

# Pengkajian Agronomi dan Ekonomi Budidaya Padi Sawah dengan Pendekatan Pengelolaan Tanah dan Tanaman Terpadu (ICLM)

## *Agronomic and Economic Study of Rice Cultivation with an Integrated Crops and Land Management (ICLM) Approach*

TARBIYATUL MUNAWWARAH\*

Pusat Riset Tanaman Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat, 16911, Indonesia  
\*email: [tm.tarbiyah@gmail.com](mailto:tm.tarbiyah@gmail.com)

Manuscript received : 15 Februari 2024, Revision accepted: 29 April 2024.

### ABSTRAK

Pengelolaan tanah dan tanaman terpadu merupakan salah satu model atau pendekatan pengelolaan usaha tani dengan mengimplementasikan berbagai komponen teknologi yang dapat memberikan efek sinergis sehingga mendorong produktivitas dan meningkatkan kualitas hasil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan model pengelolaan anah dan tanaman terpadu (*Integrated Crops and Land Management* atau *ICLM*) pada budidaya padi sawah. Pengkajian dilaksanakan pada bulan April-September 2022 di Desa Bhuana Jaya Kecamatan Tenggara Seberang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur pada lahan seluas 8 ha. Komponen teknologi yang dikaji yaitu (a) penggunaan varietas unggul (Mekongga, Cakrabuana Agritan dan Ciherang Janger); (b) sistem jajar legowo; (c) pemupukan berimbang terdiri atas pupuk kimia, organik, pembenah tanah dan pupuk hayati dengan dosis per hektar masing-masing 50 kg Urea, 300 kg NPK Phonska, 400 kg Petroganik, 10 kg Antazam, 10 kg Petrobio; (d) POC dosis 10-20 L ha<sup>-1</sup>. Parameter yang diamati adalah tinggi, jumlah anakan, panjang malai, jumlah cabang per malai, bobot per malai dan produktivitas padi. Analisis statistik keragaan agronomi menggunakan 2 uji komparatif, yaitu: (1) Uji t untuk mengetahui respons tanaman padi, dan (2) Uji F untuk mengetahui pengaruh model pengelolaan padi terhadap produktivitas. Analisis kelayakan ekonomi menggunakan B/C rasio. Hasil pengkajian menunjukkan bahwa: (a) penerapan model pengelolaan ICLM plus POC meningkatkan produktivitas padi dengan hasil 4,13-6,03 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Mekongga), 7,02 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Cakrabuana Agritan), dan 7,85 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Ciherang Janger); (b) hasil analisis kelayakan ekonomi sebesar 2,15.

**Kata kunci:** *Integrated Crops and Land Management* (ICLM), padi sawah, produktivitas, Kutai Kartanegara

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Kesenjangan produktivitas padi yang cukup lebar terjadi antara lahan pertanian di pulau Jawa dengan Kalimantan. Menurut Suwandi, Dirjen Tanaman Pangan (Kementan) “Pada tahun 2021, terdapat 42 kabupaten/kota dengan produktivitas gabah kering giling (GKG) di bawah 3 Mg ha<sup>-1</sup>, 100 kab/kota (3-4 Mg ha<sup>-1</sup>), 150 kab/kota (4-5 Mg ha<sup>-1</sup>), 127 kab/kota (5-6 Mg ha<sup>-1</sup>), dan 49 kab/kota (> 6 Mg ha<sup>-1</sup>)”. Angka produktivitas padi di Kalimantan Timur 5 tahun terakhir dari 2016 s/d 2020 berturut-turut yaitu 3,80; 4,24; 4,05; 3,64; dan 3,64 Mg ha<sup>-1</sup> (Kementerian Pertanian 2021), dan tahun 2021 yaitu 3,96 Mg ha<sup>-1</sup> (BPS 2022).

Gap (senjang) produktivitas dapat disebabkan oleh kombinasi faktor genetik dan faktor lingkungan atau disebut faktor internal dan eksternal. Genetika tanaman merupakan faktor internal, sedangkan nutrisi, air, cahaya matahari, kadar kelembapan, suhu, oksigen, pH, hingga topografi merupakan faktor eksternal. Oleh karena itu untuk mencapai produktivitas optimum maka dikembangkan teknologi budidaya dengan pendekatan pengelolaan tanaman terpadu (*Integrated Crops Management*), dimaknai sebagai upaya dinamis dalam peningkatan hasil dan pendapatan petani melalui penggunaan sumberdaya alam serta masukan produksi yang efisien dan berkelanjutan, dengan azas integrasi, interaksi, dinamis dan partisipatif (Kartaatmaja dan Fagi 2000; Puslitbangtan 2009).

Pada tahun 2009, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) berupaya menghasilkan inovasi yang mampu meningkatkan produksi dan pendapatan petani tanpa merusak kualitas lahan dan lingkungan, disebut dengan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) atau *Integrated Crops Management* (ICM), selanjutnya pada tulisan ini disebut ICM. Strategi budidaya padi sawah dirakit dari komponen teknologi pengelolaan sumber daya tanaman, lahan, dan air menjadi paket teknologi. ICM merupakan *good agronomic practices*, penggabungan dari komponen-komponen, yaitu varietas unggul, benih bermutu, sistem tanam jajar legowo, pengairan berselang, pemupukan berimbang, penggunaan bahan organik, pengendalian hama penyakit, panen dan pasca panen (Sumarno dan Suyamto 1998).

Sesuai Inpres No. 14 Tahun 2011 tentang Percepatan Prioritas Pembangunan Nasional, maka penerapan ICM dilaksanakan dengan Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT) dimana target areal mencapai 2.778 juta ha yang melibatkan tidak kurang dari 124,8 ribu kelompok tani (Dirjen TP 2013). Hasil pelaksanaan SL-PTT padi non

hibrida terhadap non SL tahun 2011 meningkat 9,11 Mg ha<sup>-1</sup> (18%). Sedangkan pelaksanaan SL-PTT tahun 2012 dengan sasaran areal tanam 2.702 juta ha, peningkatan produktivitas yaitu 8,17 Mg ha<sup>-1</sup> (15%) (Dirjen TP 2014). Menurut (Nurasa dan Supriadi 2012), “Secara umum SL-PTT padi, yang telah dikembangkan hampir di seluruh provinsi di Indonesia belum memberikan hasil yang optimal baik dari aspek produktivitas dan adopsinya. Sehingga keberhasilan penerapan ICM berbeda menurut lokasi, tingkat, dan skala usaha”. Aplikasi paket teknologi ICM di Kab. Tabanan, Prov. Bali, meningkatkan produktivitas ± 24,5% dimana komponen teknologi pemupukan yang diberikan terdiri atas 200 kg NPK ha<sup>-1</sup>, 110 kg Urea ha<sup>-1</sup>, 50 kg KCl ha<sup>-1</sup>, pupuk Biosilika dan pupuk kotoran sapi. Sedangkan penggunaan Varietas Unggul Baru (VUB) dibandingkan dengan varietas eksisting dapat meningkatkan produktivitas hingga 39% (Aryawati et al. 2020).

Salah satu kendala produktivitas padi di Kaltim masih dibawah rata-rata nasional yaitu derajat kemasaman (pH) tanah berkisar 4-5. Jenis tanah sawah di luar Pulau Jawa didominasi oleh *Ultisols* dan *Inceptisols* (Suharta et al. 1994). Tanah *Ultisols* memiliki ciri nilai pH tanah rendah, persentase kejenuhan basa rendah dan kandungan aluminium dapat ditukar tinggi (Nurjaya 2017). Sedangkan tanah *Inceptisols* adalah tanah yang belum matang (*immature*) yang perkembangan profilnya lebih lemah dibanding dengan tanah matang dan masih banyak menyerupai sifat bahan induknya (Hardjowigeno 1993). Menurut Sudirja et al. (2007), bila mengalami perkembangan lebih lanjut, pH naik menjadi kurang dari 5.0, dan kejenuhan basa berkisar rendah sampai sedang, tekstur liat, struktur remah dan konsistensi gembur. Masalah utama pada tanah-tanah masam adalah kekahatan P, fiksasi P yang tinggi dan keracunan Al, Mn dan kadang-kadang Fe. Kekahatan P pada umumnya disebabkan terikatnya unsur-unsur tersebut secara kuat pada seperti mineral liat tipe 1 : 1 dan oksida-oksida Al dan Fe, maupun reaksi antara P dengan Al, sehingga unsur P tidak tersedia untuk tanaman (Radjagukguk 1998). Secara umum, kesuburan dan sifat kimia kedua tanah tersebut relatif rendah, akan tetapi masih dapat diupayakan untuk ditingkatkan dengan penanganan dan teknologi yang tepat.

Untuk itu perlu dilakukan kajian memodifikasi pendekatan ICM menjadi Pengelolaan Tanah dan Tanaman Terpadu (PTTT) atau *Integrated Crops and Land Management* (ICLM) yang tidak saja mampu meningkatkan produktivitas, memperbaiki kualitas hasil tapi juga ramah lingkungan. Pemberian pupuk secara berimbang dan lengkap, artinya bervariasi dalam jenis dan cara aplikasi bertujuan agar tanah menjadi lebih sehat lagi bagi tanaman. Pentingnya pemberian pupuk berimbang dapat menjadikan tanah lebih produktif. Menurut (Purba et al. 2021), tanah yang produktif akan menghasilkan tanaman yang menguntungkan bagi pengelola tanah. Selanjutnya dijelaskan oleh (Handayanto et al. 2017), pertumbuhan tanaman berhubungan dengan unsur hara yang tersedia dalam tanah. Tingkat kemasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Mikroorganisme berperan sebagai “tim sukses” sehingga menjadikan pupuk yang diberikan dapat optimal diserap oleh tanaman. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan menguji penerapan paket teknologi pertanian ramah lingkungan dengan pendekatan inovasi teknologi ICLM plus penambahan pupuk organik cair (POC) lokal, terbuat dari bahan-bahan alami lokal dan bahan sintesis yang diolah secara fermentasi *anaerob* dan *aerob*. Biostimulan merupakan senyawa organik alami atau sintesis yang mampu meningkatkan pertumbuhan, meningkatkan proses fisiologi tumbuhan seperti respirasi, fotosintesis, sintesis asam nukleat, dan penyerapan ion serta meningkatkan respon tanaman terhadap cekaman (Abbas 2013). Menurut (Fitrah 2019), perbaikan tanah akibat lumpur dan masam dapat dilakukan dengan teknologi biologi yang ramah lingkungan dan biaya murah.

## BAHAN DAN METODE

### *Site Description*

Penelitian ini bersifat partisipatif dilakukan di sekitar areal tambang PT Khotai Makmur Insan Abadi (KMIA) yang terletak di Desa Bhuana Jaya, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia (Gambar 1).

Desa Bhuana Jaya berada pada ketinggian tempat 15-75 m dpl, curah hujan tahunan berkisar 2.200-2.800 mm, berada pada topografi dataran, bergelombang hingga berbukit, suhu udara 24-32<sup>o</sup>C.

Penelitian dilakukan pada musim kemarau atau gadu/timuran, pada bulan April-September 2022, dengan tipologi sawah tadah hujan iklim basah, luas 8 ha dengan melibatkan 8 petani kooperator.

Pelaksanaan kegiatan dilakukan dengan pola Bimbingan Teknis dan pendampingan pada setiap tahapan kegiatan budidaya yang dikemas dalam Sekolah Lapang.



**Gambar 1.** Lokasi penelitian di sekitar kawasan tambang (sumber: google earth)

### Sampel Tanah dan Analisa Laboratorium

Sebelum percobaan, sampel tanah komposit (0-30 cm) diambil dan dianalisis di laboratorium tanah BPTP Kalimantan Timur. Detail metode laboratorium mengikuti Balai Penelitian Tanah (2005). Kapasitas Tukar Kation (KTK), Kejenuhan Basa (KB) dan Kejenuhan Aluminium (Kej. Al) merupakan parameter tanah yang digunakan untuk mengevaluasi sifat-sifat fisik dan kimia tanah. KTK indikator kesuburan tanah yang berguna dalam menyediakan kation penting bagi tanaman seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan kalium (K). Nilai Kejenuhan Basa (KB) tanah merupakan persentase dari total KTK yang diduduki oleh kation-kation basa, terhadap total KTK. Nilai KB ini sangat penting dalam pertimbangan pemupukan. Nilai Kejenuhan Al penting menentukan kebutuhan kapur atau meningkatkan nilai pH pada tanah masam

$$KB (\%) = \frac{\Sigma \text{ kation basa}}{\Sigma \text{ kation basa} + \text{ kation asam}} \times 100\%$$

$$Kej Al (\%) = \frac{\Sigma \text{ meq Al dd}}{KTK \text{ eff}} \times 100\%$$

### Pengelolaan Tanah dan Tanaman Terpadu (ICLM)

Ada empat komponen pada paket teknologi ICLM, yaitu (1) penggunaan varietas (Mekongga, Cakrabuana Agritan, dan Ciherang Janger); (2) sistem tanam jajar legowo; (3) pemupukan berimbang dan (4) proteksi tanaman menggunakan obat-obatan berstandar WHO. Kaidah pada aplikasi baik pemupukan maupun proteksi tanaman minimal menerapkan prinsip 3 tepat (dosis, waktu dan cara).

Pada salah satu komponen pemupukan berimbang dilakukan modifikasi dengan penambahan pupuk organik cair. Dosis pupuk padat ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), selanjutnya disebut sub kompo

nen 1 yaitu Urea 50, NPK 300, Petroganik 400, Petrobio 10 dan Antazam 10, diaplikasikan satu kali. Dosis pupuk cair, sub komponen 2 yaitu 10 paket per hektar terdiri atas 5 L Bioaktivator C-01, 10 L Biang pupuk C-02, 10 L Bioboost C-03, 10 L NPK Organik cair C-04, 5 L Booster C-05. POC lokal dijadikan sebagai perlakuan benih, penyubur tanah, dan memacu pertumbuhan tanaman.

Standar Operasional Prosedur (SOP) budidaya padi sawah dengan inovasi teknologi ICLM meliputi 3 tahapan, yaitu

#### (1) Tahap persiapan benih dan persemaian (19 hari)

- a) Persiapan lahan dilakukan 10 hari sebelum tanam, antara lain membersihkan gulma menggunakan herbisida, membajak dan memperbaiki pematang sawah serta mempersiapkan bedengan persemaian.
- b) Persiapan benih dilakukan 2 hari sebelum semai.
  - Hari pertama di pagi hari, gabah direndam menggunakan air garam sekitar 15 menit sambil diaduk-aduk, kemudian gabah hampa (mengambang) dibuang. Pembilasan dilakukan jika sudah tidak ada gabah yang mengapung, dilanjutkan perendaman menggunakan Bioaktivator C-01 dan fungisida dan dibiarkan selama 1 malam.
  - Hari kedua di pagi hari, gabah ditiriskan untuk selanjutnya diperam selama 1 malam. Keesokan harinya (di pagi hari), benih siap disemai.

#### (2) Masa Persemaian 15-17 hari setelah semai (HSS)

- a) Benih ditabur secara merata pada bedengan persemaian.
- b) Melakukan pemupukan umur 6 HSS, menggunakan Urea dan Bioaktivator C-01 dan Biang Pupuk C-02 yang dilarutkan dalam tangki sprayer.
- c) Melakukan perlindungan tanaman menggunakan obat-obatan (insektisida dan fungisida) yang telah ditentukan (berstandar WHO dengan ISO 9002 dan 14001).

#### (3) Masa pindah tanam sampai dengan panen

- a) Fase Vegetatif (1 - 45 hari setelah tanam atau HST)
  - ✧ Dua hari sebelum tanam, sawah dikendalikan dari hama keong menggunakan moluskisida.
  - ✧ Sebelum tanam, dilakukan pembuatan jarak tanam menggunakan caplak jajar legowo 10:1 dan 11:1 dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm x 40 cm.
  - ✧ Penanaman dilakukan umur 15-17 HSS dengan jumlah bibit per lubang 2-3 tanaman.
  - ✧ Pemberian nutrisi tanaman berupa pupuk padat (komponen 1) dilakukan satu kali, yaitu umur 10-12 HST. Caranya: semua pupuk padat dicampur, kemudian disebar secara merata pada tanah sawah kondisi macak-macak pada pagi hari.

- ✧ Pemeliharaan tanaman dilakukan umur 15, 30 dan 45 HST. Bersamaan melakukan perlindungan tanaman terhadap hama dan penyakit juga dilakukan penambahan asupan nutrisi melalui daun, seperti Bioaktivator C-01, Biang pupuk C-02, Bioboost C-03 dan NPK Organik Cair C-04. Semua bahan baik obat-obatan dan POC dicampur sesuai dengan dosis anjuran kemudian disemprotkan pada tanaman, diaplikasikan sore hari.
- b) Fase Generatif (46 - 100 HST)
  - ✧ Agar bobot gabah meningkat, dilakukan pemberian Booster sintetis dan organik (Booster C-05) serta fungsida pada saat malai keluar 5-10% dengan cara foliar.
  - ✧ Pemanenan dilakukan bila bulir padi sudah menguning (masak fisiologis 90-95%).

Rangkaian keseluruhan tahapan tersebut di atas menjadi SOP pada Bimbingan Teknis penerapan ICLM padi sawah untuk mencapai produktivitas tinggi, hasil panen lebih berkualitas dan ramah lingkungan.

### Pengumpulan Data Tanaman dan Analisis Statistik

Sepuluh tanaman sampel diambil dari setiap paket teknologi inovasi ICLM dan ICLM plus POC Lokal pada 8 petani kooperator. Parameter terdiri atas: (a) tinggi tanaman diukur saat panen dengan cara mengukur panjang dari pangkal leher batang sampai ujung daun, (b) jumlah anakan produktif adalah jumlah batang yang menghasilkan malai dalam rumpun tanaman, (c) panjang malai diukur dari buku ruas terakhir pada batang sampai ujung buah, (d) jumlah cabang per-malai merupakan sekumpulan jumlah cabang primer, sekunder dan tersier, (e) bobot per-malai adalah bobot gabah berisi setiap malainya.

Pengukuran data produktivitas merupakan estimasi (asumsi hasil tanaman per hektar tanpa pematang) yang diperoleh dari sampel ubinan Gabah Kering Panen (GKP). Dasar pengukuran mengikuti standar yang dikeluarkan Badan Pusat Statistik (BPS). Teknik ubinan yang digunakan yaitu dengan cara menimbang sampel yang mewakili suatu hamparan pertanaman yang akan diduga produktivitasnya, berbentuk bujur sangkar (ukuran 2,5 x 2,5 m<sup>2</sup>). Setelah gabah dirontokkan kemudian ditimbang (kg per ubinan), kemudian bobot yang diperoleh dikali dengan angka 1600 (faktor pengali ukuran luas ubinan 6,25 m<sup>2</sup>), satuannya berupa GKP. Selanjutnya untuk mengkonversi GKP menjadi gabah kering giling (GKG), maka dikali dengan angka 0,8602 (BPS 2018). Pengambilan sampel ubinan dilaksanakan oleh petugas BPS atau Unit Pelaksana Teknis (UPT) Dinas Pertanian yang berwenang.

Data agronomis diolah secara statistik menggunakan Uji komparatif yaitu uji t dan uji F (Hartono 2016). Uji parsial menggunakan uji t *independen*, dengan rumus t hitung, yaitu

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

dimana :

- t adalah nilai uji t
- X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> adalah rata-rata dari dua kelompok yang dibandingkan
- S<sup>2</sup> adalah kesalahan standar dari 2 kelompok
- n<sub>1</sub> dan n<sub>2</sub> adalah jumlah pengamatan di masing-masing kelompok

Sedangkan uji simultan menggunakan uji F *one way anova*:

$$F = \frac{R^2 / (n - 1)}{(1 - R^2) / (n - k)}$$

dimana :

- F adalah nilai uji f
- R<sup>2</sup> adalah koefisien determinasi
- n adalah jumlah data
- k adalah jumlah variabel independen

### Pengumpulan Data Ekonomi dan Analisis Statistik

Data ekonomi dikumpulkan (sebelum dan setelah) berdasarkan wawancara kepada petani kooperator. Adapun total biaya usahatani pada perhitungan ini meliputi biaya variabel (benih, pupuk dan obat-obatan) dan biaya tetap berupa biaya tenaga kerja yang dibayarkan saja, misalnya upah pengolahan tanah menggunakan traktor, upah tanam dan upah panen, sedangkan upah tenaga kerja dalam keluarga tidak diperhitungkan.

Kelayakan ekonomi usahatani padi sawah dihitung dengan cara membandingkan keuntungan (*Benefit*) terhadap total biaya (*Cost*) dengan rumus:

$$BCR = \frac{\Sigma Benefit}{\Sigma Cost}$$

dimana :

B = Pendapatan (Hasil Penjualan Produksi)

C = Pengeluaran (Sewa Lahan, Biaya Produksi seperti Benih, Pupuk, Pestisida, Tenaga Kerja dan Alat penunjang Usahatani)

Apabila :

BCR < 1 maka usaha tersebut merugi, sebaiknya tidak dilanjutkan

BCR = 1 maka usaha tersebut balik modal, boleh dilanjutkan boleh dihentikan

BCR > 1 maka usaha tersebut mengalami keuntungan, sebaiknya dilanjutkan (Soekartawi 2002).

## HASIL DAN DISKUSI

### Kesuburan Tanah

Tekstur tanah di lokasi penelitian lempung liat berdebu dengan kandungan nutrisi yang rendah (Tabel 1). Karbon organik tanah sangat rendah, Kapasitas Tukar Kation (KTK), Kejenuhan basa, total P rendah, walaupun total K sangat tinggi, karena itu, tanah tersebut termasuk dalam kategori kesuburan status rendah. Tanaman dalam kondisi ini akan rendah produktivitas karena kekurangan unsur hara (Radjiman 2020). Nilai pH rendah sekitar 4,73, KTK rendah, kejenuhan basa rendah, bahan organik sangat rendah, merupakan ciri khas tanah Inceptisol yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Prasetyo dan Suriadikarta 2006; Prasetyo et al. 2016), sehingga diperlukan perbaikan sifat kimia dan biologi tanah untuk meningkatkan kesuburan tanahnya.

**Tabel 1.** Analisis tanah awal di lokasi penelitian

Sifat tanah	Metode	Satuan	Hasil	Kriteria*
Tekstur				
Pasir	Pipet	%	15	Lempung liat berdebu
Debu	Pipet	%	57	
Liat	Pipet	%	28	
pH	H <sub>2</sub> O, pH meter		4,73	Masam
Bahan Organik				
C-organik	Kurmies	%	0,71	Sangat rendah
N-organik	Kjeldahl	%	0,04	Sangat rendah
C/N			17,75	Sangat tinggi
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	HCl 25%	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 g <sup>-1</sup>	13,10	Sangat Rendah
K <sub>2</sub> O total	HCl 25%	mg K <sub>2</sub> O 100 g <sup>-1</sup>	61,65	Sangat tinggi
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tersedia	Bray-I	ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,05	Sangat Rendah
Kation dapat tukar				
K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> OAc, pH 7	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	0,01	Sangat Rendah
Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> OAc, pH 7	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	0,02	Sangat Rendah
Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> OAc, pH 7	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	0,67	Sangat Rendah
Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> OAc, pH 7	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	1,11	Medium
H <sup>+</sup>	KCl 1N	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	1,29	
Al <sup>3+</sup>	KCl 1N	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	2,97	
KTK	NH <sub>4</sub> OAc, pH 7		14,04	Rendah
Kejenuhan Basa		%	12,89	Rendah
Kejenuhan Aluminium		%	21,15	Rendah
Status Kesuburan Tanah**				Rendah

\*Berdasarkan kriteria (Balai Penelitian Tanah, 2005)

Tanah ideal untuk pertanian adalah memiliki kesuburan tanah tinggi, karena mengandung unsur hara atau mineral yang dibutuhkan tanaman, misalnya tanah vulkanik yang berada di Jawa, Sumatera, dan Bali. Perbaikan kesuburan tanah dapat dilakukan dengan memperkaya organisme penyubur tanah. Menurut (Rasti dan Sumarno 2008), mikroba penyubur tanah dapat menyediakan hara bagi tanaman, melindungi akar dari gangguan hama dan penyakit, menyediakan metabolit pengatur tumbuh dan menstimulasi sistem perakaran agar berkembang sempurna. Mikroba berperan sebagai dekomposer bahan organik, mineralisasi senyawa organik, memfiksasi hara, pelarut P dan K serta *nitrifikasi* dan *denitrifikasi* (Mukhlis 2019). Artinya pemberian pupuk berimbang menjadi bagian terpenting untuk menyediakan media tumbuh terbaik bagi tanaman. Varian pupuk seperti pupuk sintetis, pupuk organik, pupuk hayati dan amelioran sintetis dengan komposisi seimbang patut menjadi perhatian agar keseimbangan ekosistem dalam tanah dapat menciptakan kondisi menjadi ideal, yaitu keseimbangan antara sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

**Keragaan Agronomis Tanaman Padi**

Uji parsial pada pemupukan berimbang (komponen 1 dan 2) memberikan respons positif pada ketiga varietas padi. Hal ini terbukti di lapangan, bahwa teknologi pupuk berimbang dan lengkap dengan aplikasi 1 kali pemupukan dapat memberikan produktivitas yang lebih tinggi dari produktivitas rata-rata di Kaltim. Varian pupuk yang lengkap pada teknologi ICLM diduga dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, walaupun jenis pupuknya bersubsidi. Penambahan pemberian POC Lokal secara *foliar* menjadi pupuk komplementer karena menjadi tambahan asupan nutrisi yang dapat melengkapi kebutuhan tanaman.

Karakter agronomis tanaman Uji parsial paket teknologi ICLM baik non maupun plus POC Lokal pada tiga varietas padi (Mekongga, Cakrabuana Agritan dan Ciherang Janger) menunjukkan terdapat kecenderungan keragaan agronomis lebih baik dengan penambahan POC Lokal. Fase vegetatif tanaman (tinggi tanaman saat panen) menunjukkan beda nyata, sedangkan fase generatif tidak berbeda nyata, tetapi aplikasi paket teknologi ICLM plus POC lokal menunjukkan hasil yang lebih tinggi (Tabel 2).

**Tabel 2.** Pengaruh komponen teknologi pemupukan ICLM non dan plus POC Lokal terhadap keragaan tanaman padi sawah

Keterangan	Tinggi Tananaman Saat Panen	Jumlah Anakan	Panjang Malai	Jumlah Cabang per-Malai	Bobot per-Malai
	(cm)		(cm)		(g)
Var. Mekongga					
• ICLM	121,3*	14	25,0	10	3,69
• ICLM-POC	129,8*	13	24,4	11	3,77
Var. Cakrabuana Agritan					
• ICLM	113,9*	17	18,4	27	4,69
• ICLM-POC	122,5*	18	20,1	28	5,13
Var. Ciherang Janger					
• ICLM	120,4*	17	29,3	14	6,28
• ICLM-POC	125,2*	19	31,8	14	8,09

\*) Beda nyata pada taraf 5%



**Gambar 2.**

Perbandingan panjang malai hibrida dan non hibrida

Uji simultan teknologi ICLM plus POC Lokal memberikan hasil signifikan terhadap keragaan agronomi baik fase vegetatif maupun generatif. Ditunjukkan bobot tertinggi Ciherang Janger, menengah Cakrabuana, dan terendah Mekongga (Tabel 3). Urutan tersebut sesuai dengan deskripsi rata-rata hasil setiap varietas. Ciherang Janger termasuk kelas padi Ciherang premium dengan rata-rata hasil gabah kering panen 10 Mg GKP ha<sup>-1</sup> dengan keunggulan terletak pada malainya yang panjang dan bulir padi yang banyak. Rata-rata hasil Cakrabuana Agritan 7,5 Mg GKP ha<sup>-1</sup>, tergolong padi genjah karena dapat dipanen 75-80 hari setelah tanam. Rata-rata hasil Mekongga yaitu 6 Mg GKP ha<sup>-1</sup>. Penggunaan VUB merupakan komponen teknologi yang paling efektif dalam peningkatan produktivitas hingga mencapai 30-35% (Jayanti 2022).

**Tabel 3.** Pengaruh paket teknologi ICLM plus POC terhadap keragaan agronomis padi sawah

No.	Varietas	Tinggi Tananaman Saat Panen	Jumlah Anakan	Panjang Malai	Jumlah Cabang per Malai	Bobot per Malai
		(cm)		(cm)		(g)
1	Mekongga	122,5 a	13,1 a	24,40 a	11,3 a	3,77 a
2	Cakrabuana Agritan	125,2 a	19,1 b	27,76 b	13,0 ab	5,13 a
3	Ciherang Janger	129,8 b	20,1 b	31,94 c	14,4 bc	8,10 b

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf 5%

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa paket teknologi ICLM plus POC Lokal memicu kinerja tanaman padi sawah di sekitar areal tambang batubara. Penambahan POC lokal (komponen 2) dapat menjadi pupuk komplementer yang

memberikan efek sinergis sehingga tanah masam seitar tambang dapat meningkat kesuburannya, sehingga menjadikan zona perakaran yang menguntungkan bagi tanaman padi sawah. Sub komponen 1 merupakan pupuk padat mempunyai kombinasi lengkap, yaitu pupuk kimia, pupuk organik, pupuk hayati, dan bahan pembenah tanah. Pupuk NPK dan Urea menyediakan unsur hara N, P, dan K yang cukup bagi tanaman. Pupuk organik granul (Petroganik) sebagai amandemen tanah yang dapat memperbaiki struktur dan tata udara tanah dengan lebih optimal sehingga penyerapan unsur hara oleh akar menjadi lebih baik. Petrobio merupakan pupuk hayati mengandung mikroba pelarut P, pelarut K, penambat N, berperan sebagai dekomposer, anti jamur dan ZPT (Petrokomia, 2019). Pupuk anti asam (Antazam) sebagai pembenah tanah guna meningkatkan pH (Sobat Tani 2021). Pemberian pupuk padat dengan kombinasi lengkap sangat berguna menjaga dan memperbaiki kesuburan kimia, fisika dan biologi tanah.



**Gambar 3.** Tanam pindah pada umur bibit 18 HSS dengan perakaran lebih panjang dan banyak

Konsep pemupukan berimbang bertujuan untuk meningkatkan produksi dan mutu hasil, meningkatkan efisiensi pemupukan, menjaga kesuburan tanah serta, menghindari pencemaran lingkungan. Rekomendasi pemupukan N, P, dan K padi sawah spesifik lokasi sebagai pedoman telah dikeluarkan menjadi Peraturan Menteri Pertanian No. 40 tahun 2007. Strategi pemupukan berimbang seharusnya memenuhi syarat 5 tepat, yaitu tepat jenis, dosis, waktu, tempat dan cara agar pemupukan lebih efektif dan efisien. Pupuk kimia NPK, pupuk organik maupun pupuk hayati telah dikenal, namun dalam mengaplikasikannya jarang dilakukan secara bersamaan. Produk pupuk kimia yang diperkaya dengan pupuk organik dan pupuk hayati juga telah dikembangkan. Rosadi (2015), Pupuk majemuk *Slow Release Fertilizer* (SRF) plus mampu menyediakan unsur hara yang diperlukan tanaman (sebagai fungsi pupuk anorganik) sekaligus memperbaiki struktur dan kesuburan tanah (sebagai fungsi pupuk organik dan pupuk hayati), hasil penelitian penggunaan pupuk SRF plus mampu meningkatkan produktivitas pertanian lebih tinggi (>50%) dibandingkan pupuk konvensional, dengan output (hasil panen) yang lebih tinggi dan input (jumlah pupuk, jumlah benih dan biaya pemupukan) yang lebih rendah.

Teknologi perlakuan benih menggunakan ZPT dan fungisida serta pemupukan Urea plus Bioaktivator C-01 dan Biang Pupuk C-02 di lapangan telah membuktikan memacu perakaran lebih panjang sehingga ketika umur benih 15 HSS lebih kokoh (Gambar 3). Secara faktual di lapangan, tanam pindah dilakukan pada umur bibit lebih dari 21 hari dengan jumlah bibit per rumpun mencapai 4-6 bibit. Bila dibandingkan jumlah populasi cara tanam konvensional (25 cm x 25 cm) yaitu 160.000 rumpun dengan legowo 10:1, jarak tanam 20 cm dan legowo 40 cm yaitu 200.000 rumpun terdapat peningkatan populasi sebesar 25%.

Dari sisi pemilik lahan, hal ini menguntungkan karena dengan bertambahnya populasi akan meningkat pula produktivitasnya, sedangkan dari sisi pemborong/juru tanam hal ini akan menambah waktu kerja harian mereka. Jika bobot gabah per 1.000 butir ada 28 g, maka dibutuhkan benih sekitar 12-17 kg per hektar nya, karena per rumpun hanya menggunakan 2-3 tanaman.

Akibat perang Ukraina berdampak terhadap melonjaknya harga pupuk dunia. Di Indonesia, pupuk bersubsidi yang dialokasikan berkurang atau dibawah dari paket rekomendasi Permentan No. 40 tahun 2007. Oleh karena itu, sub komponen 2 (POC Lokal) bisa digunakan sebagai pupuk komplementer. Kelima jenis POC lokal tersebut dikemas menjadi produk POC Cakrabumi G 05 diharapkan dapat menjawab dan membantu petani mengurangi ketergantungan terhadap bantuan pupuk subsidi.

#### 1) Bioaktivator C-01

Dibuat dari 17 macam bahan tanaman melalui proses fermentasi. Hasil uji lab menunjukkan bahwa terdapat 4 jenis Zat Pengatur Tumbuh, yaitu *Auksin*, *Giberelin*, *Sitokinin* dan *Kinetin*. Bioaktivator C-01 dapat digunakan sebagai perlakuan benih, pembenah tanah dan memacu pertumbuhan tanaman (Munawwarah dan Sulaeman 2022).

#### 2) Biang Pupuk C-02

Pupuk sintetis sebagai pupuk komplementer yang rendah residu, hasil fermentasi dari pupuk *compound granular* yang mengandung unsur N-P-K yang seimbang dan diperkaya dengan unsur TE (*Trace Element*) seperti Cu, Zn, Mn, Fe dengan penambahan *starter* EM4. Biang pupuk mengandung NPK anorganik lengkap dan hara mikro yang mudah diserap oleh tanaman agar ketersediaan nutrisi tanaman cukup. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa air di saluran primer sawah meningkat, jumlah zat padat terlarut atau *Total Dissolve Solid* (TDS) dari 400 ppm menjadi 4625 ppm setelah ditambah Biang Pupuk C-02 dengan kepekatan 10 mL L<sup>-1</sup>. Aplikasi Biang Pupuk C-02 umur 6 HST di persemaian dapat memicu perakaran semakin panjang. Aplikasi biang pupuk dikocorkan dan atau disemprotkan sebanyak 3 kali pada umur 15, 30 dan 45 HST.

### 3) Bioboost C-03

Bioboost C-03, POC lokal dibuat dengan memberikan *starter* probiotik mikro organisme lokal (MOL) yaitu Promol 12 yang dapat beradaptasi pada lingkungan beriklim tropis (Promol 12 HPAI 2023). Dua belas jenis mikroba yaitu *Azotobacter paspalii*, 7 spesies dari *Bacillus*, *Corynebacterium pseudodipteriticum*, *Sarcina lutea*, *Micrococcus varians*, *Staphylococcus epidermis*, *Saccharomyces cerevisiae*. Mikroba fungsional tersebut ada yang berperan sebagai penyedia unsur hara seperti penambat N dari udara, pelarut P dan hara yang lain. Kelompok mikroba tersebut, selain fungsi utamanya sebagai penyedia hara, ada juga yang mempunyai kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, dengan mensintesis berbagai zat pengatur tumbuh (fitohormon), serta kemampuan sebagai pengendali patogen yang berasal dari tanah (Simanungkalit 2006; Husen et al. 2006, Hartanto et al. 2009). Peran mikroba pada rizosfer sangat membantu menyediakan hara bagi tanaman. Mikroba juga berperan memperbaiki tanah akibat lumpur yang mengalir di areal persawahan sekitar tambang. Pengukuran banyaknya partikel terlarut di saluran primer menggunakan alat TDS menunjukkan nilai 400 ppm, ditunjukkan air keruh berwarna abu-abu. Teknik bioremediasi dengan menambahkan mikroba ke dalam areal persawahan cukup efektif untuk pemulihan lahan dari polutan. Menurut Vidalii (2001), tersedianya mikroorganisme untuk melaksanakan proses transformasi yang menyediakan enzim untuk mendegradasi dan mendetoksikan bahan beracun. Mikroorganisme *Bacillus subtilis* merupakan salah satu mikroba fungsional yang dapat melaksanakan tugas tersebut.

### 4) NPK Organik cair C-04

NPK Organik cair dibuat dari kacang hijau, limbah pisang, bonggol pisang dan nanas yang dibuat secara fermentasi > 30 hari. NPK organik mengandung hara makro dan mikro yang dapat menyehatkan tanah maupun tanaman serta meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen. Kandungan C-organik, N-total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O dan C/N pada NPK Organik Cair C-04 jika dibandingkan dengan POC PMN (kulit dari buah pisang, mangga dan nanas) hasil penelitian Widyabudiningih et al. (2021) masih lebih rendah. Kandungan C-organik, N-total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O dan C/N pada NPK Organik Cair C-04 masing-masing sebesar 4,56; 0,43; 0,2; 0,27%; 10,59 (BPTP Kalimantan Timur 2022), sedangkan POC PMN masing-masing sebesar 17,4; 6,05; 0,15; 2,50; 2,73% dengan lama fermentasi 7-14 hari.

### 5) Booster C-05

Booster C-05 mengandung bakteri asam laktat, asam amino dan ZPT yang dapat memacu pertumbuhan tanaman, sebagai pelepas buah sekaligus imunitas tanaman. Bahan-bahan pembuatan Booster C-05 antar lain protein (telur ayam), bawang merah, air kelapa dan EM-4. Asam amino Bisa merangsang pertumbuhan tanaman dengan mengoptimalkan proses-proses metabolik seperti pembentukan protein dan enzim. Contohnya PSB (*Photosynthetic Bacteria*), bahan baku telur plus MSG dan mikroba. Menurut Lee et al. (2021), bakteri fotosintetik atau PSB memiliki kemampuan metabolisme serbaguna dan banyak digunakan dalam bidang kesehatan, bioremediasi lingkungan, produksi bioenergi dan pertanian. Penggunaan PSB dapat mengatasi perubahan lingkungan pertanian yang disebabkan oleh perubahan iklim karena PSB dapat menghasilkan 5-aminolevulinat endogen asam (5-ALA) untuk mengurangi stres abiotik pada tanaman. Fungsi 5-ALA pada tanaman yaitu untuk membentuk senyawa tetrapirrol seperti klorofil yang dibutuhkan saat fotosintesis dan sebagai senyawa pengatur pertumbuhan. Selanjutnya pada jalur biosintesis klorofil dari senyawa intermediet, dua molekul 5-ALA kemudian akan bergabung untuk membentuk cincin pirol, yang disebut *porphobilinogen* (PBG). Empat molekul PBG yang dikatalisis oleh PBG deaminase dipolimerisasi akan menjadi 1-*hidroksimetilbillane* (HMB), hingga terbentuk klorofil (Maheswari 2022).

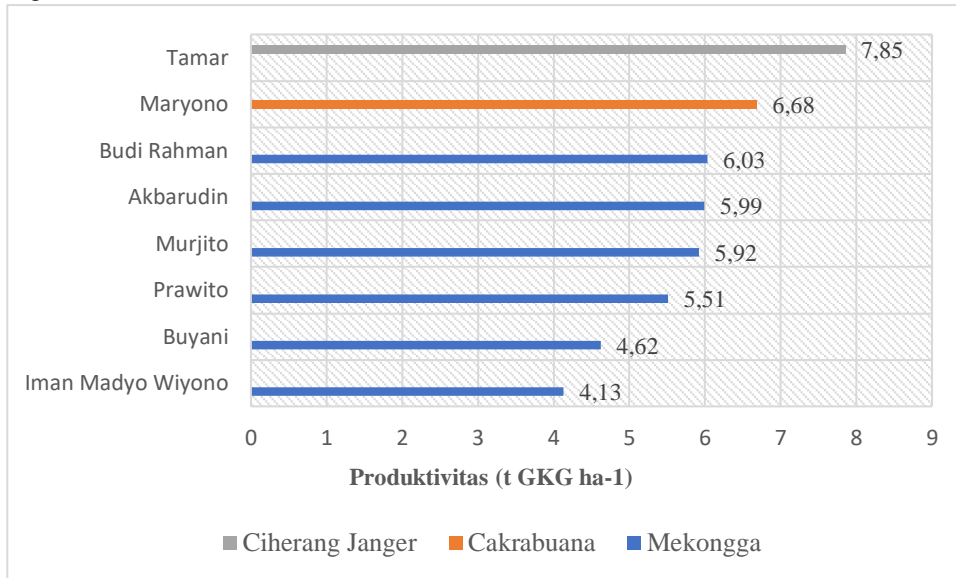
Kajian penerapan teknologi ICLM plus POC lokal pada tanaman padi telah memasuki tahun kedua. Walau produk Booster C-05 belum dilakukan uji laboratorium atas kandungannya, tetapi berdasarkan kondisi di lapangan telah dibuktikan, terjadi perubahan warna daun dari agak kekuningan menjadi kehijauan dalam waktu 7 hari, menunjukkan kandungan asam amino pada Booster C-05 dapat meningkatkan proses fotosintesis tanaman.

Strategi dengan praktek penerapan ICLM plus POC Lokal ini penting dalam sistem produksi tanaman. Sinergitas antara perbaikan tanah dan perlindungan/proteksi tanaman terhadap OPT dapat meningkatkan produktivitas lebih optimal dan juga meningkatkan kualitas hasil panen. Agar tepat guna dalam pelaksanaan proteksi tanaman maka harus mengikuti kaidah 6 T, yaitu tepat sasaran, mutu, jenis, dosis, waktu, dan cara (Kemensesneg RI 1995). Pemilihan obat yang bermutu juga turut membantu peningkatan kualitas selain melindungi tanaman dari serangan OPT. Obat-obatan yang digunakan mengacu pada daftar yang dikeluarkan oleh Komisi Perstisida, berstandar WHO dengan kelas terendah dari 4 kelas dengan pernyataan "Perhatian", telah mengikuti sejumlah pengujian, efektif terhadap OPT, aman terhadap manusia, lingkungan, dan tanaman pertanian sehingga ramah lingkungan.



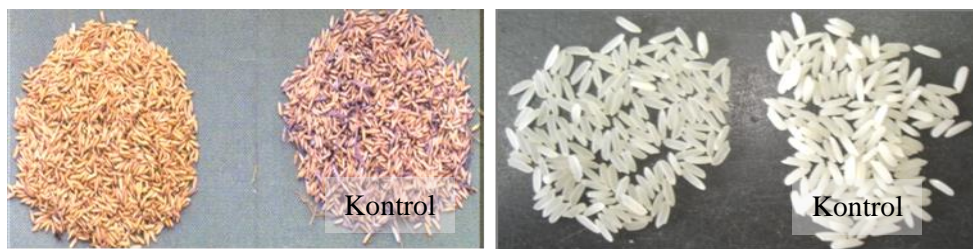
**Produktivitas dan Kualitas Padi**

Paket teknologi ICLM dengan penggunaan varietas unggul, peningkatan jumlah populasi tanaman, pemupukan berimbang dan proteksi tanaman secara tepat dapat memberi efek peningkatan produktivitas. Rata-rata produktivitas padi sawah di Provinsi Kalimantan Timur yaitu 3,685 Mg GKG ha<sup>-1</sup>, sedangkan rata-rata nasional 5,328 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Badan Pusat Statistik 2023). Gambar 4 menunjukkan produktivitas padi dengan paket teknologi ICLM berdasarkan ubinan, terendah 4,13-6,03 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Mekongga), medium 7,02 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Cakrabuana Agritan), tertinggi 7,85 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Ciherang Janger).



**Gambar 4.** Produktivitas padi dengan penerapan paket teknologi ICLM

Evaluasi kinerja paket teknologi ICLM menggunakan tolok ukur produksi padi kooperator pada musim sama tahun sebelumnya. Hasil menunjukkan terjadi peningkatan produktivitas padi musim gadu (April-September) tahun 2022 terhadap 2021 sangat bervariasi, rata-rata ±49,08% (Tabel 4). Selain itu terjadi peningkatan kualitas yaitu gabah lebih kuning, bersih, berisi, beras lebih bening tanpa dipoles (Gambar 5). Pengujian rendemen meningkat dari 62 menjadi 67% menggunakan alat mesin gilingan padi keliling yang biasa digunakan oleh petani.



**Gambar 5.** Perbedaan kualitas gabah dan beras

**Tabel 4.** Produksi padi petani kooperator sebelum dan setelah pendampingan

Kooperator	Produksi Riil		Peningkatan	
	2022	2021	Absolut	%
	(Mg GKG)		(Mg)	
1 Iman Madyo Wiyono	3,47	2,42	1,05	43,39
2 Buyani	4,82	2,23	2,59	116,14
3 Parwito	4,09	2,51	1,58	62,95
4 Murjito	4,79	3,21	1,58	49,22
5 Akbarudin	4,59	4,30	0,29	6,74
6 Maryono	4,91	4,18	0,73	17,46
7 Tamar	6,28	4,97	1,31	26,36
8 Budi Rahman	3,80	2,23	1,57	70,40
Rata-rata	4,59	3,26	1,34	49,08

Setelah membandingkan umur panen (untuk konsumsi) dengan deskripsi tanaman pada 2 varietas, yaitu Mekongga 104-118 HSS (deskripsi 116–125 hari) dan Ciherang Janger panen umur 110 HSS (deskripsi 110-115 HSS), menunjukkan

panen lebih awal atau lebih cepat antara 5-10 hari, apalagi jika sawah bisa diatur airnya dengan cara dikeringkan. Mengingat kondisi sawah tadah hujan dan iklim di Kaltim sangat berfluktuasi, sehingga ada dugaan perlakuan keserempakan keluarnya malai menggunakan Booster dapat memacu panen lebih cepat antar 5-10 hari (Tabel 5). Hal ini berbeda pada Cakrabuana Agritan (kelas benih pokok/Label Ungu), akan dijadikan benih menjadi kelas benih sebar (BS)/Label Biru, sehingga waktu panen dianjurkan diatas umur masak fisiologi (107 hari), pada deskripsi 104 hari.

**Tabel 5.** Umur tanaman padi dengan paket pengelolaan tanah dan tanaman terpadu

No.	Kooperator	Varietas	Persemaian		Tanggal		Umur Panen	Umur Tanaman
			(hari)	Tanam	Panen	(HST)	(hari)	
1	Budi Rahman	Mekongga	21	03-Mei	08-Agt	97	118	
2	Boyani	Mekongga	17	28-Mei	25-Agt	89	106	
3	Iman Madyo W.	Mekongga	15	29-Mei	26-Agt	89	104	
4	Murjito	Mekongga	20	01-Jun	03-Feb	94	114	
5	Parwito	Mekongga	20	01-Jun	05-Sep	96	116	
6	Akbarudin	Mekongga	21	19-Jun	21-Sept	94	115	
7	Tamar	Ciherang Janger	21	26-Mei	13-Sept	110	131	
8	Maryono	Cakrabuana	21	19-Jun	13-Sept	86	107	

### Analisa Usahatani Padi Sawah

Penerapan paket teknologi ICLM baik tanpa maupun dengan POC Lokal meningkatkan keuntungan sebesar 126–190% dengan peningkatan rasio keuntungan terhadap biaya input (BCR) sebesar 69-73% (Tabel 6). Jadi paket pengelolaan tanah dan tanaman terpadu baik tanpa maupun dengan POC lokal memberikan hasil lebih tinggi dan ekonomis sehingga layak untuk dikembangkan. Ekonomis dalam kuantitas, artinya kebutuhan pupuk per-ha yaitu 350 kg pupuk kimia, 400 kg pupuk organik, 10 kg pupuk hayati padat dan 10 kg amelioran serta 20 L POC lokal. Harga POC Lokal dapat ditekan (lebih murah) lagi jika petani bisa menerapkan hasil pelatihan pada kegiatan Bimtek yang telah dilaksanakan melalui Sekolah Lapang.

**Tabel 6.** Analisa biaya usahatani padi sawah dengan teknologi ICLM

Uraian	Cara Petani	ICLM	ICLM-POC
<b>A. Biaya Input</b>			
1. Benih	150.000	140.000	140.000
2. Pupuk			-
Pupuk subsidi (NPK, Urea & POG)	1.200.000	1.800.000	1.800.000
Pupuk hayati & Pupuk anti asam	0	700.000	700.000
POC Cakrabumi	0	0	2.000.000
3. Pestisida	1.500.000	2.208.000	2.208.000
<b>B. Biaya Tenaga Kerja*)</b>	4.500.000	5.000.000	5.500.000
<b>C. Penerimaan</b>	17.125.000	30.800.000	39.250.000
Keuntungan	9.275.000	20.952.000	26.902.000
<b>D. Kelayakan usaha</b>			
B/C rasio	1,26	2,13	2,18

\*) dibayarkan (tanam dan panen)  
 Harga GKG Rp 5.000,-/kg

### KESIMPULAN

Paket teknologi ICLM memberikan media tumbuh tanaman padi lebih baik di sekitar areal tambang batubara, dimana ketika curah hujan tinggi maka air limpasan masuk ke areal sawah dengan membawa material lumpur. Pengelolaan tanaman budidaya berupa pemilihan varietas unggul, peningkatan populasi, pemupukan lengkap seperti pupuk kimia (NPK, Urea), organik (Petroganik), hayati padat (Petrobio), amandemen tanah (Antazam), ditambah dengan proteksi tanaman 5 tepat yang dikombinasi POC lokal pada tanah dan daun dapat memberikan pertumbuhan dan hasil optimal di lahan sekitar penambangan batu bara. Aplikasi satu kali pemupukan padat dan penyemprotan pupuk cair sebanyak tiga kali memberikan hasil 4,13-6,03 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Mekongga), 7,02 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Cakrabuana Agritan), 7,85 Mg GKG ha<sup>-1</sup> (Ciherang Janger).

Paket pengelolaan tanah dan tanaman terpadu meningkatkan kualitas hasil konversi gabah menjadi beras atau rendemen penggilingan > 67% (standar BPS 64,02%), keuntungan meningkat 126–190%, dengan peningkatan rasio keuntungan terhadap BCR sebesar 69-73%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel jurnal ini ditulis berdasarkan hasil kegiatan “Bimbingan Teknis Penerapan Inovasi Teknologi ICLM-POC Cakrabumi G 05 Komoditas Padi Sawah di Sekitar Kawasan Tambang Batubara”. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada perusahaan tambang batubara (PT Jembayan Muarabara (JMB), PT Pamapersada Nusantara (PT PAMA) dan PT Khotai Makmur Insan Abadi (KMIA) yang telah mendanai pelaksanaan kegiatan melalui Program CSR tahun 2022.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas SM. 2013. The influence of biostimulants on the growth and on the biochemical composition of *Vicia faba* CV. Giza 3 beans. *Romanian Biotechnological Letters* 18(2): 8061–8068.
- Aryawati SAN, et al. 2020. Agronomy Performance and Increasing of Rice Income by Integrated Crops Management (ICM) Assistance to Support Sustainable Agriculture in Bali Province, in *Earth and Environmental Science*. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/752/1/012048>.
- BPS. 2018. SKGB 2018 Konversi Gabah ke Beras.
- BPS. 2022. Provinsi Kalimantan Timur dalam Angka. BPS Provinsi Kalimantan Timur.
- BPS. 2023. Provinsi Kalimantan Timur dalam Angka. BPS Provinsi Kalimantan Timur.
- BPTP Kalimantan Timur. 2022. Hasil analisa laboratorium NPK Organik cair. Samarinda.
- Dirjen TP. 2013. Laporan Tahunan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Tahun 2012. Kementerian Pertanian.
- Dirjen TP. 2014. Laporan Tahunan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Tahun 2013. Kementerian Pertanian.
- Fitrah H. 2019. Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara. Mataram.
- Handayanto E, Muddarisna N, Fiqri A. 2017. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. UB Press, Malang.
- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah Pedogenesis*. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Hartanto, F. M. 2009. *Paradigma baru manajemen Indonesia: menciptakan nilai dengan bertumpu pada kebajikan dan potensi insani*. PT Mizan Publika, Bandung.
- Hartono. 2016. *SPSS 16.0: Analisis Data Statistik Dan Penelitian*. 2nd ed. Yogyakarta.
- Husen E, Saraswati R, Hastuti RD. 2006. *Rizobakteri Pemacu Tumbuh Tanaman, di dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (Organic Fertilizer and Bio Fertilizer)*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Jayanti V. 2022. Pengembangan Varietas Unggul Baru dalam Mendukung Peningkatan Produktivitas dan Produksi Padi, Dijen TP, Kementerian Pertanian. Available at: <https://tanamanpangan.pertanian.go.id/detil-konten/iptek/122> Accessed 17 September 2023.
- Kartaatmaja S, Fagi AM. 2000. *Pengelolaan tanaman terpadu, konsep dan penerapan*. In: Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- Kemensesneg RI. 1995. *Perlindungan Tanaman*. Indonesia.
- Kementerian Pertanian. 2021. *Laporan Tahunan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementrian Pertanian Direktorat Jenderal Tanaman Pangan*.
- Lee S-K, Lur H-S, Liu C-T. 2021. From Lab to Farm: Elucidating the beneficial roles of Photosynthetic Bacteria in sustainable agriculture. *Microorganisms* 2021 9(2453): 1-23
- Dubey, R. C., and D. K. Maheshwari. 2002. *Practical Microbiology*. Chand Publishing, New Delhi.
- Mukhlis. 2019. Mikroba tanah rawa dan pemanfaatannya sebagai biofertilizer dan bioremediator. In: *Biodiversiti Rawa*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Munawwarah T, Sulaeman Y. 2023. A technology package to improve growth and yield of sweet sorghum in ex-coal mining land, East Kalimantan, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* 10(2): 4281–4288.
- Nurasa T, Supriadi H. 2012. Program Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT) Padi: Kinerja dan Antisipasi Kebijakan Mendukung Swasembada Pangan Berkelanjutan 10(4) (*Analisis Kebijakan Pertanian*): 313–329.
- Nurjaya. 2017. Problema fiksasi fosfor pada tanah berkembang lanjut (Ultisols dan Oxisols) dan alternatif mengatasinya: Prosiding Seminar Nasional Agroiinovasi Spesifik Lokasi Untuk Ketahanan Pangan pada Era Masyarakat Ekonomi ASEAN. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Lampung: 109–117.
- Petrokomia. 2019. *Produk dan Dosis Pupuk*. Gresik.
- Prasetyo BH, Suriadikarta D. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk Pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2): 39–47.
- Prasetyo BH, et al. 2016. Chemical and mineralogical properties of ultisols of Sasamba Area, East Kalimantan. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 2(2): 37-47.
- Promol 12 HPAI. 2023. Available at: <https://www.hpa-network.com/produk/promol12>. Accessed 16 September 2023.
- Purba T, Situmeang R, Rohman HF. 2021. Pemupukan dan teknologi pemupukan. *Angewandte Chemie International* 6 (11): 951–952.
- Puslitbangtan. 2009. *Lima Tahun (2005-2009) Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan*. Pusat Penelitian dan

- Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Radjagukguk B. 1998. Dasar-dasar Kimia Tanah. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Radjiman. 2020. Pengantar Pemupukan. Deepublish, Yogyakarta.
- Rasti S, Sumarno. 2008. Pemanfaatan mikroba penyubur tanah sebagai komponen teknologi pertanian. *Iptek Tanaman Pangan* 3(1): 41–58.
- Rosadi, A.H. 2015. Kebijakan Pemupukan Berimbang untuk Meningkatkan Ketersediaan Pangan Nasional. *Jurnal Pangan*. 24(1): 1-15.
- Simanungkalit RDM. 2006. Cendawan Mikoriza Arbuskuler, di dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (*Organic Fertilizer and Bio Fertilizer*). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta
- Sobat Tani. 2021. Produk Anti Asam. Subang, Indonesia.
- Soekartawi. 2002. Prinsip Dasar Ekonomi Pertanian: Teori dan Aplikasi. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Subandiono RE, Suryani E, Subardja D. 2014. Sifat-sifat tanah pada lahan potensial untuk pengembangan pertanian di Provinsi Jambi dan implikasi pengelolaannya. *Jurnal Tanah dan Iklim* 38: 51–62.
- Sudirja R, Solihin MA, Rosniawaty S. 2007. Repon Beberapa Sifat Kimia Inceptisol asal Rajamandala dan Hasil Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Melalui Pemberian Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Lembaga Penelitian Universitas Padjajaran, Bandung.
- Suharta N, Alkasuma, Suhendra H. 1994. Karakteristik tanah dan penyebarannya di daerah irigasi Air Kasie II, Lubuk Linggau, Sumatera Selatan. In: S. Karama (ed.) *Risalah Hasil Penelitian Potensi Sumberdaya Lahan untuk Pengembangan Sawah Irigasi di Sumatra*. Puslittanak, Bogor.
- Sumarno, Suyanto. 1998. Agroekoteknologi untuk Keberlanjutan Usaha Pertanian. In: *Risalah Simposium Ketahanan Pangan*. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Vidalii, M. 2001. *Pure Appl Chem*. 73:11-1172.
- Widyabudiningsih D, Troskialina, Fauziah S, Shalihattunnisa, Riniati, Djenar NS, Hulupi M, Indrawati L, Fauzan A, dan Abdilah F. 2021. Pembuatan dan pengujian Pupuk Organik Cair dari limbah kulit buah-buahan dengan penambahan Bioaktivator EM4 dan variasi waktu fermentasi. *Ind. J. Chem. Anal.* 04(01): 30-39.