

Aktivitas Anticendawan dan Antibakteri Minyak Atsiri Ekstrak Kulit Buah Jeruk Purut terhadap Patogen Penting Tanaman Jeruk

Antifungal and Antibacterial Activity of Essential Oils of Kaffir Citrus Fruit Peel Extract Against Important Pathogens of Citrus Plants

Unun Triasih*, Imro'ah Ikarini, Sri Widyaningsih, Rudi Cahyo Wicaksono
Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Cibinong Science Center. Jalan Raya Jakarta Bogor Km 46, Cibinong Kab. Bogor 16915

(diterima September 2023, disetujui November 2023)

ABSTRAK

Penyakit utama tanaman jeruk yang disebabkan oleh cendawan dan bakteri dapat menghambat pertumbuhan tanaman sehingga berdampak terhadap penurunan produksi tanaman. Pengendalian yang diterapkan selama ini kebanyakan menggunakan pestisida kimia sintetis yang berpotensi memberi dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan. Minyak atsiri dari kulit buah jeruk purut (*Citrus hystrix*) mempunyai kandungan senyawa yang berpotensi dalam menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman jeruk. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui aktivitas anticendawan dan antibakteri minyak atsiri kulit buah jeruk purut pada lima konsentrasi 0.5%, 1%, 2%, 3%, dan 5% terhadap patogen tanaman jeruk, yaitu *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, dan *Xanthomonas axonopodis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua konsentrasi minyak atsiri yang diujikan mempunyai daya hambat kategori rendah terhadap *F. oxysporum*, dan kategori sedang terhadap *C. gloeosporioides*. Pengujian terhadap *X. axonopodis* menunjukkan daya hambat kategori kuat untuk konsentrasi 3% dan 5%. Minyak atsiri kulit buah jeruk purut berpotensi sebagai anticendawan dan antibakteri pada tanaman jeruk dan dapat digunakan sebagai teknologi alternatif pengendalian yang ramah lingkungan dan aman.

Kata kunci: *Citrus hystrix*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Xanthomonas axonopodis*

ABSTRACT

Main diseases of citrus plants caused by fungi and bacteria can inhibit plant growth, resulting in a decrease in plant production. Disease controls implemented so far mostly relied on synthetic chemical pesticides which have the potential to have negative impacts on the environment and health. Essential oil from the peel of kaffir lime (*Citrus hystrix*) contains compounds that have the potential to inhibit the growth of pathogens in citrus plants. The aim of this research was to determine the antifungal and antibacterial activity of kaffir lime peel essential oil at five concentrations i.e., 0.5%, 1%, 2%, 3%, and 5% against citrus plant pathogens, namely *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, and *Xanthomonas axonopodis*. The results showed that all essential oil concentrations tested had a low category of inhibitory activity against *F. oxysporum*, and a medium inhibitory activity against *C. gloeosporioides*. As on *X. axonopodis* the essential oil showed strong inhibitory activity at concentrations 3% and 5%. Kaffir lime peel essential oil has the potential as antifungal and antibacterial

*Alamat penulis korespondensi: Organisasi Riset Pertanian dan Pangan. Badan Riset dan Inovasi Nasional
Cibinong Science Center. Jalan Raya Jakarta Bogor Km 46, Cibinong, Kab. Bogor 16915.
Surel: ununtriasih82@yahoo.com

in citrus plants and can be used as an alternative control technology that is environmentally friendly and safe.

Keywords: *Citrus hystric*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Xanthomonas axonopodis*

PENDAHULUAN

Jeruk adalah salah satu buah yang merupakan sumber vitamin dan mineral. Tanaman jeruk mampu tumbuh pada kondisi lingkungan yang bervariasi dan ditemukan di sebagian besar wilayah Indonesia. Produksi tanaman jeruk rentan terhadap penyakit, terutama yang disebabkan oleh cendawan dan bakteri. Patogen yang umum dilaporkan menginfeksi tanaman jeruk ialah *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Colletotrichum* spp., *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Xanthomonas* spp., *Pseudomonas* sp., *Candidatus Liberibacter* spp., *Mycosphaerella citri*, *Citrus tristeza virus*, dan *Xylella fastidiosa* (Ahmed *et al.* 2012). Pengendalian penyakit pada tanaman jeruk umumnya menggunakan pestisida kimia sintetis. Pestisida yang digunakan berpotensi terakumulasi sehingga dapat memengaruhi rantai makanan manusia dan hewan. Oleh karena itu perlu dicari pengendalian alternatif untuk mengendalikan penyakit pada tanaman jeruk, salah satunya ialah dengan menggunakan minyak atsiri.

Minyak atsiri merupakan campuran kompleks metabolit sekunder hasil biosintesis yang terjadi di dalam tanaman, dan bersifat mudah menguap. Minyak atsiri dapat diproduksi dari berbagai bagian tanaman termasuk kuncup bunga, biji, buah, daun, dan batang (Burt 2004). Minyak atsiri telah lama diketahui mempunyai senyawa yang bersifat racun terhadap cendawan. Minyak atsiri mempunyai potensi baik untuk dikembangkan sebagai agens pengendalian terhadap hama dan penyakit tanaman (Isman 2000).

Minyak atsiri yang diekstrak dari serai wangi dapat menghambat pertumbuhan *Xanthomonas axonopodis* sebesar 1.85 cm dalam pengujian secara *in vitro* (Chowdappa *et al.* 2018). Menurut Lozada *et al.* (2019) minyak atsiri dari serai wangi dapat menghambat

pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* pada konsentrasi 2000 ppm. Minyak atsiri asal tanaman jeruk sudah banyak digunakan dalam pembuatan obat-obatan alami dan diketahui memiliki fungsi sebagai anti-inflamasi, antioksidan, antikanker, antivirus, antiproliferatif, dan antimikrob (Hong-Thao *et al.* 2016; Mandalari *et al.* 2017). Jeruk purut mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, steroid, kumarin, fenolik, tanin, saponin, terpen, dan minyak atsiri (Setiawan 2000). Lebih lanjut dilaporkan komponen minyak jeruk purut terdiri atas sitronelal 81.49%, sitronelol 8.22%, linalol 3.69%, geraniol 0.31%, dan komponen lain 6.29%. Dilaporkan bahwa ekstrak metanol daun jeruk purut pada konsentrasi 5% efektif menghambat pertumbuhan vegetatif *F. oxysporum* pada medium padat sebesar 95.60% (Noveriza dan Miftakhurohmah 2020). Aktivitas minyak atsiri jeruk purut menunjukkan sifat anticendawan secara *in vitro* pada konsentrasi 1500 hingga 50 000 ppm yaitu menghambat pertumbuhan miselium *C. gloeosporioides* (Sreepian *et al.* 2019).

Penelitian mengenai sifat antibakteri dan anticendawan minyak atsiri telah banyak dilaporkan namun minyak atsiri yang berasal dari kulit buah jeruk purut belum banyak diteliti. Oleh karena itu penelitian dilakukan dengan tujuan menguji efektivitas anticendawan dan antibakteri minyak atsiri dari kulit buah jeruk purut (*Citrus hystric*) terhadap penyakit tanaman jeruk yang disebabkan oleh *C. gloeosporioides*, *F. oxysporum*, dan *X. axonopodis*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan membuat ekstrak minyak atsiri dari kulit buah jeruk purut (*C. hystric*). Kulit buah jeruk purut berasal dari Kebun Percobaan Tlekung Balitjestro,

Kota Batu. Cendawan *C. gloeosporioides* (CU-1) dan *F. oxysporum* (FU-1), serta bakteri *X. axonopodis* (XU-1) yang digunakan sebagai mikrob uji merupakan koleksi Laboratorium Mikologi Balai Penelitian Jeruk dan Buah Subtropika, Kota Batu, Jawa Timur. Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap yang terdiri atas 6 konsentrasi minyak atsiri jeruk purut dengan 5 ulangan.

Penyiapan Ekstrak Minyak Atsiri Jeruk Purut

Kulit buah jeruk purut dihaluskan menggunakan *blender* dengan komposisi kulit jeruk purut dan akuades (1:2 b/v). Sebanyak 400 g kulit jeruk purut yang sudah lumat ditambah 800 mL akuades dan selanjutnya didestilasi selama 2 jam (El Kharraf *et al.* 2021). Ekstrak minyak atsiri kulit buah jeruk purut dipisahkan menggunakan corong pemisah dan dianalisis senyawa volatilnya menggunakan *gas chromatography mass spectrometer* (GC-MS) (QP-2010 Ultra/Shimadzu, jenis kolom Rtx.1ms produk ristek non-polar) pada suhu 40-250 °C. Kandungan senyawa minyak atsiri yang dianalisa adalah *α-pinene*, limonen, *β-phellandrene*, *sabinene*, *citronella*, *β-citronellol*, *isopulegeol*, *cadinene*, dan *γ-terpiene*.

Pengujian Bioaktivitas Anticendawan dan Antibakteri Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Purut

Cendawan *C. gloeosporioides* dan *F. oxysporum* diremajakan pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) selama 7 hari. Galur bakteri *X. axonopodis* disubkultur di medium agar-agar nutrien (AN) dan setelah 24 jam dapat digunakan untuk perlakuan. Potongan cendawan dengan diameter 5 mm diinokulasikan pada medium ADK, selanjutnya kertas cakram yang telah direndam selama 1 jam dalam ekstrak minyak atsiri dari kulit buah jeruk purut diletakkan berhadapan pada jarak 3 mm. Cawan segera ditutup menggunakan pembungkus plastik untuk mencegah penguapan minyak atsiri. Konsentrasi minyak atsiri yang diuji sebanyak 5 perlakuan, yaitu: 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0%, dan

5.0% dan perlakuan kontrol, yaitu tanpa minyak atsiri. Pada proses pengenceran ini digunakan Tween 20 dengan kepekatan 0.2% sebagai pelarut sesuai dengan rumus $V_1N_1 = V_2N_2$.

Efektivitas penghambatan dinilai didasarkan pengamatan hari ke-7. Kategori efektivitas penghambatan yang didasarkan pada daya hambat mengikuti Irasakti dan Sukatsa (1987), yaitu 0% = tidak efektif, > 0%–20% = sangat kurang efektif, > 20%–40% = kurang efektif, > 40%–60% = cukup efektif, > 60%–80% = efektif, > 80% = paling efektif. Persentase efektivitas daya hambat minyak atsiri terhadap cendawan dan bakteri uji dihitung dengan rumus (Al-Reza *et al.* 2010)

$$PE = \frac{C - T}{C} \times 100\%, \text{ dengan}$$

PE, persentase efektivitas daya hambat; C, diameter miselium cendawan patogen pada kontrol; dan T, diameter miselium cendawan patogen pada perlakuan minyak atsiri.

Pengujian daya hambat minyak atsiri terhadap bakteri uji dilakukan pada medium AN. Suspensi bakteri dengan kepekatan 10^6 cfu mL⁻¹ disebarkan pada medium, kemudian kertas cakram 0.5 cm yang telah direndam dalam minyak atsiri pada berbagai konsentrasi selama 1 jam diletakkan di tengah medium cawan. Konsentrasi minyak atsiri yang digunakan ialah 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0%, dan 5.0%; sedang pada kontrol tanpa minyak atsiri. Diameter zona bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram pada medium AN diukur setelah 7 hari. Zona penghambatan dihitung berdasarkan diameter zona bening yang terbentuk di sekeliling kertas cakram dengan kriteria diameter zona bening ≥ 20 mm artinya daya hambat sangat kuat; diameter zona bening 10–20 mm artinya daya hambat kuat; diameter zona bening 5–10 mm artinya daya hambat sedang; diameter zona bening < 5 mm artinya daya hambat lemah (Davis and Stout 1971).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *analysis of varians* dengan taraf kesalahan 5%. Apabila nilai yang dihasilkan

berbeda nyata maka diuji lanjut menggunakan uji uji Tukey.

HASIL

Kandungan Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Purut

Minyak atsiri kulit buah jeruk purut mengandung sembilan senyawa (Tabel 1 dan Gambar 1). Senyawa yang paling banyak terkandung dalam minyak atsiri kulit buah jeruk purut ialah limonen, yaitu sebesar 24.33%.

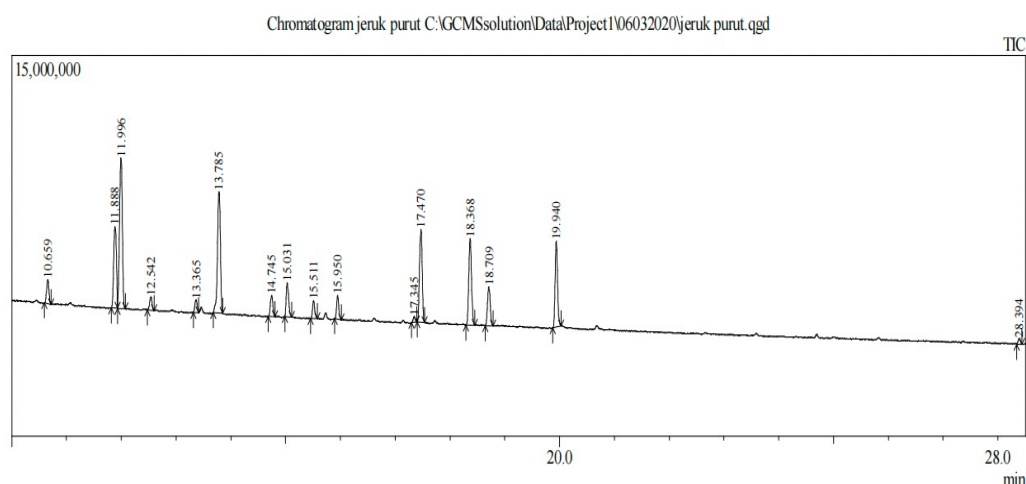
Bioaktivitas Anticendawan dan Antibakteri Minyak Atsiri Jeruk Purut

Minyak atsiri kulit buah jeruk purut menunjukkan efek anticendawan terhadap dua cendawan patogen tanaman yang diuji pada semua konsentrasi dengan daya hambat yang bervariasi bila dibandingkan kontrol (Tabel 2).

Persentase daya hambat rata-rata minyak atsiri sebagai anticendawan berkisar antara 6.11%–42.83%. Penghambatan pertumbuhan koloni cendawan tertinggi sebesar 42.83% terjadi pada *C. gloeosporioides*, yaitu pada konsentrasi minyak atsiri 5%; sedangkan penghambatan terendah sebesar 6.11% terjadi

Tabel 1 Kandungan senyawa minyak atsiri yang diekstrak dari kulit buah jeruk purut

Senyawa	Konsentrasi senyawa (%)
<i>α-Pinene</i>	2.681
Limonen	24.325
<i>Beta-Phellandrene</i>	12.820
<i>Sabien</i>	15.137
<i>Citronella</i>	7.743
<i>Beta-Citronellol</i>	6.838
<i>Isopulegeol</i>	0.266
Cadiene	0.552
<i>Gamma-terpinene</i>	1.282



Gambar 1 Kromatogram kandungan senyawa minyak atsiri kulit buah jeruk purut.

Tabel 2 Daya hambat minyak atsiri jeruk purut dan kategorinya pada berbagai konsentrasi terhadap *Colletotrichum gloeosporioides* dan *Fusarium oxysporum*

Patogen	Minyak atsiri (%)	Daya hambat (%)	Kategori daya hambat
<i>F. oxysporum</i>	0.5	6.11 e	Rendah
	1	15.91 d	Rendah
	2	16.42 d	Rendah
	3	18.17 d	Rendah
	5	20.44 d	Rendah
<i>C. gloeosporioides</i>	0.5	31.89 c	Sedang
	1	32.59 c	Sedang
	2	33.66 c	Sedang
	3	41.44 b	Sedang
	5	42.83 b	Sedang

pada *F. oxysporum*, yaitu pada konsentrasi minyak atsiri 0.5%. Aktivitas minyak atsiri dari kulit buah jeruk purut pada konsentrasi 0.5% tidak mampu menghambat pertumbuhan bakteri *X. axonopodis*. Penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri baru mulai tampak pada konsentrasi 1% sampai 5%. Zona penghambatan paling rendah terbentuk pada konsentrasi 1%, yaitu sebesar 6.33 mm dan paling tinggi terbentuk pada konsentrasi 5%, yaitu 16.00 mm (Tabel 3).

Peningkatan konsentrasi minyak atsiri beriringan dengan nilai daya hambat yang diperoleh. Semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri maka semakin tinggi daya hambat yang dihasilkan. Kategori daya hambat minyak atsiri pada *C. gloeosporioides* tergolong sedang, berkisar antara 26% hingga 50%, pada *F. oxysporum* tergolong rendah, yaitu di bawah 25%; sedangkan terhadap *X. axonopodis* minyak atsiri kulit buah jeruk purut mempunyai daya hambat non aktif pada konsentrasi 0.5% hingga 2% dan kategori daya hambat aktif pada konsentrasi 3% dan 5%.

PEMBAHASAN

Minyak kulit buah jeruk purut merupakan minyak atsiri dari kulit buah *C. hystrix*. Hasil analisis menggunakan GC-MS menunjukkan bahwa komponen utama dari minyak atsiri kulit buah jeruk adalah *l-limonene*, *-terpineol*, *2-pinene*, *terpinene-4-ol*, *-terpinene*, dan *-terpinolena* (Srisukh *et al.* 2012). Hal yang sama juga dilaporkan oleh peneliti lain bahwa senyawa utama dari kulit buah jeruk purut adalah limonen, yaitu sebesar 17.10%

Tabel 3 Aktivitas antibakteri minyak atsiri terhadap *Xanthomonas axonopodis* dan kategori daya hambat pada konsentrasi yang berbeda

Minyak atsiri (%)	Zona penghambatan (mm)	Kategori daya hambat
0.5	0.00	non aktif
1	6.33	sedang
2	7.52	sedang
3	10.76	kuat
5	16.00	kuat

(Noverita *et al.* 2014). Kadar limonen yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu 24.32%, lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Srisukh *et al.* (2012) dan Noverita *et al.* (2014). Sementara hasil penelitian Warsito *et al.* (2017) mendapatkan kandungan utama β -pinen (21.44%), sitronelal (20.91%), limonen (12.59%), dan terpinen-4-ol (11.93%) pada minyak atsiri kulit buah jeruk purut. Senyawa paling dominan yang terkandung pada minyak atsiri kulit buah jeruk diduga memiliki efek lebih besar terhadap pertumbuhan miselium *F. oxysporum*, dan *C. gloeosporioides*, serta koloni bakteri *X. axonopodis* dibandingkan senyawa lainnya.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa minyak atsiri kulit buah jeruk purut dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum*. Efek penghambatan terhadap *F. oxysporum* pada pengujian ini dapat disebabkan oleh senyawa dominan yang terkandung dalam minyak atsiri kulit buah jeruk purut, yaitu senyawa limonen. Dambolena *et al.* (2008) telah membuktikan bahwa senyawa limonen memiliki aktivitas anticendawan yang tinggi terhadap *F. verticillioides*.

Kemampuan bioaktivitas minyak atsiri dari kulit buah jeruk sesuai dengan Perczak *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa minyak atsiri jeruk menghambat pertumbuhan *F. culmorum* sebesar 68.13%. Demikian pula Mekonnen *et al.* (2019) melaporkan bahwa minyak atsiri asal serai wangi pada pengujian dengan kisaran konsentrasi 20, 40, 60, dan 80 μ L (mg L⁻¹) sudah mampu menghambat *F. oxysporum* sebesar 100% pada konsentrasi terendah (20 mg L⁻¹). Ghorbany *et al.* (2010) menguji bioaktivitas minyak kayu manis dan melaporkan bahwa minyak tersebut memiliki aktivitas anticendawan terhadap *Penicillium digitatum* dan *F. oxysporum*.

Mekanisme penghambatan minyak atsiri terhadap pertumbuhan cendawan patogen masih belum banyak diketahui. Mekanisme penghambatan diduga karena adanya aktivitas enzim yang mempunyai kandungan senyawa yang bersifat sebagai anticendawan terhadap patogen tumbuhan, seperti *Colletotrichum* sp. Namun demikian beberapa hasil penelitian

telah menginformasikan bahwa minyak atsiri dapat menyebabkan kerusakan pada sel maupun perubahan morfologi pada hifa (Pina-Vaz *et al.* 2004). Dalam beberapa kasus, minyak atsiri mampu merusak membran sel.

Aktivitas antibakteri minyak atsiri terhadap *X. axonopodis* patogen kanker jeruk sudah muncul pada konsentrasi rendah. Minyak atsiri jeruk purut dengan konsentrasi 0.5% sudah mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Limonen telah dilaporkan sebagai senyawa yang memiliki aktivitas antibakteri kuat (Cosentino *et al.* 2003). Minyak cengkeh, yang mengandung limonen, *sabiene*, *beta-phellandrene*, *citronella*, dan *beta-citronellol* dilaporkan efektif menghambat pertumbuhan *X. axonopodis* pada konsentrasi 10% dengan zona hambat yang cukup besar (Chowdappa *et al.* 2018). Demikian pula Pathirana *et al.* (2018) melaporkan bahwa limonen menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *B. subtilis*.

Dapat disimpulkan dari penelitian ini bahwa minyak atsiri kulit buah jeruk purut dapat menghambat secara *in vitro* pertumbuhan *C. gloeosporioides*, *F. oxysporum*, dan *X. axonopodis*. Aktivitas anticendawan dan antibakteri dari minyak atsiri kulit buah jeruk purut kemungkinan besar dipengaruhi oleh kandungan limonen yang dominan dan berpotensi dikembangkan menjadi fungisida alami untuk pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed Y, D'Onghia AM, Ippolito A, El Shimy H, Cirvilleri G, Yaseen T. 2012. *Phytophthora nicotianae* is the predominant *Phytophthora* species in Citrus nurseries in Egypt. *Phytopathologia Mediterranea*. 51(3):519–527.
- Al-Reza SM, Rahman A, Ahmed Y, Kang SC. 2010. Inhibition of plant pathogens in vitro and in vivo with essential oil and organic extracts of *Cestrum nocturnum* L. *Pestic Biochem Phys*. 96(2):86–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.09.005>.
- Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods -a review. *International Journal of Food Microbiology*. 94(3):223–253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>.
- Chowdappa A, Kousalya S, Kamalakannan A, Gopalakrishnan C, Venkatesan K. 2018. Efficacy of plant oils against *Xanthomonas axonopodis* pv. *punicae*. *Advances in Research*. 17(1):1–5. DOI: <https://doi.org/10.9734/air/2018/45031>.
- Cosentino S, Barra A, Pisano B, Cabizza M, Pirisi FM, Palmas F. 2003. Composition and antimicrobial properties of sardinian *Juniperus* essential oils against foodborne pathogens and spoilage microorganisms. *Journal of Food Protection*. 66(7):1288–1291. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-66.7.1288>.
- Dambolena JS, López AG, Cánepa MC, Theumer MG, Zygadlo JA, Rubinstein HR. 2008. Inhibitory effect of cyclic terpenes (limonene, menthol, menthone and thymol) on *Fusarium verticillioides* MRC 826 growth and fumonisin B1 biosynthesis. *Toxicon*. 51(1):37–44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2007.07.005>.
- Davis WW, Stout TR. 1971. Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay. *Journal Applied Microbiology*. 22(4):659–665.
- Ghorbany M, Jafarpour BRM. 2010. Application of some plant products to control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cumini* causing cumin wilt. *Journal of Plant Protection*. 24(1):1–16.
- Hong-Thao PT, Mai-Linh NV, Hong-Lien NT, Van HN. 2016. Biological characteristics and antimicrobial activity of endophytic *Streptomyces* sp. TQR12-4 isolated from elite *Citrus nobilis* cultivar Ham Yen of Vietnam. *International Journal of Microbiology*. 13:1–8. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/7207818>.
- Isman MB. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*. 19(8-10):603–608. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X).
- Lozada MIO, Da Silva PP, Pereira RB, Nascimento WM. 2019. Essential oils in the control of *Colletotrichum gloeosporioides*

- f. sp. *cepae* in onion seeds. *Revista Ciencia Agronomica*. 50(3):510–518. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190060>.
- Mandalari G, Bisignano C, Cirimi S, Navarra M. 2017. Effectiveness of *Citrus* fruits on *Helicobacter pylori*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2017(8379262):1–8. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/8379262>.
- Mekonnen M, Wariyo A, Hilu G. 2019. Antifungal activities of some essential oils against *Fusarium oxysporum* of rosemary and sage plants. *Advances in Crop Science and Technology*. 7(1):1000419. DOI: <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000419>.
- Noverita, Jayuska A, Alimuddin A. 2014. Uji aktivitas antirayap minyak atsiri kulit jeruk purut (*Cytrus hystrix* D.C) terhadap rayap tanah (*Coptotermes* sp). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 3(2):19–22.
- Noveriza R, Miftakhurohmah M. 2020. Efektivitas ekstrak metanol daun salam (*Eugenia Polyantha*) dan daun jeruk purut (*Cytrus histrix*) sebagai antijamur pada pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 16(1):6–11.
- Pathirana HN, Wimalasena, De Silva BCJ, Hossain S, Heo GJ. 2018. Antibacterial activity of lime (*Citrus aurantifolia*) essential oil and limonene against fish pathogenic bacteria isolated from cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Archives of Polish Fisheries*. 26(2):131–139. DOI: <https://doi.org/10.2478/aopf-2018-0014>.
- Perczak A, Gwiazdowska D, Marchwińska K, Juś K, Gwiazdowski R, Waśkiewicz A. 2019. Antifungal activity of selected essential oils against *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* and their secondary metabolites in wheat seeds. *Archives of Microbiology*. 201(8):1085–1097. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01673-5>.
- Pina-Vaz C, Rodrigues AG, Pinto E, Costa DOS, Tavares C, Salgueiro L, Martinez OJ. 2004. Antifungal activity of *Thymus* oils and their major compounds. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 18(1):73–78. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2004.00886.x>.
- Setiawan D. 2000. Atlas Tumbuhan Obat di Indonesia. Jakarta (ID): Trubus Agriwidya.
- Sreepian A, Sreepian PM, Chanthong C, Mingkhwancheep T, Prathit P. 2019. Antibacterial activity of essential oil extracted from *Citrus hystrix* (Kaffir Lime) peels: An *in vitro* study. *Tropical Biomedicine*. 36(2):531–541.
- Srisukh V, Bunyaphatsara N, Pongpan A, Tungrugsasut W, Puttipipatkachorn S, Oniam W, Thongbainoi W. 2012. Fresh produce antibacterial rinse from Kaffir Lime oil. *Mahidol University Journal of Pharmaceutical Sciences*. 39(2):15–27.
- Warsito W, Noorhamdani N, Sukardi S, Dwi SR. 2017. Microencapsulation of *Cytrus hystrix* oil and its activity test as an antimicrobial agent. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*. 4(2):131–137. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jeest.2017.004.02.9>.