

HEXA-Cu-MOF: PEMANFAATAN Cu-MOF (Cu-BDC DAN Cu-BTC) SEBAGAI MATERIAL *SLOW RELEASE* HEXACONAZOLE UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI PENGENDALIAN PENYAKIT *GANODERMA BONINENSE* PADA TANAMAN SAWIT

Peneliti

Nama	Institusi
Dr. rer. nat. Yudha Prawira Budiman, M.Sc.	Universitas Padjadjaran
Dr. Haris Maulana, S.P., M.P.	Pusat Riset Hortikultura, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, BRIN
Dr. Eng. Irwan Kurnia, M.T.	Universitas Padjadjaran
Sinta Fauziyah Susanto	Universitas Padjadjaran

JUSTIFIKASI PENELITIAN

- **Masalah yang Dihadapi:** *Ganoderma boninense* menyebabkan kerugian besar di perkebunan kelapa sawit, dan metode mengendalikan saat ini belum efektif.
- **Kelemahan Metode Konvensional:** Fungisida hexaconazole memiliki pelepasan cepat dan memerlukan dosis tinggi yang menyebabkan pencemaran lingkungan.
- **Solusi yang Ditawarkan:** Penggunaan HKUST-1 (Metal Organik Framework berbasis mineral esensial: Cu/tembaga) sebagai material *slow release* hexaconazole, untuk meningkatkan efektivitas pemakaian dosis hexaconazole dan mengurangi pencemaran.
- **Dampak Penelitian:** Menyediakan alternatif ramah lingkungan, lebih efisien, dan berkelanjutan untuk pengendalian penyakit *Ganoderma boninense* pada tanaman sawit.

TUJUAN PENELITIAN

- Mensintesis dan mengkarakterisasi Cu-MOF (Cu-BDC dan Cu-BTC) yang dapat digunakan sebagai sistem *slow release* untuk hexaconazole.
- Menganalisis efisiensi enkapsulasi hexaconazole kedalam Cu-MOF (Cu-BDC dan Cu-BTC).
- Menguji efektivitas Cu-MOF (Cu-BDC dan Cu-BTC)- hexaconazole dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense*.
- Menilai stabilitas dan keberlanjutan aplikasi HKUST-1 (Cu-BDC dan Cu-BTC) dalam pertanian.



METODOLOGI PENELITIAN

Sintesis Material Cu-MOF (Cu-BDC dan Cu-BTC)



Karakterisasi Material Cu-MOF (Cu-BDC dan Cu-BTC)
(FTIR, XRD, SEM-EDX, TGA,)



Enkapsulasi dan Adsorpsi Hexaconazole ke dalam
Cu-MOF (Cu-BDC dan Cu-BTC)



Uji Pelepasan (*Release Test*) Hexaconazole dari Cu-MOF
(Cu-BDC dan Cu-BTC)



METODOLOGI PENELITIAN

Uji Efektivitas Cu-MOF (Cu-BDC dan Cu-BTC) - hexaconazole
terhadap *Ganoderma boninense*
(Uji In Vitro dan Uji In Vivo)



Analisis Dampak Lingkungan
(Uji Toksisitas Tanah, Uji Kelarutan dan Perpindahan Cu dalam Tanah)



Analisis Data dan Interpretasi

RINCIAN KEBUTUHAN BIAYA

1. Skala Laboratorium (Tahun Ke-1)

No	Keterangan	Total Biaya (IDR)
1.	Bahan dan Reagen	22.000.000
2.	Karakterisasi Material	22.000.000
3.	Uji Pelepasan & Efektivitas	35.000.000
4.	Uji Lapangan	26.000.000
5.	Biaya Operasional	35.000.000
6.	Peneliti	30.000.000
Total Keseluruhan		170.000.000

2. Skala Pilot (Tahun Ke-2)

No	Keterangan	Total Biaya (IDR)
1.	Produksi & Formulasi HKUST-1	45.000.000
2.	Uji Efektivitas di Perkebunan	45.000.000
3.	Uji Stabilitas di Tanah	80.000.000
4.	Uji Dampak Lingkungan	50.000.000
5.	Biaya Operasional	90.000.000
6.	Paten	40.000.000
Total Keseluruhan		350.000.000

RINCIAN KEBUTUHAN BIAYA

3. Skala Industri (Tahun Ke-3)

No	Keterangan	Total Biaya (IDR)
1.	Produksi Massal HKUST-1	150.000.000
2.	Uji Skala Perkebunan	400.000.000
3.	Sertifikasi & Regulasi	250.000.000
4.	Pemasaran & Distribusi	300.000.000
5.	Biaya Operasional	500.000.000
6.	Tenaga Kerja	500.000.000
Total Keseluruhan		2.100.000.000

KEGIATAN PENELITIAN

Bulan	Kegiatan	Hasil
April	- Sintesis Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC)	- Cu-MOF berhasil disintesis - Struktur awal terkonfirmasi
Mei	- Karakterisasi Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC), Struktur morfologi, luas permukaan, stabilitas termal - Uji adsorpsi hexaconazole ke dalam HKUST-1 (Cu-BDC & Cu-BTC)	- Karakterisasi lengkap Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) - Data interaksi hexaconazole-MOFs
Juni	- Uji pelepasan hexaconazole (slow release) dalam berbagai pH dan suhu - Analisis kinetika pelepasan	- Data pelepasan hexaconazole di berbagai kondisi - Model kinetika pelepasan yang sesuai
Juli	- Uji stabilitas Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) di tanah - Uji degradasi hexaconazole dalam tanah	- Data stabilitas Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) di tanah - Profil degradasi hexaconazole



KEGIATAN PENELITIAN

Bulan	Kegiatan	Hasil
Agustus	- Uji toksisitas Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) terhadap mikroorganisme tanah & tanaman sawit - Evaluasi efek HKUST-1 (Cu-BDC & Cu-BTC) pada kesuburan tanah	- Data toksisitas Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) - Evaluasi dampak Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) pada tanah
September	- Uji efektivitas Cu-MOF (Cu-BCD dan Cu-BTC)-hexaconazole terhadap <i>Ganoderma boninense</i>	- Data efektivitas Cu-MOF (Cu-BCD dan Cu-BTC)-hexaconazole terhadap <i>Ganoderma boninense</i>
Oktober	- Optimasi formulasi Cu-MOF (Cu-BDC & Cu- BTC) dengan muatan hexaconazole terbaik - Replikasi uji pelepasan & efektivitas antifungi	- Formulasi optimal Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) + hexaconazole
November	- Analisis data - Penulisan hasil penelitian	- Presentasi - Draft publikasi jurnal



TARGET OUTPUT

No	Kategori	Target Ouput
1.	Ilmiah	- Publikasi di jurnal nasional/internasional - Hak Kekayaan Intelektual (HKI)/Paten
2.	Skala Laboratorium	- Sintesis Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) dalam skala gram - Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) dengan struktur optimal untuk penerapan hexaconazole
3.	Skala Pilot	- Sintesis Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) dalam skala kilogram - Prototipe material Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) untuk aplikasi lapangan - Formulasi produk dalam bentuk serbuk/cairan - Proposal kerjasama industri untuk produksi massal - Mesin produksi Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) -hexaconazole
4.	Skala Industri	- Produksi komersial Cu-MOF (Cu-BDC & Cu-BTC) – hexaconazole - Kemitraan dengan perusahaan pestisida dan agroindustry - Sertifikasi BPOM/Kementerian Pertanian

IMPACT HASIL PENELITIAN

A. Manfaat Lingkungan

- Bersifat biodegradable dan dapat berfungsi sebagai mikronutrien yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman sawit dan mengurangi keasaman tanah.
- Meningkatkan kesehatan tanaman sawit serta memperbaiki kualitas tanah.
- Mengurangi tingkat infeksi jamur patogen pada tanaman sawit.
- Berpotensi sebagai alternatif untuk teknologi penghantaran nano di bidang pertanian, termasuk untuk herbisida, insektisida, dan pupuk berbasis nano.
- Mengurangi tingkat kematian tanaman sawit akibat *Ganoderma boninense*.

B. Manfaat Ekonomi

- Meningkatkan hasil produk dan keuntungan ekonomi.
- Mengurangi ketergantungan pada biaya tenaga kerja.

HIPOTESA KEMAMPUAN PRODUK DAN KEBAHARUAN



- *Nanocarrier* Cu-MOF (Cu-BDC dan Cu-BTC) membutuhkan kurang dari 1% atau 50 ppm hexaconazole.
- Hexaconazole dapat dilepaskan sepenuhnya hingga 21 hari.
- Efektif menghambat pertumbuhan penyakit jamur tanaman.

POTENSI PASAR



Sektor pertanian diseluruh dunia, terutama dibenua tropis (Asia, Afrika, Australia, dan Amerika Selatan).

- Perusahaan Pestisida
- Perkebunan Kelapa Sawit
- Perkebunan Buah-buahan