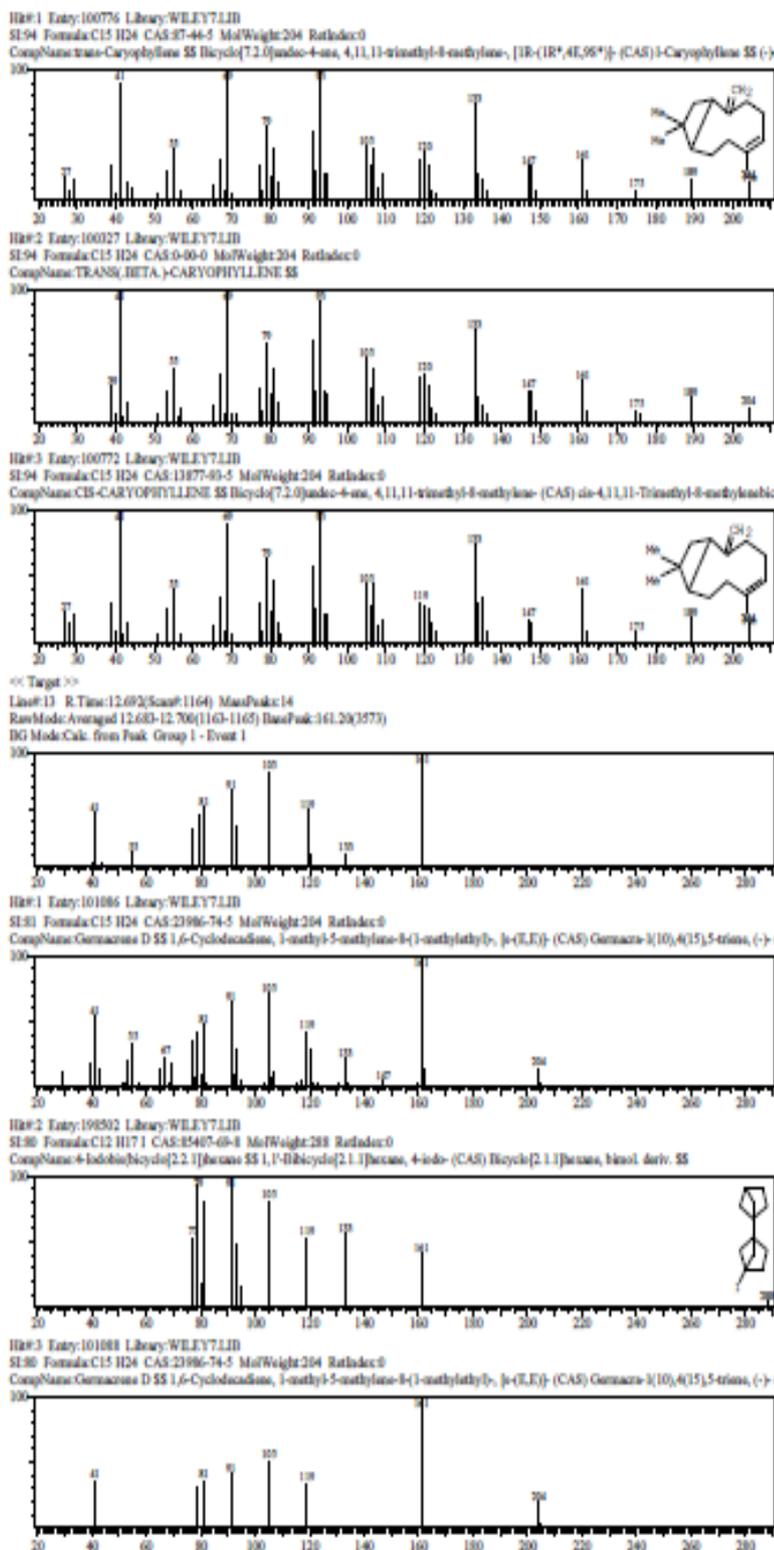
Gambar Lampiran 1 (lanjutan)

1/21/2014 13:20:32



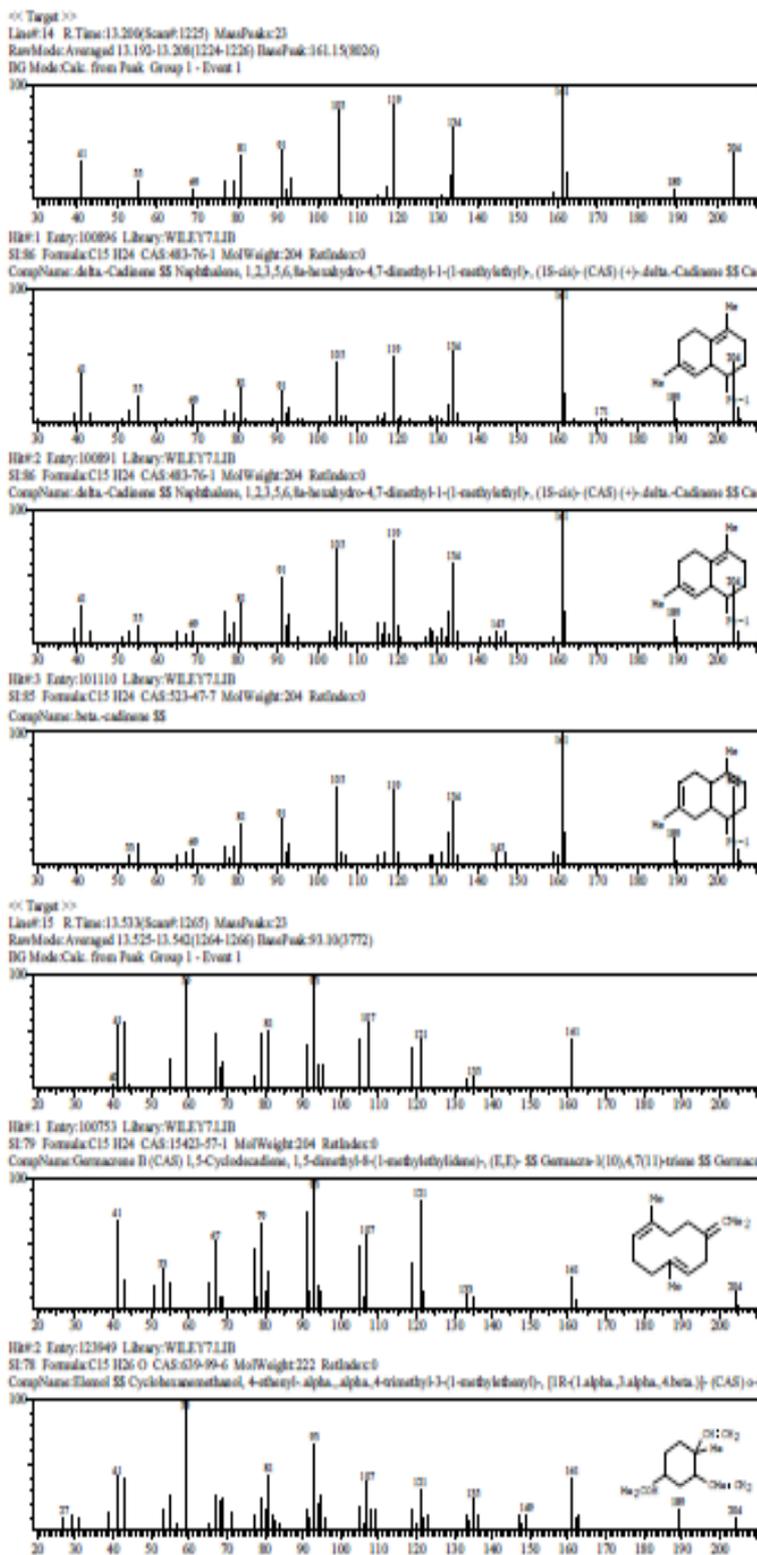
Gambar Lampiran 1 (lanjutan)

1/21/2014 13:20:32



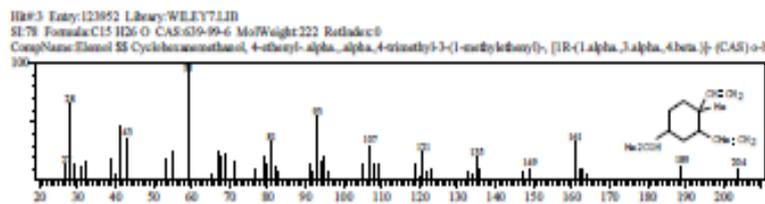
Gambar Lampiran 1 (lanjutan)

1/21/2014 13:20:32

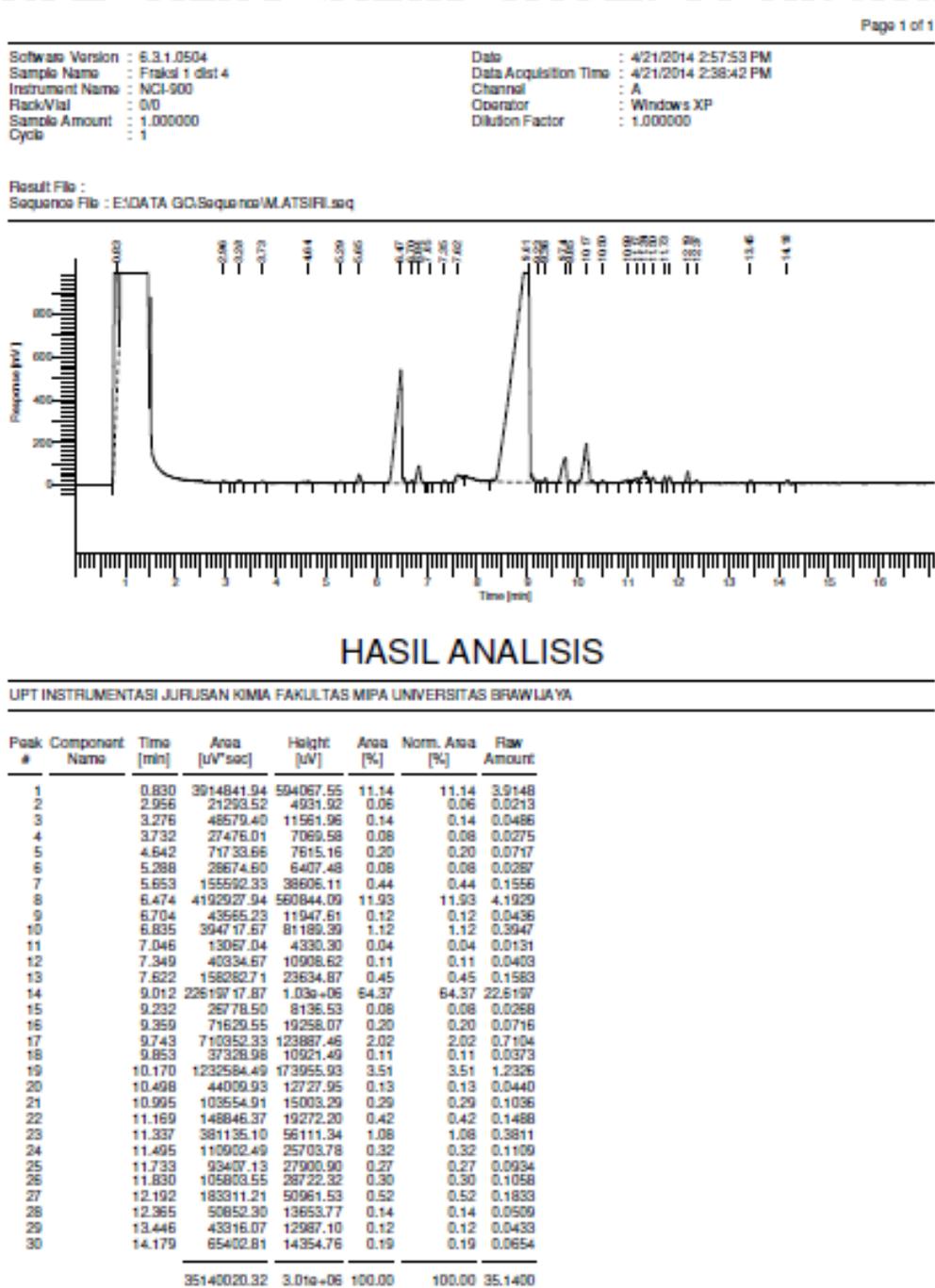


Gambar Lampiran 1 (lanjutan)

1/21/2014 13:20:32



Gambar Lampiran 2. Hasil Analisis Kandungan Senyawa Sitronelal Minyak Atsiri Serai Wangi



Tabel Lampiran 1. Analisis Ragam Luas Diameter *Colletotrichum* sp. Metode Peracunan Makanan 1 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,12583	0,02517	12,21*	2,77	4,25
Galat	18	0,0371	0,00206			
Total	23	0,16293				

Tabel Lampiran 2. Analisis Ragam Luas Diameter *Colletotrichum* sp. Metode Peracunan Makanan 2 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	1,02458	0,20492	29,50**	2,77	4,25
Galat	18	0,125	0,00694			
Total	23	1,14958				

Tabel Lampiran 3. Analisis Ragam Luas Diameter *Colletotrichum* sp. Metode Peracunan Makanan 3 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	1,54677	0,30935	30,40**	2,77	4,25
Galat	18	0,18313	0,01017			
Total	23	1,7299				

Tabel Lampiran 4. Analisis Ragam Luas Diameter *Colletotrichum* sp. Metode Peracunan Makanan 4 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	3,09044	0,61809	37,26**	2,77	4,25
Galat	18	0,29852	0,01658			
Total	23	3,38896				

Tabel Lampiran 5. Analisis Ragam Luas Diameter *Colletotrichum* sp. Metode Peracunan Makanan 5 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	6,93552	1,3871	110,05**	2,77	4,25
Galat	18	0,22687	0,0126			
Total	23	7,1624				

Tabel Lampiran 6. Analisis Ragam Luas Diameter *Colletotrichum* sp. Metode Peracunan Makanan 6 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	9,546	1,9092	18,01*	2,77	4,25
Galat	18	1,90785	0,10599			
Total	23	11,4539				

Tabel Lampiran 7. Analisis Ragam Luas Diameter *Colletotrichum* sp. Metode Peracunan Makanan 7 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	19,4155	3,8831	67,22**	2,77	4,25
Galat	18	1,03968	0,05776			
Total	23	20,4552				

Lampiran Tabel 8. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter Metode Peracunan Makanan 1 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	466,622	116,656	3,66*	3,06	4,89
Galat	15	477,052	31,8035			
Total	19	943,674				

Tabel Lampiran 9. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter Metode Peracunan Makanan 2 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	456,499	114,125	9,11*	3,06	4,89
Galat	15	187,884	12,5256			
Total	19	644,383				

Tabel Lampiran 10. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter Metode Peracunan Makanan 3 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	144,61	36,1526	4,19*	3,06	4,89
Galat	15	129,252	8,61681			
Total	19	273,863				

Tabel Lampiran 11. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter Metode Peracunan Makanan 4 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	48,5851	12,1463	1,58	3,06	4,89
Galat	15	114,665	7,64431			
Total	19	163,25				

Tabel Lampiran 12. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter Metode Peracunan Makanan 5 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	15,6155	3,90387	1,26	3,06	4,89
Galat	15	46,1333	3,07555			
Total	19	61,7487				

Tabel Lampiran 13. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter Metode Peracunan Makanan 6 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	15,2279	3,80698	0,21	3,06	4,89
Galat	15	265,707	17,7138			
Total	19	280,935				

Tabel Lampiran 14. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter Metode Peracunan Makanan 7 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	65,2036	16,3009	1,68	3,06	4,89
Galat	15	145,051	9,67006			
Total	19	210,254				

Tabel Lampiran 15. Analisis Ragam Berat Kering (Biomassa) Miselim *Colletotrichum* sp. Metode Peracunan Makanan

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,027	0,0054	7,80*	2,77	4,25
Galat	18	0,01245	0,00069			
Total	23	0,03945				

Tabel Lampiran 16. Analisis Ragam Persentase Berat Kering (Biomassa) Miselim *Colletotrichum* sp. Metode Peracunan Makanan

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	2288,61	572,152	3,73*	3,06	4,89
Galat	15	2298,13	153,209			
Total	19	4586,74				

Tabel Lampiran 17. Analisis Ragam Luas Diameter *Colletotrichum* sp. Metode Penguapan 1 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,08565	0,01713	12,95*	2,77	4,25
Galat	18	0,0238	0,00132			
Total	23	0,10945				

Tabel Lampiran 18. Analisis Ragam Luas Diameter *Colletotrichum* sp. Metode Penguapan 2 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,10595	0,02119	2,29	2,77	4,25
Galat	18	0,16625	0,00924			
Total	23	0,2722				

Tabel Lampiran 19. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter Metode Penguapan 1 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	538,623	134,656	6,19*	3,06	4,89
Galat	15	326,2	21,7466			
Total	19	864,822				

Tabel Lampiran 20. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter Metode Penguapan 2 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	236,625	59,1563	3,78*	3,06	4,89
Galat	15	234,287	15,6192			
Total	19	470,912				

Tabel Lampiran 21. Analisis Ragam Berat Kering (Biomassa) Miselim *Colletotrichum* sp. Metode Penguapan

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	6,65E-09	1,33E-09	-0,74	2,77	4,25
Galat	18	-3,20E-08	-1,80E-09			
Total	23	-6,52E-10				

Tabel Lampiran 22. Analisis Ragam Persentase Berat Kering (Biomassa) Miselim *Colletotrichum* sp. Metode Penguapan

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	4,18E+04	1,04E+04	4,63*	3,06	4,89
Galat	15	-3,38E+04	-2,25E+03			
Total	19	7955,06443				

Tabel Lampiran 23. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 3 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	308,708333	61,7416667	6,09*	2,77	4,25
Galat	18	182,25	10,125			
Total	23	490,958333				

Tabel Lampiran 24. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 6 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	3450,71	690,142	38,07**	2,77	4,25
Galat	18	326,25	18,125			
Total	23	3776,96				

Tabel Lampiran 25. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 9 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	5142,88	1028,58	26,72**	2,77	4,25
Galat	18	692,75	38,4861			
Total	23	5835,63				

Tabel Lampiran 26. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 12 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	9430,83	1886,17	17,50*	2,77	4,25
Galat	18	1939	107,722			
Total	23	11369,8				

Tabel Lampiran 27. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 15 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	10398,5	2079,7	14,33*	2,77	4,25
Galat	18	2612	145,1111			
Total	23	13010,5				

Tabel Lampiran 28. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 18 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	8628,38	1725,68	15,47*	2,77	4,25
Galat	18	2007,25	111,514			
Total	23	10635,6				

Tabel Lampiran 29. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 21 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	6485,71	1297,14	14,69*	2,77	4,25
Galat	18	1589,25	88,2917			
Total	23	8074,96				

Tabel Lampiran 30. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 24 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	6225	1245	19,10*	2,77	4,25
Galat	18	1173	65,1667			
Total	23	7398				

Tabel Lampiran 31. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 27 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	6593,21	1318,64	34,06**	2,77	4,25
Galat	18	696,75	38,7083			
Total	23	7289,96				

Tabel Lampiran 32. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 30 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	7071,33	1414,27	21,78**	2,77	4,25
Galat	18	1168,5	64,9167			
Total	23	8239,83				

Tabel Lampiran 33. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 33 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	5133,5	1026,7	8,71*	2,77	4,25
Galat	18	2120,5	117,806			
Total	23	7254				

Tabel Lampiran 34. Analisis Ragam Intensitas Serangan *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Bawang Daun 36 hsi

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	1897,83	379,567	3,45*	2,77	4,25
Galat	18	1975,5	109,75			
Total	23	3873,33				

Lampiran 1. Perhitungan sitronelal dalam pembuatan larutan stok

- [C] = Kandungan Sitronelal x BJ Sitronelal
 $= 76,60 \% \times 0,886 \text{ gr/ml}$
 $= 0,687536 \text{ gr/ml}$
 $= 0,688 \text{ gr/ml}$

Setiap 1 ml $\approx 0,688 \text{ gr} \approx 688 \text{ mg}$

Setiap 1000 ml $\approx 688.000 \text{ mg} \approx 688.10^3 \text{ mg}$

- Larutan Stok 1000 ml dengan konsentrasi 100 ppm

$$V1 \times M1 = M2 \times V2$$

$$V1 \times 688.10^3 = 1000 \text{ ml} \times 100 \text{ ppm}$$

$$V1 = 1000 \times 100 : 688.10^3$$

$$= 0,1453488 \text{ ml}$$

$$\approx 145,4 \mu\text{L}$$

Keterangan : M1: konsentrasi sitronelal serai wangi.

V1: volume sitronelal serai wangi yang dibutuhkan.

M2: konsentrasi larutan stok minyak atsiri (100 ppm)

V2: volume larutan stok yang akan dibuat (1000 ml)

Lampiran 2. Perhitungan sitronelal serai wangi dalam pembuatan PDA 1 liter

1. Konsentrasi 0,4 ppm

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 0,4 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ml}$$

$$V1 = 0,4 \times 1000 : 100$$

$$V1 = 4 \text{ ml}$$

2. Konsentrasi 2 ppm

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 2 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ml}$$

$$V1 = 2 \times 1000 : 100$$

$$V1 = 20 \text{ ml}$$

3. Konsentrasi 7 ppm

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 7 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ml}$$

$$V1 = 7 \times 1000 : 100$$

$$V1 = 70 \text{ ml}$$

4. Konsentrasi 12 ppm

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 12 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ml}$$

$$V1 = 12 \times 1000 : 100$$

$$V1 = 120 \text{ ml}$$

4. Konsentrasi 17 ppm

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 17 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ml}$$

$$V1 = 17 \times 1000 : 100$$

$$V1 = 170 \text{ ml}$$

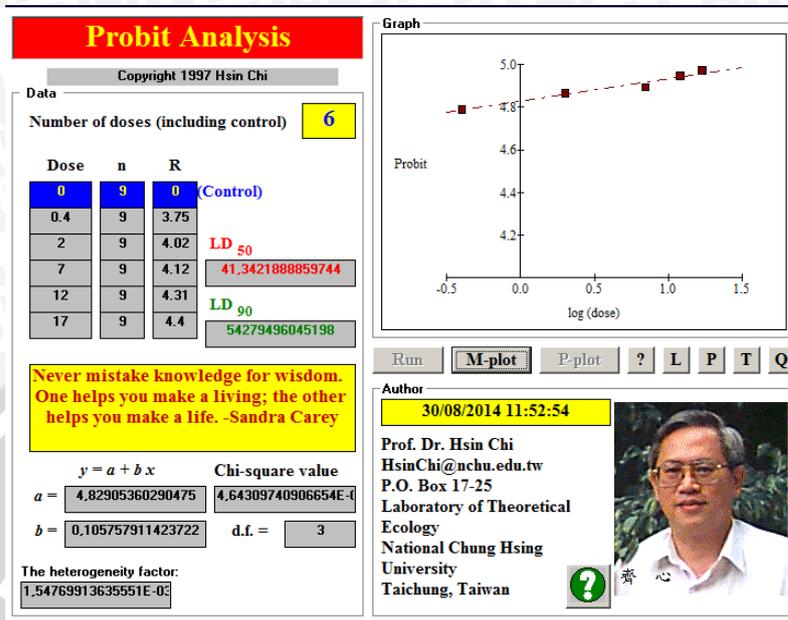
Keterangan : M1: konsentrasi larutan stok sitronelal.

V1: volume larutan sitronelal yang diambil dari larutan stok.

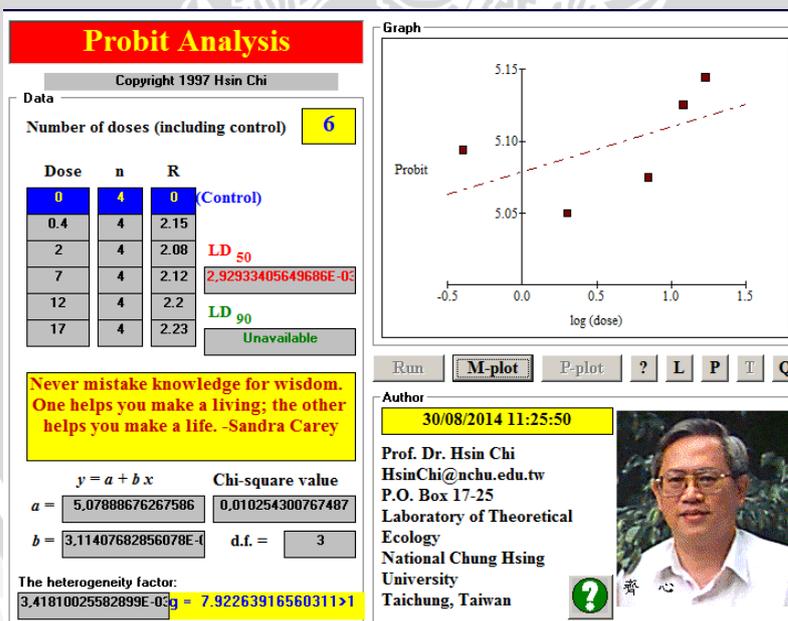
M2: konsentrasi sitronelal sesuai perlakuan

V2: volume PDA yang akan dibuat (1000 ml)

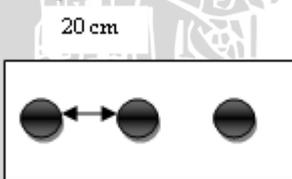
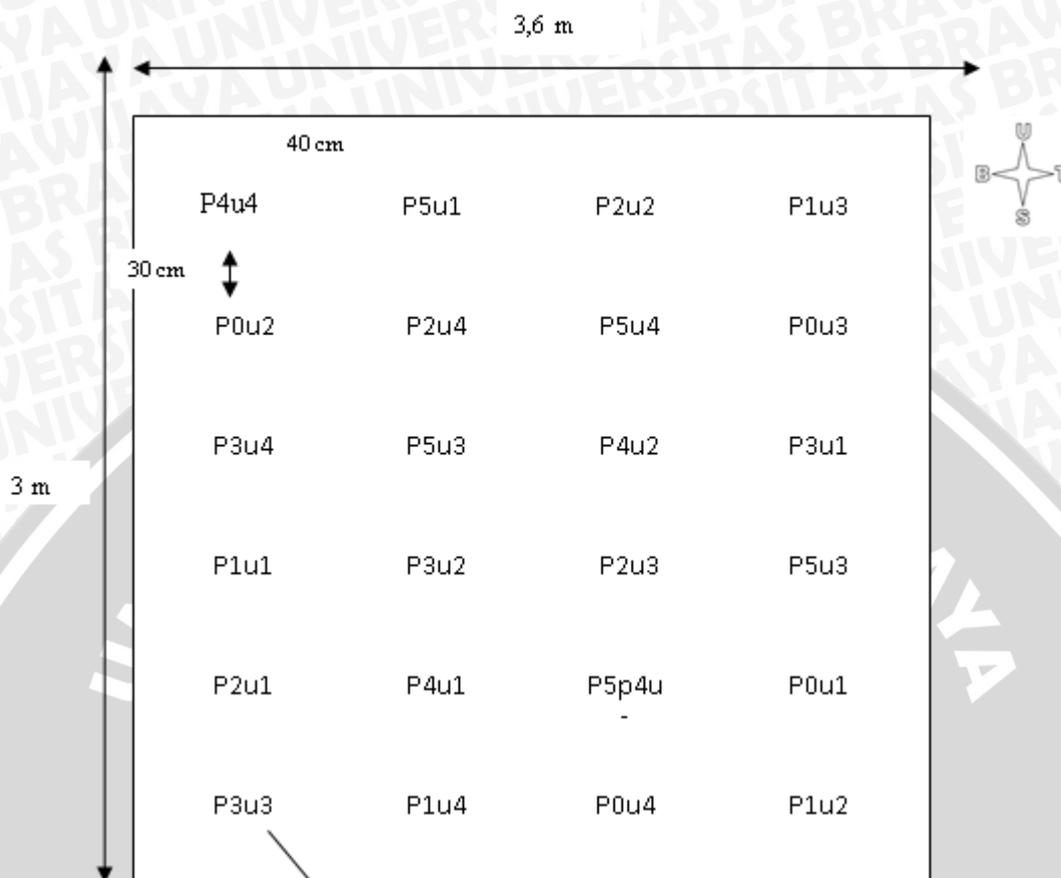
Gambar Lampiran 3. EC₅₀ Sitronelal Serai Wangi Secara *In Vitro* Metode Peracunan Makanan



Gambar Lampiran 4. EC₅₀ Sitronelal Serai Wangi Secara *In Vitro* Metode Penguapan



Gambar Lampiran 5. Denah Percobaan *In Vivo* di Screen House



Keterangan:

- P0: Kontrol
- P1: Perlakuan 1
- P2: Perlakuan 2
- P3: Perlakuan 3
- P4: Perlakuan 4
- P5: Perlakuan 5

