



ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET  
BIDANG ILMU TANAH, AGROKLIMATOLOGI, DAN HIDROLOGI

## INOVASI TEKNOLOGI PUPUK HAYATI MENDUKUNG PENGEMBANGAN LAHAN RAWA SEBAGAI LUMBUNG PANGAN



OLEH:  
MUKHLIS

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN  
BOGOR, 21 DESEMBER 2020





**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET  
BIDANG ILMU TANAH, AGROKLIMATOLOGI,  
DAN HIDROLOGI**

**INOVASI TEKNOLOGI PUPUK  
HAYATI MENDUKUNG  
PENGEMBANGAN LAHAN RAWA  
SEBAGAI LUMBUNG PANGAN**

**Oleh:  
MUKHLIS**



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN  
BOGOR, 21 DESEMBER 2020**

# INOVASI TEKNOLOGI PUPUK HAYATI MENDUKUNG PENGEMBANGAN LAHAN RAWA SEBAGAI LUMBUNG PANGAN

*MUKHLIS*

© IAARD PRESS, 2020

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, 2020

---

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

---

MUKHLIS

Inovasi teknologi pupuk hayati mendukung pengembangan lahan rawa sebagai lumbung pangan / Oleh Mukhlis. -- Jakarta : IAARD Press, 2020.

vii, 65 hlm.: ill.; 21 cm

ISBN: 978-602-344-294-2

631.86

1. Lahan rawa 2. Pupuk hayati 3. Inovasi teknologi

I. Judul

---

Penyunting Naskah : Fahmuddin Agus, Hasil Sembiring, dan  
Bambang Subiyanto

Penata Letak : Niki Awalloedin

Perancang Cover : Tim Kreatif IAARD Press

IAARD PRESS

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Jln. Ragunan 29 Pasarminggu, Jakarta 12540

Telp.: +62-21-7806202, Faks: +62-21-7800644

Email : [iaardpress@litbang.pertanian.go.id](mailto:iaardpress@litbang.pertanian.go.id)

Anggota IKAPI No. 445/DKI/2012

## BIODATA RINGKAS



**Mukhlis**, lahir di Hulu Sungai Selatan, Kalimantan Selatan, tanggal 16 September 1960, adalah anak kedua dari tiga bersaudara, dari Bapak H. Musdar (alm) dan Ibu Hj. Misra (almh). Menikah dengan Nani Astuty, SE dan dikarunia tiga orang anak, yaitu dr. Netya Khairina, Enny Khalisa, SKG, dan Gina Magfirah, ST.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 165/M/Tahun 2015 tanggal 6 Oktober 2015 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Utama terhitung mulai tanggal 1 Desember 2014.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Nomor 1131/Kpts/Kp.240/H/12/2020 tanggal 1 Desember 2020 tentang Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan pidato pengukuhan Profesor Riset.

Menyelesaikan pendidikan dasar di Madrasah Ibtidaiyah Swasta dan Madrasah Tsanawiyah Negeri di Angkinang, masing-masing tahun 1971 dan 1974; serta SMA Negeri Kandangan, tahun 1977. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, tahun 1983; memperoleh gelar Master Sain bidang Sistem-Sistem Pertanian, Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar, tahun 1992; dan memperoleh gelar *Doctor of Phylosophy* bidang Mikrobiologi dan Kesuburan Lahan, Universiti Putra Malaysia, Kuala Lumpur, tahun 2006.

Mengikuti beberapa pelatihan dengan bidang kompetensinya, antara lain: A Three-Week Course in Field Methods for Pest Management Research in Deepwater Rice, di Calcutta, India dan Dhaka, Bangladesh (1987); Training on Research Management di Michigan State University, USA (2014).

Menduduki jabatan struktural sebagai Kepala Bidang Program dan Evaluasi pada Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Badan Litbang Pertanian (2014-2017).

Jabatan fungsional diawali sebagai Asisten Peneliti Muda tahun 1988, Asisten Peneliti Madya tahun 1989, Ajun Peneliti Muda tahun 1992, Ajun Peneliti Madya tahun 1994, Peneliti Muda tahun 1997, Peneliti Madya tahun 1999, Peneliti Madya (IV/c) tahun 2009, dan Peneliti Utama (IV/d) Bidang Ilmu Tanah, Agroklimatologi, dan Hidrologi tahun 2014.

Menghasilkan 90 Karya Tulis Ilmiah, baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain, dalam bentuk buku, jurnal, prosiding, dan makalah yang diterbitkan; 11 diantaranya ditulis dalam Bahasa Inggris.

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai Ketua Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia cabang Kalimantan Selatan (2014 – sekarang), sebagai anggota Asosiasi Biochar Indonesia (2013 – sekarang), anggota Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (2014 – sekarang), anggota Perhimpunan Agronomi Indonesia (1996 – sekarang).

Memperoleh tanda penghargaan Satyalancana Karya Satya XXX Tahun (2016) dari Presiden RI.

## DAFTAR ISI

<b>BIODATA RINGKAS</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>PRAKATA PENGUKUHAN</b> .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>II. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PUPUK HAYATI LAHAN RAWA</b> .....	3
2.1 Asal Muasal Teknologi Pupuk Hayati (pra 1950).....	3
2.2 Periode Rintisan Pengembangan Pupuk Hayati di Indonesia (1970 – 2007) .....	3
2.3 Era Inisiasi Pemanfaatan Pupuk Hayati di Lahan Rawa (Tahun 1990 – 2009) .....	5
2.4. Era Pengembangan Teknologi Pupuk Hayati di Lahan Rawa (Tahun 2009 – 2019) .....	6
2.5. Pengembangan Teknologi Pupuk Hayati Lahan Rawa Ke Depan .....	7
<b>III. POTENSI, EKSPLORASI, DAN SELEKSI MIKROBA LAHAN RAWA</b> .....	8
3.1 Potensi Mikroba Lahan Rawa .....	8
3.2. Eksplorasi dan Seleksi Mikroba Dekomposer...	9
3.3 Eksplorasi dan Seleksi Mikroba Pelarut P .....	10
3.4 Eksplorasi dan Seleksi Mikroba Penambat N ...	10
3.5. Eksplorasi dan Seleksi Mikroba Pereduksi Sulfat .....	11
<b>IV. INOVASI TEKNOLOGI PUPUK HAYATI DI LAHAN RAWA</b> .....	12
4.1 Inovasi Teknologi Pupuk Hayati Biotara untuk Lahan Rawa .....	12
4.2. Inovasi Teknologi Pupuk Hayati Biosure untuk Lahan Rawa .....	13
4.3. Inovasi Teknologi Pupuk Hayati M-STAR untuk Lahan Rawa .....	14

4.4. Teknologi Biorecovery untuk Lahan Rawa .....	14
<b>V. PROSPEK PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PUPUK HAYATI DI LAHAN RAWA .....</b>	<b>16</b>
5.1 Potensi Pengembangan Teknologi Pupuk Hayati di Lahan Rawa .....	16
5.2 Peluang Penggunaan .....	17
5.3 Tantangan Pengembangan Teknologi Pupuk Hayati di Lahan Rawa .....	17
<b>VI. ARAH, SASARAN, DAN STRATEGI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PUPUK HAYATI DI LAHAN RAWA .....</b>	<b>19</b>
6.1 Arah .....	19
6.2 Sasaran .....	19
6.3 Strategi .....	20
<b>VII. KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN .....</b>	<b>21</b>
7.1 Kesimpulan .....	21
7.2 Implikasi Kebijakan .....	21
<b>VIII. PENUTUP .....</b>	<b>23</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>24</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>27</b>
<b>DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH .....</b>	<b>40</b>
<b>DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA .....</b>	<b>58</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>60</b>

## PRAKATA PENGUKUHAN

*Bismillahirrahmaanirrahiim*

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua.

***Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Bapak Menteri Pertanian dan hadirin yang saya hormati.***

Pertama-tama saya mengucapkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya kita dapat berkumpul di tempat ini dalam keadaan sehat wal'afiat. Pada kesempatan yang berbahagia ini, perkenankanlah saya menyampaikan orasi pengukuhan Profesor Riset dalam bidang Ilmu Tanah, Agroklimatologi, dan Hidrologi di Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Sesuai dengan latar belakang ilmu dan penelitian yang ditekuni selama ini, perkenankanlah saya membacakan orasi ilmiah dengan judul:

**“INOVASI TEKNOLOGI PUPUK HAYATI  
MENDUKUNG PENGEMBANGAN LAHAN  
RAWA SEBAGAI LUMBUNG PANGAN”**

[ Halaman ini sengaja dikosongkan ]

## I. PENDAHULUAN

*Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati,*

Sejak beberapa dekade terakhir, pemerintah telah berkali-kali mencanangkan dan mengembangkan program pengembangan lahan rawa untuk lumbung pangan. Terakhir pada tahun 2020 ini, lahan rawa kembali diapungkan, yaitu sebagai kawasan *food estate* yang disiapkan untuk lumbung pangan terintegrasi. *Food estate* ini menanam aneka tanaman pangan terutama padi dan jagung, hortikultura, perkebunan, dan mengembangkan peternakan seluas 770.000-800.000 hektar yang akan dilakukan secara bertahap. Pada tahun 2020-2021 diawali dengan intensifikasi sawah *eksisting* seluas 30.000 hektar di Kalimantan Tengah<sup>1</sup>.

Lahan rawa tergolong lahan suboptimal karena secara alamiah produktivitas lahannya rendah. Produktivitas padi sawah kurang dari 4,0 t GKG/ha<sup>2</sup>. Pengalaman menunjukkan bahwa pengembangan dan pengelolaan lahan rawa untuk mendukung peningkatan produksi pangan menghadapi berbagai masalah dan tantangan<sup>3,4</sup>. Utamanya adalah kekurangsuburan lahan akibat tingginya tingkat kemasaman tanah<sup>3,5</sup> dan juga tingginya serangan organisme pengganggu tanaman<sup>6,7,8,9</sup>, sehingga tingkat produksi lahan rawa dan kesejahteraan petani relatif rendah.

Sesuai dengan sebutannya sebagai lahan suboptimal di satu sisi, konsep dan tuntutan pembangunan pertanian berkelanjutan di sisi lain, maka pengembangan dan optimalisasi lahan rawa beririsan dengan multi aspek, yaitu terkait produktivitas<sup>10</sup>, efisiensi produksi<sup>10,11</sup>, kelestarian sumberdaya dan lingkungan serta kesejahteraan petani<sup>12,13</sup>. Kesemuanya erat

kaitannya dengan pengelolaan lahan, terutama tanah dan air lahan rawa.

Pupuk sebagai salah satu komponen penting dalam optimalisasi lahan rawa perlu muatan inovasi dengan sentuhan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) tinggi. Pengembangan teknologi pemupukan pada dasarnya bertumpu pada tiga basis inovasi utama dan ketiganya saling berinteraksi, yaitu: (a) jumlah (dosis), (b) cara pemberian, (c) jenis atau formula inovatif yang sasarannya adalah peningkatan efektivitas, efisiensi penggunaan dan minimum dampak negatif<sup>14,15,16</sup>.

Penggunaan pupuk di lahan rawa sampai sekarang masih bertumpu pada pupuk anorganik. Kondisi lahan rawa yang masam menyebabkan efektivitas pupuk ini berkurang, sehingga penggunaannya cenderung pemborosan<sup>15</sup>.

Pupuk hayati tergantung jenisnya, dapat mensuplai hara, terutama nitrogen, melalui fiksasi N<sub>2</sub> dari atmosfer atau meningkatkan ketersediaan hara di dalam tanah dengan meningkatkan kelarutan hara, sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi kebutuhan terhadap pupuk anorganik<sup>17,18,19</sup>. Aplikasi pupuk hayati terbukti berdampak positif terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, sekaligus perbaikan sifat fisika-kimia tanah di lahan rawa<sup>20,21,22</sup>.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian, maka pada orasi ini akan dipaparkan invensi dan inovasi pengembangan teknologi pupuk hayati, khususnya untuk pertanian di lahan rawa, termasuk potensi dan peluang, serta arah dan strategi pengembangannya ke depan.

## II. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PUPUK HAYATI LAHAN RAWA

*Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati,*

Penggunaan pupuk hayati bermula dari penemuan inokulum *Rhizobium* pada puluhan dekade yang lalu, kemudian berkembang sesuai dengan kemajuan pesat IPTEK dibidang biologi tanah dan pertanian. Berdasarkan dinamika tersebut, perkembangan teknologi dan penggunaan pupuk hayati dapat dipilah dalam beberapa era atau zaman.

### 2.1. Asal Muasal Teknologi Pupuk Hayati (pra 1950)

Prinsip dasar teknologi pupuk hayati adalah pemanfaatan dan pendayagunaan aktivitas mikroba tanah bagi pertumbuhan tanaman. Asal muasal teknologi pupuk hayati bermula dari sejak diketahui dan dipahami adanya potensi peran berbagai mikroba tanah dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman, meningkatkan produktivitas tanaman, dan pembenah lingkungan tanah<sup>23</sup>.

Pupuk hayati pertama kali dikomersialkan oleh dua orang ilmuwan Jerman, Nobbe dan Hiltner pada tahun 1895 dengan nama “Nitragin”. Pada tahun 1930 dan 1940-an pupuk hayati Azotobakterin yang mengandung bakteri *Azotobacter sp* diaplikasikan pada berjuta-juta ha lahan di Uni Soviet<sup>24</sup>. Pupuk bakteri lain yang juga telah digunakan secara luas di Eropa Timur adalah fosfobakterin yang mengandung bakteri *Bacillus megaterium* dan berfungsi sebagai pelarut P<sup>25</sup>.

### 2.2. Periode Rintisan Pengembangan Pupuk Hayati di Indonesia (1970 – 2007)

Di Indonesia, pengembangan pupuk hayati sudah dimulai sejak tahun 1970-an, yaitu penggunaan inokulan

*Bradyrhizobium japonicum* yang merupakan bakteri penambat N untuk mensubstitusi pupuk anorganik N<sup>26</sup>. Sedangkan dalam skala komersial pembuatan inokulan rhizobia dilakukan sejak tahun 1981<sup>27</sup>. Pada periode 1983-1986, inokulan tersebut dengan nama Legin telah digunakan secara luas untuk tanaman kedelai di 25 provinsi di Indonesia<sup>28</sup>.

Sejak tahun 1982, sejumlah mikroba efektif, antara lain *Rhizobium*, bakteri pelarut P, dan bakteri perangsang pertumbuhan berhasil dikumpulkan dari lahan bukaan baru untuk pengembangan kedelai di Indonesia. Beberapa strain unggul diperoleh melalui seleksi yang intensif dan digunakan sebagai bahan pupuk hayati. Penambahan mikroba pelarut P dan bakteri perangsang pertumbuhan tanaman pada tanaman kedelai yang diinokulasi *Rhizobium* mampu meningkatkan ketersediaan P dalam tanah, merangsang pertumbuhan akar, serapan N dan P tanaman<sup>29</sup>.

Selanjutnya, mulai tahun 1989 juga dilakukan serangkaian penelitian pemanfaatan mikroba pelarut P dan berhasil ditemukan isolat-isolat yang sangat aktif melarutkan P dari sumber P yang sukar larut, dan berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara tanaman jagung<sup>30</sup>.

Pada tahun 1997, pupuk hayati multiguna dengan nama Rhizo-Plus berhasil dikembangkan. Pupuk hayati ini mampu meningkatkan efisiensi pemupukan N dan P untuk tanaman kedelai melalui peningkatan efektivitas penambatan N<sub>2</sub> simbiosis dan kemampuan melarutkan P, sehingga dapat menghemat kebutuhan pupuk nitrogen dan pupuk fosfat serta meningkatkan hasil 20-40 %<sup>31</sup>. Pada musim tanam tahun 1997-1998, pupuk hayati majemuk Rhizoplus digunakan untuk 330.790 ha kedelai di 26 provinsi<sup>32</sup>.

Nodulin sebagai derivasi dan pengembangan Rhizo-Plus ditemukan atau diformulasikan pada tahun 2007. Nodulin

berfungsi memacu pembentukan bintil akar dan pertumbuhan tanaman, memperlebat dan memperkuat perakaran tanaman, dan memacu aktivitas mikroba rizosfer dalam meningkatkan ketersediaan hara N, P, dan K, sehingga meningkatkan efisiensi pemupukan<sup>33</sup>.

### **2.3. Era Inisiasi Pemanfaatan Pupuk Hayati di Lahan Rawa (Tahun 1990 – 2009)**

Program intensifikasi pertanian berbasis Revolusi Hijau yang dilakukan sejak awal tahun 1970, selain berhasil meningkatkan produksi pangan nasional secara sangat signifikan, juga menyebabkan petani sangat tergantung kepada pupuk anorganik dan pestisida, namun dengan penggunaan yang cenderung berlebihan. Selain pemborosan, hal tersebut juga menyebabkan ketidakseimbangan hara tanah<sup>34</sup>, kerusakan struktur tanah, penurunan populasi dan keanekaragaman hayati tanah<sup>35,36,37,38</sup>, dan meningkatnya gangguan hama dan penyakit tanaman<sup>39,40</sup>.

Kondisi ini semakin mendorong dikembangkannya teknologi alternatif pemupukan, antara lain dengan pemanfaatan mikroba dan bahan-bahan hayati lain yang lebih ramah lingkungan. Dorongan tersebut tidak hanya untuk lahan optimal, tetapi juga untuk lahan sub-optimal, khususnya lahan rawa dengan tantangan dinamika kimia dan kesuburan lahan yang jauh lebih kompleks<sup>41,42</sup>.

Pada era ini mulanya penelitian lebih ditujukan kepada kegiatan pengujian terhadap berbagai pupuk hayati *eksisting* yang telah dihasilkan dan dikembangkan berbagai lembaga atau perguruan tinggi. Sebagai contoh, *Rhizobium* yang mampu meningkatkan efisiensi pemupukan N dan hasil kedelai serta residunya masih mampu meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut<sup>41,42</sup>. Mikroba pelarut P dapat meningkatkan produktivitas kedelai di lahan sulfat masam<sup>43</sup>. *Trichoderma*

dapat mempercepat perombakan bahan organik pada tanah gambut<sup>44</sup>.

#### **2.4. Era Pengembangan Teknologi Pupuk Hayati di Lahan Rawa (Tahun 2009 - 2019)**

Memahami bahwa berbeda halnya pada lahan sawah intensif, di lahan rawa selain berbagai sifat marginal tanah bagi tanaman, permasalahan efektivitas dan efisiensi pemupukan juga menjadi kendala produktivitas tanaman. Oleh sebab itu, sejak tahun 2009 penelitian teknologi pupuk hayati makin intensif dikembangkan, dimulai dengan melakukan eksplorasi dan seleksi mikroba dilanjutkan dengan perakitan formula pupuk hayati. Pada tahun 2010, berbagai penelitian berhasil menemukan teknologi pupuk hayati yang tidak saja dapat meningkatkan produktivitas tanaman, efisiensi penggunaan pupuk anorganik, dan ramah lingkungan, tetapi juga sesuai dengan kondisi tanah masam di lahan rawa.

Penelitian dan pengembangan teknologi pupuk hayati untuk lahan rawa mulai dilaksanakan secara lebih intensif sejak tahun 2011 yaitu pengembangan inokulan yang terdiri dari beberapa jenis mikroba efektif asal lahan rawa<sup>45</sup>. Mikroba yang digunakan merupakan mikroba terpilih hasil seleksi intensif terhadap kemampuannya menambat N udara, pelarutan hara P dari kompleks Fe-P dan Al-P di dalam tanah, dan toleransi terhadap kemasaman tanah, serta kemampuan merombak bahan organik.

Mengingat manfaat pupuk hayati pada lahan rawa dan untuk mengurangi ketergantungan petani terhadap penggunaan pupuk anorganik dan harganya semakin mahal, mendorong segenap pemangku kepentingan untuk mengintensifkan penggunaan pupuk hayati. Oleh sebab itu, pada program Selamatkan Rawa dan Sejahterakan Petani (SERASI) pada

tahun 2018/2019, memposisikan pupuk hayati sebagai salah satu komponen bantuan dalam paket pemupukan di lahan rawa.

## **2.5. Pengembangan Teknologi Pupuk Hayati Lahan Rawa Ke Depan**

Kondisi umum pupuk hayati saat ini masih pada bioteknologi konvensional, yaitu mengeksplorasi, menyeleksi serta memperbanyak isolat-isolat unggul alami dan kemudian diproses menjadi pupuk hayati. Efektivitasnya lebih diarahkan untuk meningkatkan ketersediaan hara dan mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Melalui rekayasa genetika, diharapkan ke depan akan menghasilkan mikroba super unggul yang juga mampu mempercepat proses penyediaan hara dan menghasilkan zat perangsang tumbuh yang tinggi.

Mencermati kompleksitas permasalahan lahan rawa baik berupa cekaman abiotik seperti miskin hara, kemasaman, keracunan logam berat, salinitas, maupun biotik seperti serangan organisme pengganggu tanaman, maka inovasi teknologi pupuk hayati lahan rawa ke depan dikembangkan untuk menghasilkan formula pupuk hayati multifungsi yang tidak hanya meningkatkan kesuburan tanah dan mengefisienkan pupuk anorganik, juga mampu mengendalikan cekaman salinitas, keracunan logam berat, dan sekaligus mengendalikan organisme pengganggu tanaman. Pupuk hayati tersebut dapat digunakan tidak hanya untuk tanaman pangan, namun juga akan dikembangkan untuk tanaman perkebunan dan hortikultura.

### III. POTENSI, EKSPLORASI, DAN SELEKSI MIKROBA LAHAN RAWA

*Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati,*

Tanah lahan rawa baik sulfat masam maupun gambut mempunyai sifat yang khas sehingga terdapat dominasi mikroba tanah yang spesifik. Mikroba yang berhasil hidup dan dapat dimanfaatkan untuk pupuk hayati adalah mikroba yang telah beradaptasi terhadap kondisi lingkungan tumbuh alaminya. Pemanfaatannya harus melalui teknik eksplorasi dan seleksi berbasis rekayasa biologi.

Titik tumpu pengembangan pupuk hayati adalah merakit formula baru yang berbasis mikroba potensial hasil eksplorasi dan seleksi di lahan rawa. Setidaknya terdapat empat fungsi mikroba yang potensial dan sesuai dengan permasalahan lahan rawa, yakni sebagai dekomposer bahan organik, pelarut P, penambat N, dan pereduksi sulfat.

#### **3.1. Potensi Mikroba Lahan Rawa**

Kajian menunjukkan adanya biodiversitas mikroba bermanfaat (*beneficial microbe*) dari lahan rawa yang cukup tinggi. Sebagian besar mikroba tanah memiliki peranan yang menguntungkan bagi tanaman dengan membantu atau menyediakan hara sehingga tanaman tumbuh optimal.

Sekalipun populasi mikroba pada lahan rawa cukup rendah berkisar antara  $4 \times 10^4 - 14 \times 10^6$  cfu/g tanah<sup>46</sup>, dibandingkan dengan populasi di lahan mineral yang subur lebih dari  $10^8$  cfu/g tanah<sup>47</sup>, namun keberadaannya yang telah beradaptasi terhadap kondisi lingkungan tumbuh alaminya sangat berpotensi untuk dikembangkan dan diaplikasikan

kembali ke lahan rawa asalnya sebagai pupuk hayati. Potensi bakteri penambat N dapat dimanfaatkan untuk mensuplai kebutuhan N tanaman 25%<sup>26</sup> hingga 75%<sup>26,48</sup> dan mikroba pelarut P dapat meningkatkan ketersediaan P hingga 50%<sup>48</sup>. *Trichoderma* mampu merombak serasah tanaman di lahan rawa dalam waktu dua minggu<sup>49</sup>.

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan mikroba tanah *indigenous* dalam formula pupuk hayati lebih menjamin daya adaptasi dan efektivitasnya untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman di lahan rawa.

### **3.2. Eksplorasi dan Seleksi Mikroba Dekomposer**

*Trichoderma* merupakan salah satu mikroba yang berpotensi tinggi sebagai dekomposer bahan organik<sup>50</sup>. *Trichoderma* dapat mengeluarkan enzim selulase yang mampu mendekomposisi selulosa menjadi senyawa-senyawa monosakarida, alkohol, CO<sub>2</sub>, dan asam-asam organik lainnya<sup>51</sup>.

Berdasarkan hasil identifikasi 71 isolat *Trichoderma* dari berbagai lokasi lahan rawa di Kalimantan diketahui spesies yang dominan adalah *T. harzianum* (61,97%), diikuti oleh *T. viride* (22,59%) dan *T. koningii* (15,49%). Inokulasi *Trichoderma* sp selama dua minggu pada jerami padi mampu menurunkan C/N ratio dari 34,24 menjadi 19,04 – 22,84<sup>52</sup>.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa isolat-isolat yang diuji tersebut sangat potensial sebagai komponen pupuk hayati yang adaptif di lahan rawa<sup>52</sup>. Kombinasi jerami padi dan enceng gondok yang dikomposkan menggunakan *Trichoderma* sp dengan takaran 2 t/ha dapat meningkatkan hasil padi pada lahan pasang surut sulfat masam sebesar 14,89 – 52,79 %<sup>53,54,55</sup>.

### 3.3. Eksplorasi dan Seleksi Mikroba Pelarut P

Lahan rawa mempunyai pH yang rendah sehingga P berada dalam bentuk tidak tersedia karena difiksasi oleh Al dan Fe. Mikroba pelarut fosfat merupakan salah satu mikroba tanah yang mampu melarutkan fosfat yang terikat menjadi tersedia bagi tanaman. Proses pelarutan fosfat dilakukan oleh enzim fosfatase dan asam-asam organik yang diproduksi oleh mikroba. Beberapa mikroba seperti *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aspergillus* dan lainnya mampu melarutkan P terfiksasi<sup>56</sup>.

Sejak tahun 2009 telah dilakukan penelitian pemanfaatan mikroba pelarut P di lahan rawa. Isolat-isolat bakteri pelarut fosfat yang berasal dari lahan rawa mempunyai kemampuan dalam melarutkan P. Mikroba pelarut fosfat ditemukan pada berbagai tipologi lahan rawa pasang surut, meskipun bervariasi populasi dan kemampuannya dalam melarutkan fosfat<sup>57,58,59</sup>.

### 3.4. Eksplorasi dan Seleksi Mikroba Penambat N

*Azospirillum sp* merupakan salah satu mikroba penambat N yang mempunyai potensi besar untuk dikembangkan sebagai pupuk hayati. Berdasarkan hasil eksplorasi dan seleksi, telah dikoleksi 15 isolat bakteri *Azospirillum sp* unggul berasal dari lahan rawa Kalimantan yang berfungsi sebagai penambat N<sup>52,53</sup>.

Selain *Azospirillum*, *Azotobacter* juga merupakan bakteri penambat N yang banyak ditemukan di lahan rawa pasang surut. Bakteri ini juga menghasilkan sejenis hormon yang kurang lebih sama dengan hormon pertumbuhan tanaman dan mampu menghambat pertumbuhan fungi yang bersifat patogen. Bakteri ini mampu mengurangi takaran pupuk urea 25% hingga 75% dari dosis yang dianjurkan<sup>60</sup>.

Bakteri *Rhizobium* juga berhasil diisolasi dari akar kedelai pada lahan sulfat masam dan gambut di Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Riau dan Jawa Tengah. Isolat-isolat

tersebut mempunyai kisaran pH yang luas (4-8) untuk pertumbuhannya dan toleran keracunan aluminium<sup>61</sup>.

### **3.5. Eksplorasi dan Seleksi Mikroba Pereduksi Sulfat**

Bakteri pereduksi sulfat (BPS) berperan penting dalam mineralisasi sulfur organik dan produksi Fe dan P mudah larut. Reaksi reduksi sulfat dengan bantuan BPS menyebabkan peningkatan pH<sup>62</sup>. BPS yang tersebar secara luas di alam meliputi genus *Desulfovibrio* dan *Desulfotumaculum*<sup>63</sup>.

Hasil isolasi BPS pada berbagai sampel tanah dan air memperlihatkan populasi BPS dan kemampuan meningkatkan pH yang berbeda<sup>64</sup>. Dari 55 isolat, diketahui enam isolat BPS unggul dapat menurunkan konsentrasi sulfat dari 401,56 menjadi 324,85 ppm dan meningkatkan pH dari 4,01 menjadi 4,83<sup>53,64</sup>.

## IV. INOVASI TEKNOLOGI PUPUK HAYATI DI LAHAN RAWA

*Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati,*

Penggunaan pupuk hayati merupakan solusi bijak menuju pertanian berkelanjutan, dan meminimalkan pencemaran lingkungan. Titik tumpu pengembangan formulasi pupuk hayati secara teknis adalah memanfaatkan mikroba potensial hasil eksplorasi dan seleksi di lahan rawa<sup>14</sup>.

Populasi dan aktivitas mikroba di dalam tanah dapat menjadi salah satu indikasi kesuburan tanah, karena erat kaitannya dengan kuantitas dan kualitas bahan organik<sup>65,66,67</sup>, suhu, ketersediaan air, dan kondisi ekologi tanah lainnya yang mendukung<sup>68,69,70</sup>. Formula pupuk hayati adalah komposisi mikroorganisme dan bahan pembawa pupuk hayati<sup>71</sup>. Kesesuaian komposisi dan jenis mikroorganisme dengan bahan pembawa sangat menentukan efektivitas pupuk hayati. Oleh karena itu, perakitan formula pupuk hayati dilakukan dengan mengambil jenis mikroorganisme terpilih, kemudian ditumbuhkan dan dikembangbiakkan pada bahan pembawa tertentu.

### **4.1. Inovasi Teknologi Pupuk Hayati Biotara untuk Lahan Rawa**

Melalui serangkaian penelitian yang dilaksanakan pada tahun 2009-2012, telah dihasilkan teknologi dan formula khusus pupuk hayati adaptif lahan rawa dengan nama Biotara. Biotara merupakan konsorsium mikroba dekomposer (*Trichoderma sp*), pelarut P (*Bacillus sp*), dan penambat N (*Azospirillum sp*). Pupuk hayati ini dikemas dalam bentuk bubuk dan diaplikasikan pada saat pengolahan tanah. Keunggulannya mampu mengefisienkan pemupukan N dan P sampai 30% dan

meningkatkan hasil padi 5 - 20% di lahan rawa<sup>72,73</sup>.

Aplikasi pupuk hayati Biotara dapat menghemat penggunaan pupuk NPK anorganik sebanyak 100 kg NPK/ha dan 33 kg urea/ha, serta meningkatkan produktivitas padi rata-rata 0,64 t/ha. Nilai penghematan dengan penggunaan Biotara adalah sekitar Rp. 97.000/ha (harga pupuk subsidi), dan nilai peningkatan produktivitas adalah sebesar Rp. 2.560.000/ha. Dengan demikian, total peningkatan pendapatan sebesar Rp. 2.657.000/ha.

Pupuk hayati Biotara telah mendapat sertifikat paten No. IDP000037680 tanggal 16 Januari 2015<sup>74</sup> dan dilisensikan dengan PT. Pupuk Kaltim. Sejak tahun 2017 sudah diproduksi sebanyak 176 t Biotara dan telah diaplikasikan pada lahan rawa seluas 4.400 ha.

## **4.2. Inovasi Teknologi Pupuk Hayati Biosure untuk Lahan Rawa**

Melalui serangkaian penelitian pada tahun 2009-2011, terutama untuk mengurangi kemasaman tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman padi, juga berhasil dirakit teknologi dan formula khusus pupuk hayati yang diberi nama Biosure dan telah mendapat sertifikat paten No. IDP000044180 pada tanggal 23 Januari 2017<sup>76</sup>. Pupuk hayati Biosure berbahan aktif bakteri pereduksi sulfat (*Desulfovibrio sp*) yang diisolasi dari lahan rawa dan dikemas dalam bentuk cair serta diaplikasikan sebelum tanam. Bakteri tersebut mampu mempercepat proses reduksi asam sulfat di lahan rawa, sehingga dapat menurunkan kadar SO<sub>4</sub> dan selanjutnya meningkatkan pH. Peningkatan pH mengakibatkan unsur-unsur hara yang tersedia semakin tinggi.

Keunggulannya dapat mengefisienkan penggunaan dosis kapur 56 – 78 % (sekitar 1 t /ha) dan meningkatkan hasil padi 17

– 22 % (sekitar 0,65 t/ha) ( $P \leq 0,05$ )<sup>64,76</sup>. Peningkatan pendapatan dari penggunaan Biosure ini sebesar Rp. 3.925.000/ha yang diperoleh dari penghematan kapur dan peningkatan produktivitas. Penghematan kapur rata-rata senilai Rp. 1.000.000/ha dan peningkatan produktivitas rata-rata 0,65 t/ha dengan keuntungan sebesar Rp. 2.925.000/ha.

### **4.3. Inovasi Teknologi Pupuk Hayati M-STAR untuk Lahan Rawa**

Pada tahun 2011-2013 berhasil ditemukan teknologi dan formula pupuk hayati M-STAR. Pupuk hayati ini terutama berperan untuk meningkatkan produktivitas tanaman palawija dan hortikultura di lahan rawa yang dikemas dalam bentuk bubuk. M-STAR merupakan konsorsium mikroba dekomposer (*Trichoderma sp*), pelarut-P (*Bacillus sp*), dan penambat N<sub>2</sub> (*Azospirillum sp*) asal lahan rawa. Pupuk ini mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk NPK majemuk sebanyak 25 - 50% ( $P \leq 0,05$ )<sup>46</sup>. Dengan penggunaan M-STAR produktivitas tanaman cabai meningkat 1,89 t/ha atau sekitar 13% dibandingkan tanpa M-STAR<sup>77</sup>.

### **4.4. Teknologi Bioleaching untuk Lahan Rawa**

Pencucian dengan mikroba (*bioleaching*) merupakan salah satu cara untuk mengurangi kemasaman tanah di lahan sulfat masam yang piritnya dangkal, sebagai salah satu permasalahan kimia tanah mendasar di lahan rawa. Mikroba yang berpotensi untuk dikembangkan dalam proses *bioleaching* adalah *Thiobacillus sp*<sup>78</sup>. Teknologi ini adalah memanfaatkan mikroba untuk mempercepat oksidasi pirit dan kemudian dilanjutkan dengan pelindian/pencucian.

Hasil penelitian yang dilaksanakan pada tahun 2012-2014 memperlihatkan bahwa isolat *Thiobacillus sp* asal lahan rawa mampu mempercepat proses oksidasi besi dan sulfur. Aplikasi

isolat mikroba tersebut yang diikuti dengan pencucian dapat menurunkan kadar sulfat dan besi, meningkatkan pH dan kandungan hara tanah, serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi<sup>79,80</sup>. Teknologi ini dapat meningkatkan hasil padi dari 0,5 t/ha menjadi 2,5 t/ha pada lahan rawa sulfat masam bongkor. Teknologi ini mempunyai prospek baik untuk diteliti dan dikembangkan lebih lanjut, mengingat lahan rawa bongkor mempunyai pH sangat masam yang menyebabkan tanaman padi sulit tumbuh.

## V. PROSPEK PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PUPUK HAYATI DI LAHAN RAWA

*Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati,*

Pada tahun 2011, Kementerian Pertanian dan Komite Inovasi Nasional (KIN), didukung oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan Institut Pertanian Bogor (IPB), sepakat bahwa teknologi pupuk hayati merupakan suatu terobosan inovasi dalam mendukung pembangunan pertanian. Berdasarkan hal tersebut, dibentuk Konsorsium Pengembangan Pupuk Hayati Unggulan Nasional sesuai dengan SK Kepala Badan Litbang No. 236/2011 tentang Pembentukan Tim Pengembangan Pupuk Hayati. Untuk itu, pengembangan teknologi pupuk hayati termasuk di lahan rawa sangat prospektif.

### 5.1. Potensi Pengembangan Teknologi Pupuk Hayati di Lahan Rawa

Luas lahan rawa di Indonesia 34,12 juta hektar. Dari luasan tersebut, sekitar 14,18 juta ha (41%) sesuai untuk tanaman pangan<sup>81</sup>, tetapi baru sekitar 6,77 juta hektar yang dimanfaatkan terutama untuk tanaman semusim (padi, palawija, dan hortikultura)<sup>3,13,82</sup>. Luas sawah *existing* di lahan rawa sekitar 1,05 juta ha dengan produktivitas sekitar 4,0 t GKG/ha<sup>3</sup>. Mulai tahun 2020 pemerintah mengembangkan lahan rawa di Kalimantan Tengah seluas 770.000 – 800.000 ha menjadi kawasan *food estate*.

Melalui penggunaan pupuk hayati, produktivitas tanaman di lahan rawa sangat potensial untuk ditingkatkan. Potensi peningkatan produksi diperkirakan sebesar 1.050.000 x 0,64 t GKG/ha = 672.000 t GKG dengan peningkatan pendapatan

sebesar Rp. 2,657 triliun, yang berasal dari peningkatan produktivitas dan penghematan pupuk anorganik.

Pada masa depan, potensi pengembangan pupuk hayati semakin besar dengan dioptimalkan areal lahan rawa baru dan dihasilkannya formula pupuk hayati multifungsi yang mampu mengatasi masalah kompleksitas lahan rawa.

## **5.2. Peluang Penggunaan**

Kebutuhan dan pangsa pasar terhadap pupuk hayati di lahan rawa akan semakin tinggi, sejalan dengan semakin besarnya perhatian pemerintah dan masyarakat terhadap posisi lahan rawa sebagai lumbung pangan alternatif di masa yang datang. Perhatian tersebut, yang diikuti oleh kebijakan dan program optimalisasi pemanfaatan dan pengembangan lahan rawa, semakin memberi peluang untuk penggunaan teknologi pupuk hayati. Di sisi lain, perhatian masyarakat terhadap lingkungan dan keberlanjutan lahan rawa, juga mendorong pemanfaatan pupuk hayati.

Peluang penggunaan pupuk hayati diperkirakan sebanyak 26.250 t/ha/tahun untuk memenuhi kebutuhan 1,05 juta ha lahan sawah dengan dosis pemberian 25 kg/ha. Dengan demikian, peluang mengembangkan pupuk hayati sangat terbuka lebar. Selain untuk lahan sawah juga terbuka peluang pengembangannya pada sistem pertanian non sawah di lahan rawa.

## **5.3. Tantangan Pengembangan Teknologi Pupuk Hayati di Lahan Rawa**

Belum berkembangnya pemanfaatan pupuk hayati berkaitan dengan beberapa tantangan, antara lain: (1) efektivitas pupuk hayati tidak terlihat langsung karena adanya *time lag* antara aplikasi dan dampaknya; (2) masa hidup isolat relatif singkat, dan pupuk hayati akan kadaluarsa dalam waktu sekitar

12 bulan; (3) penyebarannya terbatas karena tidak semua mikroba mampu berkembang pada lokasi yang berbeda; dan (4) masalah budaya terkait kebiasaan dan animo petani dalam penggunaan pupuk hayati.

## **VI. ARAH, SASARAN, DAN STRATEGI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PUPUK HAYATI DI LAHAN RAWA**

*Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati,*

Penggunaan pupuk hayati ke depan diperkirakan bukan hanya merupakan pilihan, tetapi lambat laun menjadi keharusan dan kebutuhan dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan di lahan rawa. Untuk itu arah, sasaran dan strategi pengembangan penggunaan pupuk hayati di lahan rawa adalah sebagai berikut.

### **6.1. Arah**

Pengembangan teknologi pupuk hayati di lahan rawa diarahkan untuk mendukung upaya optimalisasi lahan rawa (terutama *existing*) dengan mendorong: (a) implementasi paket pemupukan berimbang dan terpadu yang mensinergikan penggunaan pupuk hayati dengan pupuk anorganik dan organik; dan (b) terobosan teknologi untuk meningkatkan efektivitas maupun teknik produksi pupuk hayati dengan kualitas baik, stabil, multifungsi, dan adaptif untuk lahan rawa.

### **6.2. Sasaran**

Berdasarkan arah tersebut, maka sasaran pengembangan teknologi pupuk hayati di lahan rawa adalah (a) peningkatan produktivitas tanaman rata-rata 0,64 t/ha dengan biaya yang lebih efisien dan tanpa merusak lingkungan; (b) peningkatan efisiensi penggunaan pupuk anorganik secara nasional sekitar 20%; (c) peningkatan pendapatan petani melalui penghematan penggunaan pupuk anorganik sebesar Rp. 100.000/ha (harga pupuk subsidi); (d) percepatan terwujudnya sistem pertanian

lahan rawa berkelanjutan; dan (e) dorongan semangat perluasan areal baru pemanfaatan lahan rawa, terutama untuk *food estate*.

### **6.3. Strategi**

Strategi pengembangan pupuk hayati di lahan rawa adalah melalui langkah-langkah berikut:

- a. Memposisikan pupuk hayati sebagai komponen pokok yang disinergikan dengan pupuk anorganik dan atau pupuk organik dalam paket program pengembangan pemupukan berimbang spesifik lokasi;
- b. Mendorong pengembangan sistem dan teknologi produksi pupuk hayati yang lebih efisien dan berkapasitas tinggi;
- c. Sosialisasi untuk meningkatkan pengetahuan para penyuluh, petani dan berbagai pihak dalam pemanfaatan pupuk hayati.
- d. Refokusung program penelitian pupuk hayati terutama penelitian dasar biologi dalam upaya eksplorasi dan pemanfaatan mikroba adaptif lahan rawa, termasuk viabilitas dan aktivitasnya yang dapat bertahan lama.
- e. Melakukan rekayasa genetika untuk menghasilkan strain mikroba super unggul dalam mempercepat proses penyediaan hara dan menghasilkan zat pengatur tumbuh yang tinggi.

## VII. KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

*Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati,*

### 7.1. Kesimpulan

Pupuk hayati berbasis mikroba *indigenous* yang berasal dari lahan rawa mempunyai potensi besar dalam mendukung pengembangan lahan rawa sebagai lumbung pangan ke depan. Berbagai keunggulannya antara lain dapat meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman melalui percepatan dekomposisi bahan organik, penambatan N<sub>2</sub>, pelarutan P, dan penurunan kemasaman tanah. Penggunaan pupuk hayati dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pupuk anorganik, dan dapat memperbaiki kesehatan tanah (*soil health*). Potensi peningkatan hasil sekitar 0,64 t gabah kering giling per hektar.

### 7.2. Implikasi Kebijakan

Dalam rangka mempercepat pengembangan pupuk hayati di lahan rawa, diperlukan dukungan pemerintah berupa:

1. Penyelarasan penggunaan pupuk anorganik dengan pupuk hayati, terutama melalui program-program pemerintah dalam peningkatan produksi pangan;
2. Pengalokasian dana bantuan modal untuk investasi pengembangan teknologi, sistem dan pabrikasi produksi pupuk hayati dengan kualitas baik, stabil, efisien dan berkapasitas tinggi;
3. Revitalisasi penyuluhan terkait inovasi teknologi pemupukan dan pupuk hayati;

4. Pengaturan dan regulasi untuk standardisasi kualitas dan pengaturan peredaran, guna menjamin efektivitas pupuk hayati.
5. Mendorong pihak swasta agar berperan aktif dalam mengembangkan pupuk hayati di lahan rawa dengan subsidi.

## VIII. PENUTUP

*Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati,*

Pupuk hayati berperan mengefisienkan faktor produksi dan meningkatkan produktivitas tanaman berwawasan lingkungan dalam pengembangan lahan rawa berkelanjutan. Oleh karena itu, seiring dengan program *food estate* lahan rawa sebagai kawasan lumbung pangan yang sedang dikembangkan di Provinsi Kalimantan Tengah, maka penggunaan pupuk hayati perlu terus digalakkan dan disinergikan dengan penggunaan pupuk anorganik dan atau pupuk organik, teknologi pengolahan tanah, varietas unggul, serta teknologi ramah lingkungan lainnya.

Pengembangan pupuk hayati ke depan memerlukan terobosan teknologi untuk menghasilkan mikroba super unggul dan formula pupuk hayati multifungsi, sehingga mampu mengatasi masalah kompleksitas lahan rawa, seperti masalah kekurangsuburan, kemasaman, salinitas, keracunan logam berat, dan sekaligus mengendalikan organisme pengganggu tanaman.

## UCAPAN TERIMA KASIH

### *Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati,*

Perkenankan saya menghaturkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala karunia dan rahmat yang luar biasa kepada saya sehingga orasi ilmiah ini dapat dilaksanakan. Dalam acara yang penuh hikmat ini, saya ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Presiden Republik Indonesia yang telah menetapkan saya sebagai Peneliti Ahli Utama di Kementerian Pertanian; terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada Menteri Pertanian RI; Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI); Kepala Badan Litbang Pertanian, Dr. Ir. Fadry Djufry; Sekretaris Badan Litbang Pertanian, Dr. Haris Syahbuddin, DEA; Kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Husnain, SP, MSc, PhD; dan Kepala Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Dr. Yiyi Sulaeman, MSc atas dukungan dan kesempatan yang telah diberikan kepada saya dalam meniti karir sebagai peneliti; Ketua Majelis Profesor Riset (MPR) Kementerian Pertanian, yaitu Prof. Dr. Tahlim Sudaryanto, Sekretaris MPR Prof. Dr. Elna Karmawati, MS, dan para anggota MPR Prof. Dr. Hasil Sembiring, Prof. Dr. Ismeth Inounu, dan Prof. Dr. Fahmuddin Agus yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menyampaikan orasi ilmiah ini.

Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah Kementerian Pertanian dan LIPI, Prof. Dr. Fahmuddin Agus, Prof. Dr. Hasil Sembiring, dan Prof. Dr. Bambang Subiyanto, M.Agr (LIPI) atas koreksi, saran, dan dukungan yang diberikan kepada saya.

Tim evaluator lingkup Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Prof. Dr. Ir. Irsal Las, Prof. Dr. Ir. Fahmuddin Agus, Prof. Dr. Ir. Muhammad Noor, dan Prof. Dr. Ir. Masganti, MS yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan sejak draft pertama hingga naskah final.

Para senior dan mantan kepala Balittan/Balittra Dr. Anwarhan, Dr. Mansur Lande, MSc, Dr. Yusuf Ma'mun, MSc, Dr. Trip Alihamsyah, MSc, Dr. Achmadi Jumberi, MS, Dr. Achmad Rachman, MSc, Dr. Haris Syahbuddin, DEA, Prof. Dr. Dedi Nursyamsi, MSc, Dr. Herman Subagio, MS, dan Ir. Hendri Sosiawan, CESA, atas kesempatan yang diberikan untuk melaksanakan tugas-tugas penelitian, motivasi, dan bimbingan sejak saya memulai karir di Badan Litbang Pertanian.

Guru dan dosen yang telah mendidik saya, mulai dari madrasah hingga perguruan tinggi yang tidak dapat disebutkan satu per satu, diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas ilmu pengetahuan yang telah diajarkan. Juga dosen pembimbing S1 (Dr. Hanafiah Aini, MS, Ir. Rieken Balantik, MS, dan Prof. Dr. Samharinto, MS); S2 (Prof. Dr. Fachruddin, Dr. Gusti Sarbini, MSc, dan Prof. Dr. Ade Rukmana, MSc); S3 (Prof. Dr. Halimi Mohammad Saud, Prof. Dr. Sariah Meon, dan Prof. Dr. Mohammad Razi Ismail) yang telah berbagi ilmu pengetahuan dan pengalaman yang sangat berharga serta membimbing dalam melaksanakan penelitian. Tanpa bimbingan beliau, tidak mungkin saya dapat berdiri disini.

Seluruh peneliti, teknisi, dan staf administrasi Balittra yang telah banyak membantu dan memotivasi pengembangan karir saya. Juga kepada panitia acara pengukuhan Profesor Riset dan para undangan serta hadirin diucapkan terima kasih, sehingga acara ini berlangsung lancar.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada kedua orangtua saya, ibunda Hj. Misra (almh) dan ayahanda H. Musdar (alm) yang telah mengasuh, mendidik, dan membimbing saya dengan penuh kasih sayang, memfasilitasi dan mendoakan terus menerus hingga akhirnya saya seperti sekarang ini. Juga diucapkan terima kasih kepada ibu mertua Hj. Junainah dan bapak mertua H. Achmad Husin (alm), kakak dan adik serta saudara ipar yang telah mendukung saya selama ini.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, saya ucapkan terima kasih teristimewa kepada istri tercinta Nani Astuy, SE dan anakku tersayang dr. Netya Khairina, Enny Khalisa, SKG, dan Gina Magfirah, ST, menantu Fajeriannor, SH dan Anton Freddy, SKM, beserta cucu Muhammad Arfan Assoufy yang senantiasa mendorong, mendoakan, dan menyemangati saya.

Dengan mengharap ridho Allah SWT, saya akhiri orasi ilmiah ini. Mohon maaf sebesar-besarnya jika dalam penyampaian orasi ini terdapat kekurangan. Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan petunjukNya kepada kita semua. Aamiin Ya Robbal Aalamiin.

*Wabillaahi taufiq wal hidayah*

*Wassalaamu alaikum warahmatullaahi wa barakaatuh.*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Hermanto, Alihamsyah T, Noor M, Subiksa IGM, Mulyani A, Agustian A, Syahyuti, Kartiwa B, Subekti NA, Prabowo A, Rahmat R, Adi SH, Sosiawan H, Sativa M, Sasongko, Fitriana V, Senoadji T, Elfitr. *Grand Design* Pengembangan Kawasan *Food Estate* Berbasis Korporasi Petani di Lahan Rawa Kalimantan Tengah. Kementerian Pertanian. Jakarta; 2020.
2. Haryono. Lahan Rawa Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia. Jakarta: IAARD Press; 2013
3. Sulaiman AA, Subagyono K, Alihamsyah T, Noor M, Hermanto, Muharam A, Subiksa IGM, Suwastika IW. *Membangkitkan Lahan Rawa, Membangun Lumbung Pangan Indonesia*. Jakarta: IAARD Press; 2018.
4. **Mukhlis**, Thamrin M. Pengembangan dan konservasi lahan gambut dalam menghadapi perubahan iklim. Dalam: *Lahan Gambut Pemanfaatan dan Pengembangannya untuk Pertanian*. Yogyakarta: Kanisius; 2013:21-43
5. Cahyana D, **Mukhlis**. Upaya terpadu mencegah kelarutan Al di lahan rawa sulfat masam. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian (Buku III) Banjarbaru 13-14 Juli 2011 Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian*; 2012:141-151.
6. Prayudi B, **Mukhlis**, Budiman A. Penyakit bercak coklat di lahan pasang surut. Dalam: *Hama dan Penyakit Utama Padi di Lahan Pasang Surut*. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru; 2001:87-92.
7. **Mukhlis**, Prayudi B. Pengendalian penyakit blas di lahan pasang surut. Dalam: *Hama dan Penyakit Utama Padi di*

Lahan Pasang Surut. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru; 2001:73-86.

8. **Mukhlis**. Ketahanan beberapa varietas padi pasang surut terhadap penyakit busuk daun (*Rhynchosporium leaf scald*). Pemberitaan Penelitian Banjarbaru 1986; 4:16-18.
9. **Mukhlis**, Asikin S, Prayudi B. 1994. Hama dan penyakit padi serta cara pengendaliannya di lahan pasang surut bergambut. Dalam: Budidaya Padi dan Jagung Lahan Pasang Surut, Lebak, Tadah Hujan, dan Lahan Kering SEREALIA II. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1994:143-148.
10. Alihamsyah T, Saleh FN, Abdussamad S, Sarwani M, Nazemi D, **Mukhlis**, Khairullah I, Hidayat DN, Sutikno H, Rina Y. 40 Tahun Balittra 1961-2001 Perkembangan dan Program Penelitian ke Depan. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru; 2001.
11. **Mukhlis**, Nursyamsi D. Innovation technologies to increase rice production in Indonesian swampland to anticipate climate change. Proceeding International Seminar Technology Innovation for Increasing Rice Production and Conserving Environment under Global Climate Change (Book 1) Sukamandi 11-12 July 2012. Indonesian Center for Rice Research; 2013:211-223.
12. Noor M, **Mukhlis**, Jumberi A. Aspek lingkungan dalam mendukung pertanian berkelanjutan di lahan rawa pasang surut. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Pertanian Bogor 7-8 November 2007. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2008:229-239
13. Noor M, **Mukhlis**, Achmadi. Pengelolaan sumberdaya lahan rawa dalam perspektif pengembangan inovasi teknologi pertanian. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan

Pertanian (Buku III) Bogor 14-15 September 2006. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2007:211-222.

14. **Mukhlis**. Strategi pengembangan pupuk hayati untuk meningkatkan produktivitas lahan pasang surut. Dalam: Kumpulan *Policy Brief* 2015 – 2016: Kebijakan Sumberdaya Lahan Mendukung Pembangunan Pertanian. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor: IAARD Press; 2017:229-233.
15. **Mukhlis**, Fauziati N. Substitusi pupuk NPK anorganik dengan pupuk organik Tithoganik pada tanaman kedelai di lahan pasang surut. *Jurnal Agroscentie* 2010; 17(1):15-19.
16. **Mukhlis**, Indrayati L. Pengaruh pembenah tanah “Beta” terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan pasang surut. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2011 Malang* 15 November 2011. Pusat Litbang Tanaman Pangan; 2012: 244-249.
17. **Mukhlis**, Lestari Y. Teknologi pupuk hayati untuk meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman di lahan rawa. Dalam: *Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan*. Jakarta: IAARD Press; 2018. 483-506.
18. Herman, Goenadi DH. Manfaat dan prospek pengembangan industri pupuk hayati di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 1999; 18(3):91-97
19. Lestari Y, **Mukhlis**. Biofertilizer For Improving The Fertility of Acid Sulfate Soil on The Rice Cultivation. In: *Strategies and Technologies for The Utilization and Improvement of Rice*. Jakarta: IAARD Press; 2020. 234-245.

20. Lestari Y, **Mukhlis**. Efektivitas pupuk hayati dengan berbagai jenis bahan pembawa terhadap produktivitas tanah sulfat masam. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian (Buku III) Banjarbaru 13-14 Juli 2011 Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2012. 407-418.
21. **Mukhlis**, Lestari Y, Saleh M. Efektivitas mikroba asal lahan rawa sebagai komponen pupuk hayati dalam meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut. Dalam: Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Jakarta: IAARD Press; 2014. 155-172.
22. **Mukhlis**, Khairullah I. Effectivity of bioameliorant to increase rice productivity in swamplands. In: Strategies and Technologies for The Utilization and Improvement of Rice. Jakarta: IAARD Press; 2020:272-283
23. Prihastuti. 2007. Peluang dan tantangan aplikasi pupuk hayati pada tanaman kacang-kacangan. Agritek 2007; 15(3):617-624.
24. Simarmata T, Joy B, Danapriatna N. Peranan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pada Industri Pupuk Hayati (*Biofertilizer*). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi 29-30 Juni 2012 Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian. Bogor. 2012. 1-13.
25. Macdonald RM. An overview of crop inoculation. In: Microbial Inoculation of Crop Plants. Oxford: IRL Press; 1989:1-9.
26. Simarmata T. Tropical bioresources to support biofertilizer industry and sustainable agriculture in Indonesia. Proceeding International Seminar on Tropical Bio-resources for Sustainable Bioindustry 2013 from Basic Research to

Industry 30-31st October 2013 in West and East Hall-ITB-Bandung-Indonesia. 2013.

27. Jutono. The application of *Rhizobium*-inoculant on soybean in Indonesia. Ilmu Pert. (Agric. Sci.) 1982; 3(5): 215-222.
28. Sebayang K, Sihombing DA. The technology impact on soybean yield in Indonesia. In: Soybean Research and Development in Indonesia. CGPRT Centre. Bogor; 1987: 37-48.
29. Saraswati R, Hastuti RD, Sunarlim N, Hutami S. Penggunaan Rhizo-Plus generasi I untuk meningkatkan produktivitas tanaman kedelai. Dalam: Pemantapan Teknologi Usahatani Palawija untuk Mendukung Sistem Usahatani Berbasis Padi dengan Wawasan Agribisnis (SUTPA). Edisi Khusus Balitkabi No. 8. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang; 1996: 92-100.
30. Prihatini T, Kentjanasari A, Subowo. Pemanfaatan biofertilizer untuk peningkatan produktivitas lahan pertanian. Jurnal Penelitian & Pengembangan Pertanian 1996; XV (1):22-26
31. Saraswati R. Teknologi Pupuk Mikrob Multiguna Menunjang Keberlanjutan Sistem Produksi Kedelai. Jurnal Mikrobiologi Indonesia 1999; 4(1):1-9.
32. Saraswati R, Sunarlim N, Goenadi DH, Simanungkalit RDM, Djumali M, Damardjati DS. Penggunaan Rhizo-plus untuk meningkatkan produktivitas kedelai. Dalam: Inovasi Teknologi Pertanian, Seperempat Abad Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta. 1998:363-365.

33. Saraswati R, Sumarno. Pemanfaatan Mikroba Penyubur Tanah sebagai Komponen Teknologi Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan* 2008; 3(1):41-58.
34. **Mukhlis**. Pengaruh pupuk organik dan anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil padi di lahan rawa lebak. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Padi Nasional 2010 (Buku 2)* Sukamandi 24 Nopember 2010. Balai Besar Penelitian Padi. 2011:693-700.
35. **Mukhlis**, Maftuah E. Biodiversitas fauna tanah dan potensinya sebagai perombak bahan organik di lahan sulfat masam. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan (Buku III) Bogor 24-25 Nopember 2009* Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2010:225-241.
36. **Mukhlis**. Cara penyiapan lahan dan mikroba tanah dalam budidaya pertanian. *Prosiding Simposium, Seminar, dan Kongres IX PERAGI*. Perhimpunan Agronomi Indonesia dan Fak. Pertanian Unpad. 2007:433-435.
37. **Mukhlis**. Pengaruh herbisida terhadap pertumbuhan jamur tanah. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Mikrobiologi Bidang Pangan, Kesehatan dan Lingkungan dalam Menghadapi Perubahan Iklim Banjarbaru 27 September 2010* Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia Cabang Kalsel dan Fakultas Kedokteran Unlam. 2010:178-181.
38. **Mukhlis**, Simatupang RS. Pengaruh herbisida glifosat pada cara persiapan lahan terhadap populasi mikroorganisme tanah dan hasil padi di sawah pasang surut lahan sulfat masam. *Prosiding II Konferensi Nasional XIV Himpunan Ilmu Gulma Indonesia Medan 20-22 Juli 1999*. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia. 1999:518-525.

39. **Mukhlis.** Pengaruh nitrogen dan abu sekam terhadap blas leher pada padi di lahan pasang surut. Prosiding Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Vol. II Palembang 27-29 Oktober 1997 Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. 1997:214-219.
40. **Mukhlis.** Pengendalian penyakit yang disebabkan *Rhizoctonia solani* pada kedelai di lahan pasang surut. Kinerja Teknologi untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. Malang; 2001:110-117.
41. Damanik M, Lestari Y, Hairani A. Efisiensi nitrogen dengan inokulasi *Rhizobium* pada tanaman kedelai di tanah sulfat masam potensial. Simposium Penelitian Tanaman Pangan III Bogor 20-24 Nopember 1999. Puslitbangtan. 1999.
42. Damanik M. Pemanfaatan N-*Rizobium* untuk meningkatkan efisiensi pupuk N pada pola tanam Kedelai-Padi di lahan pasang surut tipe C. Prosiding Seminar Nasional Membangun Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan Pati 7 November 2000 Puslitbangtan. 2002:223-229.
43. Damanik M, Hairani A. Pemanfaatan mikroba pembantu untuk peningkatan efisiensi pemupukan P pada tanaman kedelai di tanah sulfat masam. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa Banjarbaru 4-5 Juli 2000. Puslitbang Tanaman Pangan. 2001:181-194.
44. Lestari Y, Indrayati L. Pemanfaatan *Trichoderma sp.* dalam mempercepat perombakan bahan organik pada tanah gambut. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa Banjarbaru 4-5 Juli 2000. Puslitbang Tanaman Pangan. 2001:147-154.

45. **Mukhlis**, Lestari Y, Saleh M, Indrayati L. Remediasi Lahan Rawa Pasang Surut Melalui Pemanfaatan Mikroba Tahan Masam dan Bahan Organik untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan. Hasil Penelitian Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa; 2013:1-53.
46. **Mukhlis**, Lestari Y. Effects of biofertilizer “M-STAR” on land productivity and growth of sweet corn in acid sulphate soil of swampland. Journal AGRIVITA 2013; 35(3):242-248.
47. Isroi. Bioteknologi Mikroba untuk Pertanian Organik. <http://biogen.litbang.pertanian.go.id>; 2008. Diakses 28 September 2020.
48. Gunarto, L. Rhizosphere microbes: their roles and potential. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2000; 19(2):39-48.
49. **Mukhlis**. Biodegradasi bahan organik oleh mikroba dan pengaruhnya terhadap tanaman padi di lahan gambut. Agric 2014; 26(1): 37-44.
50. **Mukhlis**, Halimi MS, Sariah M, Razi MI. The ability of *Trichoderma* to decompose oil palm empty fruit bunches. Soils 2004 Conference Proceedings Penang April 13-14, 2004: The Malaysian Society of Soil Science. 2004:180-182.
51. Gaur AC. Compost Technology. Project Field Document No. 13. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Phospor Microorganism and Various Transformation 1980; 17:106.
52. Lestari Y, **Mukhlis**. Mikroba potensial pada ekosistem lahan rawa. Dalam: Agroekologi Rawa. Jakarta: IAARD Press; 2017:288-310.

53. **Mukhlis**. Mikroba tanah rawa dan pemanfaatannya sebagai *biofertilizer* dan *bioremediator*. Dalam: BIODIVERSITI RAWA Eksplorasi, Penelitian dan Pelestariannya. Jakarta: IAARD Press; 2014:174-197.
54. Maftuah E, Indrayati L, **Mukhlis**. The improvement of idle peatland productivity for paddy through organic amelioration. Proceeding International Workshop on Sustainable Management of Lowland for Rice Production Banjarmasin 27-28 September 2012 Indonesian Agency for Agricultural Research and Development. 2012:213-222.
55. Indrayati L, **Mukhlis**. Pemanfaatan kompos untuk budidaya padi di lahan sulfat masam potensial Kalimantan Selatan. Proceeding 2<sup>nd</sup> National Conference on Green Technology Eco-Technology for Sustainable Living Malang 12 November 2011 Fakultas Sains dan Teknologi Univ. Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. 2011:53-56.
56. Rao S. 1982. Phosphate solubilizing microorganisms. In: Biofertilizers in Agriculture. Oxport & IBH; 1982:129-136.
57. Lestari Y, **Mukhlis**, Nurzakiah S. Pelarutan Trikalسيوم Fosfat dan Aluminium Fosfat oleh bakteri pelarut fosfat yang diisolasi dari rhizosfer padi. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Mikrobiologi Bidang Pangan, Kesehatan dan Lingkungan dalam Menghadapi Perubahan Iklim Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia Cabang Kalsel dan Fakultas Kedokteran Unlam. Banjarbaru. 2010:37-43.
58. Lestari Y, **Mukhlis**. Populasi bakteri pelarut phosphate di tanah sulfat masam potensial. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Lahan Rawa Banjarbaru 5 Agustus 2008 Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian-Balitbangda Prov. Kalsel. 2009:294-299.

59. Lestari Y, **Mukhlis**. Prospect of phosphate solubilizing microorganisms for acid sulphate soil bioremediation. PROCEEDING OF INTERNATIONAL WORKSHOP AND SEMINAR Innovation of Environmental-Friendly Agricultural Technology Supporting Sustainable Food Self-Sufficiency. September 18th-20th, 2018. Surakarta. IAARD PRESS. 2019:265-274.
60. Razie F, Ifansyah H, Jumar. Potensi *Azotobacter* RG3.62 dalam Mengurangi Pupuk N untuk Meningkatkan Produksi Padi Lokal Siam Pandak di Persawahan Pasang Surut Tipologi A Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian 13-14 Juli 2011 Buku III Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. 2012:79-88.
61. Martani E, Marino S, Indradewa D, Supriyo A. Isolation and Selection of *Rhizobium* Tolerant to Pesticides and Aluminium from Acid Soils in Indonesia. J. Trop. Soils 2011; 16(1):47-54.
62. Dent DL. 1986. Acid Sulphate Soils. A Baseline for Research and Development. ILRI. Wageningen. Publ. No. 39. 1986.
63. Moodie AD, Ingledew WJ. Microbial anaerobic respiration. In: Advance in Microbial Physiology. Vol. 31. Academic Press, Ltd. 1991.
64. **Mukhlis**, Nursyamsi D. Bioremediasi lahan sulfat masam melalui pemanfaatan bakteri pereduksi sulfat dengan bahan pembawa substrat organik. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi Bogor 29-30 Juni 2012 Badan Litbang Pertanian. 2012:495-508.

65. Nazemi D, Saragih S, Annisa W, **Mukhlis**. Pengelolaan bahan organik *insitu* pada penyiapan lahan system “Tepulikampar” untuk mendukung pertanian ramah lingkungan di lahan sulfat masam. Prosiding Simposium, Seminar, Kongres IX PERAGI. Perhimpunan Agronomi Indonesia dan Fak. Pertanian Unpad. 2007:446-449.
66. Saleh M, **Mukhlis**. Pertumbuhan dan produksi padi varietas Cihurang dengan berbagai perombak bahan organik di lahan rawa gambut Kalimantan Tengah. Prosiding Seminar Nasional Industriliasasi dan Komersialisasi Produk Pangan Lokal dalam Menunjang Penganekaragaman dan Ketahanan Pangan Samarinda 20 April 2010 Fakultas Pertanian Unmul. 2010:91-94.
67. Maftuah E, **Mukhlis**. Aplikasi kompos dalam meningkatkan produksi padi di lahan gambut. Prosiding Seminar Nasional Pertanian Organik. Jurusan Tanah Fak. Pertanian Univ. Gajah Mada. Yogyakarta. 2013.
68. Maftuah E, **Mukhlis**. Biodiversiti fauna tanah rawa dan pemanfaatannya. Dalam: BIODIVERSITI RAWA Eksplorasi, Penelitian dan Pelestariannya. Jakarta. IAARD Press; 2014:146-173
69. Saraswati R. Teknologi pupuk hayati untuk efisiensi pemupukan dan keberlanjutan sistem produksi. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi Bogor 29-30 Juni 2012 Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. 2012:727-738.
70. Sinha RK, Valani D, Chauhan K, Agarwal S. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the

dreams of Sir Charles Darwin. *Int J Agric Health Saf.* 2014; 1:50–64.

71. Permentan. Peraturan Menteri Pertanian Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah. Peraturan Mentan No. 1 Tahun 2019. Jakarta; 2019.
72. **Mukhlis.** Efektivitas pupuk hayati Biotara mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut. *Jurnal Agroscentie* 2012; 19(3):170-177.
73. **Mukhlis,** Saleh M. Keefektivan Pupuk Hayati ‘Biotara’ terhadap Produktivitas Tanaman Padi di Lahan Rawa Sulfat Masam. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014 Palembang 26-27 September 2014. Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan SubOptimal. Univ. Sriwijaya; 2014:758-767.
74. **Mukhlis,** Lestari Y, Budiman A. Formulasi Pupuk Hayati untuk Lahan Masam dan Proses Pembuatannya. Paten Indonesia No. IDP000037680. 2015 Januari 16
75. Lestari Y, **Mukhlis,** Saleh M, Raihana Y, Budiman A, Umar S, Azzahra F. Formulasi Pupuk Hayati Pereduksi Sulfat dan Proses Pembuatannya. Paten Indonesia No. IDP000044180. 2017 Januari 23
76. **Mukhlis.** Pemanfaatan bakteri pereduksi sulfat (*Desulfovibrio sp*) untuk meningkatkan produktivitas lahan rawa sulfat masam. Prosiding Seminar dan Kongres Nasional X Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (Buku 3) Surakarta 6-8 Desember 2011 Jurusan Ilmu Tanah Fak. Pertanian Univ. Sebelas Maret Surakarta dan Himpunan Ilmu Tanah Indonesia. 2011:1379-1388.

77. **Mukhlis**, Saleh M, Indrayati L. Penelitian Pemulihan Lahan Rawa Pasang Surut Bongkor Melalui Pemanfaatan Mikroba Tahan Masam dan Bahan Organik. Hasil Penelitian Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa; 2012:1-57
78. Evangelou VP, Zhang YL. A Review: Pyrite Oxidation Mechanisms and Acid Mine Drainage Prevention. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 1995; 25(2):141-199.
79. Maftu'ah E, Susilawati A. Bioleaching untuk meningkatkan produktivitas lahan sulfat masam aktual untuk tanaman padi. *Berita Biologi* 2018; 17(3):253-264.
80. **Mukhlis**, Lestari Y. Teknologi *bioleaching* untuk mengurangi kemasaman tanah di lahan rawa pasang surut. Dalam: SUMBER DAYA LAHAN RAWA Dukungan Teknologi Menuju Lumbung Pangan Dunia Tahun 2045. Jakarta: IAARD Press; 2019:172-196.
81. Ritung S, Suryani E, Subardja D, Sukarman, Nugroho K, Suparto, Hikmatullah, Mulyani A, Tafakresnanto C, Sulaeman Y, Subandiono RE, Wahyunto, Ponidi, Prasodjo N, Suryana U, Hidayat H, Priyono A, Supriatna W. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan. Bogor: IAARD Press; 2015
82. **Mukhlis**. Peningkatan produktivitas cabai pada musim kemarau melalui pengelolaan lengas tanah dan hara di lahan rawa lebak. *Jurnal Agroscientie* 2013; 20(1): 31-36.

## DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

### Buku Nasional

1. Galib R, Noor M, Ar-Riza I, **Mukhlis**, Anwar K, Djahmuri M. Sumber Pertumbuhan Produksi Padi di Kalimantan Tengah. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1994:61. ISBN 979-8253-20-5
2. Alihamsyah T, Saleh FN, Abdussamad S, Sarwani M, Nazemi D, **Mukhlis**, Khairullah I, Hidayat DN, Sutikno H, Rina Y. 40 Tahun Balittra 1961-2001 Perkembangan dan Program Penelitian ke Depan. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru; 2001:82. ISBN 979-8253-53-1

### Bagian dari Buku International

3. Soenarjo E, Ar-riza I, Alwi M, Prayudi B, Nazemi D, **Mukhlis**, Piggins C, Mortimer M. Zero tillage and weed management for upland rice cultivated under tree crops. In: Upland Rice Research in Indonesia Current Status and Future Direction. Central Research Institute for Food Crops Agency for Agricultural Research and Development. Bogor; 2001: 85-98. ISBN 979-8161-79-3
4. Lestari Y, **Mukhlis**. Biofertilizer For Improving The Fertility of Acid Sulfate Soil On The Rice Cultivation. In: Strategies and Technologies for The Utilization and Improvement of Rice. IAARD Press. Jakarta; 2020:234-245. ISBN 978-6002-344-282-9.
5. **Mukhlis**, Khairullah I. Effectivity of bioameliorant to increase rice productivity in swamplands. In: Strategies and Technologies for The Utilization and Improvement of Rice. IAARD Press. Jakarta; 2020:272-283. ISBN 978-6002-344-282-9

## Bagian dari Buku Nasional

6. Budiman A, **Mukhlis**. Pengaruh jenis dan takaran fungisida terhadap penyakit kudis (*Elsinoe iwatae*) pada kacang hijau di lahan kering. Dalam: Risalah Hasil Penelitian Kacang-Kacangan 1990-1993. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1993:275-280. ISBN 979-8253-13-2
7. **Mukhlis**, Masganti, Anwar K, Willis M, Sutami, Saragih S, Nazemi D, Raihan S, Djahab N, Chairuddin, Norlaila, Zuraida R, Nurita. Perbaikan teknologi dan sistem produksi padi pada lahan tadah hujan. Dalam: Penelitian Tanaman Pangan pada Berbagai Ekosistem di Kalimantan. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1994:49-85. ISBN 979-8253-22-1
8. **Mukhlis**. Pengaruh pupuk kalium dan terak baja dalam menekan serangan penyakit blas pada padi. Dalam: Budidaya Padi Lahan Pasang Surut dan Lebak. SEREALIA I. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1994: 211-214. ISBN 979-8253-25-6
9. **Mukhlis**. Pengendalian penyakit blas dengan fungisida pada enam varietas/galur padi di lahan pasang surut. Dalam: Budidaya Padi Lahan Pasang Surut dan Lebak. SEREALIA I. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1994:215-218. ISBN 979-8253-25-6
10. **Mukhlis**. Patogenisitas delapan isolate jamur *Rhizoctonia solani* pada enam varietas padi di Kalimantan selatan. Dalam: Budidaya Padi Lahan Pasang Surut dan Lebak. SEREALIA I. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1994:219-222. ISBN 979-8253-25-6

11. **Mukhlis.** Uji ketahanan varietas padi gogo lokal Kalimantan selatan terhadap blas. Dalam: *Budidaya Padi dan Jagung Lahan Pasang Surut, Lebak, Tadah Hujan, dan Lahan Kering. SEREALIA II.* Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1994:149-152. ISBN 979-8253-25-6
12. **Mukhlis, Asikin S, Prayudi B.** Hama dan penyakit padi serta cara pengendaliannya di lahan pasang surut bergambut. Dalam: *Budidaya Padi dan Jagung Lahan Pasang Surut, Lebak, Tadah Hujan, dan Lahan Kering. SEREALIA II.* Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1994:143-148. ISBN 979-8253-25-6
13. **Mukhlis.** Ketahanan beberapa varietas dan galur padi terhadap blas di lahan tadah hujan. Dalam: *Budidaya Padi dan Jagung Lahan Pasang Surut, Lebak, Tadah Hujan, dan Lahan Kering. SEREALIA II.* Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1994:137-142. ISBN 979-8253-25-6
14. **Mukhlis, Hamijaya MZ.** Hama dan penyakit utama ubi alabio (*Dioscorea alata* L.) di lahan lebak Kalimantan Selatan. Dalam: *Aspek Teknologi Budidaya dan Sosial Ekonomi Ubi-Ubian di Kalimantan Selatan.* Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1995:33-38. ISBN 979-8253-26-4
15. Hamijaya MZ, **Mukhlis.** Hama dan penyakit utama ubi nagara (*Ipomoea batatas*) di lahan lebak Kalimantan Selatan. Dalam: *Aspek Teknologi Budidaya dan Sosial Ekonomi Ubi-Ubian di Kalimantan Selatan.* Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru; 1995:81-86. ISBN 979-8253-26-4

16. **Mukhlis**, Prayudi B. Pengendalian penyakit blas di lahan pasang surut. Dalam: Hama dan Penyakit Utama Padi di Lahan Pasang Surut. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru; 2001:73-86. Monograf ISSN 1410-637 x
17. Prayudi B, **Mukhlis**, Budiman A. Penyakit bercak coklat di lahan pasang surut. Dalam: Hama dan Penyakit Utama Padi di Lahan Pasang Surut. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru; 2001: 87-92. Monograf ISSN 1410-637 x
18. Jumberi A, Noor M, **Mukhlis**. Keanekaragaman sumberdaya flora lahan rawa. Dalam: Keanekaragaman Flora dan Buah-Buah Eksotik Lahan Rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru; 2007: 1-6. ISBN 978-979-8253-65-2
19. Simatupang RS, Ar-Riza I, **Mukhlis**, Khairullah I. Buah-buahan eksotik pada wilayah lahan rawa di beberapa kabupaten Kalimantan (Malinau, Kutai Timur, Panajam Paser Utara, Tabalong, Barito Selatan, Sukamara, Katingan). Dalam: Keanekaragaman Flora dan Buah-Buah Eksotik Lahan Rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru; 2007: 13-30. ISBN 978-979-8253-65-2
20. Thamrin M, Asikin S, **Mukhlis**, Budiman A. Potensi ekstraktn flora lahan rawa sebagai pestisida nabati. Dalam: Keanekaragaman Flora dan Buah-Buah Eksotik Lahan Rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan

Pertanian, Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru; 2007: 31-48. ISBN 978-979-8253-65-2

21. **Mukhlis**, Thamrin M. Pengembangan dan konservasi lahan gambut dalam menghadapi perubahan iklim. Dalam: Lahan Gambut Pemanfaatan dan Pengembangannya untuk Pertanian. Penerbit Kanisius. Yogyakarta; 2013:21-43. ISBN 978-979-21-3689-0
22. Maftuah E, **Mukhlis**. Biodiversiti fauna tanah rawa dan pemanfaatannya. Dalam: BIODIVERSITI RAWA Eksplorasi, Penelitian dan Pelestariannya. Penerbit IAARD Press. Jakarta; 2014:146-173. ISBN 978-602-1520-75-8
23. **Mukhlis**. Mikroba tanah rawa dan pemanfaatannya sebagai *biofertilizer* dan *bioremediator*. Dalam: BIODIVERSITI RAWA Eksplorasi, Penelitian dan Pelestariannya. Penerbit IAARD Press. Jakarta; 2014: 174-197. ISBN 978-602-1520-75-8
24. **Mukhlis**, Lestari Y, Saleh M. Efektivitas mikroba asal lahan rawa sebagai komponen pupuk hayati dalam meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut. Dalam: Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Penerbit IAARD Press. Jakarta; 2014:155-172. ISBN 978-602-344-033-7
25. Lestari Y, **Mukhlis**. Mikroba potensial pada ekosistem lahan rawa. Dalam: Agroekologi Rawa. Penerbit IAARD Press. Jakarta; 2017:288-310. ISBN 978-602-425-296-0
26. **Mukhlis**. Strategi pengembangan pupuk hayati untuk meningkatkan produktivitas lahan pasang surut. Kumpulan *Policy Brief* 2015 – 2016: Kebijakan Sumberdaya Lahan

Mendukung Pembangunan Pertanian. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor; 2017: 229-233. ISBN: 978-602-459-605-7

27. **Mukhlis**, Lestari Y. Teknologi pupuk hayati untuk meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman di lahan rawa. Dalam: Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan. Penerbit IAARD Press. Jakarta; 2018:483-506. ISBN 978-602-425-657-9
28. **Mukhlis**, Lestari Y. Teknologi *bioleaching* untuk mengurangi kemasaman tanah di lahan rawa pasang surut. Dalam: SUMBER DAYA LAHAN RAWA Dukungan Teknologi Menuju Lumbung Pangan Dunia Tahun 2045. Penerbit IAARD Press. Jakarta; 2019: 172-196. ISBN 978-623-231-087-2

### **Jurnal Internasional**

29. **Mukhlis**. Blast (BI) resistance in tidal swamp rices of Indonesia. International Rice Research Newsletter 1990; 15(1):13.
30. Rusmini, **Mukhlis**. Iron toxicity tolerance of rice cultivars in acid sulfate soils of Indonesia. International Rice Research Newsletter 1990; 15(6):10.
31. Nazemi D, **Mukhlis**. Effects of *Sesbania rostrate* population, time of harvest, and urea application rate on lowland rice production. International Rice Research Note 1995; 20(3):5.
32. **Mukhlis**, Lestari Y. Effects of biofertilizer “M-STAR” on land productivity and growth of sweet corn in acid sulphate

soil of swampland. Journal AGRIVITA 2013; 35(3): 242-248.

### **Jurnal Nasional**

33. **Mukhlis.** Ketahanan beberapa varietas padi pasang surut terhadap penyakit busuk daun (*Rhynchosporium leaf scald*). Pemberitaan Penelitian Banjarbaru 1986; 4:16-18.
34. **Mukhlis, Prayudi B.** Pengaruh pupuk kalium dan abu sekam terhadap serangan blas leher di lahan tadah hujan. Jurnal Fitopatologi 1996; 3(31): 68-74.
35. Noor M, **Mukhlis, Khairuddin.** Teknologi budidaya ubi alabio (*Dioscorea alata* L.) di lahan rawa lebak Kalimantan Selatan. Kalimantan Scientie 1996; 39:76-86
36. **Mukhlis, Fauziati N.** Substitusi pupuk NPK anorganik dengan pupuk organik Tithoganik pada tanaman kedelai di lahan pasang surut. Jurnal Agroscientie 2010; 17(1):15-19.
37. **Mukhlis.** Efektivitas pupuk hayati Biotara mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut. Jurnal Agroscientie 2012; 19(3):170-177.
38. **Mukhlis.** Peningkatan produktivitas cabai pada musim kemarau melalui pengelolaan lengas tanah dan hara di lahan rawa lebak. Jurnal Agroscientie 2013; 20(1): 31-36
39. **Mukhlis.** Biodegradasi bahan organik oleh mikroba dan pengaruhnya terhadap tanaman padi di lahan gambut. Agric 2014; 26(1): 37-44.

## **Prosiding Internasional**

40. **Mukhlis**, Halimi MS, Sariah M, Razi MI. The ability of *Trichoderma* to decompose oil palm empty fruit bunches. Soils 2004 Conference Proceedings. Penang, April 13-14, 2004: The Malaysian Society of Soil Science. 2004:180-182.
41. Maftuah E, Indrayati L, **Mukhlis**. The improvement of idle peatland productivity for paddy through organic amelioration. Proceeding International Workshop on Sustainable Management of Lowland for Rice Production Banjarmasin 27-28 September 2012 Indonesian Agency for Agricultural Research and Development. 2012:213-222.
42. **Mukhlis**, Nursyamsi D. Innovation technologies to increase rice production in Indonesian swampland to anticipate climate change. Proceeding International Seminar Technology Innovation for Increasing Rice Production and Conserving Environment under Global Climate Change (Book 1). Sukamandi, 11-12 July 2012. Indonesian Center for Rice Research; 2013:211-223.
43. Lestari Y, **Mukhlis**. Prospect of phosphate solubilizing microorganisms for acid sulphate soil bioremediation. PROCEEDING OF INTERNATIONAL WORKSHOP AND SEMINAR Innovation of Environmental-Friendly Agricultural Technology Supporting Sustainable Food Self-Sufficiency. Surakarta, September 18th-20th, 2018. IAARD PRESS. 2019:265-274.

## **Prosiding Nasional**

44. **Mukhlis**. Identifikasi ras jamur *Pyricularia oryzae* dari beberapa daerah di Kalimantan Selatan. Prosiding Kongres

Nasional XI dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Ujung Pandang, 24-26 September 1991. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. 1991: 81-83.

45. Ananta HB, **Mukhlis**. Reaksi beberapa varietas padi gogo lokal terhadap beberapa ras *Pyricularia oryzae* di Kalimantan Selatan. Prosiding Kongres Nasional XI dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Ujung Pandang, 24-26 September 1991. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. 1991: 125-127.
46. Ar-Riza I, **Mukhlis**, Raihan S, Prayudi B. Program penelitian serealia (padi dan jagung). Risalah Lokakarya/Rapat Kerja Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru, 11-12 Oktober 1993. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru. 1993:133-141.
47. Ar-Riza I, **Mukhlis**, Raihan S, Prayudi B. Hasil utama penelitian serealia (padi dan jagung) di Kalimantan selatan (1992). Risalah Lokakarya/Rapat Kerja Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru, 11-12 Oktober 1993. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru. 1993:125-132.
48. **Mukhlis**. Status ketahanan varietas padi terhadap penyakit blas di Kalimantan Selatan. Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan III Kinerja Penelitian Tanaman Pangan (Buku 2). Bogor, 23-25 Agustus 1993. Pusat Litbang Tanaman Pangan. 1995: 602-607.
49. **Mukhlis**. Peranan formulasi bahan amendemen terhadap serangan rebah kecambah (*Rhizoctonia solani*) pada kedelai. Risalah Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Yogyakarta, 6-8

September 1993. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Yogyakarta. 1995:427-432.

50. **Mukhlis**, Nazemi D. Pengaruh cara penyiapan lahan dan pengendalian gulma terhadap penyakit hawar daun (*Rhizoctonia solani*) pada kedelai di lahan pasang surut tanah bergambut. Prosiding I Konferensi Nasional XIII dan Seminar Ilmiah HIGI. Bandar Lampung, 5-7 Nopember 1996. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia. Bandar Lampung. 1996:215-219.
51. **Mukhlis**. Penyakit blas pada padi dan pengendaliannya di lahan pasang surut. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Sistem Usaha Tani Lahan Rawa & Lahan Kering. Buku I. Amuntai, 22-23 September 1995. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa, Banjarbaru. 1996:259-272
52. **Mukhlis**. Pengendalian penyakit bercak coklat (*Cochliobolus miyabeanus*) pada padi di lahan pasang surut. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Sistem Usaha Tani Lahan Rawa & Lahan Kering. Buku I. Amuntai, 22-23 September 1995. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa, Banjarbaru. 1996: 273-280
53. **Mukhlis**. Pengaruh nitrogen dan abu sekam terhadap blas leher pada padi di lahan pasang surut. Prosiding Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Vol. II. Palembang, 27-29 Oktober 1997. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Palembang. 1997:89-93
54. **Mukhlis**. Ketahanan beberapa varietas dan galur padi terhadap blas leher di lahan pasang surut. Prosiding Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan

Fitopatologi Indonesia. Vol. II. Palembang, 27-29 Oktober 1997. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Palembang. 1997:145-152.

55. **Mukhlis.** Peranan pupuk kalium terhadap beberapa penyakit tanaman. Prosiding Seminar Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Menyongsong Era Globalisasi. Buku 2. Banjarmasin, 13-14 Maret 1997. Perhimpunan Agronomi Indonesia Komisariat Kalsel. 1997: 677-682
56. **Mukhlis,** Prayudi B, Ar-Riza I, Soenarjo E. Pengaruh herbisida terhadap pertumbuhan jamur tanah. Prosiding II Konferensi Nasional XIV Himpunan Ilmu Gulma Indonesia, Medan 20-22 Juli 1999. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia; 1999:513-517.
57. **Mukhlis,** Simatupang RS. Pengaruh herbisida glifosat pada cara persiapan lahan terhadap populasi mikroorganisme tanah dan hasil padi di sawah pasang surut lahan sulfat masam. Prosiding II Konferensi Nasional XIV Himpunan Ilmu Gulma Indonesia, Medan 20-22 Juli 1999. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia; 1999:518-525.
58. **Mukhlis,** Prayudi B, Ar-Riza I, Soenarjo E. Nematoda parasitik pada areal padi gogo di Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan. Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Purwokerto, 16-18 September 1999. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. 2000:58-62.
59. **Mukhlis.** Kajian penggunaan ekstrak tumbuhan dalam pengendalian penyakit blas pada padi. Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi

Indonesia. Purwokerto, 16-18 September 1999. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. 2000:63-68.

60. **Mukhlis.** Pengaruh cara penyiapan lahan terhadap nematoda parasitik pada padi gogo. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian Olah Tanah Konservasi VII F-OTK-HIGI. Banjarmasin, 23-24 Agustus 2000. Himpunan Ilmu Gulma Indoensia - Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa; 2000:166-169.
61. **Mukhlis,** Hamijaya HMZ. Olah tanah konservasi dan penyakit tanaman dalam budidaya pertanian. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian Olah Tanah Konservasi VII F-OTK-HIGI. Banjarmasin, 23-24 Agustus 2000. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia - Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa; 2000:387-392.
62. **Mukhlis,** Prayudi B. Pengendalian penyakit blas pada padi di lahan rawa pasang surut. Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan. Bogor, 22-24 Nopember 1999. Puslitbang Tanaman Pangan; 2000:205-215
63. **Mukhlis.** Hubungan antara waktu tanam dan varietas padi dengan penyakit blas leher di lahan pasang surut. Prosiding Simposium Nasional dan Kongres VII PERAGI. Bogor, 21-23 Maret 2000. Perhimpunan Agronomi Indonesia; 2000:116-121
64. **Mukhlis.** Potensi berbagai ekstrak tumbuhan dalam pengendalian penyakit blas pada padi. Pengelolaan Tanaman Pangan Lahan Rawa Prosiding Seminar Hasil

Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa, Banjarbaru, 4-5 Juli 2000. Puslitbang Tanaman Pangan; 2001:227-232.

65. **Mukhlis.** Pengendalian penyakit yang disebabkan *Rhizoctonia solani* pada kedelai di lahan pasang surut. Kinerja Teknologi untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. Malang. 2001:110-117
66. **Mukhlis, Ar-Riza I, Nazemi D.** Dampak herbisida terhadap populasi mikroba tanah dan gulma di areal pertanaman tumpangsari padi gogo dengan jeruk dan karet. Prosiding Seminar Nasional Membangun Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. 2002:349-355
67. Noor M, **Mukhlis, Achmadi.** Pengelolaan sumberdaya lahan rawa dalam perspektif pengembangan inovasi teknologi pertanian. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian (Buku III). Bogor, 14-15 September 2006. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2007:211-222.
68. **Mukhlis.** Cara penyiapan lahan dan mikroba tanah dalam budidaya pertanian. Prosiding Simposium, Seminar, dan Kongres IX PERAGI. Perhimpunan Agronomi Indonesia dan Fak. Pertanian Unpad; 2007:433-435.
69. Nazemi D, Saragih S, Annisa W, **Mukhlis.** Pengelolaan bahan organik *insitu* pada penyiapan lahan sistem “Tepulikampar” untuk mendukung pertanian ramah lingkungan di lahan sulfat masam. Prosiding Simposium, Seminar, dan Kongres IX PERAGI. Perhimpunan Agronomi Indonesia dan Fak. Pertanian Unpad; 2007:446-449

70. Noor M, **Mukhlis**, Jumberi A. Aspek lingkungan dalam mendukung pertanian berkelanjutan di lahan rawa pasang surut. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Pertanian. Bogor, 7-8 November 2007. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2008:229-239
71. **Mukhlis**, Nurtirtayani, Fauziati N. Pola tanam optimal berbasis padi di lahan lebak dangkal Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Nasional Padi 2008 Inovasi Teknologi Padi Mengantisipasi Perubahan Iklim Global Mendukung Ketahanan Pangan (Buku 2). Sukamandi, 23-24 Juli 2008: Balai Besar Penelitian Padi; 2009:825-832.
72. Lestari Y, **Mukhlis**. Populasi bakteri pelarut phosphate di tanah sulfat masam potensial. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Lahan Rawa. Banjarbaru, 5 Agustus 2008: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian - Balitbangda Prov. Kalsel; 2009:294-299.
73. **Mukhlis**, Rina Y, Nurtirtayani. Peningkatan produktivitas lahan lebak tengahan melalui penataan lahan dan pola tanam. Prosiding Seminar Nasional dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian (Buku IV). Bogor, 18-20 November 2008: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2009:51-56.
74. **Mukhlis**, Maftuah E. Biodiversitas fauna tanah dan potensinya sebagai perombak bahan organik di lahan sulfat masam. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan (Buku III). Bogor, 24-25 Nopember 2009: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2010:225-241.

75. Saleh M, **Mukhlis**. Pertumbuhan dan produksi padi varietas Ciherang dengan berbagai perombak bahan organik di lahan rawa gambut Kalimantan Tengah. Prosiding Seminar Nasional Industriliasasi dan Komersialisasi Produk Pangan Lokal dalam Menunjang Penganekaragaman dan Ketahanan Pangan. Samarinda, 20 April 2010: Fakultas Pertanian Unmul; 2010:91-94.
76. Lestari Y, **Mukhlis**, Nurzakiah S. Pelarutan Trikalسيوم Fosfat dan Aluminium Fosfat oleh bakteri pelarut fosfat yang diisolasi dari *rhizosfer* padi. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Mikrobiologi Bidang Pangan, Kesehatan dan Lingkungan dalam Menghadapi Perubahan Iklim. Banjarbaru: Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia Cabang Kalsel dan Fakultas Kedokteran Unlam; 2010:37-43.
77. **Mukhlis**. Pengaruh herbisida terhadap pertumbuhan jamur tanah. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Mikrobiologi Bidang Pangan, Kesehatan dan Lingkungan dalam Menghadapi Perubahan Iklim. Banjarbaru, 27 September 2010: Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia Cabang Kalsel dan Fakultas Kedokteran Unlam; 2010:178-181.
78. **Mukhlis**. Pengaruh pupuk organik dan anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil padi di lahan rawa lebak. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Padi Nasional 2010 (Buku 2). Sukamandi, 24 Nopember 2010: Balai Besar Penelitian Padi; 2011:693-700.
79. **Mukhlis**, Rina Y. Pola tanam berbasis padi dan analisis finansialnya di lahan lebak tengahan. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Padi Nasional 2010 (Buku 2).

Sukamandi, 24 Nopember 2010: Balai Besar Penelitian Padi; 2011:743-752.

80. **Mukhlis**, Rina Y, Simatupang RS. Pemanfaatan mulsa pada sistem surjan untuk meningkatkan produktivitas tanaman di lahan rawa lebak tengahan. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian (Buku I). Bogor, 30 November – 1 Desember 2010: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2011:351-358.
81. Simatupang RS, **Mukhlis**, Rina Y. Pengelolaan lengas tanah dan hara untuk meningkatkan produksi cabai di lahan rawa lebak. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian (Buku III). Banjarbaru, 13-14 Juli 2011: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2012:63-76
82. Cahyana D, **Mukhlis**. Upaya terpadu mencegah kelarutan Al di lahan rawa sulfat masam. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian (Buku III). Banjarbaru, 13-14 Juli 2011: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2012:141-151.
83. Lestari Y, **Mukhlis**. Efektivitas pupuk hayati dengan berbagai jenis bahan pembawa terhadap produktivitas tanah sulfat masam. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian (Buku III). Banjarbaru, 13-14 Juli 2011: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2012:407-418.
84. **Mukhlis**, Raihana Y. Substitusi pupuk NPK anorganik dengan pupuk organik Tithoganik pada tanaman kedelai di lahan pasang surut. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian (Buku III). Banjarbaru, 13-

14 Juli 2011: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2012:483-492.

85. **Mukhlis**, Indrayati L. Pengaruh pembenah tanah “Beta” terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan pasang surut. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2011. Malang, 15 November 2011: Pusat Litbang Tanaman Pangan; 2012:244-249.
86. Indrayati L, **Mukhlis**. Pemanfaatan kompos untuk budidaya padi di lahan sulfat masam potensial Kalimantan Selatan. Proceeding 2<sup>nd</sup> National Conference on Green Technology Eco-Technology for Sustainable Living. Malang, 12 November 2011: Fakultas Sains dan Teknologi Univ. Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim; 2011:53-56.
87. **Mukhlis**. Pemanfaatan bakteri pereduksi sulfat (*Desulfovibrio sp*) untuk meningkatkan produktivitas lahan rawa sulfat masam. Prosiding Seminar dan Kongres Nasional X Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (Buku 3). Surakarta, 6-8 Desember 2011: Jurusan Ilmu Tanah Fak. Pertanian Univ. Sebelas Maret Surakarta dan Himpunan Ilmu Tanah Indonesia; 2011:1379-1388.
88. **Mukhlis**, Nursyamsi D. Bioremediasi lahan sulfat masam melalui pemanfaatan bakteri pereduksi sulfat dengan bahan pembawa substrat organik. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. Bogor, 29-30 Juni 2012: Badan Litbang Pertanian; 2012:495-508.
89. Maftuah E, **Mukhlis**. Aplikasi kompos dalam meningkatkan produksi padi di lahan gambut. Prosiding

Seminar Nasional Pertanian Organik. Yogyakarta: Jurusan Tanah Fak. Pertanian Univ. Gajah Mada; 2013

90. **Mukhlis**, Saleh M. Keefektivan Pupuk Hayati ‘Biotara’ terhadap Produktivitas Tanaman Padi di Lahan Rawa Sulfat Masam. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014, Palembang 26-27 September 2014. Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan SubOptimal. Univ. Sriwijaya; 2014:758-767.

## DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA

1. **Mukhlis.** Penyakit blas pada padi gogo dan pengendaliannya. *Harian Banjarmasin Post.* No. 08/XI/5836. Minggu 3 Juni 1990.
2. **Mukhlis.** Prospek pengendalian hama secara hayati di Indonesia Bagian Timur. *Harian Fajar.* No. 736 Tahun ke 10. Rabu 30 Januari 1991.
3. **Mukhlis.** Jasad pengganggu dapat mengancam pembangunan hutan tanaman industri. *Harian Banjarmasin Post.* No. 6971 Tahun XXIII. Selasa 30 November 1993.
4. **Mukhlis** dan Djahab N. Prospek pemanfaatan virus dan bakteri sebagai bioinsektisida. *Sinar Tani.* No. 2510 Tahun XXVI. Rabu 27 Desember 1995.
5. **Mukhlis.** Makna dibukanya satu juta hektar lahan bagi Kalteng. *Harian Banjarmasin Post.* 25 Januari 1996.
6. **Mukhlis.** Pengusaha dan budidaya padi di lahan sejuta hektar. *Harian Kompas.* No. 027 Tahun ke 32. Rabu 24 Juli 1996.
7. **Mukhlis.** Agustus, bulan renungan. *Harian Kompas.* Kamis 15 Agustus 1996.
8. **Mukhlis** dan Nazemi D. Itik sebagai tenaga penyang padi sawah. *Harian Banjarmasin Post.* No. 8126 Tahun XXV. Minggu 15 Desember 1996.
9. **Mukhlis.** Proyek lahan gambut sejuta hektar dan antisipasi pest. *Sinar Tani.* No. 2612 Tahun XXVII. Sabtu 4 Januari 1997.

10. **Mukhlis.** Pengembangan lahan gambut dan antisipasi kebanjiran. *Harian Banjarmasin Post*. No. 8154 Tahun XXV. Selasa 14 Januari 1997.
11. **Mukhlis** dan Rina Y. Partisipasi pemuda di sektor pertanian. *Harian Kompas*. No. 230 Tahun ke 32. Rabu 19 Februari 1997.
12. **Mukhlis.** Pengembangan lahan gambut dalam riwayat swasembada beras. *Harian Kompas*. No. 231 Tahun ke 32. Kamis 20 Februari 1997.
13. **Mukhlis.** Proyek sejuta hektar dan eksplosi “pest”. *Harian Kompas*. No. 272 Tahun ke 32. Kamis 3 April 1997.
14. **Mukhlis.** Sentralisasi produksi komoditi pertanian. *Harian Banjarmasin Post*. Senin 28 April 1997
15. **Mukhlis.** Soal seminar dan publikasi ilmiah kita. *Harian Banjarmasin Post*. Selasa 27 Mei 1997
16. **Mukhlis.** Wakil rakyat: Janjimu dalam penantian. *Harian Banjarmasin Post*. Kamis 2 Oktober 1997.
17. **Mukhlis.** Risau di kemarau panjang. *Harian Banjarmasin Post*. No. 8459 Tahun XXVI. Kamis 20 November 1997.
18. **Mukhlis.** Peran dan keterbukaan saintis. *Harian Banjarmasin Post*. No. 11162 Tahun XXXIV. Rabu 22 Juni 2005.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### A. Data Pribadi

Nama lengkap : Dr. Ir. Mukhlis, MS.  
Tempat/tanggal lahir : Hulu Sungai Selatan, 16  
September 1960  
Anak ke : Kedua dari Tiga Bersaudara  
Nama ayah kandung : H. Musdar  
Nama ibu kandung : Hj. Misra  
Nama isteri : Nani Astuty, SE  
Tanggal/bulan menikah : 4 Oktober 1987  
Jumlah anak : Tiga orang  
Nama anak : 1. dr. Netya Khairina  
2. Enny Khalisa, SKG  
3. Gina Magfirah, ST  
Unit kerja : Balai Penelitian Pertanian  
Lahan Rawa  
Alamat : Jl. Kebun Karet, Loktabat  
Utara, Banjarbaru, Kalsel  
Judul orasi : Inovasi Teknologi Pupuk  
Hayati Mendukung  
Pengembangan Lahan Rawa  
Sebagai Lumbung Pangan  
Bidang Penelitian : Ilmu Tanah, Agroklimatologi,  
dan Hidrologi  
No. SK Pangkat IV/d : 46/K Tahun 2016  
No. SK Peneliti Utama : 165/M Tahun 2015

## B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah/PT	Tempat/ Kota	Tahun Lulus
1	SD	Madrasah Ibtidaiyah Swasta	Angkinang	1971
2	SMP	Madrasah Tsanawiyah Negeri	Angkinang	1974
3	SMA	SMA Negeri Kandangan	Kandangan	1977
4	S1	Univ. Lambung Mangkurat	Banjarbaru	1983
5	S2	Univ. Hasanuddin	Makassar	1992
6	S3	Univ. Putra Malaysia	Kuala Lumpur	2006

## C. Pendidikan Non-Formal

No.	Nama Kursus/Latihan	Tempat/ Kota	Tahun
1	A Three-Week Course in Field Methods for Pest Management Research in Deepwater Rice	Calcutta, India dan Dhaka, Banglades.	1987
2	Training on Research Management	Michigan, USA	2014
3	Diklat Kepemimpinan Tkt III	Ciawi, Bogor	2015

## D. Jabatan Struktural

No.	Nama Instansi	Jabatan/Eselon	Tahun
1	Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian	Kepala Bidang Program dan Evaluasi/IIIb	2014-2017

### **E. Riwayat Jabatan Fungsional**

<b>No.</b>	<b>Jenjang Jabatan</b>	<b>TMT Jabatan</b>
1	Asisten Peneliti Muda	1 Pebruari 1988
2	Asisten Peneliti Madya	1 Oktober 1989
3	Ajun Peneliti Muda	1 Desember 1992
4	Ajun Peneliti Madya	1 Maret 1994
5	Peneliti Muda	1 Mei 1997
6	Peneliti Madya (Gol. IV/b)	1 April 1999
7	Peneliti Madya (Gol. IV/c)	1 Juni 2009
8	Peneliti Utama (Gol. IV/d)	1 Desember 2014

### **F. Riwayat Kepangkatan**

<b>No.</b>	<b>Jenjang Jabatan</b>	<b>TMT Jabatan</b>
1	Calon Pegawai Negeri Sipil (Gol.III/a)	1 Maret 1985
2	PNS Penata Muda (Gol. III/a)	1 Oktober 1986
3	Penata Muda Tk. I (Gol. III/b)	1 April 1990
4	Penata (Gol. III/c)	1 April 1994
5	Penata Tk. I (Gol. III/d)	1 Oktober 1996
6	Pembina (Gol. IV/a)	1 Oktober 1998
7	Pembina Tk. I (Gol. IV/b)	1 Oktober 2003
8	Pembina Utama Muda (Gol. IV/c)	1 April 2010
9	Pembina Utama Madya (Gol. IV/d)	1 April 2016

### **G. Publikasi Ilmiah:**

<b>No</b>	<b>Kualifikasi Penulis</b>	<b>Jumlah</b>
1	Penulis Tunggal	29
2	Penulis Pertama	30
3	Penulis Bersama Penulis Lainnya	31
	<b>Total</b>	<b>90</b>

No	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1	Karya Tulis dalam Bahasa Inggris	11
2	Karya Tulis dalam Bahasa Indonesia	79
<b>Total</b>		<b>90</b>

#### H. Pembinaan Kader Ilmiah

No.	Jenis Kegiatan	Jumlah	Tahun
1	Membimbing peneliti yunior dalam penyusunan rencana kegiatan, pelaksanaan penelitian, kegiatan laboratorium, serta penulisan karya tulis ilmiah di Balittra	1	2006 – sekarang
2	Pembimbing Skripsi S1 di Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru	1	2011

#### I. Keterlibatan sebagai Editor/Mitra Bestari

No.	Jabatan	Buku/Majalah/Prosiding	Tahun
1	Editor	Buku Lahan Gambut: Pemanfaatan dan Pengembangannya untuk Pertanian	20013
2	Editor	Buku BIODIVERSITI RAWA: Eksplorasi, Penelitian dan Pemanfaatannya	2014

(Lanjutan)

No.	Jabatan	Buku/Majalah/Prosiding	Tahun
3	Editor	Buku INOVASI TEKNOLOGI LAHAN RAWA: Mendukung Kedaulatan Pangan	2018
4	Editor	Buku SUMBER DAYA LAHAN RAWA Dukungan Teknologi Menuju Lumbung Pangan Dunia Tahun 2045	2019
5	Editor	Buku Optimasi Lahan Rawa Akselarasi Menuju Lumbung Pangan Dunia 2045	2020
6	Mitra Bestari	Jurnal Sumberdaya Lahan	2020

#### **J. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah**

No.	Kegiatan	Tempat	Tahun
1	International Workshop on Tropical Wetlands Innovation in Mapping and Management for Sustainable Agriculture	Banjarmasin	2018
2	The 10 <sup>th</sup> International Seminar of Indonesian Society for Microbiology & 12 <sup>th</sup> Congress Indonesian Society for Microbiology	Solo	2019
3	International Workshop Co- development and Transfer of Rice Technologies	Banjarmasin	2019

## **K. Tanda Penghargaan**

<b>No.</b>	<b>Nama/Jenis Penghargaan</b>	<b>Pejabat/Instansi yang Memberikan</b>
1	Satyalancana Karya Satya XXX Tahun	Presiden Republik Indonesia

## **L. Organisasi Profesi**

<b>No.</b>	<b>Nama Organisasi</b>	<b>Kedudukan</b>
1	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI)	Ketua Cabang Kalimantan selatan
2	Himpunan Ilmu Tanah Indonesia	Anggota
3	Asosiasi Biochar Indonesia	Anggota
4	Perhimpunan Agronomi Indonesia	Anggota
5	Himpunan Peneliti Indonesia (HIMPENINDO)	Anggota



Sekretariat Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Jl. Ragunan No. 29 Pasar Minggu, Jakarta 12540  
Telp. : 62 21 7806202, Faks. 62 21 7800644  
E-mail: [iaardpress@litbang.pertanian.go.id](mailto:iaardpress@litbang.pertanian.go.id)

ISBN 978-602-344-294-2

