

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC002023139659, 27 Desember 2023

Pencipta

Nama : **Herdhata Agusta, Dhika Prita Hapsari dkk**
Alamat : Kampus IPB, Fakultas Pertanian, Jl. Meranti, Babakan, Dramaga, Bogor
16680, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, 16680
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Institut Pertanian Bogor**
Alamat : Gedung Andi Hakim Nasoetion Lantai 2, Kampus IPB Dramaga, Bogor,
Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680

Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Karya Ilmiah**
Judul Ciptaan : **Penggunaan Larutan Hidrolisat Hasil Proses Suhu Medium Ampas
Bromelain Nanas Sebagai Bioinsektisida Untuk Pengendalian Kutu
Putih Pada Nanas (Ananas Comosus L.)**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 13 Desember 2023, di Bogor
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh
puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1
Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000572612

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri



Anggoro Dasananto
NIP. 196412081991031002

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Herdhata Agusta	Kampus IPB. Fakultas Pertanian, Jl. Meranti, Babakan, Dramaga, Bogor 16680, Dramaga, Bogor
2	Dhika Prita Hapsari	Jl. Arzimar No. 61, Bogor, Dramaga, Bogor
3	Okti Syah Isyani	Perumahan IPB Alam Sinarsari Dramaga Bogor, Dramaga, Bogor
4	Efi Toding Tondok	Perum BKP Blok E No.7 Cibinong Bogor, Cibinong, Bogor
5	Feni Shintarika	Jl. Hisaid No 49 LKIII Tanjung Karang Timur, Lampung, Tanjung Karang Timur, Bandar Lampung
6	Yosua Pratama Simangunsong	Jl. Pondok Cibubur Pesona Cibubur Residence C.6, Cimanggis, Depok
7	Bismo Waraqi	GG Laksana Permata, Pekanbaru, Riau, Bukit Raya, Pekanbaru
8	M. Aziz Izzatullah	Beringin Datar Bengkulu, Gading Cempaka, Bengkulu
9	Azzahra Aulia Lubis	: Jl. Maospati Ungaran Semarang, Ungaran Barat, Semarang
10	Sita Ayu Dwi Lestari	Jl. Dr. Muwardi Gg Palasari 1 Cianjur, Cianjur, Cianjur
11	Desi Septiani	Dusun Kedungdawa Bodeh, Pemalang, Ampelgading, Pemalang
12	Alfina Damayanni	Jl. Hos Cokroaminoto Gang 23 Pekalongan, Bojong, Pekalongan
13	Rana Nurul Haniya	Taman Royal 3 Blok A.21 Cipondoh Tangerang, Cipondoh, Tangerang



**PENGGUNAAN LARUTAN HIDROLISAT HASIL PROSES SUHU RENDAH
AMPAS BROMELAIN NANAS SEBAGAI BIOINSEKTISIDA UNTUK
MENGURANGI PENGGUNAAN INSEKTISIDA SINTETIK PADA
PENGENDALIAN KUTU PUTIH PADA NANAS (*Ananas Comosus* L.)**



**Herdhata Agusta
Dhika Prita Hapsari
Okti Syah Isyani Permatasari
Efi Toding Tondok
Feni Shintarika
Yosua Simangunsong
Bismo Waraqi
M. Aziz Izzatullah
Azzahra Aulia Lubis
Sita Ayu Dwi Lestari
Desi Septiani
Alfina Damayanni
Rana Nurul Haniya**

**DEPARTEMEN AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2023**

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kutu putih, *mealybug*, merupakan hama dari golongan Family *Pseudococcidae* dan Ordo Hemiptera. *Mealybug* menyerang permukaan pada banyak buah dan tanaman berbunga (Huang *et al.* 2021; Ren *et al.* 2022). *Mealybug* dapat menurunkan produktivitas dan nilai ekonomi tanaman pepaya, ubi kayu, tomat, terung hingga 50% yang diukur berdasarkan enam faktor penilaian yang terdiri atas; 1) perubahan biaya produksi, 2) tingkat adopsi teknologi yang digunakan, 3) perubahan hasil panen, 4) daya tanggap harga terhadap perubahan penawaran dan permintaan, 5) perubahan biaya per ton hasil panen dan 6) jumlah yang diproduksi (Myrick *et al.* 2014). Menurut Beardsley *et al.* (1982) kutu putih dianggap sebagai serangga dengan mobilitas terbatas. Namun kutu putih dapat menjadi epidemi pada budidaya tanaman nanas karena memiliki interaksi atau hubungan mutualisme dengan serangga vektor seperti semut (Rohrbach *et al.* 1982; Jahn *et al.* 2003), host plant seperti *Bromelia pinguin* L. (Hernandez-Rodriguez *et al.* 2014), virus seperti *pineapple bacilliform comosus virus* (PBCOV) dan *pineapple bacilliform erectifolius virus* (PBERV) (Hernandez-Rodriguez *et al.* 2014; Dey *et al.* 2018).

Pengendalian hama kutu putih yang menyebabkan kerugian pada tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan pestisida atau insektisida. Seiring dengan perkembangan zaman, produsen dan peneliti terus berinovasi merancang formulasi pestisida baru untuk memenuhi permintaan global. Formulasi pestisida yang dihasilkan harus memiliki tiga karakteristik penting yang terdiri atas; 1) hanya boleh bersifat toksik terhadap organisme target, 2) harus dapat terurai secara hayati dan 3) ramah lingkungan sampai batas tertentu (Rosell *et al.* 2008). Bio-insektisida menjadi alternatif pada pengendalian kutu putih. *Imidacloprid* (IMI) dari golongan *phenolic acid* dapat digunakan menjadi salah satu alternatif bahan insektisida dan dapat diekstraksi dari bahan alami seperti *Origanum majorana* L (Hassanen *et al.* 2023). *Imidacloprid* (IMI) juga dapat memicu pertahanan bagi tanaman melalui akumulasi lignin (24,6 -29,1%) pada daun dengan mengkonsumsi *phenolic acid* untuk membatasi penyerapan insektisida oleh tanaman (Lin *et al.* 2022). Phenolic acid dapat diperoleh melalui degradasi lignin dari biomassa tanaman dengan suhu di atas 200°C (Ankona *et al.* 2023).

Biomassa dapat diperoleh dari limbah nanas. Selama beberapa tahun terakhir, sejumlah besar studi telah dilakukan untuk menyelidiki kepraktisan memanfaatkan limbah nanas untuk menghasilkan zat yang memiliki nilai tambah, seperti cuka dan anggur, biofuel, biogas, asam organik, serat, pati dan pemanfaatan enzim bromelain (Sarangi *et al.* 2023). Produksi nanas dapat menghasilkan limbah hingga 60% dari total bobot nanas yang terdiri atas kulit buah (28,07%), inti atau *core* (8,81%), batang (2,25%) dan mahkota (20,76%) (Singh *et al.* 2018). Limbah biomassa nanas yang dihasilkan dari bagian batang, kulit, core dan mahkota memiliki potensi untuk dimanfaatkan karena memiliki kandungan senyawa organik berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin (Asim *et al.* 2015). Lignin merupakan salah satu biopolimer yang paling melimpah dan memiliki fungsi untuk memberikan integritas struktural dan ketahanan mekanis (Tobimatsu dan Schuetz 2019; Amores-Monge *et al.* 2022). Komposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin berbeda pada setiap bagian organ tanaman nanas dan berbeda juga pada setiap kondisi biomassa limbah nanas (Mansor *et al.* 2019, Ankona *et al.* 2023, Pereira *et al.* 2022).

Pemanfaatan lignin dari limbah nanas sebagai biopestisida memiliki kelebihan dalam aplikasi seperti mudah terurai, residu dan kontaminasi terhadap lingkungan yang rendah (Campos *et al.* 2019, Soto-Maldonado *et al.* 2022). Proses pirolisis terhadap biomassa limbah nanas harus dilakukan dengan cermat untuk memperoleh jumlah senyawa fenolik yang optimal. Menurut Hung *et al.* (2023) dan Hung *et al.* (2022) proses pirolisis untuk menghasilkan senyawa fenolik dapat dilakukan pada suhu pemanasan minimal 300°C dan saat kondisi kandungan oksigen yang rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas rumusan masalah yang ditemukan adalah apakah ada pengaruh dari aplikasi bioinsektisida yang berasal dari limbah bromelain nanas melalui proses rekayasa dengan reaktor hidrolisa termal yang diatur pada suhu rendah 250 °C terhadap serangan hama kutu putih pada nanas.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari aplikasi bioinsektisida yang berasal dari limbah bromelain nanas melalui proses rekayasa dengan reaktor hidrolisa termal yang diatur pada suhu rendah 250°C terhadap serangan hama kutu putih pada nanas untuk mengurangi penggunaan insektisida sintetik.

1.4 Kebaharuan

Pada penelitian ini terdapat inovasi yakni proses produksi bioinsektisida yang berasal dari limbah bromelain nanas menggunakan proses rekayasa dengan reaktor hidrolisa termal yang diatur pada suhu subkritis 250°C sehingga dapat menekan serangan hama kutu putih pada nanas . Penelitian sebelumnya rekayasa hidrolisa pada suhu subkritis 280 - 300°C dengan menggunakan limbah biomassa dari bagasse tebu dan jerami padi yang mampu menekan pertumbuhan fungi *Ganoderma boninense* secara in vitro.

Berdasarkan studi literatur, belum ada penelitian mengenai penggunaan limbah bromelain nanas sebagai biofungisida melalui proses rekayasa dengan reaktor hidrolisa termal yang diatur pada suhu rendah 250°C. Hal ini dapat menjadi solusi dalam substitusi fungisida sintesis yang efektif dan efisien untuk diaplikasikan pada tanaman nanas khususnya.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan konsentrasi terbaik bioinsektisida yang berasal dari limbah bromelain nanas menggunakan proses rekayasa dengan reaktor hidrolisa termal yang diatur pada suhu subkritis 250°C sehingga dapat menekan serangan hama kutu putih pada nanas

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini terdiri atas pengamatan mortalitas populasi hama kutu putih pada bibit *crowns* nanas.

1.7 Hipotesis

Terdapat pengaruh positif dari aplikasi bioinsektisida yang berasal dari limbah bromelain nanas melalui proses rekayasa dengan reaktor hidrolisa termal yang diatur pada suhu subkritis 250°C terhadap serangan hama kutu putih pada nanas.

BAB II METODOLOGI

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Oktober hingga Desember 2023. Kegiatan penelitian dilaksanakan di PT Great Giant Pineapple, Kecamatan Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah, Lampung, Indonesia.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah tabung hidrolisis termal, gelas ukur, mesin penepung, neraca analitik, alat dokumentasi, alat tulis, saringan, pengaduk. Bahan yang dibutuhkan adalah limbah nanas, crown yang terkena mealybug, insektisida sintetik organofosfat Dympilate sebagai non-sistemik (Formula: $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$, $BM = 304.34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), industic, bioinsektisida, polybag dan air (Gambar 1). Sifat kimiawi dan kandungan senyawa organik yang terutama tergolong grup fenolik dianalisa dengan GCMS di LABKESDA DKI Jakarta.

			
Tabung hidrolisis termal	Timbangan digital	Gelas ukur	Ember
			
Mesin penepung	Saringan	Dympilate	industic

Gambar 1. Bahan dan alat yang digunakan

2.3. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan kelompok lengkap teracak (RKLK) faktor tunggal yaitu konsentrasi bioinsektisida yang terdiri dari 3 taraf yaitu taraf substitusi kebutuhan insektisida sintetik Dympilate dan bioinsektisida hasil hidrolisa termal menggunakan suhu $250 \text{ }^{\circ}\text{C}$, dan kombinasi yakni 0%, 20% dan 40%. Sebagai control dilakukan perlakuan tanpa penambahan insektisida sintetik maupun bioinsektisida. Seluruhnya terdapat 5 perlakuan dengan 3 ulangan yang terlampir pada Tabel 1. Jumlah ulangan yang digunakan pada penelitian ini adalah 3 kali. Model linier rancangan yang digunakan adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} : pengamatan pada perlakuan konsentrasi bioinsektisida taraf ke-i dan ulangan taraf ke-j

μ : nilai rata-rata umum

α_i : pengaruh perlakuan persentase konsentrasi bioinsektisida taraf ke-i

β_j : pengaruh ulangan ke-j

ϵ_{ij} : pengaruh galat percobaan pada perlakuan persentase konsentrasi bioinsektisida taraf ke-i dan ulangan ke-j

Tabel 1 Kombinasi perlakuan

Perlakuan
0. Kontrol (hanya aplikasi dengan air)
1. 0% H.250+ 100% S (Standard Insektisida sintetis Dimpylate (S))
2. 20% H.250+ 80% S
3. 40% H.250+ 60% S

Keterangan : S= Standard aplikasi insektisida Dimpylate dan *industic*
H.250=larutan hidrolisat ampas limbah bromelain pada suhu 250°C dengan lama proses pembuatan selama 60 menit

Larutan standar yang digunakan sekali aplikasi per crown adalah 2 liter larutan di dalam ember dicelup oleh 6 crown, setelah dicelup oleh 6 crown menyisahkan larutan 1 liter, maka keperluan volume per crown adalah 166,67 ml/crown.

Konsentrasi bahan aktif pestisida sintetis standar per crown dengan EC600 dan pengenceran 1:1000, maka dosis bahan aktifnya adalah $(0,6 \times (2000-1000)\text{ml} \times 1000) = 0,6 \text{ b.a. per crown}$

2.4. Analisis Data

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan SAS (*Statistical Analysis Sistem*). Data dianalisis dengan analisis sidik ragam pada taraf $\alpha = 0.05$ apabila terdapat pengaruh nyata, dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) untuk melihat perlakuan terbaik.

BAB III
PELAKSANAAN KEGIATAN

3.1. Pelaksanaan Kegiatan
Persiapan Bahan Baku



Dimpylate



industic



Hidrolisat



Pembuatan larutan standar



Larutan standar



Pencampuran larutan standar dengan hidrolisat



Dipping



Pengeringan setelah di dipping



Disimpan dalam ruang isolasi

3.2. Analisa Kandungan Bioherbisida

Larutan hidrolisat cair dianalisa dengan GCMS (Gas Chromatography Mass Spectrometry) dan dihasilkan dominansi berbagai senyawa gugus fenolat sebagai bahan aktif yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bioherbisida (Tabel 2).

Tabel 2. Komposisi senyawa konstituen Larutan hidrolisat dominan*

No	Komponen senyawa	%area
1	Phenol , 2,6 - dimethoxy	4.73
2	Vanillin	6.2
3	Benzldehyde , 3 - hydroxy	3.17
4	Ethanone , 1- (2 - hydroxy – 5 methoxyphenyl)	3.22
5	Acetophenone , 4 ' – hydroxy	2.19
6	2 - Propanone , 1- (4 - hydroxy – 3 methoxyphenyl)	3.97
7	Phenol , 2 - ethoxy - 5- (1 - propenyl)	2.24
8	Benzldehyde , 3,4hydroxy - 3,5 dimethoxy	4.15
9	Ethanone , 1- (4 - hydroxy - 3,5 dimethoxyphenyl)	2.42
10	Syringylacetone	2.06
11	Butylsyringone	1.24
12	7,7 - Dimethyl - 9 – oxatricyclo [6.2.2.0 (1,6)] dodecan - 10 - one	3.05
13	1 - Oxaspiro [2.5] octane , 4,4 dimethyl - 8 - methylene - 2 - propyl	1.44
14	Propylthiouracil	1.22
15	2,5 - Piperazinedione , 3,6 - bis (2 methylpropyl)	1.10
16	Phenol , 2- (bromomethyl) -6 chloro- , acetate	1.07
17	3- (2 - Amino - ethylamino) -1 diethylamino - 7 - ethyl - 5,6,7,8 tetrahydro- [2,7] naphthyridine – 4 carbonitrile	1.06
18	1,4,7,10,13,16 Hexaoxonadecane , 18- (2 propenyl)	2.36

*Hasil Analisa GCMS Labkesda DKI Jakarta 2023

3.3. Pengamatan hari ke 3 setelah aplikasi

Crown di destruksi, kemudian analisis jumlah hidup dan mati mealybug pada setiap perlakuan.



Loop untuk analisis



Kuas untuk memisahkan mealy bug dengan crown



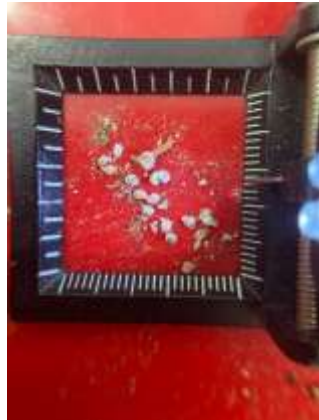
Nampan tempat hasil pemisahan mealy bug



destruksi



Pemisahan mealy bug dari crown



Mealy bug yang telah terpisah dari crown, diamati dan di hitung menggunakan loop



Crown yang telah di destruk

3.4. Variabel Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada hari ke-3 setelah aplikasi. Pengamatan yang dilakukan yaitu mengukur tingkat kematian (mortalitas) *mealybug*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Padad penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya aplikasi bioinsektisida menyebabkan kematian *mealybug* sebesar 100% untuk masing-masing perlakuan. Kutu putih termasuk dalam serangga hama dari ordo hemiptera famili pseudococcidae dan merupakan serangga polifag yang memiliki inang yang luas. Salah satu inang utama kutu putih adalah tanaman nanas. Hidup kutu putih hampir terdapat pada seluruh bagian nanas mulai dari perakaran hingga bagian mahkota nanas. Spesies yang banyak di temukan pada perkebunan nanas di salah satu perusahaan nanas di lampung adalah *Dysmicoccus brevipes*. Hal ini dikarenakan spesies *D. brevipes* telah menyebar ke seluruh dunia dan di Indonesia sendiri sudah tersebar di beberapa wilayah. Kutu putih menyerang pada daerah subtropis hingga tropis dan menyerang pada banyak inang. Tingginya populasi kutu putih yang menyerang nanas diperlukan pengendalian yang tepat.

Berdasarkan seluruh perlakuan dengan mengkombinasikan hidrolisat, asap cair, dan insektisida mampu menyebabkan kematian kutu putih hingga 100%. Kombinasi tersebut terdiri atas substitusi hidrolisat 20% dan 40%, asap cair dengan konsentrasi 5% dan 10% terhadap insektisida 60% dan 80%. Menurut Yunus (2020) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak senyawa yang terkandung di dalamnya sehingga pada substitusi hidrolisat 20% sudah mampu untuk mengendalikan kutu putih.

Tabel 2. Data rata-rata mortalitas kematian kutu putih

Perlakuan	% Kematian Serangga*	Jumlah serangga dijumpai/sucker
0 Kontrol (hanya air)	0 ^a	18.0
1. 0% H.250+ 100% S	100 ^b	5.7
2. 20% H.250+ 80% S	100 ^b	26.0
3. 40% H.250+ 60% S	100 ^b	19.7

Keterangan: *Indeks huruf yang berbeda pada kolom % Kematian Serangga menunjukkan perbedaan signifikan padatingkat p=0.001; Sedangkan indeks huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan

**S= Standard aplikasi insektisida Dimpylate

***H.250=larutan hidrolisat ampas limbah bromelain pada suhu 250°C dengan lama proses pembuatan selama 60 menit

Rekomendasi tersebut meliputi perlakuan dengan substitusi 40% hidrolisat atau hidrolisat mampu mengurangi penggunaan insektisida kimia sebesar 40%. Hal yang mendasari pertimbangan tersebut adalah salah satunya faktor ekonomis yang dihasilkan serta dampak lingkungan yang akan ditimbulkan karena semakin besar persentase substitusi bioinsektisida akan mengurangi insektisida kimiawi yang berdampak pada keseimbangan ekosistem lingkungan. Bioinsektisida dari limbah nanas memiliki kandungan flavonoid, saponin, dan tanin yang dapat mengganggu sistem pernafasan serangga. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, bahan hidrolisat yang dikombinasikan dengan asap cair serta insektisida bahan aktif dimpylate berpengaruh terhadap mortalitas kutu putih hingga mencapai 100%. Hal tersebut dapat menunjukkan bahwa hidrolisat maupun asap cair mempunyai sifat racun/toksik dalam mengendalikan serangga hama khususnya kutu putih yang terlihat dari respon kematian kutu putih.

KESIMPULAN

Aplikasi bioinsektisida hidrolisat larutan hidrolisat ampas limbah bromelain pada suhu 250°C dengan lama proses pembuatan selama 60 menit dari limbah bromelain menyebabkan kematian hama kutu putih (*mealybug*) sebesar 100% setelah hari ke-3, baik pada substitusi aplikasi pestisida sintetik sebesar 20% maupun 40%. Hidrolisat tersebut mampu menggantikan kebutuhan sintetik standar hingga 20% bahkan 40% untuk pengendalian kutu putih nanas pada crown nanas..

DAFTAR PUSTAKA

- Amores-Monge V, Goyanes S, Ribba L, Lopretti M, Sandoval-Barrantes M, Camacho M, Corrales-Ureña Y, Vega-Baudrit JR. 2022. Pineapple Agro-Industrial Biomass to Produce Biomedical Applications in a Circular Economy Context in Costa Rica. *Polymers (Basel)*. 14(22). doi:10.3390/polym14224864.
- Ankona E, Nisnevitch M, Marks V, Dorfman O, Doroshev A, Anker Y. 2023. Citrus pyrolysis temperature effect on wood vinegar characteristics. *Bioresour Technol Reports*. 22 May:101490. doi:10.1016/j.biteb.2023.101490.
- Asim M, Abdan K, Jawaid M, Nasir M, Dashtizadeh Z, Ishak MR, Hoque ME, Deng Y. 2015. A review on pineapple leaves fibre and its composites. *Int J Polym Sci*. 2015. doi:10.1155/2015/950567.
- Beardsley JW, Su TH, McEwen FL, Gerling D. 1982. Field investigations on the interrelationships of the big-headed ant, the gray pineapple mealybug, and pineapple mealybug wilt disease in Hawaii. *Proceedings, Hawaiian Entomomological Soc*. 24(1):51–67. <http://scholarspace.manoa.hawaii.edu/handle/10125/11138>.
- Campos EVR, Proença PLF, Oliveira JL, Bakshi M, Abhilash PC, Fraceto LF. 2019. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecol Indic*. 105 July 2017:483–495. doi:10.1016/j.ecolind.2018.04.038.
- Dey KK, Green JC, Melzer M, Borth W, Hu JS. 2018. Mealybug wilt of pineapple and associated viruses. *Horticulturae*. 4(4). doi:10.3390/horticulturae4040052.
- Hassanen EI, Issa MY, Hassan NH, Ibrahim MA, Fawzy IM, Fahmy SA, Mehanna S. 2023. Potential Mechanisms of Imidacloprid-Induced Neurotoxicity in Adult Rats with Attempts on Protection Using *Origanum majorana* L. Oil/Extract: In Vivo and In Silico Studies. *ACS Omega*. 8(21):18491–18508. doi:10.1021/acsomega.2c08295.
- Henrique P, Pereira F, Magalhães De Oliveira D, Pereira B. 2022. Effeherminact of Chemical Treatment Sequence on Pineapple Peel Fiber: Chemical Composition, Thermal Stability and Thermal Degradation Kinetics Heitor Luiz Ornaghi Universidade Federal da Integracao Latino-Americana. *Cellul* 2022. 29:8587–8598. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1121648/v1>.
- Hernandez-Rodriguez L, Ramos-Gonzalez PL, Garcia-Garcia G, Zamora V, Peralta-Martin AM, Peña I, Perez JM, Ferriol X. 2014. Geographic distribution of mealybug wilt disease of pineapple and genetic diversity of viruses infecting pineapple in Cuba. *Crop Prot*. 65:43–50. doi:10.1016/j.cropro.2014.07.003.
- Huang P, Yao J, Lin Y, Yu D. 2021. Pathogenic characteristics and infection-related genes of *Metarhizium anisopliae* FM-03 infecting *Planococcus lilacinus*. *Entomol Exp Appl*. 169(5):437–448. doi:10.1111/eea.13036.

- Hung CM, Chen CW, Huang CP, Yang YY, Dong C Di. 2022. Suppression of polycyclic aromatic hydrocarbon formation during pyrolytic production of lignin-based biochar via nitrogen and boron co-doping. *Bioresour Technol.* 355 April:127246. doi:10.1016/j.biortech.2022.127246.
- Hung CM, Cheng JW, Chen CW, Huang CP, Dong C Di. 2023. Pyrolysis processes affecting polycyclic aromatic hydrocarbon profile of pineapple leaf biochar exemplified by atmosphere/temperature and heteroatom doping. *Bioresour Technol.* 379 March:129047. doi:10.1016/j.biortech.2023.129047.
- Jahn GC, Beardsley JW, González-hernández H. 2003. A Review of the association of ants with mealybug wilt disease of pineapple. *Proceedings, Hawaiian Entomol Soc.* 36(1910):9–28.
- Lin Y, Li D, Zhou C, Wu Y, Miao P, Dong Q, Zhu S, Pan C. 2022. Application of insecticides on peppermint (*Mentha × piperita L.*) induces lignin accumulation in leaves by consuming phenolic acids and thus potentially deteriorates quality. *J Plant Physiol.* 279 October:153836. doi:10.1016/j.jplph.2022.153836.
- Mansor AM, Lim JS, Ani FN, Hashim H, Ho WS. 2019. Characteristics of cellulose, hemicellulose and lignin of MD2 pineapple biomass. *Chem Eng Trans.* 72 December 2018:79–84. doi:10.3303/CET1972014.
- Myrick S, Norton GW, Selvaraj KN, Natarajan K, Muniappan R. 2014. Economic impact of classical biological control of papaya mealybug in India. *Crop Prot.* 56:82–86. doi:10.1016/j.cropro.2013.10.023.
- Ren L, Qian L, Xue M, Peng C, Chen N, Zhan G, Liu B. 2022. Vapor heat treatment against *Planococcus lilacinus* Cockerell (Hemiptera:Pseudococcidae) on dragon fruit. *Pest Manag Sci.* 78(1):150–158. doi:10.1002/ps.6616.
- Rohrbach CG, Beardsley JW, German TL, Relmer VJ, Sanford WG, Fig I. 1982. and Ants. (7).
- Rosell G, Quero C, Coll J, Guerrero A. 2008. Biorational insecticides in pest management. *J Pestic Sci.* 33(2):103–121. doi:10.1584/jpestics.R08-01.
- Sarangi PK, Singh AK, Srivastava RK, Gupta VK. 2023. Recent Progress and Future Perspectives for Zero Agriculture Waste Technologies: Pineapple Waste as a Case Study. *Sustain.* 15(4). doi:10.3390/su15043575.
- Singh TA, K. Sarangi P, Singh NJ. 2018. Tenderisation of Meat by Bromelain Enzyme Extracted from Pineapple Wastes. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 7(09):3256–3264. doi:10.20546/ijcmas.2018.709.404.
- Soto-Maldonado C, Caballero-Valdés E, Santis-Bernal J, Jara-Quezada J, Fuentes-Viveros L, Zúñiga-Hansen ME. 2022. Potential of solid wastes from the walnut industry: Extraction conditions to evaluate the antioxidant and bioherbicidal activities. *Electron J Biotechnol.* 58:25–36. doi:10.1016/j.ejbt.2022.04.005.
- Tobimatsu Y, Schuetz M. 2019. Lignin polymerization: how do plants manage the chemistry so well? *Curr Opin Biotechnol.* 56:75–81. doi:10.1016/j.copbio.2018.10.001.
- Yunus NM. 2020. Pengaruh pemberian biopestisida dari ekstrak biji buah mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan batang brotowali (*Tinospora cordifolia*) terhadap mortalitas hama kutu putih. *Jurnal Celebes Biodiversitas.* 3(2): 17-24.
-