

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai merah besar (*Capsicum annum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan oleh petani di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Kilham, 2006). Kebutuhan cabai merah besar terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan populasi penduduk Indonesia. Dengan asumsi tingkat konsumsi cabai merah besar di Indonesia mencapai 1,653 kg/kapita pada tahun 2012 dari total produksi tanaman cabai merah besar sebesar 1.656.615 ton (BPS, 2013).

Tanaman cabai merah besar dapat ditanam antara dataran rendah dan dataran tinggi (1400 m dpl), yang memiliki curah hujan antara 800-2000 mm/tahun, dan dengan kisaran suhu antara 24°C-28°C. Budidaya cabai merah besar meliputi penyiapan lahan, pembibitan, penanaman, pemeliharaan, serta pengendalian hama dan penyakit tanaman (Tjahjadi, 1991).

Pada budidaya tanaman cabai merah besar terdapat berbagai kendala, salah satu kendala menurunkan produktivitas cabai di Indonesia adalah gangguan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum capsici*. Gejala penyakit antraknosa yang ditimbulkan yaitu terdapat bercak-bercak hitam pada bagian buah, yang sedikit demi-sedikit melekuh dan bersatu kemudian daging buah membusuk cekung ke arah dalam buah (Prabawati *et al.*, 1991). Penyakit antraknosa di Indonesia menurunkan produksi tanaman cabai merah sebesar 50-100% (BPH, 1993), dan mengakibatkan gagal panen di Sipiok, Sulawesi (Kusandriani & Permadi, 1996). Oleh karena itu, perlu adanya pengendalian untuk mencegah dan menekan terjadinya penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. capsici*.

Upaya pengendalian penyakit antraknosa yang dilakukan sampai saat ini adalah aplikasi fungisida sintesis karena dianggap praktis, mudah didapat, dan menunjukkan efek yang cepat. Adiyoga dan Soetiarso (1999) mengemukakan bahwa 80% petani sayuran menggunakan fungisida kimia untuk mengendalikan penyakit tanaman. Akan tetapi aplikasi fungisida sintesis tersebut sering meninggalkan residu yang berbahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia bila dikonsumsi oleh manusia bersama buah cabai segar atau olahan (Duriat, 1996). Dampak lain dari residu fungisida adalah penolakan ekspor oleh banyak negara

tujuan ekspor atas produk-produk cabai yang mengandung residu fungisida kimia. Maka agar sayuran tidak berbahaya untuk kesehatan manusia saat dikonsumsi dan tidak mencemari lingkungan, diperlukan suatu alternatif lain untuk mengendalikan penyakit antraknosa yang tetap efisien, praktis, dan aman bagi kesehatan dan lingkungan. Salah satu alternatif tersebut yaitu penggunaan fungisida nabati dari bahan-bahan alami yang berasal dari tumbuh-tumbuhan.

Penggunaan fungisida nabati dapat mengendalikan hama dan penyakit dan fungisida nabati mudah terdegradasi sehingga tidak meninggalkan residu (Syamsuddin, 2003). Di Indonesia, terdapat 1800 jenis tanaman yang mengandung fungisida nabati yang dapat digunakan untuk pengendalian hama dan penyakit (Kardinan, 1999). Dan salah satu bahan alami yang mempunyai potensi sebagai fungisida nabati yang bersifat antifungi adalah daun pepaya.

Pemanfaatan daun pepaya (*Carica papaya* L.) tidak menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia, tidak menyebabkan reaksi sitoksisitas dan hipersensitif yaitu kerusakan jaringan karena senyawa beracun. Serta daun pepaya juga tidak menimbulkan efek residu. Daun pepaya merupakan tumbuhan yang dapat menghasilkan senyawa bioaktif sebagai sumber potensi antijamur alami. Salah satu senyawa tersebut dan banyak ditemukan pada daun pepaya yaitu senyawa *alkaloid karpain* (Muhlisah, 2003). Chaves-Quintal *et al.* (2011) mengemukakan bahwa daun pepaya mengandung senyawa *alkaloid* yang dapat menghambat pertumbuhan miselia jamur *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium* sp., dan *Collectotrichum gloeosporioides*.

Dari beberapa penelitian menjelaskan tentang pengaruh ekstrak daun pepaya (*C. papaya* L.) yang mengandung *alkaloid* dalam mengendalikan jamur patogen. Namun belum ada penelitian tentang pemanfaatan senyawa *karpain* dari ekstrak daun pepaya (*C. papaya* L.) untuk mengendalikan jamur *C. capsici*. Maka, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh senyawa *karpain* pada daun pepaya terhadap pertumbuhan jamur *C. capsici* penyebab penyakit antraknosa pada buah cabai merah besar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi senyawa *karpain* dari hasil ekstrak daun pepaya sebagai antijamur terhadap pertumbuhan jamur *C. capsici* penyebab penyakit antraknose pada cabai secara *in vitro* dan *in vivo*?
2. Berapa konsentrasi senyawa *karpain* yang efektif untuk menekan pertumbuhan jamur *C. capsici* penyebab penyakit antraknosa pada buah cabai merah besar.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi senyawa *karpain* sebagai antijamur terhadap pertumbuhan jamur *C. capsici* dan mengetahui efektivitas senyawa *karpain* dari ekstrak daun pepaya dengan berbagai konsentrasi dalam mengendalikan jamur *C. capsici*.

1.4 Hipotesis

Pemberian fungisida nabati daun pepaya yang mengandung senyawa *karpain* dengan konsentrasi tertentu dapat menghambat pertumbuhan jamur *C. capsici* penyebab penyakit antraknosa pada buah cabai merah besar.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai senyawa *karpain* dari ekstrak daun pepaya yang berpotensi sebagai fungisida nabati terhadap penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. capsici*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Cabai Merah Besar

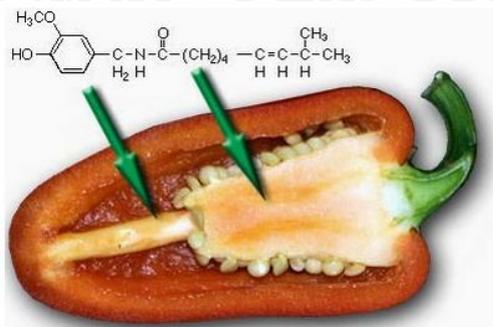
2.1.1 Klasifikasi

Tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) merupakan termasuk dalam kingdom Plantae, divisi Magnoliophyta, kelas Magnoliopsida, ordo Solanales, famili Solanaceae, genus Capsicum dan spesies *Capsicum annum* L. (Singh, 1998).

2.1.2 Sejarah Singkat Tanaman Cabai

Tanaman cabai merah besar sudah dikenal oleh penduduk Mexico sejak zaman Aztek yaitu sekitar 7000 tahun sebelum masehi. Kemudian cabai menyebar dengan cepat melalui perdagangan di Amerika Tengah, Amerika Selatan, dan India Barat. Tanaman cabai dapat ditemukan di beberapa negara seperti Amerika Serikat, Mexico, Guatemala, Amerika Selatan, Kepulauan Karibia, India, Indonesia, Thailand, Vietnam, Burma, Malaysia, China, Korea, Turki, dan beberapa di Eropa dan Afrika (Killham, 2006). Cabai merah besar (*Capsicum annum* L.) termasuk ke dalam famili Solanaceae. Terdapat sekitar 2030 spesies yang termasuk ke dalam genus Capsicum, diantaranya adalah lima spesies yang telah dibudidayakan, yaitu : *C. baccatum*, *C. pubescens*, *C. annum*, *C. chinense* dan *C. frutescent* (Deptan, 2013).

Cabai mengandung berbagai macam senyawa yang berguna bagi kesehatan manusia. Sun *et al.* (2007) melaporkan cabai mengandung antioksidan yang berfungsi untuk menjaga tubuh dari serangan radikal bebas. Cabai juga mengandung senyawa *capsaicin* berperan sebagai zat anti kanker (Kilham, 2006). Senyawa *capsaicin* terdapat pada tangkai putih di dalam cabai yang akan terlihat saat cabai dibelah, dan merupakan senyawa nonpolar yang memiliki beberapa gugus polar terhadap hidrogen yang berikatan dengan air. Hal ini menyebabkan senyawa *capsaicin* tidak larut dalam air (Chen, 2004).



Gambar 1. Bagian Cabai yang Mengandung Senyawa *Capsaicin* (Chen, 2004).

2.1.3 Morfologi Tanaman Cabai

Tanaman cabai memiliki percabangan berbentuk semak, batangnya berkayu, tipe percabangan tegak atau menyebar dengan karakter yang berbeda-beda tergantung spesiesnya. Tinggi tanaman 0-5 m berdaun tunggal dengan helaian daun berbentuk ovate atau lanceolate, warna hijau muda atau hijau tua, struktur perakaran tanaman cabai diawali dari akar tunggang yang sangat kuat yang bercabang-cabang ke samping dengan akar-akar rambut, bunga sempurna. Mahkota bunga berwarna putih dengan 5 helaian setiap bunga (Cott, 2002). Cabai membutuhkan kelembaban 60-89% untuk pertumbuhannya (Kusandriani & Sumarna, 1993).

2.1.4 Syarat Tumbuh Tanaman Cabai

Syarat tumbuh tanaman cabai dalam budidaya tanaman cabai adalah sebagai berikut :

1. Iklim

Suhu berpengaruh pada pertumbuhan tanaman, demikian juga terhadap tanaman cabai. Suhu yang ideal untuk budidaya cabai adalah 24-28°C. Pada suhu tertentu seperti 15°C dan lebih dari 32°C akan menghasilkan buah cabai yang kurang baik. Pertumbuhan akan terhambat jika suhu harian di areal budidaya terlalu dingin. (Tjahjadi, 1991) mengemukakan bahwa tanaman cabai dapat tumbuh pada musim kemarau apabila dengan pengairan yang cukup dan teratur. Iklim yang dikehendaki untuk pertumbuhannya antara lain:

a. Sinar Matahari

Penyinaran yang dibutuhkan adalah penyinaran secara penuh, bila penyinaran tidak penuh pertumbuhan tanaman tidak akan normal.

b. Curah Hujan

Walaupun tanaman cabai tumbuh baik di musim kemarau tetapi juga memerlukan pengairan yang cukup. Adapun curah hujan yang dikehendaki yaitu 800-2000 mm/tahun.

c. Suhu dan Kelembaban

Tinggi rendahnya suhu sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Adapun suhu yang cocok untuk pertumbuhannya adalah siang hari 21°C-28°C, malam hari 13°C-16°C, untuk kelembaban tanaman 80%.

d. Angin

Angin yang cocok untuk tanaman cabai adalah angin sepoi-sepoi, angin berfungsi menyediakan gas CO₂ yang dibutuhkannya.

2. Ketinggian Tempat

Ketinggian tempat untuk penanaman cabai adalah dibawah 1400 m dpl. Maka cabai dapat ditanam pada dataran rendah sampai dataran tinggi (1400 m dpl). Di daerah dataran tinggi tanaman cabai dapat tumbuh, tetapi tidak mampu memproduksi secara maksimal

3. Tanah

Cabai sangat sesuai ditanam pada tanah yang datar. Dapat juga ditanam pada lereng-lereng gunung atau bukit. Tetapi kelerengan lahan tanah untuk cabai adalah antara 0-100. Tanaman cabai juga dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik pada berbagai jenis tanah, mulai dari tanah berpasir hingga tanah liat (Harpenas, 2010).

Pertumbuhan tanaman cabai akan optimum jika ditanam pada tanah dengan pH 6-7. Tanah yang gembur, subur, dan banyak mengandung humus (bahan organik) sangat disukai. Tjahjadi (1991) mengemukakan bahwa tanaman cabai dapat tumbuh disegala macam tanah, akan tetapi tanah yang cocok adalah tanah yang mengandung unsur-unsur pokok yaitu unsur N dan K, karena tanaman cabai tidak suka dengan air yang menggenang.

2.1.5 Produktivitas Tanaman Cabai

Produksi cabai merah selama periode 2008-2012 cenderung terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 9,79 %/tahun. Pada 2012 produksi cabai merah mencapai sekitar 1,66 juta ton. Sumber pertumbuhan produksi cabai adalah pertumbuhan luas panen yang juga menderung meningkat dengan laju rata-rata 2,97 %/tahun dan peningkatan produktivitas rata-rata 6,83 %/tahun. Dengan demikian, selama periode tersebut pertumbuhan produksi cabai hampir 70% disokong oleh pertumbuhan produktivitas dan 30% dari pertumbuhan luas panen.

Tabel 1. Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Cabai Merah, 2008-2012 Akibat Penyakit Antraknosa (BPS, 2013)

Tahun	Produksi (ton)	Luas Panen (ha)	Produktivitas (ton/ha)
2008	1.053.060	211.566	4,98
2009	1.378.727	233.904	5,89
2010	1.328.864	237.105	5,60
2011	1.483.079	239.770	6,19
2012	1.656.615	242.366	6,84
Laju (%/Th)	9,79	2,97	6,83

Produktivitas cabai, walaupun meningkat cukup cepat, pada saat ini dapat dikatakan masih relatif rendah (0,20-0,33 kg/pohon) atau 6,84 ton/ha cabai basah karena adanya serangan penyakit antraknosa. Sehingga perlu ditingkatkan dengan inovasi teknologi baru dan perencanaan tanam yang tepat. Terobosan inovasi teknologi baru dapat difokuskan pada penggunaan benih unggul lokal dan hibrida sertifikasi, teknologi pemupukan secara lengkap dan berimbang, penggunaan pupuk organik terstandarisasi dan penggunaan kapur sebagai unsur pembenah tanah, teknologi pengendalian hama dan penyakit secara terpadu serta penanganan pasca panen. Peningkatan produktivitas dapat dilakukan melalui perbaikan teknis budidaya, yaitu: (a) Melaksanakan *protected culture*, yaitu pemberian naungan (dengan mulsa, shading net dan screen house); (b) Pengaturan guludan dan drainase, (c) Penggunaan benih berkualitas (unggul bermutu/bersertifikat), (d) Pengendalian OPT, (e) Peningkatan populasi tanaman per hektar (dari 20.000 pohon ke 30.000 pohon/ha), (f) Penerapan GAP/SOP untuk meningkatkan produktivitas dari 0,32kg/pohon (6,4 ton/ha) menjadi minimal rata-rata 1 kg/pohon atau 20 ton/ha.

Konsumsi cabai selama periode 5 tahun terakhir (2008-2012) relatif berfluktuasi namun cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Konsumsi per kapita per tahun cabai merah pada tahun 2008 adalah 1,549 kg/kapita, kemudian meningkat menjadi 1,653 kg pada tahun 2012 atau meningkat rata-rata sebesar 1,13%/tahun. Selama periode tahun 2008-2012, konsumsi cabai merah terbesar terjadi pada tahun 2012 yang mencapai 1,653 kg/kapita, sedangkan konsumsi terendah terjadi pada tahun 2011 yaitu hanya 1,497 kg/kapita.

2.2 Penyakit *Colletotrichum capsici*

2.2.1 Klasifikasi Penyakit

Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum capsici* termasuk dalam kingdom Plantae, divisi Ascomycotina, kelas Pyrenomycetes, ordo Sphaeriales, famili Polystigmataceae, genus *Colletotrichum* dan spesies *Colletotrichum capsici* (Singh, 1998).

2.2.2 Penyebab Penyakit

Penyebab penyakit antraknosa pada buah cabai merah besar merupakan jamur *C. capsici*. Jamur *C. capsici* dapat menginfeksi cabang, ranting, daun dan buah. Mekanisme jamur *C. capsici* menyerang pada tanaman cabai (*Capsicum annum*) adalah jamur pada buah masuk ke dalam ruang biji dan menginfeksi biji. Infeksi pada buah terjadi biasanya pada buah menjelang tua dan sesudah tua. Jamur *C. capsici* ini dapat mempertahankan dirinya dalam sisa-sisa tanaman sakit. Jamur *C. capsici* hanya sedikit sekali mengganggu tanaman yang sedang tumbuh, tetapi memakai tanaman tersebut untuk bertahan sampai terbentuknya buah hijau. Dan setelah buah mulai masak jamur akan berkembang lebih cepat.

Ciri khas dari morfologi jamur *C. capsici* dapat dilihat dari bentuk dan ukuran konidia, konidiofor, aservulus, apresoria serta seta (Phoulivong, 2011). Dan ciri khas yang paling menonjol atau yang paling dapat dibedakan dari ciri jamur yang lain dari penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. capsici* yaitu adanya keberadaan seta yang berwarna hitam (struktur jamur menyerupai rambut) pada jaringan tanaman. Seta pada jamur tersebut dapat memicu adanya keberadaan aservulus, badan buah yang menghasilkan konidia (Settle, 1997).



Gambar 2. *Colletotrichum capsici*. (a) makroskops jamur *C. capsici*, (b) setae jamur *C. capsici* (mikroskopis), (c) konidia jamur *C. capsici* (mikroskopis) (Settle, 1997).

2.2.3 Gejala Penyakit

Gejala penyakit antraknosa pada cabai merah besar yang disebabkan oleh jamur *C. capsici* yaitu diawali berupa bintik-bintik kecil yang berwarna kehitam-hitaman dan sedikit melekung. Serangan yang lebih lanjut mengakibatkan buah mengerut, kering, membusuk dan jatuh. Bercak berbentuk bundar atau cekung dan berkembang pada buah yang belum dewasa/matang dari berbagai ukuran. Biasanya bentuk bercak beragam pada satu buah cabai. Ketika penyakit mengeras, bercak akan bersatu. Massa spora jamur berwarna merah jambu ke orange terbentuk dalam cincin yang konsentris pada permukaan bercak. Bercak yang sudah menua, aservuli akan kelihatan. Terdapat titik-titik hitam kecil, dan jika diamati di bawah mikroskop akan tampak rambut-rambut halus berwarna hitam. Spora terbentuk cepat serta memencar secara cepat pada cabai, yang dapat mengakibatkan kehilangan sampai 100%. Bercak juga dapat sampai ke tangkai dan meninggalkan bintik yang tidak beraturan berwarna merah tua dengan tepinya berwarna merah tua gelap (Prabawati *et al.*, 1991).

Gejala-gejala lain yang tampak pada serangan penyakit antraknosa pada cabai merah besar di antaranya:

- Biji gagal berkecambah
- Batang kecambah rapuh, sehingga mudah rebah
- Pucuk mati dan infeksinya menjalar ke bagian bawah. Pada tahap awal, batang dan daun berwarna cokelat, lalu batang mengering dan berwarna cokelat gelap

kekeringan. Di bagian yang terserang terlihat kulit batang membentuk tonjolan kecil.

- d. Bercak di permukaan kulit buah melekok ke dalam daging buah dan membentuk lingkaran seperti terkena sengatan terik matahari. Selain itu, terlihat busuk basah seperti lem yang berwarna kehitaman disertai munculnya tonjolan berupa rambut hitam
- e. Serangan terjadi menjelang buah masak. Saat panen, buah cabai masih terlihat baik, tetapi beberapa hari kemudian cenderung terjadi pembusukan secara drastis.



Gambar 3. Penyakit *C. capsici* (Prabawati *et al.*, 1991).

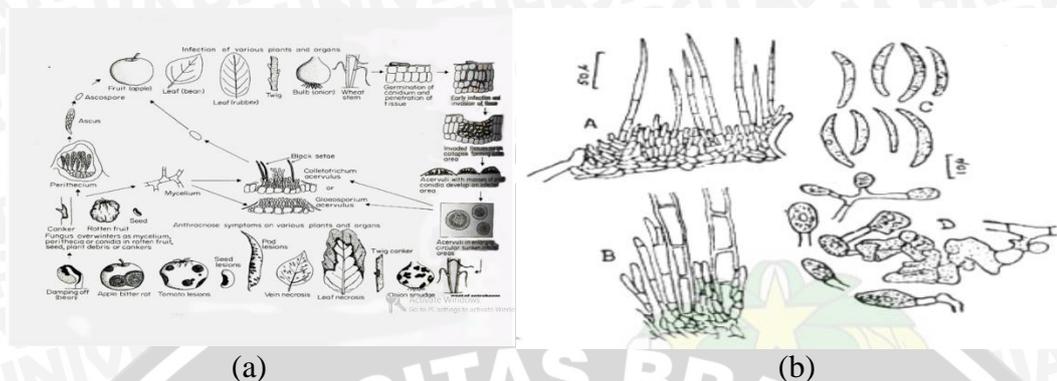
2.2.4 Daur Penyakit

Pertumbuhan awal jamur *C. capsici* membentuk koloni miselium yang berwarna putih dengan miselium yang timbul di permukaan. Kemudian perlahan-lahan berubah menjadi hitam dan akhirnya berbentuk aservulus. Aservulus ditutupi oleh warna merah muda sampai coklat muda yang sebelumnya adalah massa koloni (Rusli dkk, 1997).

Tahap awal dari infeksi *C. capsici* umumnya terdiri dari konidia dan germinasi pada permukaan tanaman, menghasilkan tabung kecambah. Setelah penetrasi maka akan terbentuk jaringan hifa. Hifa intra dan interseluler menyebar melalui jaringan tanaman. Spora *C. capsici* dapat disebarkan oleh air hujan dan pada inang yang cocok akan berkembang dengan cepat (Dickman, 2000).

Infeksi terjadi setelah apresoria dihasilkan. Karena penurunan dinding secara ekstensif, hifa mempenetrasi kutikula dan ditandai dengan tumbuh dibawah dinding kutikula dan dinding periklinal dari sel epidermis. Kemudian, hifa tumbuh dan menghancurkan dinding sel utama. Ini berhubungan dengan matinya sel yang berdampingan secara ekstensif. Ketika jaringan membusuk, hifa masuk ke

pembuluh sklerenkium (*sclerenchynatous*) dengan langsung tumbuh menembus dindingnya (Pring *et al.*, 1995).



Gambar 4. a. Siklus hidup jamur *C. capsici*, b. Bagian-bagian Jamur *C. capsici* (a. Aservulus, b. Konidiofor, c. Konidia, d. Apresorium) (Pring *et al.*, 1995)

2.2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit

Penyakit antraknosa merupakan penyakit penting yang menyerang tanaman cabai di Indonesia. Penyakit ini muncul karena adanya kondisi yang lembab dan suhu tinggi. Penyakit antraknosa dapat menyebabkan kerusakan sejak dari persemaian sampai tanaman cabai berbuah dan merupakan masalah utama pada buah masak serta berakibat serius terhadap penurunan hasil dan penyebaran penyakit. Kehilangan hasil pada tanaman cabai akibat serangan antraknosa dapat mencapai 50-100% pada saat musim hujan (Syamsudin, 2003).

Pertumbuhan jamur *C. capsici* sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan. Untuk pertumbuhan jamur *C. capsici* sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, salah satunya adalah pH. pH sangat penting dalam mengatur metabolisme dan sistem-sistem enzim, bila terjadi penyimpangan pH, maka proses metabolisme jamur dapat terhenti. Sehingga untuk pertumbuhan maksimal jamur diperlukan pH yang optimum. pH optimal untuk pertumbuhan jamur *C. capsici* yang baik adalah pH 5-7. Suhu optimum untuk pertumbuhan jamur ini antara 24-30°C dengan kelembaban relatif antara 80-92%. Penyakit kurang terdapat pada musim kemarau dan lahan yang mempunyai drainase baik. Penyakit dapat dibantu oleh angin dan hujan untuk penyebaran konidia. Keberadaan penyakit ini terutama dipicu oleh iklim mikro di pertanaman yang lembab, temperature tinggi, cuaca berkabut, dan berembun (Yulianty, 2006).

2.3 Fungisida Nabati

Pada umumnya, pestisida nabati diartikan sebagai suatu pestisida yang bahan dasarnya berasal dari tumbuhan. Kardinan (1999) mengemukakan bahwa, pestisida nabati dimasukkan ke dalam kelompok pestisida biokimia karena mengandung biotoksin. Pestisida biokimia adalah bahan yang terjadi secara alami dapat mengendalikan hama dan penyakit dengan mekanisme non toksik.

Secara evolusi, tumbuhan telah mengembangkan bahan kimia sebagai alat pertahanan alami terhadap penggungunya. Tumbuhan mengandung banyak bahan kimia yang merupakan metabolit sekunder dan digunakan oleh tumbuhan sebagai alat pertahanan dari serangan organisme penggangu. Tumbuhan sebenarnya kaya akan bahan bioaktif, walaupun hanya sekitar 10.000 jenis produksi metabolit sekunder yang telah teridentifikasi, tetapi sesungguhnya jumlah bahan kimia pada tumbuhan dapat melampaui 400.000. Terdapat 1800 jenis tanaman yang mengandung pestisida nabati yang dapat digunakan untuk pengendalian hama. Di Indonesia, sangat banyak jenis tumbuhan penghasil pestisida nabati, dan diperkirakan ada sekitar 2400 jenis tanaman yang termasuk ke dalam 235 famili (Kardinan, 1999). Dan jenis tanaman dari famili Asteraceae, Fabaceae dan Euphorbiaceae, dilaporkan paling banyak mengandung bahan insektisida nabati.

Beberapa keuntungan/kelebihan penggunaan pestisida nabati secara khusus dibandingkan dengan pestisida konvensional (Alan, 2000 dalam Nurawan; 2006) adalah sebagai berikut :

1. Mempunyai sifat cara kerja (*mode of action*) non toksik
2. Mudah terurai di alam sehingga tidak mencemari lingkungan serta relatif aman bagi manusia dan hewan peliharaan karena residunya mudah hilang.
3. Penggunaannya dalam jumlah (dosis) yang rendah.
4. Mudah diperoleh di alam, contohnya di Indonesia sangat banyak jenis tumbuhan penghasil pestisida nabati.
5. Cara pembuatannya relatif mudah dan secara sosial ekonomi penggunaannya menguntungkan bagi petani kecil di negara-negara berkembang.

Fungisida nabati yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dapat diperoleh melalui cara ekstraksi. Ekstraksi adalah kegiatan penarikan kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah dari bahan yang tidak larut dengan pelarut cair.

Senyawa aktif yang terdapat dalam berbagai simplisia dapat digolongkan ke dalam golongan minyak atsiri, *alkaloid*, *flavonoid*, dan lain-lain. Dengan diketahuinya senyawa aktif yang dikandung simplisia akan mempermudah pemilihan pelarut dan cara ekstraksi yang tepat. Metode ekstraksi dengan cara dingin yaitu maserasi (Harris, 1987).

Maserasi merupakan cara ekstraksi yang sederhana. Istilah *maceration* berasal dari bahasa latin *macere*, yang artinya “merendam”. Jadi maserasi dapat diartikan sebagai proses dimana obat yang sudah halus memungkinkan untuk direndam dalam menstrum sampai meresap dan melunakkan susunan sel, sehingga zat-zat yang mudah larut akan melarut. Maserasi digunakan untuk memproses hampir semua jenis bunga, kecuali melati dan sedap malam. Karena kedua bunga tersebut masih mengeluarkan minyak setelah dipetik. Bunga-bunga dimasukkan ke dalam lemak dan dipanaskan pada suhu sekitar 65°C. Bahan wewangian terserap oleh lemak cair dan setelah beberapa jam ampas bunga dibuang dengan cara menyaring lemak atau menggunakan alat yang disebut *centrifuging*. Kemudian lemak diisi dengan bunga-bunga baru. Proses diulang terus menerus sampai lemak mencapai tingkat kejenuhan. Lemak yang mengandung minyak atsiri kemudian diolah dengan ethanol (Harris, 1987).

Prinsip maserasi adalah ekstraksi zat aktif yang dilakukan dengan cara merendam serbuk dalam pelarut yang sesuai selama beberapa hari pada temperatur kamar terlindung dari cahaya, pelarut akan masuk ke dalam sel dari tanaman melewati dinding sel. Isi sel akan larut karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan di dalam sel dengan di luar sel. Larutan yang konsentrasinya tinggi akan terdesak keluar dan diganti oleh pelarut dengan konsentrasi rendah (proses *difusi*). Peristiwa tersebut berulang sampai terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan diluar sel dan di dalam sel. Selama proses maserasi (biasanya berkisar 2-14 hari) dilakukan pengadukan atau pengocokkan dan penggantian pelarut setiap hari. Pengocokan memungkinkan pelarut segar mengalir berulang-ulang masuk ke seluruh permukaan simplisia yang sudah halus. Endapan yang diperoleh dipisahkan dan filtratnya dipekatkan. Maserasi biasanya dilakukan pada temperatur 15°C-20°C dalam waktu selama 3 hari sampai bahan-bahan yang larut terlarut (Harris, 1987).

Proses maserasi dilakukan dengan cara memasukkan 10 bagian simplisia dengan derajat yang cocok dalam bejana, kemudian dituangi dengan penyari 75 bagian, ditutup dan dibiarkan selama 5 hari, terlindung dari cahaya sambil diaduk sekali-kali setiap hari lalu diperas dan ampasnya dimaserasi kembali dengan cairan penyari. Penyarian diakhiri setelah pelarut tidak berwarna lagi, lalu dipindahkan ke dalam bejana tertutup, dibiarkan pada tempat yang tidak bercahaya, setelah dua hari lalu endapan dipisahkan. Proses maserasi menggunakan lemak panas sehingga proses ekstraksi dapat berjalan lebih cepat. Produk yang dihasilkan dari proses maserasi sering mengandung lemak yang berasal dari absorbent yang dapat merubah bau asli minyak bunga (Harris, 1987).

2.4 Tanaman Pepaya

2.4.1 Klasifikasi

Tanaman pepaya (*Carica papaya* L.) termasuk dalam kingdom Plantae, divisi Magnoliophyta, kelas Magnoliopsida, ordo Violales, famili Caricaceae, genus *Carica* dan spesies *Carica papaya* L (Singh, 1998).

2.4.2 Morfologi Tanaman Pepaya Varietas Taiwan

Rukmana (2008) mengemukakan bahwa tanaman pepaya Varietas Taiwan memiliki ciri-ciri morfologi yaitu batang coklat keunguan, tinggi 2-3,5 m, diameter 4-5 cm. Daun elips, hijau tua, bertekstur halus, ujung runcing, pangkal agak menutup, tepi bergelombang, pertulangan daun menjari, percabangan anak tulang daun berseling, tangkai daun ungu, panjang 60-70 cm dan lebar 6-8 cm. Bunga hermaphrodit, kuning keunguan, memanjang, ujung membulat, pangkal rata, panjang mahkota 3-5 cm, benang sari menumpang. Buah kuning kehijauan, lonjong, pangkal rata, ujung runcing, panjang 24-32 cm, lebar 8-12 cm, ketebalan daging 2-4 cm, rongga buah berbentuk angular, berat 1500-2200 gr dan daging buah berwarna merah. Biji oval, kehitaman, permukaan kusam, berlendir, dan menyebar rata.



Gambar 5. Tanaman pepaya Var. Taiwan (Rukmana, 2008)

2.4.3 Kandungan Tanaman Pepaya

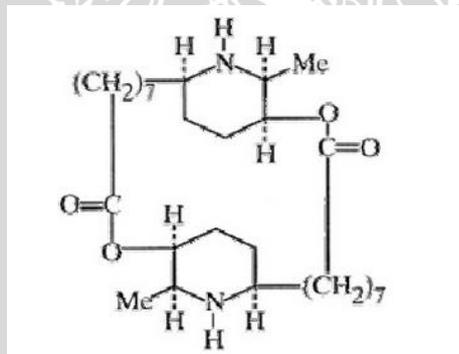
Khrisna, *at al.*, (2008) mengemukakan bahwa tanaman pepaya mempunyai kandungan kimia yang berbeda-beda pada buah, daun, akar maupun biji. Pada buah terkandung *asam butanorat*, *benzilglukosinolat*, *linalool*, *papain*, *asam alfa linoleat*, *alfa filandren*, *alfa terpinen*, *gamma terpinen*, *4-terpineol*, dan *terpinolen*. Pada daun terkandung *alkaloid karpain*, *dehidro karpain*, *pesedo karpain*, *flavonol*, *benzilglukosinolat*, *papain* dan *tannin*. Pada akar terkandung *karposit* dan enzim *myrosin*. Sedangkan pada biji terkandung *benzylisothiocynate*, *glucotropacolin*, *β -sitosterol*, *caricin*, minyak pepaya, protein, asam lemak dan enzim *myrosin*.

2.4.4 Senyawa Karpain sebagai Fungisida Nabati

Muhlisah (2003) mengemukakan bahwa daun pepaya mengandung *papain*, *alkaloid karpain*, *pseudokarpaina*, *dehidrokarpaina*, *glikosid*, *karposit*, dan *saponin*. Kandungan zat aktif pada pepaya yang bersifat antijamur diantaranya ialah *flavonoid*, *karpain*, *dehidrokarpaina*, *papain*, *karposit* dan *tanin* (Rosita, 2010). Dan salah satu senyawa yang banyak ditemukan pada daun pepaya dan berpotensi sebagai antijamur adalah senyawa *alkaloid karpain*. Senyawa *karpain* memiliki berat molekul 478 gr/mol. Penelitian Rosita (2010) mengemukakan bahwa air rebusan daun pepaya memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan *Candida albicans*, jamur yang tergolong Ascomycetes, karena daun pepaya berpotensi sebagai antijamur. Chaves-Quintal (2011) mengemukakan bahwa daun pepaya yang mengandung senyawa *alkaloid* pada daun pepaya dapat menghambat pertumbuhan miselia jamur *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium sp.*, dan *Collectotrichum gloeosporioides*. Petani menggunakan rendaman daun pepaya yang ditambah sabun

untuk mengendalikan jamur karat pada kopi, jamur tepung dan noda coklat pada daun padi.

Alkaloid merupakan senyawa yang menyerupai basa, terbukti dari asal namanya *alkali* (basa) dan *oid* (menyerupai). Dalam struktur dasarnya *alkaloid* banyak mengandung gugus atom N. Sebagian besar terbentuk dari gugusan *asam amino*. *Alkaloid* memiliki aktivitas terapeutik yang menonjol. Isolasi murni *alkaloid* digunakan untuk sebagai bahan medis dasar karena efek analgesik, antispasmodik dan antibakteri. Sedangkan pada antijamur senyawa *alkaloid* berperan dengan menghambat respirasi sel jamur (Aniszewki, 2007). Adegoke dan Adebo-tayo (2009) juga mengemukakan bahwa senyawa *alkaloid* dapat menghambat sintesis asam nukleat, protein, dan membran fosfolipid. Mekanisme kerja senyawa *alkaloid* terhadap sel jamur yaitu dengan cara menetralisasi enzim yang terkait dalam invasi jamur, merusak membran sel jamur, menghambat sistem enzim jamur sehingga mengganggu terbentuknya ujung hifa dan mempengaruhi sintesis asam nukleat dan protein (Djunaedy, 2008).



Gambar 6. Struktur Kimia Senyawa *Karpain* (Aniszewki, 2007)

Senyawa *karpain* memiliki berat molekul 478 g/mol. Senyawa *karpain* adalah salah satu *alkaloid* yang bekerja efektif mencerna mikroorganisme, sehingga inang kekurangan makanan. Hal tersebut juga terjadi pada cacing nematoda *Haemonchus contortus*. Akibat *karpain*, maka protein tubuh cacing dicerna, sehingga cacing akan lemas dan akan keluar dari tubuh inang dalam keadaan hidup. Rosita (2010) mengemukakan bahwa *karpain* efektif dalam menghambat kinerja beberapa mikroorganisme. Senyawa *karpain* mencerna mikroorganisme dan mengubahnya menjadi senyawa turunan pepton. Sel akan kekurangan makanan dan akhirnya mati.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di sub Mikologi dan Toksikologi Laboratorium Penyakit Jurusan Hama Dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan Agustus 2015.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, kamera, timbangan digital, cawan petri, gelas ukur, gunting, *cutter*, pinset, tabung reaksi, corong pisah, bunsen, *cork borer*, jarum ose, kompor listrik, *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC), *vacum rotary evaporator*, *autoclave*, *beaker glass*, tabung *erlenmeyer*, *object glass*, *cover glass*, mikroskop binokuler dengan perbesaran 400x, mikro pipet, dan LCMS.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah cabai merah besar yang terserang penyakit antraknosa, daun pepaya, media *Potato Dextrose Agar* (PDA), plastik tahan panas, alumunium foil, tisu, kapas, plastik *wrapping*, *chloramphenicol*, aquades, aquades steril, khlorox (NaOCl 2%), alkohol 70%, alkohol 96%, NH₄OH, MgSO₄, etanol 96%, HCl 10% dan spirtus.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Rancangan Percobaan

a. Uji *in vitro*

Pengujian pertumbuhan koloni *C. capsici* oleh senyawa *karpain* pada ekstrak daun pepaya menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan diulang sebanyak 3 kali. Perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* (P) yang terdiri dari 6 taraf yaitu :

K0 = kontrol (tanpa perlakuan senyawa *karpain* daun pepaya)

K1 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 0,5 ppm

K2 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 1,5 ppm

K3 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 4,5 ppm

K4 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 13,5 ppm

K5 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 40,5 ppm

Pada pengujian secara *in vitro* menggunakan metode peracunan makanan (*poisoned food technique*). Chaelani (2011) mengemukakan bahwa metode peracunan makanan yaitu metode yang digunakan dengan cara meracuni pertumbuhan jamur *Collectotrichum* sp. melalui media tumbuh PDA yang dicampur dengan fungisida nabati senyawa *karpain* dari daun pepaya. Jumlah cawan petri yang dibutuhkan saat pengujian secara *in vitro* dengan 6 perlakuan dan 3 kali ulangan pada metode peracunan makanan yaitu 18 cawan petri.

Variabel yang diamati berupa pertumbuhan koloni jamur pada media PDA pada masing-masing perlakuan yang dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai pada perlakuan kontrol koloni jamur memenuhi cawan petri. Kemudian dianalisis dengan Analysis of Variance (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan.

b. Uji *in vivo*

Pengujian senyawa *karpain* daun pepaya secara *in vivo* berbagai tingkat konsentrasi untuk mengetahui perkembangan jamur *Collectotrichum capsici* pada buah cabai merah besar dengan metode perendaman menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan diulang sebanyak 3 kali. Perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* (P) yang terdiri dari 6 taraf yaitu:

K0 = kontrol (tanpa perlakuan senyawa *karpain* daun pepaya)

K1 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 0,5 ppm

K2 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 1,5 ppm

K3 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 4,5 ppm

K4 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 13,5 ppm

K5 = senyawa *karpain* daun pepaya pada konsentrasi 40,5 ppm

Pada setiap perlakuan terdapat 3 buah cabai merah besar sehingga total seluruh buah cabai merah besar yang dibutuhkan untuk uji *in vivo* yaitu 54 cabai merah besar.

3.4 Persiapan Penelitian

3.4.1 Ekstraksi Daun Pepaya

Daun pepaya (*Carica papaya* L.) Var. Taiwan dipilih yang masih segar sebanyak 10 kg, dicuci bersih, dipotong-potong, dan dikeringkan dengan cara

dingin-anginkan selama 14 hari. Kemudian daun yang sudah diangin-anginkan ditimbang menghasilkan 2 kg daun pepaya kering. Setelah itu menghitung kadar air pada daun pepaya kering dengan cara daun pepaya kering ditimbang kembali dan dioven dengan suhu 60°C selama 5 menit, lalu setelah dingin ditimbang (W1). Selanjutnya daun pepaya kering dioven lagi dengan suhu 110°C selama 5 menit dan setelah dingin ditimbang (W2). Kemudian menghitung kadar air dari daun pepaya kering dengan rumus:

$$KA = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\%$$

Setelah ditimbang, didapatkan hasil kadar air pada daun pepaya kering yaitu 2,703%. Selanjutnya daun pepaya kering yang sudah ditimbang, ditumbuk lalu serbuk diayak sampai 70 meshes dan didapatkan hasil 1 kg serbuk daun pepaya. Setelah itu, 1 kg serbuk daun pepaya (*Carica papaya* L.) dimaserasi dalam etanol 96% pada suhu kamar selama satu hari, lalu disaring. *Maserasi* dilakukan dengan tiga kali ulangan. *Filtrat* dari *maserasi* yang diperoleh kemudian diuapkan menggunakan *vacum rotary evaporator* dengan suhu 60°C hingga diperoleh ekstrak kental (sirup cokelat kehijauan). Setelah didapatkan ekstrak kental (sirup cokelat kehijauan) sebanyak 150 ml, ditambahkan larutan H₂O dan alkohol 96% dengan perbandingan 98:2 untuk 100 ml ekstrak kental (sirup cokelat kehijauan) untuk mendapatkan larutan encer sirup. Larutan tersebut diaduk-aduk kemudian dicuci dengan larutan eter sebanyak 50 ml dan dipisahkan menggunakan corong pisah, maka didapatkan dua lapisan larutan yaitu lapisan eter (lapisan atas) dan lapisan sirup cokelat (lapisan bawah). Pencucian dengan larutan eter diulang sebanyak tiga kali dan lapisan sirup cokelat dari hasil pencucian tiga kali ulangan dikumpulkan. Lapisan sirup cokelat yang dikumpulkan ditambahkan NH₄OH yang bertujuan untuk menetralkan pH sampai 11. Kemudian lapisan sirup cokelat pH 11 dicuci lagi dengan eter 50 ml menggunakan corong pisah, maka didapatkan 2 lapisan yaitu lapisan air (lapisan bawah) dan lapisan eter (lapisan atas). Pencucian lapisan sirup cokelat dengan eter dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Lapisan eter dari tiga kali ulangan dikumpulkan, lalu ditambahkan MgSO₄ anhidrat yang sudah dioven dengan suhu 110°C selama 5 menit. Tujuan dari penambahan MgSO₄ yaitu untuk mengikat air yang ada di lapisan eter. Setelah itu, lapisan eter diuapkan kembali menggunakan *vacum rotary evaporator* dengan suhu 30°C sehingga didapatkan

produk senyawa *karpain* sebanyak 15 ml. Selanjutnya, produk senyawa *karpain* tersebut ditampung dan dilakukan analisis LCMS di laboratorium Teknik kimia, Politeknik Negeri Malang. LCMS yang digunakan adalah Mass Spec merk Thermo Scientific seri LC ACELLA 1250 dengan sistem Triple Quadrupole pada gambar 7.



Gambar 7. Alat Analisis Mass Spec merk Thermo Scientific seri LC ACELLA 1250 dengan sistem Triple Quadrupole

Setelah analisis LCMS, selanjutnya yaitu menghitung berat jenis (BJ) produk senyawa *karpain*. Perhitungan BJ senyawa *karpain* dibutuhkan untuk pembuatan formulasi senyawa *karpain*. Rumus berat jenis (BJ) yaitu:

$$BJ = \frac{\text{Berat larutan (g)}}{\text{Volume wadah (ml)}}$$

Setelah mengukur berat senyawa *karpain* dan volume wadah (gelas ukur 10 ml), diketahui berat jenis senyawa *karpain* yaitu 1,01 g/ml.

3.4.2 Formulasi Konsentrasi Senyawa *Karpain*

Dalam pembuatan formulasi senyawa *karpain* yaitu mengetahui berat jenis (BJ) dan juga hasil analisis LCMS senyawa *karpain* untuk mengetahui komponen kimia yang terkandung dalam daun pepaya. Pada LCMS akan tampak *peak area* dan % area dari masing-masing komponen area. Untuk membuat larutan stok, dibutuhkan informasi % area senyawa *karpain*. Setelah itu dapat diketahui jumlah massa terukur dari perkalian BJ dan % area komponen kimia. Kemudian dapat menghitung kebutuhan larutan stok (ml).

Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat 6 perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* untuk pembuatan formulasi pengujian secara *in vitro*

dan *in vivo*. Volume senyawa *karpain* dihitung sesuai kebutuhan perlakuan menggunakan rumus pengenceran yaitu $V1 \times M1 = V2 \times M2$. Dimana $V1$ = volume senyawa *karpain* yang dibutuhkan (ml), $M1$ = massa senyawa *karpain* (ppm), $V2$ = volume larutan yang dibutuhkan (500 ml), $M2$ = formulasi (500 ppm). Setelah volume senyawa *karpain* didapatkan kemudian ambil senyawa *karpain* menggunakan pipet, kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass ukuran 500 ml dan ditambahkan aquades steril hingga 500 ml. Larutan stok senyawa *karpain* 500 ppm sebanyak 500 ml diencerkan menjadi konsentrasi setiap perlakuan 0,5; 1,5; 4,5; 13,5; 40,5 ppm dalam 100 ml PDA sebanyak 3 kali ulangan. Dalam pengujian secara *in vitro*, larutan ini langsung diaplikasikan dengan dicampur media PDA. Sedangkan pengujian secara *in vivo*, larutan digunakan dengan cara merendam cabai merah besar.

3.4.3 Sterilisasi Alat dan Bahan

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

3.4.4 Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dengan komposisi 200 g kentang, 20 g agar, 20 g *dextrose*, 1000 ml aquades, dan 250 mg *chloramphenicol*. Tahap pertama yang dilakukan yaitu kentang dikupas kemudian dicuci bersih dan dipotong dadu. Kemudian kentang direbus dalam 1000 ml aquades untuk diambil sarinya. Sari kentang tersebut disaring dan ditambahkan *dextrose* serta agar lalu diaduk sambil dipanaskan hingga tercampur homogen. Setelah larutan homogen ditambahkan *chloramphenicol* lalu dimasukkan ke dalam tabung *erlenmeyer*, ditutup dengan kapas dan aluminium foil. Sebelum media digunakan, media PDA disterilisasi dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit.

3.4.5 Platting Media PDA

Untuk platting media PDA menggunakan *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC). Pertama yang dilakukan yaitu lampu UV dinyalakan terlebih dahulu selama 15 menit, setelah itu blower dinyalakan agar udara dari luar tidak masuk ke dalam LAFC dan menjaga LAFC tetap dalam keadaan steril. Kemudian LAFC disterilkan dengan alkohol 70% untuk mematikan mikroorganisme yang ada didalamnya. Lalu bunsen dinyalakan dengan korek api dan diletakkan ke dalam LAFC. Cawan petri steril, dan media untuk kegiatan platting media dipersiapkan dan diletakkan ke dalam LAFC. Setelah semua bahan siap, tuang media PDA secara perlahan ke dalam cawan petri steril disekitar bunsen lalu wrapping cawan petri supaya tidak terkontaminasi. Diamkan media beberapa saat hingga media membeku dan siap digunakan.

3.4.6 Persiapan dan Perbanyakan Isolat Jamur *Collectotrichum capsici*

Jamur *C. capsici* yang digunakan sebagai isolat dalam penelitian ini berasal dari Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Buah cabai besar yang terinfeksi dipotong ½ sehat ½ sakit dengan ukuran 1 cm. Potongan tersebut dimasukkan ke dalam chlorox (NaOCl 2%) selama 1 menit dan alkohol 70% 1 menit. Setelah itu potongan dibilas menggunakan aquades dan ditiriskan di atas tisu sampai kering. Kemudian potongan buah ditanam pada media PDA. Lalu isolat diinkubasi pada suhu 25-30°C selama ± 7 hari atau sampai jamur tumbuh memenuhi cawan petri (*full plate*) (Muhibudin *et al.*, 2011).

Pemurnian biakan jamur dilakukan dengan cara melubangi miselium jamur menggunakan cork borer dan dipindahkan secara aseptis menggunakan jarum ose ke dalam media PDA baru. Setelah itu diinkubasi selama ± 7 hari. Biakan jamur yang telah murni kemudian diamati secara makroskopis dan mikroskopis untuk proses identifikasi. Koloni jamur yang sudah tumbuh pada media PDA diisolasi dan diletakkan di atas objek glass steril yang ditetesi aquades steril dan ditutup dengan cover glass, kemudian diinkubasi selama 4 hari. Setelah itu diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x untuk diidentifikasi.

Identifikasi *C. capsici* secara morfologi dilakukan berdasarkan pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Secara makroskopis meliputi warna permukaan koloni, warna dasar koloni dan bentuk koloni. Kemudian untuk mikroskopis

meliputi bentuk dan ukuran konidia menurut pustaka yang menunjukkan ciri-ciri jamur *C. capsici*.

3.4.7 Uji Postulat Koch

Apabila identifikasi *C. capsici* yang ditemukan pada buah cabai merah besar sakit menggunakan pustaka telah sesuai, maka dilanjutkan uji Postulat Koch untuk membuktikan bahwa patogen yang telah diisolasi adalah penyebab penyakit sesungguhnya. Jamur *C. capsici* dalam biakan murni diinokulasikan pada buah cabai besar menggunakan suspensi konidia dan menimbulkan penyakit, selanjutnya patogen dari gejala penyakit yang muncul dari hasil inokulasi harus dapat diisolasi kembali pada biakan murni (Abadi, 2003).

Buah cabai merah besar yang sudah memunculkan gejala bercak cokelat diisolasi lagi ke media PDA. Setelah diperoleh biakan murni jamur *C. capsici*, dilakukan perbanyakan pada media PDA dari di cawan petri. Biakan murni *C. capsici* digunakan sebagai sumber inokulum uji fungisida nabati di laboratorium.

3.4.8 Penyiapan Inokulum

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

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

Keterangan : K adalah jumlah konidia/ml larutan
t adalah total konidia dalam semua kotak contoh
d adalah faktor pengenceran
n adalah jumlah semua kotak contoh yang dihitung
0,25 adalah koreksi

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Pengujian Senyawa *Karpain* Daun Pepaya secara *In Vitro*

Pada pengujian fungisida nabati secara *in vitro* yaitu dengan metode peracunan makanan (*poisoned food technique*). Menurut Chaelani (2011) metode peracunan makanan yaitu metode yang digunakan dengan cara meracuni pertumbuhan jamur *Collectotrichum capsici* melalui media tumbuh PDA yang dicampur dengan senyawa *karpain*.

Senyawa *karpain* daun pepaya dengan konsentrasi perlakuan dicampurkan pada saat pembuatan media PDA. Media PDA cair yang sudah mengandung senyawa *karpain*, dituangkan pada cawan petri dengan berbagai konsentrasi sebanyak 10 ml, kemudian didiamkan sampai media padat atau mendingin. Selanjutnya isolat murni *C. capsici* berdiameter 0,5 cm ditumbuhkan pada media PDA yang sudah dicampur senyawa *karpain* dengan berbagai perlakuan dan diinkubasi selama 7 hari.

3.5.2 Pengujian Senyawa *Karpain* Daun Pepaya secara *In Vivo*

Pada pengujian secara *in vivo* dilakukan untuk mengetahui kemampuan senyawa *karpain* dalam mencegah infeksi penyakit antraknosa pada buah cabai merah besar. Tahap pertama yang dilakukan dalam pengujian ini yaitu cabai disterilisasi dengan alkohol 70% kemudian direndam dalam suspensi senyawa *karpain* dengan masing-masing konsentrasi perlakuan selama 10 menit, kemudian dikering anginkan dan dimasukkan ke dalam nampan yang ditutup dengan alumunium foil dan plastik. Setelah disimpan selama satu hari, buah cabai diinokulasi dengan metode pelukaan pada permukaan buah cabai dan ditetesi suspensi konidia *C. capsici* dan diinkubasi selama 14 hari. Tiap hari dilakukan pengamatan gejala yang muncul.

3.6 Variabel Pengamatan

3.6.1 Penghambatan Pertumbuhan Koloni *Collectotrichum capsici* pada Berbagai Konsentrasi

Pengukuran daya hambat senyawa *karpain* daun pepaya terhadap pertumbuhan jamur *Collectotrichum capsici* dihitung berdasarkan dari hasil pengukuran diameter koloni jamur *C. capsici* dilakukan saat koloni jamur pada

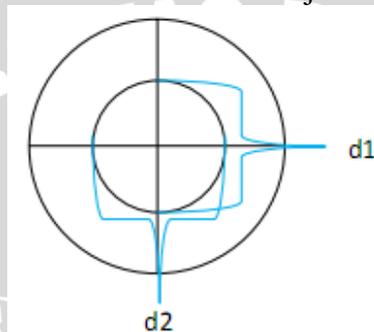
perlakuan kontrol (tanpa senyawa *karpain*) telah memenuhi cawan petri. Berdasarkan dari literature, perhitungan diameter koloni dilakukan dengan cara membuat garis vertikal dan horizontal berpotongan tepat pada titik tengah koloni jamur di bagian luar alas cawan petri sesuai dengan rumus berikut (Istianto dan Eliza, 2009):

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

Keterangan : D adalah diameter koloni jamur

d1 adalah diameter vertikal koloni jamur yang diamati

d2 adalah diameter horizontal koloni jamur yang diamati.



Gambar 8. Cara Pengukuran Diameter Koloni Jamur pada Media PDA

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

$$P = \frac{Dc-Dt}{Dc} \times 100\%$$

Keterangan: P adalah persentase penghambatan

Dc adalah diameter kontrol

Dt adalah diameter setiap perlakuan (mm).

3.6.2 Berat Kering (Biomassa) Miselium *Colletotrichum capsici*

Menghitung berat kering (biomassa) miselium jamur digunakan untuk mengetahui terhambatnya pertumbuhan jamur *C. capsici* oleh senyawa *karpain* daun pepaya melalui bobotnya. Rumus berat kering (biomassa) yaitu (Kurniasih, 2014):

$$M = (m1 - m0) + k$$

Keterangan: M adalah massa miselium *C. capsici*

m0 adalah berat kertas saring kosong

m1 adalah berat kertas saring + miselia *C. capsici*

k adalah kalibrasi (koreksi)

Menurut Hariyono (2007) prosedur penimbangan berat kering (biomassa) miselia *Exserochillo turcicum* yaitu:

1. Kertas saring digunting bentuk bundar dengan diameter 9 cm sebanyak 18 lembar dan 3 lembar sebagai faktor koreksi. Ditimbang dengan timbangan analitik. Kertas saring 18 lembar ditimbang untuk berat awal (m_0) dan kertas saring ini juga digunakan untuk menimbang berat miselium (m_1)
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 diatas 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 70°C selama 1-1,5 jam
6. Penimbangan menggunakan neraca digital setelah pengeringan selesai. Didapatkan berat miselium dan kertas saring (m_1)
7. Kertas saring kosong juga mendapatkan perlakuan 2-5 untuk mengetahui penurunan dan penambahan akibat pengaruh HCL. Berat kertas saring kosong digunakan untuk koreksi
8. Perhitungan menggunakan rumus pada persamaan

3.6.3 Intensitas Penyakit

Intensitas serangan penyakit diukur dengan rumus (Horsfal dan Cowling, 1978 dalam Abadi; 2003) yaitu:

$$I = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan: I adalah intensitas serangan penyakit
n adalah jumlah tanaman dari tiap kategori serangan
v adalah nilai skor dari tiap tanaman yang terserang
N adalah jumlah tanaman contoh
Z adalah skor dari kategori serangan tertinggi.

Tabel 2. Serangan Antraknosa (Horsfal dan Cowling, 1978 dalam Abadi; 2003)

Skala	Kategori
0	Tidak ada infeksi
1	Luas permukaan buah terserang mencapai 0-0,5 cm
2	Luas permukaan buah terserang mencapai 0,6-1 cm
3	Luas permukaan buah terserang mencapai 1,1-1,5 cm
4	Luas permukaan buah terserang mencapai 1,6-2 cm

3.7 Analisis Data

3.7.1 Analisis Ragam

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA), dilanjutkan uji Duncan pada taraf 5%.

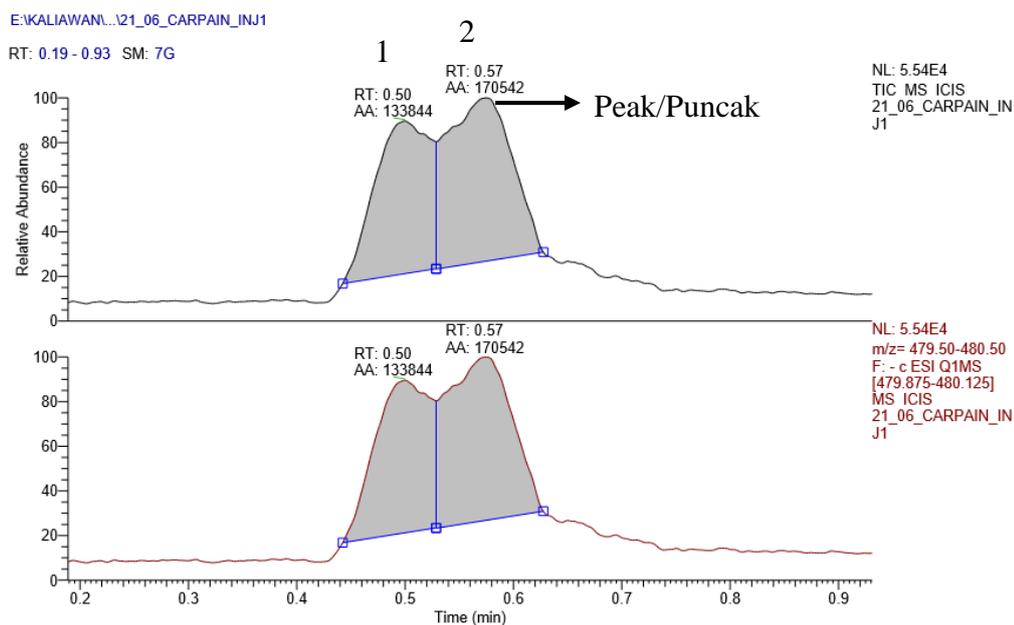
3.7.2 Analisis Data Nilai EC₉₀ Senyawa *Karpain*

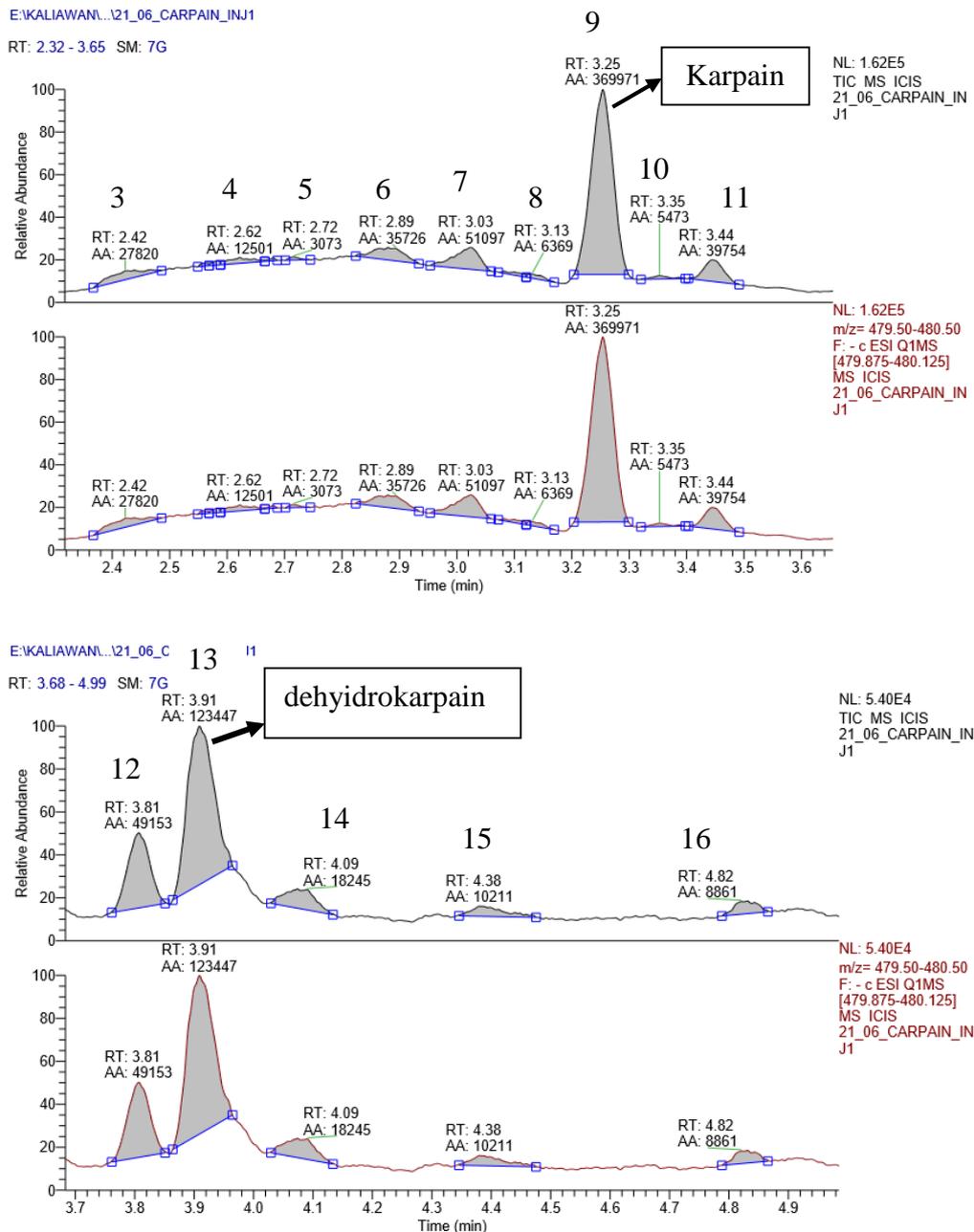
Aktifitas antijamur senyawa *karpain* dapat dinyatakan dengan variabel EC₉₀. *Efective Concentration* (EC) yaitu konsentrasi senyawa uji yang menyebabkan penghambatan pertumbuhan jamur sebesar 90%. Penghitungan nilai EC₉₀ menggunakan program analisis SPSS 17.00.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Senyawa *Karpain* Menggunakan LCMS

Senyawa *karpain* diperoleh dari ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* Var. Taiwan) melalui proses *maserasi*/rendaman dengan pelarut etanol 96% menghasilkan larutan yang berwarna hijau kecoklatan. Kemudian diuapkan menggunakan *vacum rotary evaporator* dengan suhu 60°C diperoleh ekstrak kental (sirup cokelat kehijauan) dan dengan pencucian menggunakan larutan eter yang sebelumnya ditambahkan NH₄OH untuk menetralkan pH sampai 11, didapatkan hasil yaitu lapisan eter pewarnaan hijau pucat yang memiliki berat jenis 1,01 g/ml. Hal ini sesuai dengan 28annin28ure Rice & Coke (1968) yang menyebutkan bahwa ekstrak daun 28annin diuapkan dengan *28annin rotary evaporator* menjadi produk sirup coklat kehijauan. Setelah didapatkan produk sirup coklat kehijauan selanjutnya dianalisis menggunakan LCMS. Pada analisis ekstrak daun pepaya menggunakan LCMS menunjukkan grafik yang memiliki 16 puncak atau *peak* area yang berbeda-beda. Hasil LCMS ekstrak daun pepaya disajikan pada Gambar 9.





Gambar 9. Hasil Analisis Komponen Ekstrak Daun Pepaya Menggunakan LCMS

Hasil analisis LCMS dengan peninjauan berat molekul 479-480 g/mol menghasilkan puncak pada waktu 3,25 menit yang sesuai dengan berat molekul senyawa *karpain* 478 g/mol dan berat molekul senyawa *dehidrokarpain* 478 g/mol. Analisis LCMS menunjukkan terdapat 16 puncak (Gambar 9). Dalam 16 puncak diantaranya yaitu, puncak ke-1 memiliki luas area 12,55%, puncak ke-2 15,99%, puncak ke-3 2,61%, puncak ke-4 11,03, puncak ke-5 0,28%, puncak ke-6 3,35%, puncak ke-7 4,79%, puncak ke-8 0,59%, puncak ke-9 34,7%, puncak ke-10 0,51%,

puncak ke-11 3,72%, puncak ke-12 4,61%, puncak ke-13 11,57%, puncak ke-14 1,71%, puncak ke-15 0,95% dan puncak ke-16 0,83%. Dan pada grafik hasil analisis LCMS ekstrak daun pepaya terdapat 2 puncak yang paling tinggi, yaitu puncak ke-9 dan puncak ke-13. Pada puncak ke-9 dan ke-13 merupakan senyawa *karpain* dan *dehidrokrpain* yang memiliki luas area 46,27%. Maka dalam ekstrak daun 30annin mengandung 46,27% senyawa *karpain* dan *dehidrokarpain* yang sebagai antijamur. Hal tersebut sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa kandungan zat aktif pada 30annin yang bersifat antijamur diantaranya ialah *flavonoid*, *karpain*, *dehidrokarpain*, *papain*, *karposit* dan *30annin* (Rosita, 2010). Semangun (1991) menyebutkan bahwa senyawa-senyawa seperti minyak, asam-asam, *ester*, senyawa fenol, asam amino, *glicosic*, enzim-enzim, *alkaloid* dan ion-ion organik yang terdapat pada tanaman atau bagian tanaman mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur patogen.

4.2 Isolasi dan Identifikasi Jamur *Colletotrichum capsici* pada Cabai Merah Besar

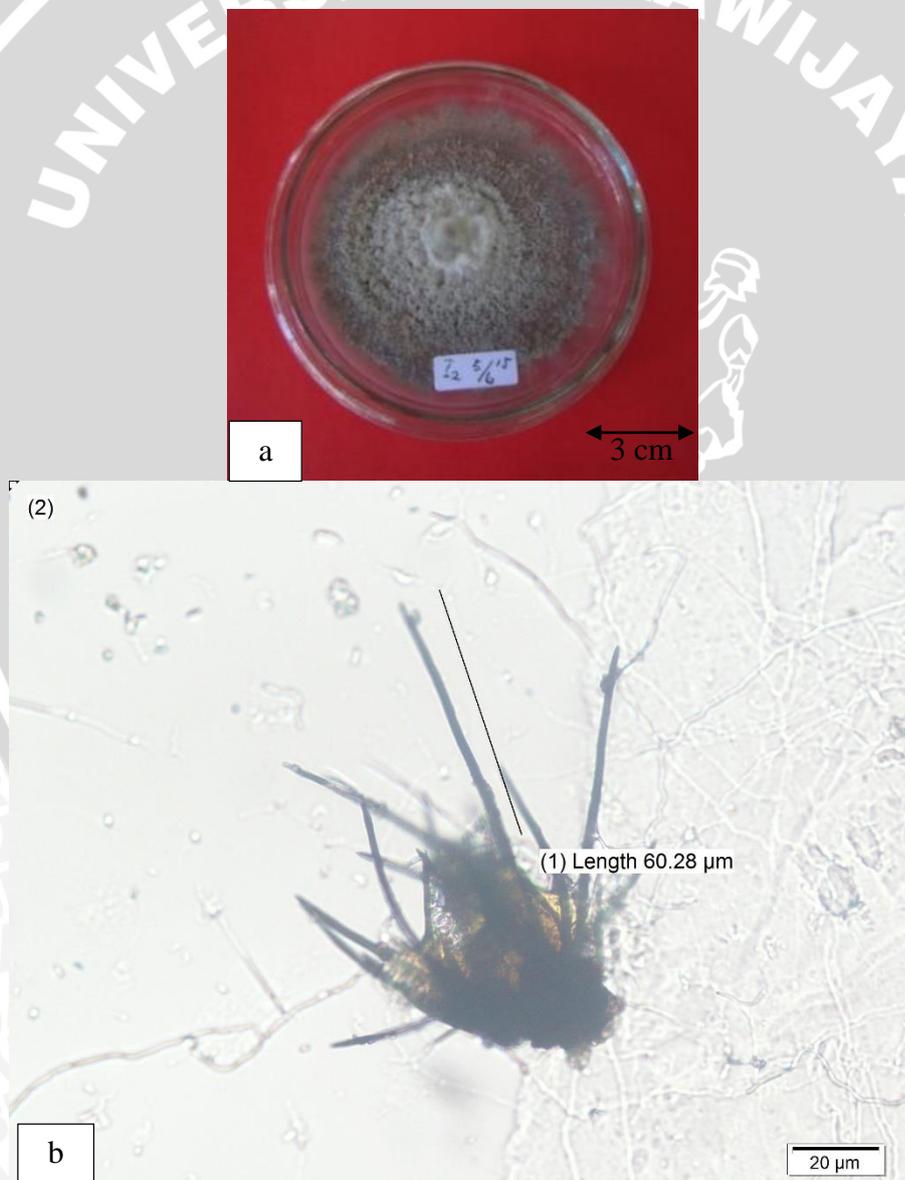
Gejala serangan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur patogen *C. capsici* pada cabai merah besar dari hasil uji Postulat Koch yaitu terdapat bintik-bintik kecil kemudian meluas menjadi kahitaman dan melekok ke dalam sehingga buah menjadi mengerut (Gambar 10). Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa gejala awal penyakit antraknosa berupa bintik-bintik kecil yang berwarna kehitam-hitaman dan sedikit melekok dan serangan yang lebih lanjut mengakibatkan buah mengerut, kering, membusuk dan jatuh (Prabawati *et al.*, 1991).

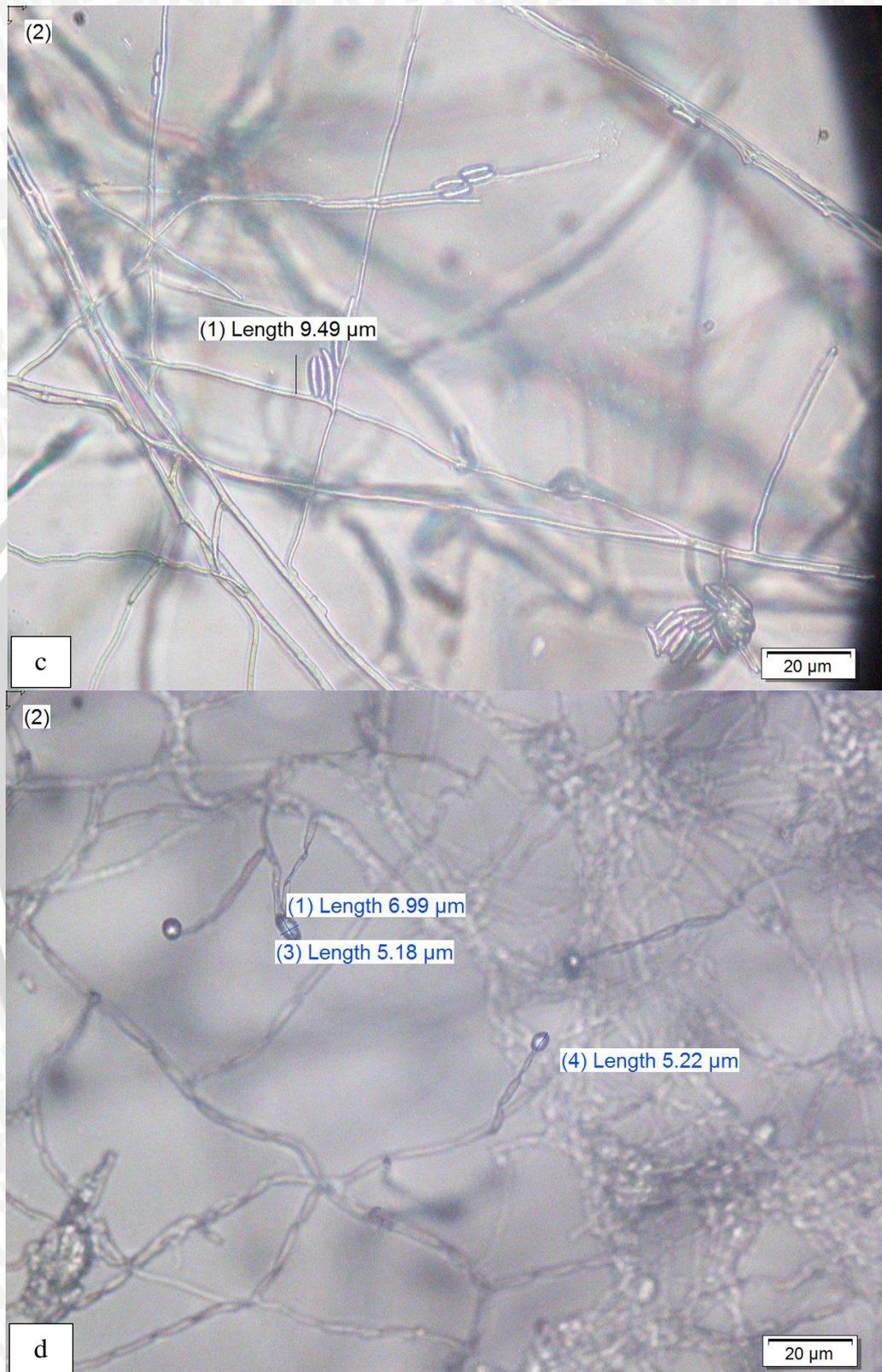


Gambar 10. Gejala Antraknose oleh *C. capsici* pada Uji Postulat Koch

Isolasi jamur patogen dari buah cabai merah besar pada media PDA menunjukkan gejala penyakit antraknosa, dan dari hasil pengamatan makroskopis didapatkan koloni dari biakan murni jamur *C. capsici*. Pada awal pertumbuhan

koloni jamur *C. capsici* berwarna putih keabu-abuan dengan permukaan agak kasar, bertekstur tebal, memiliki lingkaran konsentris dan pola sebaran koloni beraturan serta rapat. Koloni jamur *C. capsici* dapat memenuhi cawan petri (*full plate*) yang memiliki diameter 9 cm dalam waktu 9 hari pada media PDA. Semangun (2000) mengemukakan bahwa pertumbuhan awal jamur *C. capsici* membentuk koloni miselium yang berwarna putih dengan miselium yang timbul di permukaan, kemudian secara perlahan-lahan miselium berubah menjadi hitam dan akhirnya berbentuk aservulus. Sedangkan pada pengamatan mikroskopis jamur *C. capsici* memiliki konidia seperti bulan sabit tidak bersekat, konidiofor tidak bercabang, terdapat apresorium dan seta yang berwarna coklat gelap (Gambar 11).





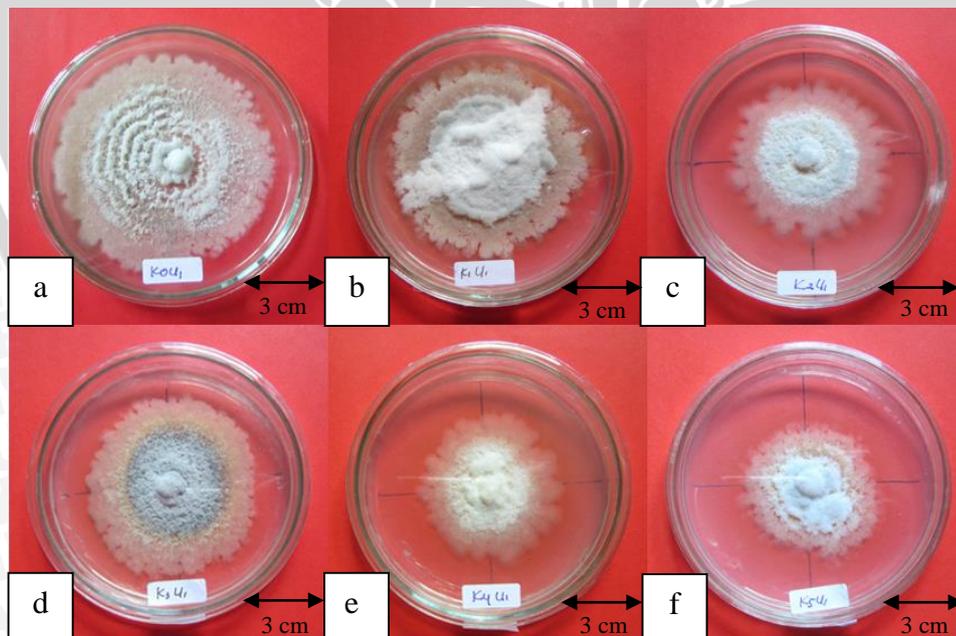
Gambar 11. Jamur *Colletotrichum capsici* yang Diisolasi dari Buah Cabai Merah Besar (a) Biakan murni jamur *C. capsici* pada cawan petri berdiameter 9 cm (b) seta jamur *C. capsici* (c) konidia *C. capsici* (d) apotesium jamur *C. capsici*

4.3 Pengujian Senyawa *Karpain* Daun Pepaya secara *In Vitro* dengan Metode Peracunan Makanan terhadap Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum capsici*

a. Penghambatan Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur Patogen *C. capsici*

Pada penghambatan pertumbuhan jamur *C. capsici* dapat dilihat dari luas koloni yang menandakan jamur tidak mampu tumbuh dan ketebalan koloni yang berhubungan dengan kemampuan bersporulasi. Gambar 12 menunjukkan bahwa luas koloni pada kontrol lebih luas dibandingkan dengan luas koloni konsentrasi yang lain. Maka keadaan tersebut menunjukkan bahwa senyawa *karpain* mampu menghambat pertumbuhan serta perkembangan dari jamur *C. capsici*.

Metode peracunan makanan secara *in vitro* dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan koloni jamur patogen *C. capsici* dengan cara mengukur diameter koloni jamur pada cawan petri yang memiliki diameter 9 cm dengan 6 perlakuan konsentrasi senyawa *karpain*, diulang sebanyak 3 kali dan diamati selama 14 hari setelah inokulasi (hsi). Setelah dilakukan pengujian senyawa *karpain* terhadap pertumbuhan jamur *C. capsici* menunjukkan bahwa pertumbuhan diameter koloni jamur patogen *C. capsici* yang ditambah senyawa *karpain* pada media PDA bertambah setiap harinya. Rata-rata diameter pertumbuhan koloni jamur patogen *C. capsici* disajikan pada Tabel 3.



Gambar 12. Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur *C. capsici* Akibat Perlakuan Senyawa *Karpain* secara *In Vitro* pada Akhir Pengamatan (hari ke 14). (a) kontrol (0 ppm), (b) 0,5 ppm, (c) 1,5 ppm, (d) 4,5 ppm, (e) 13,5 ppm, (f) 40,5 ppm

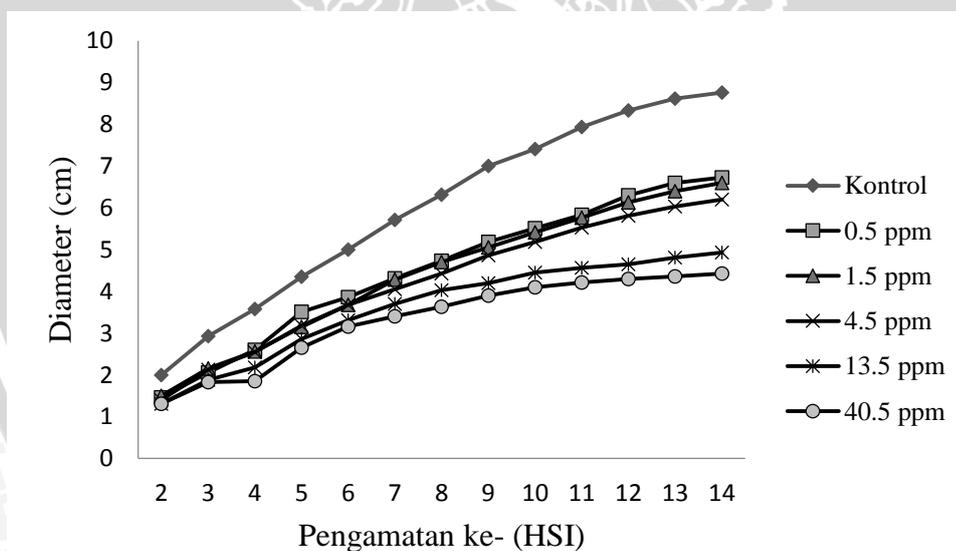
Tabel 3. Rata-Rata Diameter Jamur *C. capsici* Akibat Perlakuan Senyawa *Karpain* Metode Peracunan Makanan

Konsentrasi	Rata-Rata Diameter Jamur <i>C. capsici</i> (cm) pada Pengamatan Hari Setelah Inokulasi												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kontrol	2,03 a	2,93 a	3,58 a	4,35 a	5 a	5,71 a	6,31 a	7 a	7,41 a	7,93 a	8,33 a	8,61 a	8,76 a
0,5 ppm	1,46 b	2,06 b	2,6 b	3,51 b	3,86 b	4,31 b	4,73 b	5,18 b	5,51 b	5,83 b	6,3 b	6,6 b	6,73 b
1,5 ppm	1,5 b	2,16 b	2,56 b	3,15 c	3,68 bc	4,28 b	4,7 b	5,05 b	5,41 b	5,76 b	6,13 b	6,4 b	6,6 b
4,5 ppm	1,4 b	2,13 b	2,55 b	3,18 c	3,68 bc	4,05 bc	4,43 bc	4,86 bc	5,18 bc	5,53 bc	5,81 b	6,03 b	6,2 b
13,5 ppm	1,31 b	1,88 c	2,18 bc	2,86 d	3,31 cd	3,7 bc	4,03 bc	4,2 bc	4,45 bc	4,56 bc	4,65 c	4,81 c	4,93 c
40,5 ppm	1,31 b	1,83 c	1,85 c	2,65 d	3,16 d	3,4 d	3,63 c	3,9 c	4,1 c	4,21 c	4,3 c	4,36 c	4,43 c

Keterangan : Angka pada kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang berbeda, maka berbeda nyata berdasarkan Uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Berdasarkan analisis ragam (Lampiran 6) perlakuan berbagai konsentrasi senyawa *karpain* memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap pertumbuhan diameter koloni jamur patogen *C. capsici*. Pada tabel 3 untuk perlakuan kontrol memiliki diameter koloni jamur patogen *C. capsici* lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi 40,5 ppm. Pada pengamatan ke-14 konsentrasi 40,5 ppm pertumbuhan diameter koloni jamur patogen *C. capsici* paling rendah memiliki rata-rata 4,43 cm. Sedangkan kontrol memiliki rata-rata 8,76 cm, konsentrasi 0,5 ppm memiliki rata-rata 6,73 cm, konsentrasi 1,5 ppm memiliki rata-rata 6,6 cm, konsentrasi 4,5 ppm memiliki rata-rata 6,2 cm dan konsentrasi 13,5 ppm rata-rata memiliki 4,93 cm. Penambahan ukuran luas diameter koloni jamur *C. capsici* terus bertambah mulai dari pengamatan pertama setelah inokulasi hingga pengamatan terakhir.

Rata-rata pertumbuhan diameter koloni jamur *C. capsici* pada berbagai perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* dengan metode peracunan makanan disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Rata-Rata Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur Patogen *C. capsici* pada Berbagai konsentrasi Senyawa *Karpain* Metode Peracunan Makanan

Pada gambar 13 pertumbuhan diameter koloni jamur patogen *C. capsici* bertambah dari hari setelah inokulasi sampai hari ke-14 pengamatan. Untuk pertumbuhan diameter koloni jamur patogen *C. capsici* yang paling tinggi yaitu pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan senyawa *karpain*), mulai dari hari ke-2

setelah inokulasi sampai hari ke-14 memiliki rata-rata diameter 8,76 cm. Sedangkan pertumbuhan diameter koloni jamur patogen *C. capsici* yang paling rendah yaitu perlakuan konsentrasi 40,5 ppm, dan pada perlakuan konsentrasi tersebut media PDA ditambahkan senyawa *karpain* dari ekstrak daun pepaya dengan konsentrasi 40,5 ppm. Rata-rata diameter koloni jamur *C. capsici* pada konsentrasi 40,5 ppm yaitu 4,43 cm pada hari ke-14. Maka, dengan bertambahnya konsentrasi senyawa *karpain* mampu menghambat pertumbuhan koloni jamur patogen *C. capsici*. Chaves-Quintal (2011) mengemukakan bahwa ekstrak daun pepaya yang mengandung senyawa *alkaloid karpain* dapat menghambat pertumbuhan miselia jamur *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium* sp., dan *Collectotrichum gloeosporioides*.

Rata-rata persentase hambatan jamur *C. capsici* akibat penambahan senyawa *karpain* dari ekstrak daun pepaya disajikan pada Tabel 4.



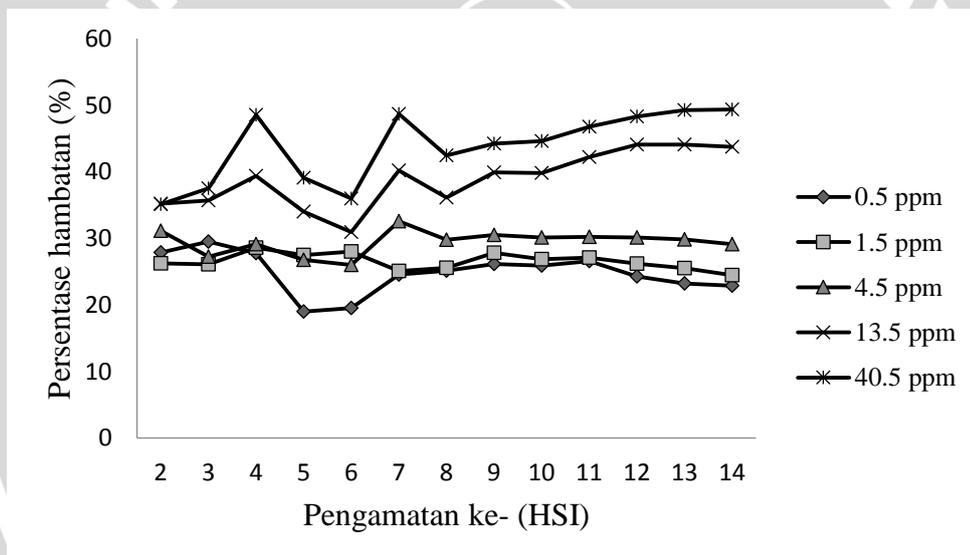
Tabel 4. Rata-Rata Persentase Hambatan Jamur *Colletotrichum capsici* Akibat Perlakuan Senyawa *Karpain* Metode Peracunan Makanan

Konsentrasi	Rata-Rata Persentase Hambatan Jamur <i>C. capsici</i> (%) pada Pengamatan Hari Setelah Inokulasi												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0.5 ppm	27,86 a	29,49 a	27,77 a	19,02 a	19,52 a	24,57 a	25,15 a	26,14 a	25,89 a	26,6 a	24,3 a	23,21 a	22,89 a
1.5 ppm	26,23 a	26,08 a	28,59 a	27,51 ab	28 ab	25,08 a	25,58 a	27,85 a	26,86 a	27,11 a	26,2 a	25,52 a	24,45 a
4.5 ppm	31,15 a	27,24 ab	29,12 a	26,78 ab	25,99 abc	32,59 ab	29,81 ab	30,5 ab	30,12 a	30,21 ab	30,12 ab	29,85 ab	29,12 ab
13.5 ppm	35,23 a	35,7 bc	39,38 ab	34,03 bc	30,96 bc	40,22 ab	36,11 ab	39,9 ab	39,8 a	42,22 ab	44,09 bc	44,09 bc	43,77 bc
40.5 ppm	35,11 a	37,52 c	48,54 b	39,08 c	35,99 c	48,68 b	42,47 b	44,25 b	44,63 a	46,75 b	48,32 c	49,25 c	49,36 c

Keterangan : Angka pada kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang berbeda, maka berbeda nyata berdasarkan Uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Berdasarkan analisis ragam (Lampiran 7) menunjukkan bahwa pada berbagai perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap pertumbuhan koloni jamur *C. capsici* yang diisolasi dari buah cabai merah besar. Pada Tabel 4 hari ke-2 setelah inokulasi sampai pengamatan terakhir yaitu hari ke-14 presentase hambatan meningkat setiap harinya. Presentase hambatan yang paling tinggi yaitu pada perlakuan konsentrasi 40,5 ppm yaitu rata-rata hambatan pada hari ke-14 49,36%. Sedangkan presentase hambatan yang paling rendah yaitu pada perlakuan kontrol yaitu rata-rata hambatan 22,89% pada hari ke-14 atau pada pengamatan terakhir.

Rata-rata presentase hambatan diameter jamur *C. capsici* pada berbagai perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* dengan metode peracunan makanan disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Rata-Rata Presentase Penghambatan Diameter Jamur *Colletotrichum capsici* pada Berbagai Konsentrasi Senyawa *Karpain* Metode Peracunan Makanan

Pada Gambar 14 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi senyawa *karpain*, maka presentase untuk menghambat jamur patogen *C. capsici* juga semakin tinggi. Pelzcar dan Chan (1988) mengemukakan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang diperlakukan maka efektivitasnya terhadap jumlah konidia juga tinggi dan jumlah konidia yang terbentuk semakin sedikit. Berkurangnya jumlah konidia yang terbentuk juga dipengaruhi oleh efektivitas senyawa kimia yang terkandung terhadap luas koloni. Semakin besar luas koloni, maka jumlah konidia yang dihasilkan juga akan semakin bertambah, demikian sebaliknya. Maka hal

tersebut membuktikan bahwa senyawa *karpain* mampu menekan pertumbuhan koloni jamur *C. capsici*. Aniszewki (2007) mengemukakan bahwa senyawa *karpain* yang termasuk dalam senyawa *alkaloid* berperan dengan menghambat respirasi sel jamur. Adegoke dan Adebo-tayo (2009) juga mengemukakan bahwa senyawa *alkaloid* dapat menghambat sintesis asam nukleat, protein, dan membran fosfolipid. Dan senyawa *karpain* menghambat pertumbuhan jamur *C. capsici* yaitu tepatnya pada siklus sebelum terbentuknya hifa sekunder. Hal tersebut didukung dengan literatur yang menyebutkan bahwa mekanisme kerja senyawa *alkaloid* terhadap sel jamur yaitu dengan cara menetralkan enzim yang terkait dalam invasi jamur, merusak membran sel jamur, menghambat sistem enzim jamur sehingga mengganggu terbentuknya ujung hifa dan mempengaruhi sintesis asam nukleat dan protein (Djunaedy, 2008).

b. Berat Kering (Biomassa) Miselium *Colletotrichum capsici*

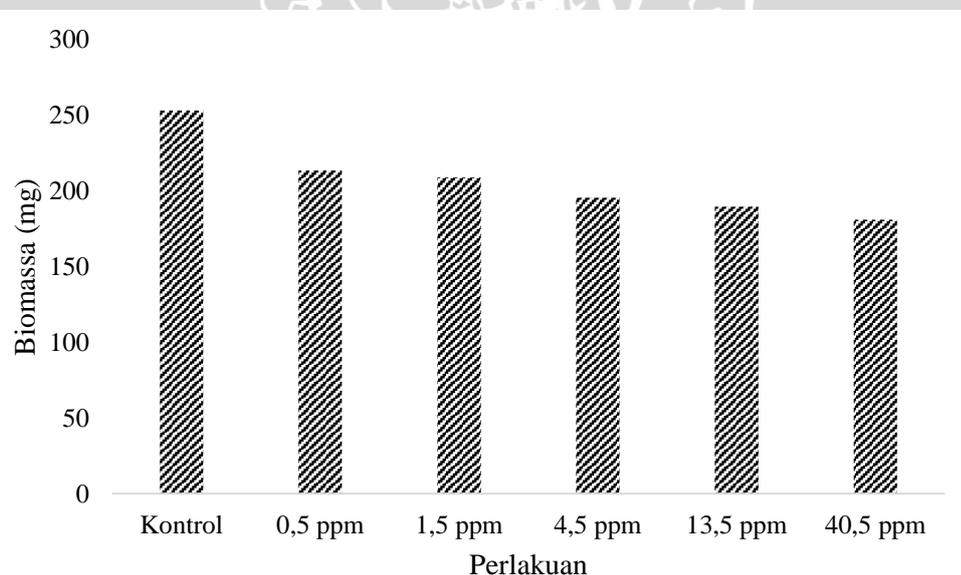
Pertumbuhan jamur patogen *C. capsici* dapat dilihat dari diameter koloni jamur, dan pada perkembangan jamur patogen *C. capsici* dapat dilihat dari tebal koloni. Tebal koloni jamur *C. capsici* dapat diketahui dengan berat kering miselium (biomassa) jamur tersebut. Berat kering miselium (biomassa) didapatkan dengan cara menimbang miselium jamur *C. capsici* yang sudah dipisahkan dengan media PDA pada hari terakhir pengamatan diameter koloni jamur *C. capsici* atau hari ke-14 setelah inokulasi jamur ke media PDA. Rerata berat kering (biomassa) miselium jamur *C. capsici* yang dipengaruhi oleh senyawa *karpain* untuk metode peracunan makanan pada pengamatan terakhir (hari ke-14 setelah inokulasi) disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-Rata Berat Kering (Biomassa) Miselium Jamur *Colletotrichum capsici* dengan Penambahan Senyawa *Karpain* Metode Peracunan Makanan Pada Hari ke-14 Setelah Inokulasi

Konsentrasi	Rata-rata Biomassa (mg)
Kontrol	253 a
0,5 ppm	213,2 a
1,5 ppm	208,73 a
4,5 ppm	195,3 a
13,5 ppm	189,43 a
40,5 ppm	180,83 a

Keterangan : Angka pada kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang sama, maka tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 8) menunjukkan bahwa semua perlakuan pemberian senyawa *karpain* dari ekstrak daun pepaya tidak memberikan pengaruh nyata dalam menghambat perkembangan koloni jamur *C. capsici*. Dan pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa hasil rata-rata berat kering (biomassa) miselium jamur *C. capsici* dengan perlakuan pemberian senyawa *karpain* dari ekstrak daun pepaya tidak memberikan pengaruh yang nyata.



Gambar 15. Rata-rata Berat Kering (Biomassa) Miselium Jamur *Colletotrichum capsici* Senyawa *Karpain* Metode Peracunan Makanan Pada Hari ke-14 Setelah Inokulasi

Pada gambar 15 koloni jamur *C. capsici* yang paling tipis pada perlakuan 40,5 ppm yaitu 180,83 mg, kemudian diikuti pada perlakuan 13,5 ppm yaitu 189,83 mg, perlakuan 4,5 ppm yaitu 195,3 mg, perlakuan 1,5 ppm yaitu 208,73 mg, perlakuan 0,5 ppm yaitu 213,2 mg dan kontrol yaitu 253 mg. Maka koloni jamur *C. capsici* yang paling tipis yaitu pada perlakuan pemberian senyawa *karpain* 40,5 ppm sebesar 180,83 mg, sedangkan koloni jamur yang paling tebal yaitu pada kontrol sebesar 253 mg. Dengan bertambahnya konsentrasi senyawa *karpain* yang diberikan maka koloni jamur *C. capsici* juga semakin tipis, hal tersebut karena adanya respon pemberian senyawa *karpain* yang aktif sebagai antijamur dan perkembangan jamur dapat ditekan.

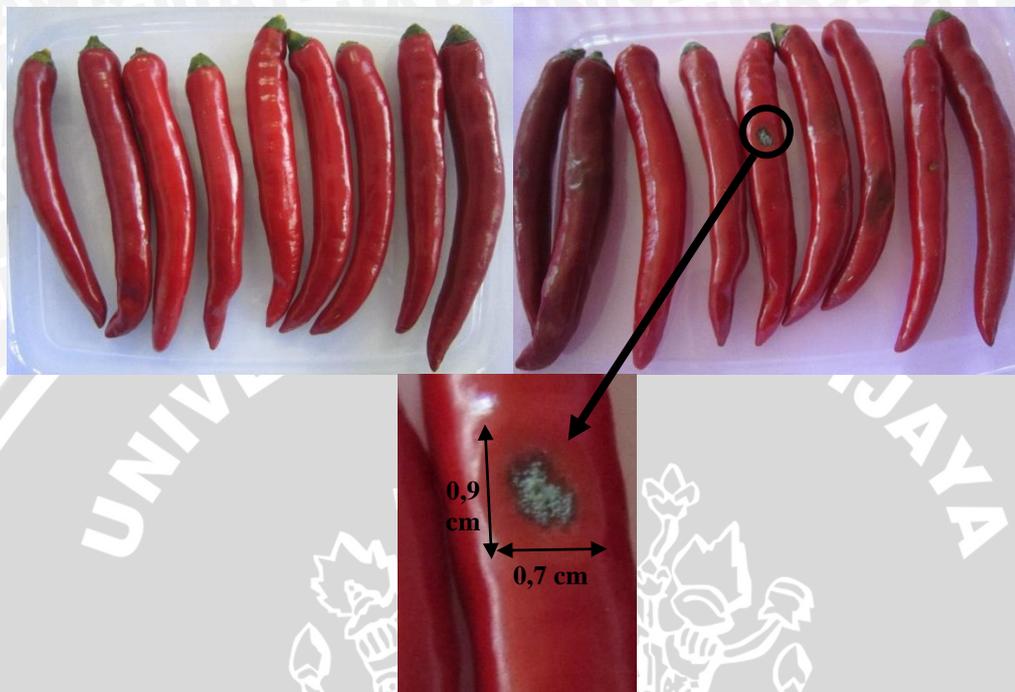
4.4 Pengujian Senyawa *Karpain* Daun Pepaya secara Uji *In Vivo* terhadap Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum capsici*

Pada uji *in vivo* menggunakan senyawa *karpain* dalam menekan pertumbuhan jamur *C. capsici* secara dilakukan dengan cara pengamatan pada buah cabai merah besar yang sudah direndam ke dalam senyawa *karpain* dengan berbagai konsentrasi, sedangkan pada perlakuan kontrol hanya direndam di dalam *aquades*. Kemudian seluruh perlakuan pada masing-masing buah cabai merah besar diinokulasi jamur *C. capsici*. Inokulasi jamur *C. capsici* pada buah cabai merah besar dilakukan dengan metode pelukaan dan tetes. Masing-masing cabai diberi 3 lubang luka pada permukaan cabai. Pengamatan dilakukan mulai awal munculnya gejala hingga 14 HSI. Dan untuk parameter pengamatan terdapat parameter diameter pertumbuhan gejala penyakit antraknosa pada buah cabai merah besar, serta intensitas penyakit antraknosa pada buah cabai merah besar.

a. Luas Gejala Penyakit Antraknosa Akibat Jamur *C. capsici* pada Buah Cabai Merah Besar

Pada pengujian secara *in vivo* dilakukan untuk mengetahui potensi hambatan senyawa *karpain* dari ekstrak daun pepaya terhadap panjang gejala penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur patogen *C. capsici*. Pengamatan panjang gejala penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. capsici* pada cabai merah besar dilakukan setelah inokulasi selama 14 hari, maka terdapat 14 kali pengamatan. Gambar 16 menunjukkan bahwa gejala penyakit yang disebabkan oleh

jamur *C. capsici* pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan senyawa *karpain*) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang yang lain. Rata-rata luas gejala penyakit antraknosa yang disebabkan *C. capsici* yang diberi senyawa *karpain* dengan berbagai konsentrasi disajikan pada Tabel 6.



Gambar 16. Tampilan Gejala Penyakit Antraknosa Akibat *C. capsici* pada Buah Cabai Merah Besar yang Ditunjukkan oleh Tanda Panah (bawah) dan Buah Cabai Merah Sehat Tidak Muncul Gejala Antraknosa (kiri atas)

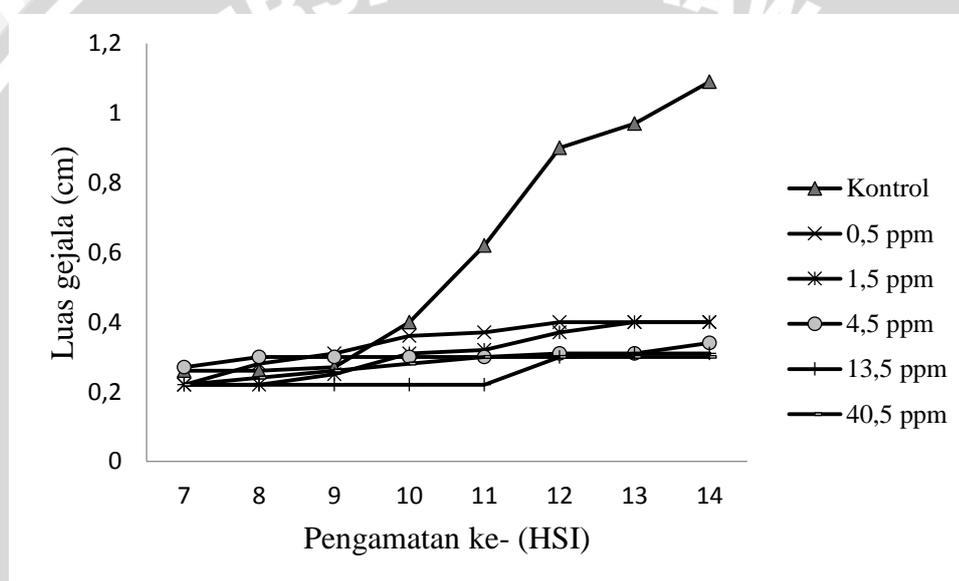
Tabel 6. Rata-rata Luas Gejala Penyakit Antraknosa yang Disebabkan Jamur *Colletotrichum capsici* pada Cabai Merah Besar Akibat Penambahan Senyawa *Karpain* secara *In Vivo*

Konsentrasi	Rata-rata Luas Gejala Penyakit Antraknosa (cm) pada Pengamatan Hari Setelah Inokulasi							
	7	8	9	10	11	12	13	14
Kontrol	0,26 a	0,26 a	0,27 a	0,4 a	0,62 a	0,9 a	0,97 a	1,09 a
0,5 ppm	0,22 a	0,28 a	0,31 a	0,36 a	0,37 b	0,4 b	0,4 b	0,4 b
1,5 ppm	0,22 a	0,22 a	0,25 a	0,31 a	0,32 b	0,37 b	0,4 b	0,4 b
4,5 ppm	0,27 a	0,3 a	0,3 a	0,3 a	0,3 b	0,31 b	0,31 b	0,31 b
13,5 ppm	0,22 a	0,22 a	0,22 a	0,22 a	0,22 b	0,3 b	0,31 b	0,34 b
40,5 ppm	0,22 a	0,24 a	0,26 a	0,28 a	0,3 b	0,3 b	0,3 b	0,3 b

Keterangan : Angka pada kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang sama, maka tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Berdasarkan hasil analisis anova menunjukkan bahwa panjang gejala penyakit jamur *C. capsici* memberikan pengaruh nyata pada pertumbuhan secara *in vivo* pada pengamatan ke-11 sampai 14, namun tidak berbeda nyata pada pengamatan ke-7 sampai ke-10 (Lampiran 9). Dan pada Tabel 6 untuk luas gejala penyakit yang disebabkan oleh jamur *C. capsici* yang diisolasi dari buah cabai merah besar dengan pemberian senyawa *karpain* ekstrak daun pepaya pada berbagai konsentrasi meningkat setiap hari.

Grafik panjang gejala penyakit antraknosa yang disebabkan jamur *C. capsici* pada cabai merah besar pada berbagai perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* secara *in vivo* disajikan pada Gambar 17.



Gambar 17. Rata-Rata Luas Gejala Penyakit Antraknosa yang Disebabkan Jamur *Colletorichum capsici* pada Cabai Merah Besar Akibat Penambahan Senyawa *Karpain* secara *in vivo*

Pada Gambar 17 menunjukkan bahwa luas gejala penyakit antraknosa yang disebabkan jamur patogen *C. capsici* bertambah setiap hari mulai dari hari ke-7 setelah inokulasi sampai hari ke-14 pengamatan. Untuk luas gejala penyakit antraknosa yang paling tinggi yaitu pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan senyawa *karpain*) yaitu rata-rata 1,09 cm pada pengamatan ke- 14. Sedangkan luas gejala penyakit antraknosa yang paling rendah yaitu pada perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* 40,5 ppm, yang memiliki rata-rata yaitu 0,3 cm pada hari ke-14. Maka semakin bertambahnya konsentrasi senyawa *karpain*, luas gejala antraknosa yang disebabkan jamur *C. capsici* semakin rendah. Dan hal tersebut terbukti bahwa

senyawa *karpain* mampu menghambat pertumbuhan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. capsici*. Rosita (2010) mengemukakan bahwa salah satu senyawa yang banyak ditemukan pada daun pepaya adalah senyawa *karpain* yang berpotensi sebagai antijamur.

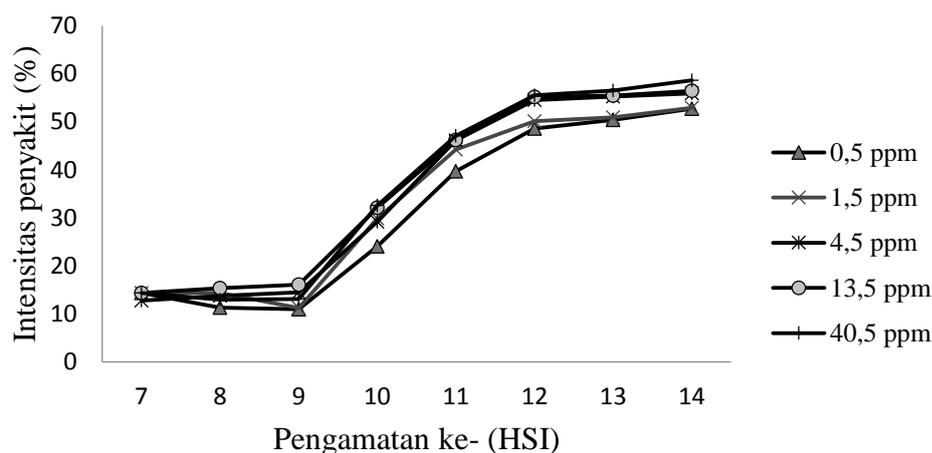
b. Intensitas Serangan Penyakit Antraknosa Akibat Jamur *C. capsici* pada Cabai Merah Besar

Berdasarkan dari tabel annova (Lampiran 10) menunjukkan bahwa pada berbagai perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* terhadap pertumbuhan koloni jamur *C. capsici* yang diisolasi dari buah cabai merah besar tidak berbeda nyata. Pada Tabel 7 rata-rata presentase intensitas penyakit antraknosa akibat serangan jamur *C. capsici* dengan penambahan senyawa *karpain* dari ekstrak daun pepaya pada berbagai perlakuan konsentrasi yang diujikan pada cabai merah besar menunjukkan tidak adanya pengaruh. Kemudian intensitas penyakit pada pengamatan ke-10 sampai ke-14 semakin bertambah dengan semakin bertambahnya konsentrasi. Maka semakin tinggi konsentrasi senyawa *karpain* yang diberikan, intensitas penyakit juga semakin tinggi.

Tabel 7. Rata-rata Presentase Intensitas Penyakit Antraknosa yang Disebabkan Jamur *Colletotrichum capsici* pada Cabai Merah Besar Akibat Penambahan Senyawa *Karpain* secara *In Vivo*

Konsentrasi	Rata-rata Presentase Intensitas Penyakit Antraknosa (%) pada Pengamatan Hari Setelah Inokulasi							
	7	8	9	10	11	12	13	14
0,5 ppm	14,34 a	11,30 a	11,00 a	24,11 a	39,71 a	48,61 a	50,41 a	52,70 a
1,5 ppm	14,34 a	14,36 a	11,24 a	29,86 a	44,21 a	50,13 a	50,91 a	52,91 a
4,5 ppm	12,76 a	13,77 a	14,48 a	29,20 a	46,16 a	54,51 a	55,27 a	55,91 a
13,5 ppm	14,34 a	15,36 a	16,07 a	32,14 a	46,20 a	55,16 a	55,46 a	56,46 a
40,5 ppm	14,34 a	13,00 a	13,10 a	32,56 a	47,07 a	55,53 a	56,52 a	58,62 a

Keterangan : Angka pada kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang sama, maka tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%



Gambar 18. Rata-Rata Presentase Intensitas Penyakit Antraknosa yang Disebabkan Jamur *Colletorichum capsici* pada Cabai Merah Besar Akibat Penambahan Senyawa *Karpain* secara *In Vivo*

Pada Gambar 18 menunjukkan bahwa presentase intensitas penyakit antraknosa yang disebabkan jamur *C. capsici* menurun setiap harinya mulai dari pengamatan ke-7 sampai pada pengamatan ke-14. Tetapi semakin tinggi konsentrasi dari senyawa *karpain* yang diberikan maka semakin tinggi pula persentase intensitas penyakit dari jamur *C. capsici*. Untuk intensitas penyakit antraknosa yang paling tinggi yaitu pada perlakuan 40,5 ppm yaitu rata-rata 58,62% pada pengamatan ke- 14. Sedangkan untuk intensitas penyakit antraknosa yang paling rendah yaitu pada perlakuan kontrol yang memiliki rata-rata yaitu 52,70% pada pengamatan ke-14. Semakin bertambahnya konsentrasi senyawa *karpain*, intensitas penyakit antraknosa yang disebabkan jamur *C. capsici* semakin tinggi. Dan dengan menaikkan konsentrasi suatu fungisida sampai titik kritis dapat mematikan jamur, semakin tinggi konsentrasi yang diperlakukan maka efektivitasnya terhadap jumlah konidia juga tinggi dan jumlah konidia yang terbentuk semakin sedikit.

Berkurangnya jumlah konidia yang terbentuk juga dipengaruhi oleh efektivitas senyawa kimia yang terkandung terhadap luas koloni. Semakin besar luas koloni, maka jumlah konidia yang dihasilkan juga akan semakin bertambah, demikian sebaliknya (Pelzcar dan Chan, 1988). Maka hal tersebut terbukti bahwa senyawa *karpain* mampu menghambat pertumbuhan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. capsici*.

4.5 Pengaruh Konsentrasi Senyawa *Karpain* terhadap Penghambatan Pertumbuhan (EC₉₀) Jamur *Colletotrichum capsici*

Pada uji *in vitro* metode peracunan makanan dan uji *in vivo* menunjukkan aktivitas antifungi dari senyawa *karpain*. Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian yaitu 0,5; 1,5; 4,5; 13,5; dan 40,5 ppm. Dan konsentrasi yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *C. capsici* pada uji *in vitro* dan *in vivo* yaitu konsentrasi 40,5. Hersanti, *et. al.*, (2001) mengemukakan bahwa efektifitas fungisida nabati untuk mengendalikan penyakit tumbuhan yang disebabkan jamur patogen pada kisaran 90-96%. Sehingga dilakukan analisis probit untuk mengetahui EC₉₀ dari senyawa *karpain*. *Effective Concentration 90* (EC₉₀) yaitu konsentrasi senyawa uji yang mampu menyebabkan pertumbuhan jamur terhambat sebesar 90% serta menunjukkan pada konsentrasi berapa pertumbuhan jamur *C. capsici* dapat terhambat. Cara untuk mengetahui EC₉₀ dari senyawa *karpain* digunakan data persentase penghambatan hari terakhir pada pengamatan uji *in vitro* dan *in vivo*.

Berdasarkan dari hasil analisis probit menunjukkan bahwa pada uji *in vitro* metode peracunan makanan memiliki konsentrasi efektif senyawa *karpain* 111,682 ppm, sehingga dibutuhkan konsentrasi minimal senyawa *karpain* 111,682 ppm untuk menghambat pertumbuhan jamur *C. capsici* dengan nilai hambatan sebesar 90%. Sedangkan pada uji *in vivo* memiliki konsentrasi efektif senyawa *karpain* 354,672 ppm, sehingga dibutuhkan konsentrasi minimal senyawa *karpain* 354,672 ppm untuk menghambat pertumbuhan jamur *C. capsici* dengan nilai hambatan sebesar 90%. Widyaningsih, 2010 (*dalam* Kurniasih, 2014) mengemukakan bahwa nilai EC₉₀ berbanding terbalik dengan aktivitas antijamur suatu senyawa. Semakin besar nilai EC₉₀ maka aktivitas antijamur semakin kecil, artinya konsentrasi yang dibutuhkan untuk menghasilkan aktivitas antijamur sebesar 90% semakin besar. Dan untuk lebih jelasnya lihat table 8.

Tabel 8. Nilai EC₉₀ Senyawa *Karpain* dari Ekstrak Daun Pepaya

Perlakuan	EC ₉₀ (ppm)
<i>in vitro</i>	111,682
<i>In vivo</i>	354,672

Keterangan: Nilai EC₉₀ dan persamaan dihitung dengan program SPSS 17.

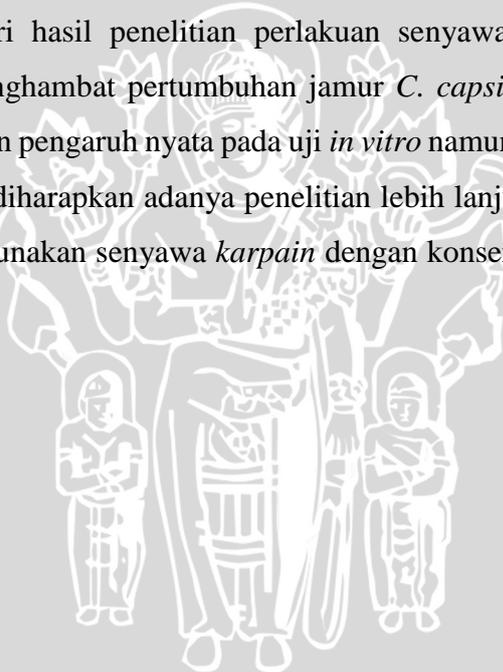
V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa senyawa *karpain* mampu menghambat pertumbuhan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. capsici* pada buah cabai merah besar secara *in vitro* maupun *in vivo*. Konsentrasi senyawa *karpain* yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *C. capsici* perlakuan *in vitro* maupun *in vivo* yaitu konsentrasi 40,5 ppm. Pada uji *in vitro* metode peracunan makanan memiliki EC_{90} sebesar 111,682 ppm, sedangkan untuk uji *in vivo* memiliki EC_{90} sebesar 354,672 ppm.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian perlakuan senyawa *karpain* berbagai konsentrasi dalam menghambat pertumbuhan jamur *C. capsici* pada buah cabai merah besar memberikan pengaruh nyata pada uji *in vitro* namun tidak berpengaruh pada uji *in vivo*. Maka diharapkan adanya penelitian lebih lanjut untuk efektivitas fungisida nabati menggunakan senyawa *karpain* dengan konsentrasi berbeda pada aplikasi lapangan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A. L. 2003. *Ilmu Penyakit Tumbuhan 3*. Bayumedia Publishing. Malang.
- Achmad dan E. P. Sari. 2009. *Pengaruh Media terhadap Pertumbuhan Cendawan *Fusarium oxysporum**. Buletin RISTRIB Bogor. 1(4).
- Adegoke, A. A. dan B. C. Adebayo-tayo. 2009. *Antibacterial Activity And Phytochemical Analysis of Leaf Extracts *Lasienthera africanum**. African Journal of Biotechnology 3(3):156.
- Adiyoga, W. dan T. A. Soetiarso. 1999. *Strategi Petani Dalam Mengelola Risiko Pada Usahatani Cabai*. Jurnal Hortikultura 8(4):1299-1311.
- Aniszewki, T. 2007. *Alkaloid Secrets of Life*. Amsterdam: Elsevier. 18.
- Balai Penelitian Hortikultura. 1993. *Materi Latihan PHT Tanaman Sayuran untuk Staf PT Sarana Agro Pratama*. Kerja sama Balai Penelitian Hortikultura Lembang dengan PT Sarana Agro Pratama. 112-113.
- Biro Pusat Statistik. 2013. *Data produksi sayuran Indonesia*. Jakarta.
- Chaelani, S. R. 2011. *Metode Penelitian Penyakit Tumbuhan*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Chavez-Quintal. 2011. *Antifungal Ativity in Ethanolic Extracts of *Carica papaya* L. Ana Gellegos-Tintore S Leaves and Seeds*. Indian Journal of Microbiology 51:54-60.
- Chen, Z., M. A. Nunes, M. C. Silva, dan C. J. Rodrigues. 2004. *Appressorium turgor pressure of *Colletotrichum kahawae* might have a role in coffee cuticle penetration*. Mycologia 96(6):199-1208.
- Coke, J. L. dan Jr. W. Y. Rice. 1968. *The absolut configuration of carpaine*. The Journal of Organic Chemistry 30:3420-3422.
- Cott, T. C. D. 2002. Botanical Name: *Capsicum annum* var. Minimum, Solanaceae. Western Materia Medica.
- Departemen Pertanian. 2013. *Produktivitas Cabai Indonesia*. Departemen Pertanian.
- Djunaedy, A. 2008. *Aplikasi Fungisida Sistemik dan Pemanfaatan Mikoriza dalam Pengendalian Patogen Tular Tanah pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)* 5(3):1-9.

- Duriat, A. S. 1996. *Teknologi Produksi Cabai Merah*. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang.
- Harpenas, Asep dan R. Dermawan. 2010. *Budidaya Cabai Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hariyono. 2007. *Uji Antagonis Beberapa Isolat Trichoderma sp. secara In vitro terhadap Ganoderma sp. Penyebab Penyakit Akar Merah pada Akasia (Acacia mangilum)*. Skripsi. FP-UB. Malang.
- Harris, R. 1987. *Tanaman Minyak Atsiri*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Herstanti, Fei Ling dan I. Zulkarnaen. 2001. *Pengujian Kemampuan Campuran Senyawa Benzothiadiazole 1%-Mankozeb 48% Dalam Meningkatkan Ketahanan Tanaman Cabai Merah Terhadap Penyakit Antraknosa*. Prosiding Kongres Nasional XVI dan Seminar Hasil. PFI Bogor.
- Istianto, M. dan Eliza. 2009. *Aktivitas Antijamur Minyak Atsiri terhadap Penyakit Antraknosa Buah Pisang di Penyimpanan pada Kondisi Laboratorium*. Balai Penelitian Tanaman buah tropika. J. Hort. 19(2):192-198.
- Kardinan, A. 1999. *Pestisida Nabati, pameran dan Aplikasi*. PT. Penebar Swadaya.
- Kilham, C. 2006. Chiles, The Hottest Health Promoters.
- Krhisna, K. I., M. Paridhavi, dan A. Jagruti. 2008. *Review on Nutritional, Medical Ana Pharmacological Properties of Papaya (Carica papaya Linn.)*. Institute of Pharmacy, Nirma University of Science & Tecnology India 7(4):364-373.
- Kurniasih, R. 2014. *Pengaruh Sitronelal Serai Wangi (Cymbopogon winterianus Linn) terhadap Penekanan Serangan Colletotrichum sp. pada Tanaman Bawang Daun (Allium fistulosum L.)*. Skripsi. Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Kusandriani, Y. dan A. H. Permadi. 1996. *Pemuliaan Tanaman Cabai*. Dalam Monograf Teknologi Produksi Cabai Merah.
- Kusandriani Y, dan A. Sumarna. 1993. *Respon Varietas Pada Beberapa Tingkat Kelembaban Tanah*. Buletin Penelitian Hortikultura. 25(1):1-8.
- Muhibuddin, A., L. Addina, A. L. Abadi dan A. Ahmad. 2011. *Biodiversity of Soil Fungi on Integrated Pest Management Farming System*. Agrivita 33(22):111-118.
- Muhlisah, F. 2003. *Tanaman Obat Keluarga*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Nurawan, A. 2006. *Perkembangan Penggunaan Pestisida Nabati dan Agenia Hayati Untuk Pengendalian OPT di Perkebunan Teh Rakyat*. Prosiding Seminar Nasional dan pameran Pestisida Nabati III. Bogor 21 Juli 2005. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.
- Nurmansyah. 2010. *Efektivitas Minyak Seraiwangi dan Sitronella terhadap Pertumbuhan Jamur *Phytophthora palmivora* Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao*. Kebun Percobaan Laing Solo Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Bul. Littro. 21(1):43–52.
- Pelczar, M. J. dan E. C. S. Chan. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jilid 2. UI Press. Jakarta.
- Prabawati, S. dan D. A. Sjaifullah. 1991. *Cendawan Penyebab Kerusakan Buah Pepaya Selama Penyimpanan Dan Pemasaran Serta Pengendaliannya*. Jurnal Hortikultura 1(3):47-53.
- Prasetyowati, A. 2003. *Pengaruh Minyak Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *Colletroticum capsici* Penyebab Penyakit Antraknosa pada Cabai Besar (*Capsicum annum* L.)*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Rosita, N. 2010. *Pengaruh Air Rebusan Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap Pertumbuhan *Candida albicans* yang diisolasi dari Bahan Usapan Muara Vagina Penderita Keputihan*. Skripsi. Biologi Fakultas MIPA, UM: Malang.
- Rusli, I., Mardinus dan Zulpadli. 1997. *Penyakit Antraknosa Pada Buah Cabai di Sumatera Barat*. Prosiding Kongres Nasional XVI dan Seminar Hasil. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia.
- Semangun, 1991. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gama Press. Yogyakarta.
- Semangun, H. 2000. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Pres.
- 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.
- Syamsudin. 2003. *Pengendalian Penyakit Terbawa Benih (Seedborn Disease) pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) Menggunakan Agen Biokontrol dan Ekstrak Botani*. Makalah Falsafah Sains. Program Pascasarjana. IPB.
- Tjahjadi, Nur. 1991. *Bertanam Cabai*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Yulianty, MSi. Dra. 2006. *Pengaruh pH Terhadap Pertumbuhan Jamur Colletotrichum capsici Penyebab Antraknosa pada Cabai (Capsicum annum L.)*. Lampung.



Lampiran 1. Hasil Identifikasi Tanaman Pepaya



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN
TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS MIPA
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia, Telp-fax : +62-341-575841
<http://biologi.ub.ac.id>, e-mail: biology@ub.ac.id

SURAT KETERANGAN IDENTIFIKASI

No. 0171/Takso. Identifikasi/03/2015

Kepala Laboratorium Taksonomi, Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, menerangkan bahwa spesimen yang dibawa oleh:

Nama : Kumil Laila (NIM 115040207111033)

Instansi : Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

Berdasarkan deskripsi karakter dan kunci identifikasi pada Flora of Java (Backer dan Van den Brink, 1968), volume I, halaman 314, diidentifikasi sebagai:

Familia : Caricaceae
Genus : *Carica*
Species : *Carica papaya* L.
Nama lokal : Pepaya

Berdasarkan deskripsi karakter dan kunci identifikasi pada Flora of Java (Backer dan Van den Brink, 1968), volume I, halaman 314 dan <https://id.wikipedia.org/wiki/pepaya>, diidentifikasi sebagai:

Familia : Caricaceae
Genus : *Carica*
Species : *Carica papaya* Var. California
Nama lokal : Pepaya California

Familia : Caricaceae
Genus : *Carica*
Species : *Carica papaya* Var. Taiwan
Nama lokal : Pepaya Taiwan

Demikian surat keterangan identifikasi ini dibuat untuk digunakan seperlunya.

Malang, 21 Agustus 2015

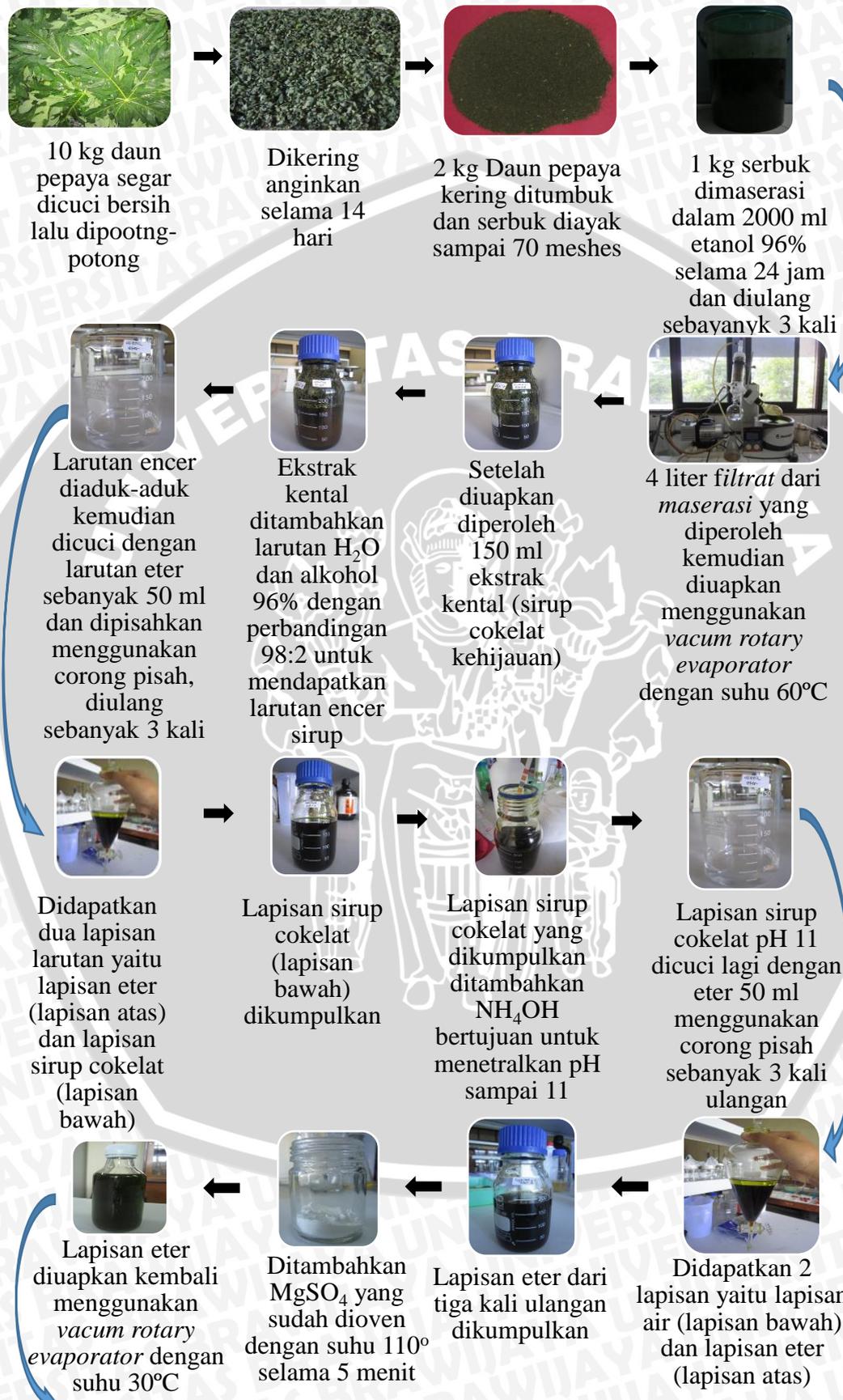
Kepala Laboratorium

Dr. Serafinah Indriyani, M.Si
NIP. 19630909-198802-2.001

LABORATORIUM TAKSONOMI



Lampiran 2. Cara Kerja Ekstraksi Daun Pepaya





Didapatkan 15 ml produk karpain.



Produk karpain dianalisis LC-MS di laboratorium Teknik kimia, Politeknik Negeri Malang.



Menghitung berat jenis (BJ) dengan rumus:

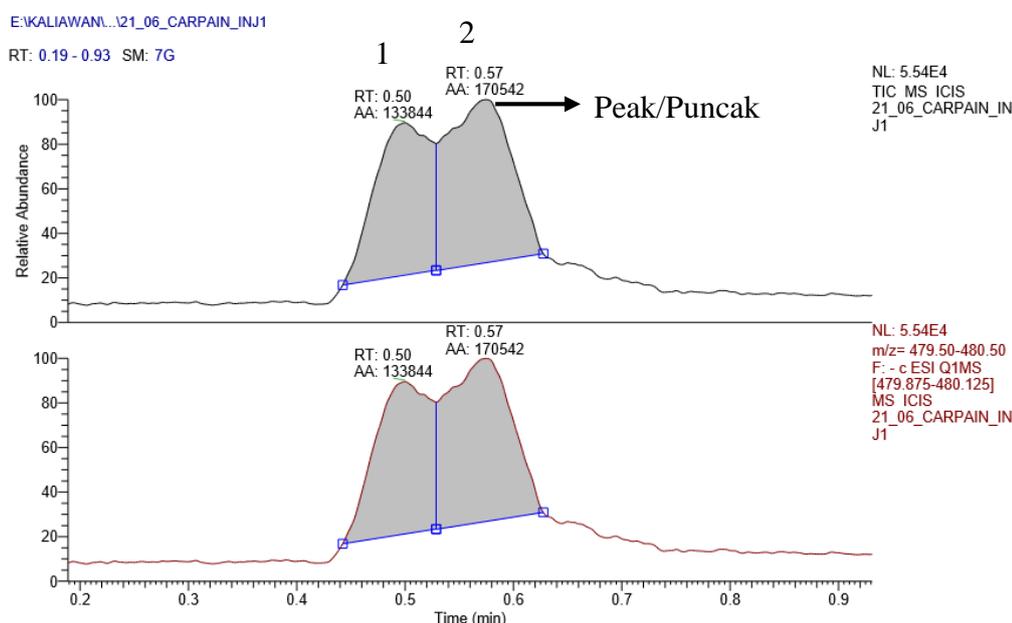
$$BJ = \frac{\text{berat larutan (gr)}}{\text{volume wadah (ml)}}$$



Lampiran 3. Cara Menentukan Senyawa *Karpain*

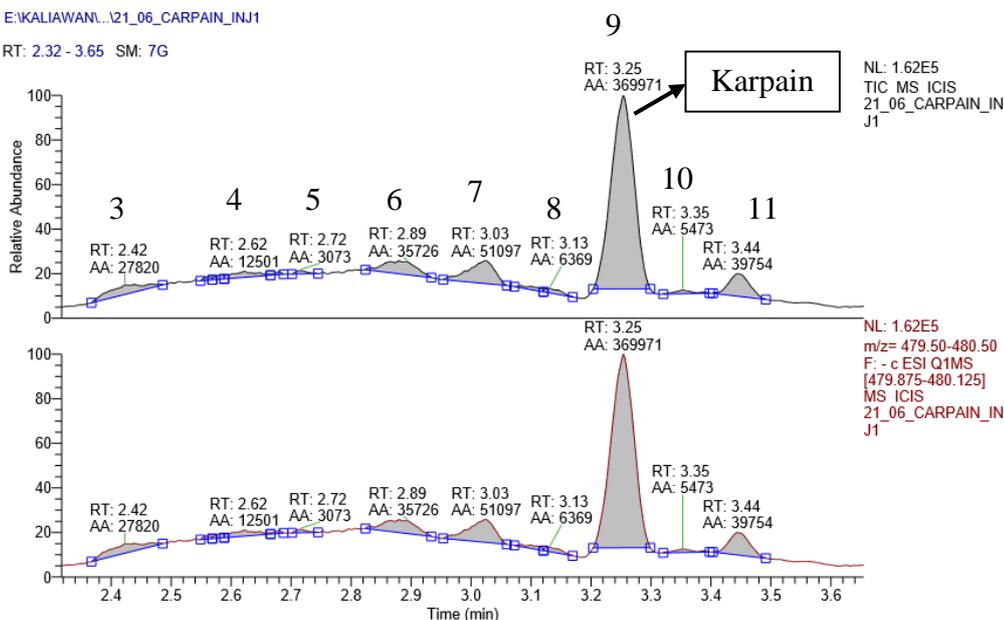
Dalam menentukan senyawa *karpain* terdapat langkah-langkah yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Mengetahui berat molekul dari senyawa yang akan diamati. Pada senyawa *karpain* dan *dehidrokarpain* memiliki berat molekul 478 g/mol.
2. Pada analisis LCMS untuk menentukan senyawa *karpain* ditembak atau ditinjau dengan target berat molekul 478 g/mol yang dimiliki senyawa *karpain* dan *dehidrokarpain*.
3. Didapatkan hasil analisis LCMS seperti pada gambar di bawah.



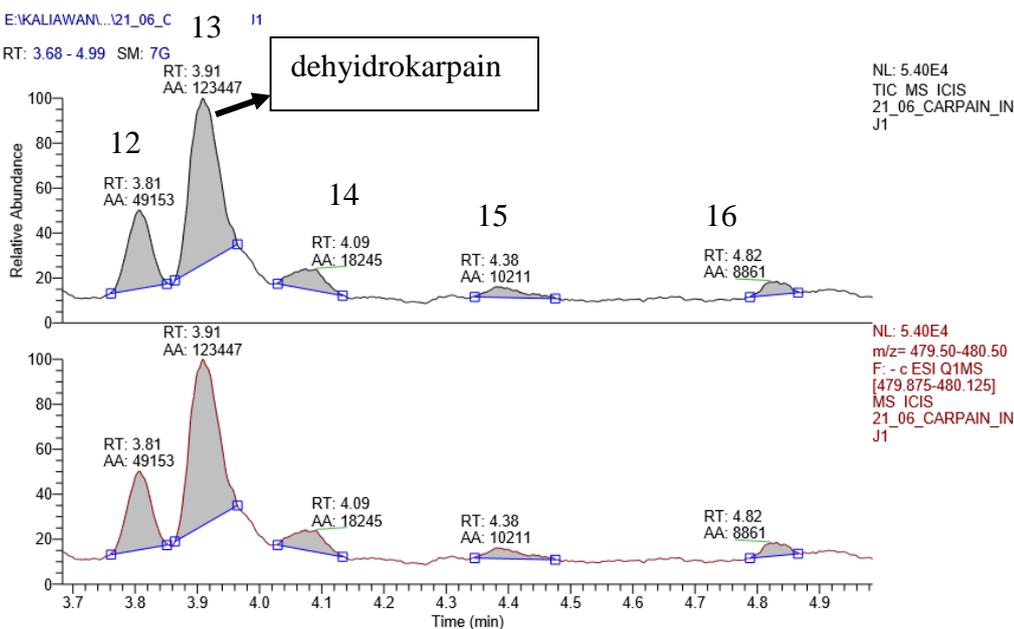
E:\KALIAWAN...21_06_CARPAIN_INJ1

RT: 2.32 - 3.65 SM: 7G



E:\KALIAWAN...21_06_C

RT: 3.68 - 4.99 SM: 7G



4. Pada hasil analisis LCMS dengan peninjauan target berat 478 g/mol, pada peak atau puncak ke 9 dan 13 muncul senyawa *karpain* dan *dehidrokarpain*. Senyawa *karpain* memiliki luas area 34,7% sedangkan senyawa *dehidrokarpain* memiliki luas area 11,57%. Maka untuk menentukan kebutuhan senyawa dalam pembuatan larutan stok yaitu dari luas area senyawa *karpain* 34,7% ditambah luas area senyawa *dehidrokarpain* 11,57%, sehingga didapatkan luas area keseluruhan 47,27% yang akan digunakan untuk menentukan kebutuhan larutan stok serta penentuan konsentrasi.

5. Setelah didapatkan luas area senyawa, selanjutnya mengukur berat jenis senyawa *karpain*. Cara mengukur berat jenis yaitu menimbang gelas ukur 10 ml yang masih kosong (volume wadah) didapatkan 46,43 ml. Kemudian ambil 1 ml senyawa, masukkan ke dalam gelas ukur lalu ditimbang (berat larutan) didapatkan 47,15 g. Dan masukkan ke dalam rumus berat jenis (BJ):

$$\begin{aligned} \text{BJ} &= \frac{\text{Berat larutan (g)}}{\text{Volume wadah (ml)}} \\ &= 47,15/46,43 \\ &= 1,01 \text{ g/ml} \end{aligned}$$

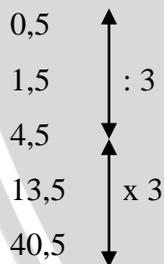
6. Setelah didapatkan luas area dan berat jenis senyawa *karpain*, selanjutnya menghitung konsentrasi yang akan digunakan dalam penelitian. Rumus dan perhitungan konsentrasi yaitu:

$$\begin{aligned} [\text{C}] &= \text{Kandungan senyawa } karpain \text{ hasil LCMS} \times \text{Berat Jenis } karpain \\ &= 46,27\% \times 1,01 \text{ g/ml} \\ &= 0,4673 \text{ g/ml} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari jurnal MIC₅₀ (*Minimum Inhibitory Concentration 50*) ekstrak daun pepaya yaitu >10 mg/ml. Maka sama halnya dengan:

$$\text{MIC}_{50} = 10 \text{ mg/ml} \times 0,4673 = 4,673 \text{ mg/ml} = 4,673 \text{ ppm}$$

Konsentrasi yang digunakan dari patokan 4,5 mg/ml yaitu:



Maka konsentrasi yang digunakan yaitu kontrol, 1,5 ppm, 4,5 ppm, 13,5 ppm dan 40,5 ppm yang diulang sebanyak 3 kali.

Lampiran 4. Perhitungan Kebutuhan Senyawa *Karpain* Dalam Pembuatan Larutan Stok

Setiap 1 ml \approx 0,4673 g \approx 467,3 mg senyawa *karpain*

Sedangkan setiap 1000 ml \approx 467300 mg \approx 467,3 x 10³ mg senyawa *karpain*

➤ Larutan stok 500 ppm sebanyak 500 ml

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \cdot 467,3 \times 10^3 = 500 \text{ ml} \cdot 500 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 250000/467,3 \text{ ml}$$

$$V_1 = 0,5 \mu\text{l}$$

Keterangan : M1 = Konsentrasi senyawa *karpain*

V1 = Volume senyawa *karpain* yang dibutuhkan

M2 = Konsentrasi larutan stok ekstrak daun pepaya (1000 ppm)

V2 = Volume larutan stok yang akan dibuat (1000 ml)

Lampiran 5. Perhitungan Senyawa *Karpain* Dalam Pembuatan PDA 100 ml

1. Konsentrasi 0,5 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 500 \text{ ppm} = 0,5 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 50/500$$

$$V_1 = 0,1 \text{ ml}$$

2. Konsentrasi 1,5 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 500 \text{ ppm} = 1,5 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 150/500$$

$$V_1 = 0,3 \text{ ml}$$

3. Konsentrasi 4,5 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 500 \text{ ppm} = 4,5 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 450/500$$

$$V_1 = 0,9 \text{ ml}$$

4. Konsentrasi 13,5 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 500 \text{ ppm} = 13,5 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 1350/500$$

$$V_1 = 2,7 \text{ ml}$$

5. Konsentrasi 40,5 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 500 \text{ ppm} = 40,5 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 4050/500$$

$$V_1 = 8,1 \text{ ml}$$

Keterangan : M1 = Konsentrasi larutan stok senyawa *karpain*

V1 = Volume larutan senyawa *karpain* yang diambil dari larutan stok.

M2 = Konsentrasi senyawa *karpain* sesuai perlakuan

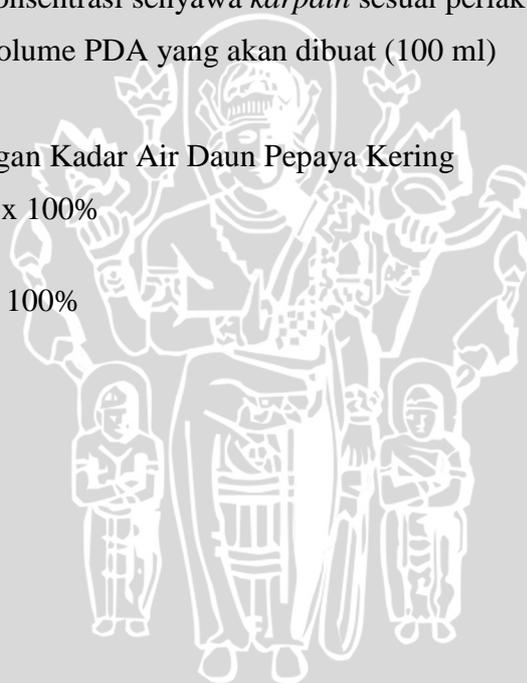
V2 = Volume PDA yang akan dibuat (100 ml)

Lampiran 6. Perhitungan Kadar Air Daun Pepaya Kering

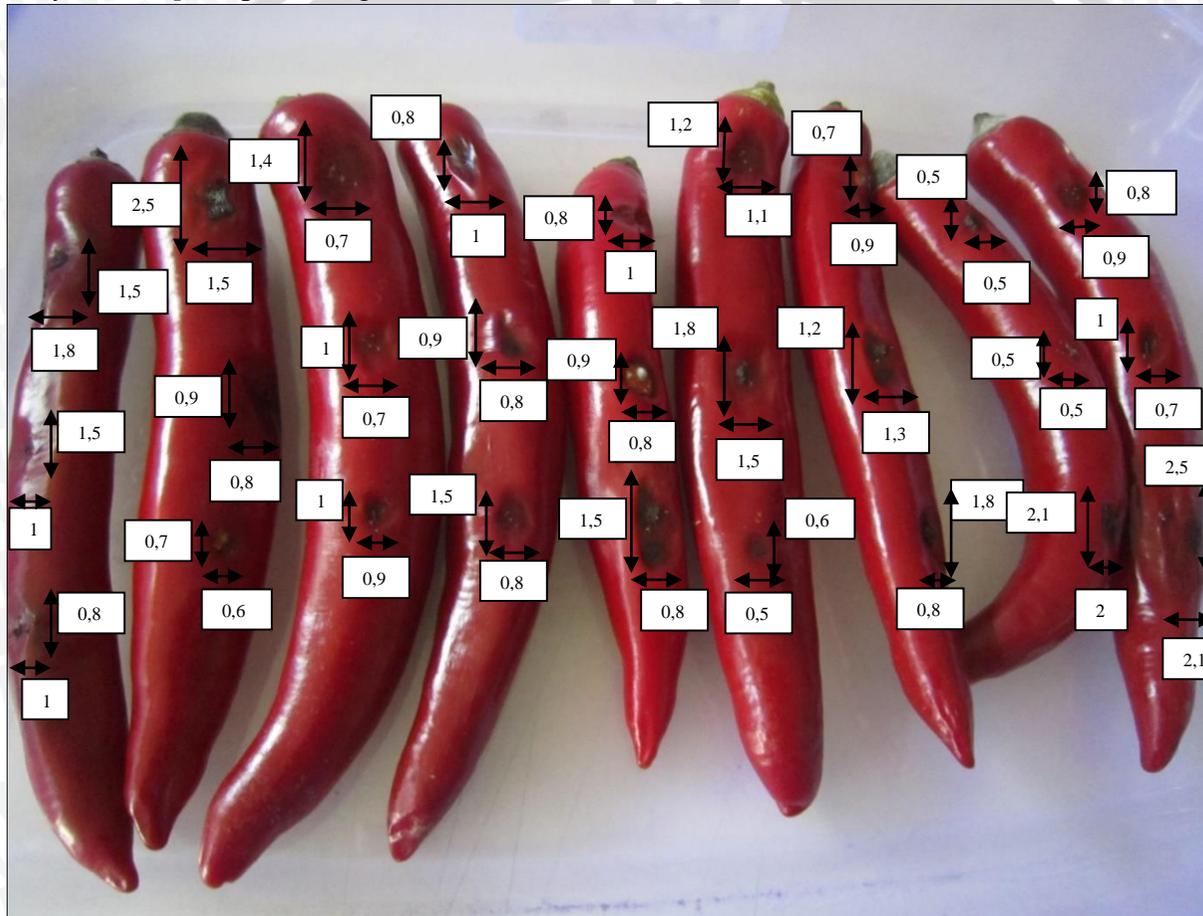
$$\text{KA} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

$$= \frac{9,25 - 9}{9,25} \times 100\%$$

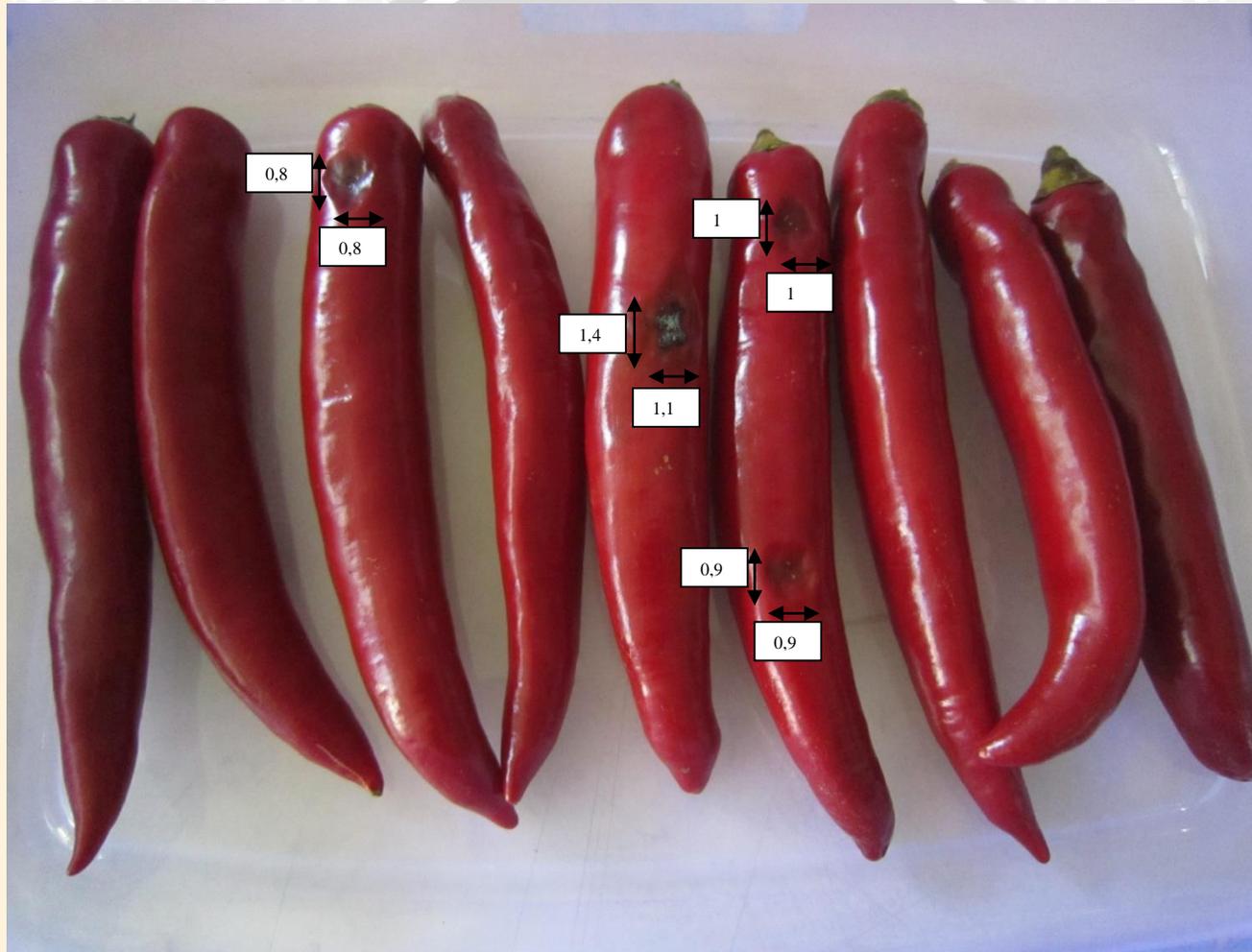
$$= 2,703\%$$



Lampiran 7. Gejala Penyakit Antraknosa yang disebabkan Jamur *Colletotrichum capsici* pada Buah Cabai Merah Besar secara *In Vivo* Akibat Senyawa *Karpain* pada Pengamatan ke-14 Hari Setelah Inokulasi



Gejala penyakit antraknosa pada perlakuan kontrol tanpa penambahan senyawa *karpain* (cm)



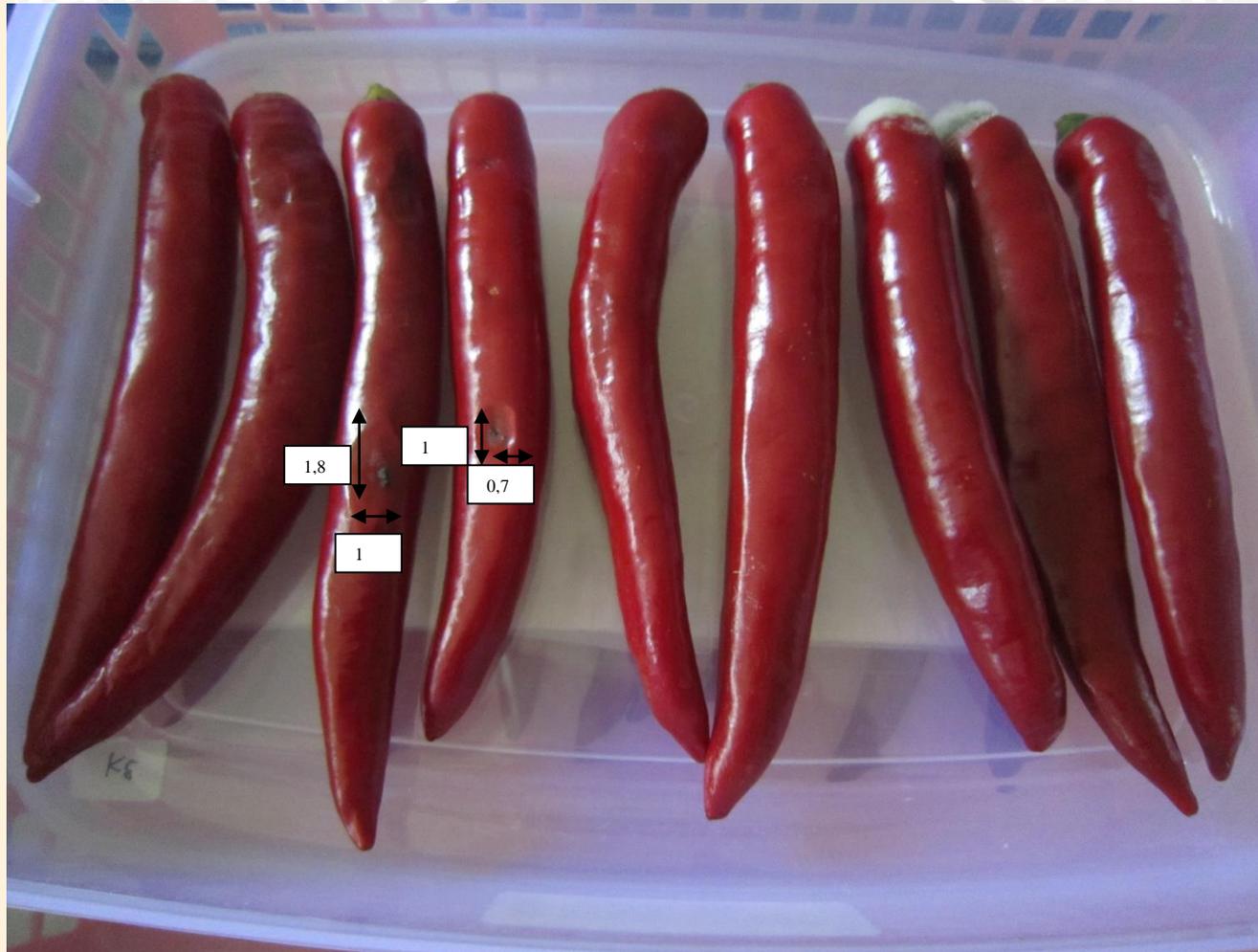
Gejala penyakit antraknosa pada perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* 0,5 ppm (cm)



Gejala penyakit antraknosa pada perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* 1,5 ppm (cm)



Gejala penyakit antrakanosa pada perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* 4,5 ppm (cm)



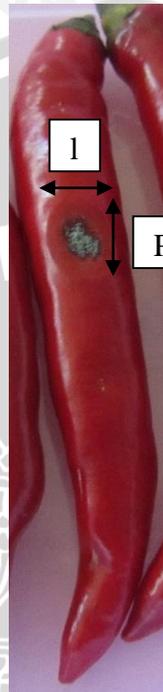
Gejala penyakit antraknosa pada perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* 13,5 ppm (cm)



Gejala penyakit antraknosa pada perlakuan konsentrasi senyawa *karpain* 40,5 ppm (cm)

Lampiran 8. Cara Mengukur Luas Gejala Penyakit Antraknosa Pada Buah Cabai Merah Besar

Cara mengukur luas gejala penyakit antraknosa pada buah cabai merah besar yaitu:



Rumus Luas Gejala penyakit antraknosa pada buah cabai:

$$L = P \times l$$

Keterangan : D adalah luas gejala penyakit

P adalah panjang gejala penyakit yang diamati

l adalah lebar gejala penyakit yang diamati.

Lampiran 9. Analisis Ragam Diameter Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum capsici* pada Uji *In Vitro* Akibat Senyawa Karpain

Tabel Anova

a. 2 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	40,82944	0,21755	21,45**	3,11	5,06
Galat	12	0,12166	0,01013			
Total	17	1,20944				

b. 3 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	2,37069	0,47413	59,89**	3,11	5,06
Galat	12	0,095	0,00791			
Total	17	2,46569				

c. 4 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	5,08444	1,01688	13,05**	3,11	5,06
Galat	12	0,935	0,07791			
Total	17	6,01944				

d. 5 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	5,38402	1,07680	44,55**	3,11	5,06
Galat	12	0,29	0,02416			
Total	17	5,67402				

e. 6 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	6,3156944	1,2631388	27,89**	3,11	5,06
Galat	12	0,5433333	0,0452777			
Total	17	6,8590277				

f. 7 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	9,66444	1,93288	14,77**	3,11	5,06
Galat	12	1,57	0,13083			
Total	17	11,23444				

g. 8 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	12,74291	2,54858	12,12**	3,11	5,06
Galat	12	2,52333	0,21027			
Total	17	15,26625				

h. 9 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	17,69166	3,53833	11,52**	3,11	5,06
Galat	12	3,68333	0,30694			
Total	17	21,375				

i. 10 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	20,11069	4,02213	8,96*	3,11	5,06
Galat	12	5,38666	0,44888			
Total	17	25,49736				

j. 11 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	25,50625	5,10125	10,06*	3,11	5,06
Galat	12	6,08	0,50666			
Total	17	31,58625				

k. 12 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	30,78611	6,15722	20,38**	3,11	5,06
Galat	12	3,625	0,30208			
Total	17	34,41111				

l. 13 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	33,96111	6,79222	21,61**	3,11	5,06
Galat	12	3,77166	0,31430			
Total	17	37,73277				

m. 14 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	35,16444	7,03288	17,76**	3,11	5,06
Galat	12	4,75166	0,39597			
Total	17	39,91611				

Lampiran 10. Analisis Ragam Persentase Penghambatan Diameter *Colletotrichum capsici* pada Uji *In Vitro* Akibat Senyawa Karpain

Tabel Anova

a. 2 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	201,669	50,417	1,78	3,48	5,99
Galat	10	281,974	28,197			
Total	14	438,643				

b. 3 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	315,015	78,754	5,51*	3,38	5,99
Galat	10	142,806	14,281			
Total	14	457,821				

c. 4 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	989,386	247,346	3,29	3,38	5,99
Galat	10	751,338	75,134			
Total	14	1740,724				

d. 5 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	699,830	174,957	7,32*	3,38	5,99
Galat	10	238,706	23,871			
Total	14	938,535				

e. 6 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	396,653	99,163	5,08*	3,38	5,99
Galat	10	195,005	19,501			
Total	14	591,658				

f. 7 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	1273,271	318,318	2,83	3,38	5,99
Galat	10	1124,657	112,466			
Total	14	2397,928				

g. 8 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	657,712	164,428	2,71	3,38	5,99
Galat	10	605,985	60,599			
Total	14	1263,697				

h. 9 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	754,240	188,560	2,76	3,38	5,99
Galat	10	682,036	68,204			
Total	14	1436,276				

i. 10 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	831,263	207,816	2,23	3,38	5,99
Galat	10	931,636	93,164			
Total	14	1762,899				

j. 11 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	1034,378	258,594	2,60	3,38	5,99
Galat	10	993,238	99,324			
Total	14	2027,615				

k. 12 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	1425,073	356,268	5,46*	3,38	5,99
Galat	10	651,928	65,193			
Total	14	2077,000				

l. 13 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	1618,109	404,527	5,86*	3,38	5,99
Galat	10	689,415	68,941			
Total	14	2307,524				

m. 14 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	1709,804	427,451	4,93*	3,38	5,99
Galat	10	866,285	86,628			
Total	14	2576,088				

Lampiran 11. Analisis Ragam Berat Kering (Biomassa) Miselium *Colletotrichum capsici* Metode Peracunan Makanan

Tabel Anova

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	9861,725	1972,345	0,65	3,11	5,06
Galat	12	36330,900	3027,575			
Total	17	46192,625				

Lampiran 12. Analisis Ragam Luas Gejala Penyakit Antraknosa Akibat Jamur *Colletotrichum capsici* pada Uji *In Vivo* Akibat Senyawa Karpain

Tabel Anova

a. 7 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	0,051	0,010	1,02	3,11	5,06
Galat	12	0,120	0,010			
Total	17	0,171				

b. 8 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	0,061	0,012	1,21	3,11	5,06
Galat	12	0,121	0,010			
Total	17	0,182				

c. hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	0,066	0,013	1,10	3,11	5,06
Galat	12	0,144	0,012			
Total	17	0,210				

d. 10 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	0,057	0,011	1,25	3,11	5,06
Galat	12	0,109	0,009			
Total	17	0,166				

e. 11 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	0,283	0,057	6,41*	3,11	5,06
Galat	12	0,106	0,009			
Total	17	0,389				

f. 12 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	0,781	0,156	10,85*	3,11	5,06
Galat	12	0,173	0,014			
Total	17	0,953				

g. 13 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	1,030	0,206	12,32**	3,11	5,06
Galat	12	0,201	0,017			
Total	17	1,231				

h. 14 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	5	1,412	0,282	14,56**	3,11	5,06
Galat	12	0,233	0,019			
Total	17	1,645				

Lampiran 13. Analisis Ragam Presentase Intensitas Penyakit Antarknosa pada Uji *In Vivo* Akibat Senyawa *Karpain*

Tabel Anova

a. 7 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	5,991	1,498	0,05	3,38	5,99
Galat	10	2826,076	282,608			
Total	14	2832,067				

b. 8 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	34,253	8,563	0,25	3,38	5,99
Galat	10	3405,804	340,580			
Total	14	3440,058				

c. 9 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	555,767	13,942	0,42	3,38	5,99
Galat	10	3320,505	332,051			
Total	14	3376,273				

d. 10 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	137,512	34,378	0,18	3,38	5,99
Galat	10	1886,859	188,686			
Total	14	2024,371				

e. 11 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	105,444	26,361	0,25	3,38	5,99
Galat	10	1049,742	104,974			
Total	14	1155,186				

f. 12 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	123,115	30,779	0,38	3,38	5,99
Galat	10	804,627	80,463			
Total	14	927,742				

g. 13 hsi

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	102,445	25,611	0,31	3,38	5,99
Galat	10	823,206	82,321			
Total	14	925,651				

h. 14 hsi

SK	Dr	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
Perlakuan	4	75,766	18,941	0,23	3,38	5,99
Galat	10	811,049	81,105			
Total	14	886,851				

Lampiran 14. Cara Menentukan EC₉₀ dengan Probit Analisis SPSS 17.00

1. Pada uji *in vitro*

a. Tabel 4. Rata-Rata Presentase Hambatan Jamur *Colletotrichum capsici* Akibat Perlakuan Senyawa *Karpain* Metode Peracunan Makanan

Konsentrasi	Pengamatan hari setelah inokulasi (%)												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0.5 ppm	27,86 a	29,49 a	27,77 a	19,02 a	19,52 a	24,57 a	25,15 a	26,14 a	25,89 a	26,6 a	24,3 a	23,21 a	22,89 a
1.5 ppm	26,23 a	26,08 a	28,59 a	27,51 ab	28 ab	25,08 a	25,58 a	27,85 a	26,86 a	27,11 a	26,2 a	25,52 a	24,45 a
4.5 ppm	31,15 a	27,24 ab	29,12 a	26,78 ab	25,99 abc	32,59 ab	29,81 ab	30,5 ab	30,12 a	30,21 ab	30,12 ab	29,85 ab	29,12 ab
13.5 ppm	35,23 a	35,7 bc	39,38 ab	34,03 bc	30,96 bc	40,22 ab	36,11 ab	39,9 ab	39,8 a	42,22 ab	44,09 bc	44,09 bc	43,77 bc
40.5 ppm	35,11 a	37,52 c	48,54 b	39,08 c	35,99 c	48,68 b	42,47 b	44,25 b	44,63 a	46,75 b	48,32 c	49,25 c	49,36 c

Data presentase hambatan Jamur *Colletotrichum capsici* dari pengamatan ke 14 hari setelah inokulasi dimasukkan ke dalam SPSS 17.00

- Pada variabel view (kolom bawah) masukkan konsentrasi, rerata, dan pengamatan pada kolom 'Name'.
- Pada data view (di kolom bawah), isi kolom konsentrasi, rerata dan pengamatan yang diambil dari data terakhir rata-rata presentase hambatan jamur *C. capsici*.
- Kemudian klik 'Analyze', lalu klik 'Regression', lalu klik 'Probit'.
- Pada kolom 'Respon Frecuency' masukkan data rerata, pada kolom 'Total Observed' masukkan data pengamatan dan pada kolom 'Covariate' masukkan data konsentrasi. Lalu klik 'OK'.
- Dan muncul tabel seperti di bawah ini yang menunjukkan EC₉₀

Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for konsentrasi		
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a .010	-98.716	-2302.573	-43.262
.020	-82.819	-1973.283	-34.952
.030	-72.733	-1764.390	-29.648
.040	-65.146	-1607.272	-25.635
.050	-58.974	-1479.488	-22.351
.060	-53.721	-1370.741	-19.538
.070	-49.115	-1275.408	-17.055
.080	-44.991	-1190.065	-14.816
.090	-41.240	-1112.466	-12.762
.100	-37.788	-1041.053	-10.854
.150	-23.493	-745.660	-2.680
.200	-12.133	-511.570	4.494
.250	-2.386	-312.266	12.175
.300	6.366	-138.918	24.704
.350	14.477	-20.771	78.801
.400	22.173	6.313	215.159
.450	29.619	14.955	364.650
.500	36.947	20.664	514.566
.550	44.275	25.479	665.376
.600	51.721	29.966	819.021
.650	59.417	34.380	978.050
.700	67.528	38.889	1145.785
.750	76.281	43.654	1326.898
.800	86.027	48.880	1528.655
.850	97.388	54.905	1763.896
.900	111.682	62.419	2059.948
.910	115.135	64.226	2131.462
.920	118.885	66.186	2209.154
.930	123.009	68.339	2294.585
.940	127.615	70.739	2390.000
.950	132.868	73.473	2498.826

.960	139.040	76.680	2626.687
.970	146.627	80.618	2783.881
.980	156.713	85.844	2992.851
.990	172.610	94.066	3322.230

- g. Maka konsentrasi senyawa uji yang mampu menyebabkan pertumbuhan jamur terhambat sebesar 90% yaitu 111,682 ppm.

2. Pada uji *in vivo*

- a. Tabel 7. Rata-rata Presentase Intensitas Penyakit Antraknosa yang Disebabkan Jamur *Colletotrichum capsici* pada Cabai Merah Besar Akibat Penambahan Senyawa *Karpain* secara *in vivo*

Konsentrasi	Pengamatan hari setelah inokulasi (%)							
	7	8	9	10	11	12	13	14
0,5 ppm	14,34 a	11,30 a	11,00 a	24,11 a	39,71 a	48,61 a	50,41 a	52,70 a
1,5 ppm	14,34 a	14,36 a	11,24 a	29,86 a	44,21 a	50,13 a	50,91 a	52,91 a
4,5 ppm	12,76 a	13,77 a	14,48 a	29,20 a	46,16 a	54,51 a	55,27 a	55,91 a
13,5 ppm	14,34 a	15,36 a	16,07 a	32,14 a	46,20 a	55,16 a	55,46 a	56,46 a
40,5 ppm	14,34 a	13,00 a	13,10 a	32,56 a	47,07 a	55,53 a	56,52 a	58,62 a

Data presentase intensitas penyakit antraknosa dari pengamatan ke 14 hari setelah inokulasi dimasukkan ke dalam SPSS 17.00

- b. Pada variabel view (kolom bawah) masukkan konsentrasi, rerata, dan pengamatan pada kolom 'Name'.
- c. Pada data view (di kolom bawah), isi kolom konsentrasi, rerata dan pengamatan yang diambil dari data terakhir rata-rata presentase intensitas penyakit jamur *C. capsici*.
- d. Kemudian klik 'Analyze', lalu klik 'Regression', lalu klik 'Probit'.
- e. Pada kolom 'Respons Frecuency' masukkan data rerata, pada kolom 'Total Observed' masukkan data pengamatan dan pada kolom 'Covariate' masukkan data konsentrasi. Lalu klik 'OK'.
- f. Dan muncul tabel seperti di bawah ini yang menunjukkan EC_{90}

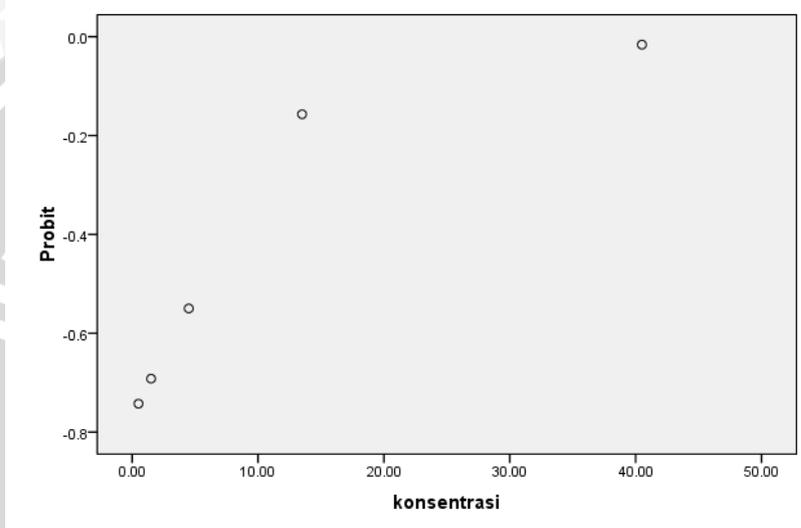
Confidence Limits

Probability	95% Confidence Limits for konsentrasi		
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT .010	-722.316		
.020	-640.943		
.030	-589.314		
.040	-550.476		
.050	-518.884		
.060	-491.994		
.070	-468.418		
.080	-447.307		
.090	-428.108		
.100	-410.435		
.150	-337.266		
.200	-279.113		
.250	-229.222		
.300	-184.419		
.350	-142.903		
.400	-103.508		
.450	-65.392		
.500	-27.882		
.550	9.629		
.600	47.745		
.650	87.140		
.700	128.656		
.750	173.459		
.800	223.350		
.850	281.503		
.900	354.672		
.910	372.345		
.920	391.544		
.930	412.655		
.940	436.231		
.950	463.121		
.960	494.713		

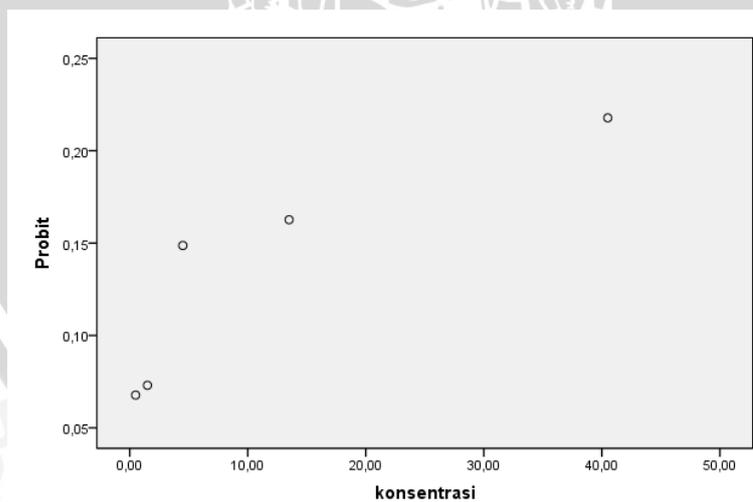
.970	533.551	.	.
.980	585.180	.	.
.990	666.553	.	.

g. Maka konsentrasi senyawa uji yang mampu menyebabkan pertumbuhan jamur terhambat sebesar 90% yaitu 345,672 ppm.

Lampiran 15. Hubungan Probit dan Konsentrasi Senyawa *Karpain* dalam Menghambatan Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum capsici* pada Uji *In Vitro* serta *In Vivo*



Pada uji *in vitro*



Pada uji *in vivo*

Lampiran 16. Dokumentasi

Berat Kering (Biomassa) Misellium *Colletotrichum capsici*



Perendaman dengan Senyawa *Karpain*



Konsentrasi 0,5 ppm



Konsentrasi 1,5 ppm



Konsentrasi 4,5 ppm



Konsentrasi 13,5 ppm



Konsentrasi 40,5 ppm