



## Bab 4

# Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian

Yayan Apriyana, Woro Estiningtyas, Ai Dariah,  
& Elsa Rakhmi Dewi

---

## A. Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal di Sektor Pertanian Berkelanjutan

Saat ini perubahan iklim sudah terjadi dengan berbagai dampak yang ditimbulkannya sehingga adaptasi terhadap dampak perubahan iklim tidak dapat lagi dimungkiri dan harus dilakukan (Fankhauser, 2016). Pemanasan global yang menjadi penyebab utama perubahan iklim sangat erat kaitannya dengan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer. Perubahan ini berpengaruh signifikan terhadap pola cuaca, terutama pola dan intensitas curah hujan serta variabilitas suhu udara (Hamada dkk., 2002; Aldrian dkk., 2007; Apriyana dkk., 2021). Selain itu, perubahan iklim juga sangat erat kaitannya dengan penyebaran kejadian El Niño dan La Niña (Timmermann dkk., 1999; Timmermann, 2001).

---

Y. Apriyana\*, W. Estiningtyas, A. Dariah, & E. R. Dewi  
Badan Riset dan Inovasi Nasional, \*e-mail: yaya028@brin.go.id

© 2023 Editor & Penulis

Apriyana, Y., Estiningtyas, W., Dariah, A., & Dewi, E. R. (2023). Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (81–112). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.901.c719 E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Sektor pertanian sangat bergantung pada curah hujan dan suhu yang stabil untuk menunjang pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Oleh karena itu, perubahan iklim menimbulkan dampak yang signifikan terhadap pertanian. Upaya untuk merespons dampak perubahan iklim dapat dibagi menjadi dua, yaitu (1) mitigasi merupakan tindakan yang dilakukan untuk mengurangi jumlah karbon dioksida dan emisi GRK yang memerangkap panas di atmosfer; dan (2) adaptasi merupakan penyesuaian oleh sistem manusia atau alam terhadap perubahan iklim (Gross dkk., 2016). Secara lebih khusus, adaptasi terhadap perubahan iklim didefinisikan sebagai adaptasi ekologis, sosial, dan/atau ekonomi sebagai respons terhadap iklim aktual atau yang diharapkan beserta dampaknya. Istilah ini mengacu pada perubahan dalam proses, praktik, atau struktur untuk mengompensasi kemungkinan kerusakan atau memanfaatkan peluang yang terkait dengan perubahan iklim (Smit dkk., 2018).

Beberapa teknologi adaptasi dampak perubahan iklim dapat meningkatkan ketahanan iklim di sektor pertanian Indonesia. Teknologi adaptasi di sektor pertanian juga sering kali mampu menghasilkan *co-benefit* dalam bentuk mitigasi (Dariah, 2013; Dariah dkk., 2018; Reuter & Dariah, 2019, Dariah dkk., 2022). Namun, masih terdapat beberapa permasalahan yang dihadapi, seperti keterbatasan petani untuk memperoleh informasi serta mengakses dan menggunakan teknologi yang sesuai untuk menghadapi dampak perubahan iklim, sehingga masih diperlukan diseminasi teknologi baru serta solusi inovatif untuk mengatasi perubahan iklim. Selain itu, yang tidak kalah pentingnya adalah dukungan dari pengembangan kearifan lokal untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim dengan melibatkan masyarakat setempat, termasuk petani, tokoh adat, dan komunitas lokal lainnya. Pemerintah juga dapat memberikan dukungan dalam bentuk pelatihan, pendampingan, dan pengembangan infrastruktur yang mendukung implementasi kearifan lokal tersebut.

Bab ini membahas tentang (1) inovasi teknologi dan kearifan lokal untuk mendukung adaptasi sektor pertanian terhadap dampak perubahan iklim; (2) peran pemerintah dalam mengatur strategi, kebijakan dan regulasi dalam pengarusutamaan adaptasi perubahan

iklim; dan (3) peluang dan tantangan dalam implementasi rekomendasi adaptasi perubahan iklim untuk menjaga keberlanjutan produksi pangan dan ekonomi pertanian serta kesejahteraan masyarakat. Tulisan ini disusun berdasarkan studi literatur dari berbagai sumber serta diskusi terfokus dengan berbagai pihak yang diharapkan dapat membantu dan menjadi rujukan para pengambil kebijakan dalam menyusun rekomendasi adaptasi terhadap dampak perubahan iklim sehingga dapat diimplementasikan pada level petani.

## **B. Teknologi Adaptasi Perubahan Iklim pada Sektor Pertanian**

Adaptasi menjadi prioritas untuk mengatasi dampak perubahan iklim di sektor pertanian, tetapi sektor pertanian tetap berkomitmen untuk berkontribusi dalam mitigasi, di antaranya dengan memprioritaskan pilihan adaptasi yang mempunyai *co-benefit* mitigasi. Pilihan ini sejalan dengan kesepakatan global, khususnya untuk sektor pertanian yang dikenal dengan kesepakatan global Kerja Bersama Koronivia tentang Pertanian (*Koronivian Joint Work of Agriculture*, KJWA). KJWA merupakan keputusan penting yang mengakui potensi unik pertanian dalam mengatasi perubahan iklim. KJWA didirikan pada Konferensi Para Pihak (*Conference of the Parties*, COP) ke-23 di Fiji pada tahun 2017 sebagai proses baru untuk memajukan diskusi tentang pertanian dalam Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC).

Salah satu pendekatan untuk memperkuat adaptasi terhadap perubahan iklim adalah pengenalan *Climate Smart Agriculture* (CSA). Pertanian Cerdas Iklim atau CSA merupakan model usaha tani yang menggabungkan dan mengadopsi teknologi adaptasi, baik pada *on-farm* maupun *off-farm*, untuk mendukung kelestarian lingkungan dengan tetap memperhatikan tujuan utama berusaha tani, yaitu meningkatkan produktivitas (Hermanto dkk., 2022) sehingga dapat mendukung pembangunan pertanian yang berketahanan iklim dan rendah karbon seperti yang diamanatkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020–2024.

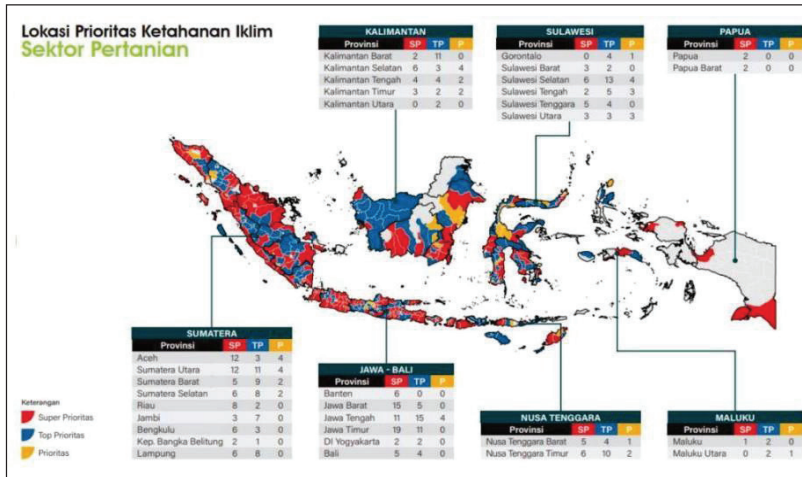


Sumber: Gross dkk. (2016)

**Gambar 4.1** Langkah-langkah dalam Membangun Fondasi yang Kuat untuk Membangun Sistem Pertanian Cerdas Iklim

Pertanian Cerdas Iklim dibangun dengan langkah-langkah yang terstruktur (Gambar 4.1), yaitu harus diawali dengan membangun fondasi yang kuat yang dilanjutkan dengan penilaian tingkat kerentanan dan risiko. Berdasarkan hasil penilaian tingkat kerentanan dan risiko, ditetapkan lokasi prioritas kegiatan adaptasi. Setelah menetapkan lokasi prioritas, tahapan selanjutnya adalah melakukan identifikasi dan seleksi opsi teknologi adaptasi, kemudian baru dilakukan implementasi aksi adaptasi. Kementerian PPN/Bappenas (2019) telah menetapkan lokasi prioritas kegiatan ketahanan iklim sektor pertanian di seluruh wilayah Indonesia (Gambar 4.2).

Peningkatan adaptasi pertanian terhadap perubahan iklim dapat dilakukan melalui implementasi sistem pengelolaan lahan, pengelolaan air, dan pengelolaan iklim yang tepat. Pemanfaatan informasi hasil prediksi iklim dalam menetapkan awal musim hujan atau awal musim kemarau beserta sifat hujannya, prakiraan hujan bulanan atau dasarian, dan lain-lain berkaitan erat dengan teknologi pengelolaan



Sumber: Kementerian PPN/Bappenas (2019)

**Gambar 4.2** Lokasi Prioritas Ketahanan Iklim Sektor Pertanian

lahan. Teknologi pengelolaan lahan merupakan bagian terlengkap dalam CSA karena memenuhi komponen adaptasi dengan *co-benefit* mitigasi untuk peningkatan produktivitas tanaman. Berikut diuraikan beberapa opsi teknologi pengelolaan lahan meliputi pengelolaan bahan organik, konservasi tanah, pengelolaan hara, dan pengelolaan tanaman untuk meningkatkan adaptasi sektor pertanian terhadap dampak perubahan iklim. Beberapa di antaranya juga dapat menghasilkan *co-benefit* dalam mitigasi emisi GRK.

### 1. Pengelolaan Bahan Organik

Optimalisasi pemanfaatan bahan organik merupakan opsi adaptasi yang dapat menghasilkan *co-benefit* mitigasi. Inisiatif 4 per 1000 yang diluncurkan oleh Prancis pada 1 Desember 2015 saat COP 21 memiliki pandangan bahwa sektor pertanian, khususnya lahan pertanian, dapat berperan penting dalam ketahanan pangan dan juga perubahan iklim. Inisiatif ini utamanya ditujukan untuk menyimpan karbon di dalam tanah yang dilakukan dengan pengelolaan tanah yang lebih tepat dan sehat, serta berkelanjutan (Rumpel dkk., 2020).

Para pakar iklim memproyeksikan bahwa musim kemarau akan lebih panjang dengan curah hujan yang lebih rendah, sebaliknya periode musim hujan lebih pendek dengan intensitas lebih tinggi yang akan menimbulkan bencana kekeringan, banjir, dan erosi tanah jika kondisi tanah tidak mampu mengatasinya (Baveye dkk., 2020). Oleh karena itu, sangatlah penting untuk menjaga dan meningkatkan kualitas tanah. Bahan organik tanah sangat menentukan kualitas tanah sehingga mendukung fungsi tanah agar mampu beradaptasi terhadap berbagai perubahan, termasuk perubahan iklim. Hasil penelitian Gusli dkk. (2020) menunjukkan kondisi tanah yang dihubungkan dengan kapasitas adaptasi perubahan iklim, terutama pemadatan tanah minimum, makroporositas yang lebih besar, dan hidrolis konduktivitas untuk memungkinkan infiltrasi hujan dan kapasitas air tersedia lebih tinggi, yang dapat dihubungkan secara langsung ke konsentrasi C-organik yang lebih tinggi. Peningkatan sebesar 1 g/kg (0,1%) dari tanah karbon organik meningkatkan kapasitas air tanah tersedia sebesar 6% (vol/vol). Banyak hasil penelitian lainnya yang menunjukkan fungsi bahan organik tanah dalam meningkatkan kualitas tanah sehingga dapat mendukung fungsi tanah untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim (Baveye dkk., 2020; Ryals dkk., 2015).

Defisit bahan C-organik tanah pada tanah yang telah dikelola secara intensif utamanya disebabkan oleh (1) konversi vegetasi alami (padang rumput, hutan, dan vegetasi alami lainnya) menjadi lahan budi daya; (2) pengolahan tanah yang berdampak terhadap percepatan mineralisasi bahan organik tanah; (3) penggembalaan berlebihan (*overgrazing*); (4) erosi; (5) pencucian; dan (6) kebakaran hutan dan lahan (Navarro-Pedreño dkk., 2021). Saat ini, rata-rata kandungan bahan organik pada lahan pertanian, terutama yang digunakan untuk tanaman pangan, termasuk pada lahan sawah di Indonesia, adalah kurang dari 2% (Kasno dkk., 2003). Menurut Lal (1995), tanah mempunyai produktivitas yang baik jika kandungan bahan organik 8–16% atau kandungan karbon C-organik 4,5–9,12%. Oleh karena itu, pertanian berbasis organik merupakan pilihan dalam memperbaiki kualitas tanah sekaligus juga merupakan pilihan adaptasi yang mampu menghasilkan *co-benefit* mitigasi (Dariah & Yufdi, 2017).

Pada banyak kasus, penggunaan bahan organik secara penuh belum memungkinkan. Namun, dengan optimalisasi penggunaan sumber bahan organik, input agrokimia dapat dikurangi.

Potensi biomassa sebagai sumber bahan organik tanah yang dihasilkan dari kegiatan usaha tani di Indonesia tergolong tinggi. Nurida dan Jubaedah (2014) memperkirakan biomassa yang dihasilkan oleh penanaman tanaman pangan (padi, jagung, kacang tanah, kedelai, kacang hijau) sekitar 18,4 juta per tahun. Berdasarkan asumsi bahwa 50%–100% dari biomassa tersebut dapat dimanfaatkan (tergantung jenis tanamannya), potensi biomassa yang dapat dikembalikan ke tanah adalah sekitar 12,8 juta ton/tahun. Jumlah ini belum termasuk biomassa yang dapat dihasilkan dari lahan sawah. Biomassa yang tidak mudah terurai, seperti sekam padi, sabut kelapa, janjang kosong kelapa sawit, tempurung kelapa, kulit kakao, dan tongkol jagung, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biochar, yaitu arang yang dihasilkan dari proses pembakaran rendah emisi (*pyrolysis*). Sarwani dkk. (2013) memperkirakan jumlah produksi biomassa sulit lapuk yang dihasilkan dari aktivitas usaha tani adalah sekitar 25,4 juta ton/tahun. Berdasarkan asumsi proporsi biomassa yang berpotensi dapat digunakan untuk bahan baku biochar berkisar antara 30–50% dan dengan rasio biochar/biomassa berkisar 13–50%, potensi biochar yang dapat dikembalikan ke tanah adalah sekitar 3,14 juta ton/tahun. Sumber bahan organik lainnya yang berpotensi untuk menjadi sumber C (karbon) tanah adalah dari kegiatan peternakan. Misalnya, berdasarkan jumlah ternak sapi (Badan Pusat Statistik, 2019), diperkirakan kotoran sapi yang dapat dihasilkan adalah sekitar 25 juta ton/tahun dengan asumsi kotoran hewan yang dihasilkan sebanyak 3–4 kg/ekor/hari. Ternak lainnya, seperti unggas, kambing atau domba, juga merupakan sumber bahan organik tanah yang umum digunakan petani di Indonesia.

## 2. Konservasi Tanah

Penggunaan teknik konservasi tanah menjadi makin penting di era perubahan iklim, tidak hanya untuk mengurangi erosi dan degradasi lahan, tetapi juga untuk meningkatkan adaptasi terhadap perubahan

iklim (Delgado dkk., 2011; Sulaiman dkk., 2018). Penerapan teknik konservasi tanah juga berpeluang menghasilkan *co-benefit* mitigasi (Gonzalez-Sanchez dkk., 2021).

Pengurangan limpasan (*run-off*) dan erosi melalui adopsi teknik konservasi tidak hanya bermanfaat untuk adaptasi, tetapi juga membantu mengurangi GRK karena 20–30% bahan organik yang diangkut (baik erosi maupun limpasan permukaan) dilepaskan sebagai GRK (Lal, 1995; Jacinthe & Lal, 2001). Tabel 4.1 menunjukkan fungsi beberapa tindakan konservasi tanah dalam mendukung adaptasi dan *co-benefit* mitigasi yang dapat dihasilkan.

**Tabel 4.1** Teknologi Konservasi Tanah dengan Fungsi Adaptasi dan Co-benefit Mitigasi

| Metode Konservasi Tanah   | Fungsi Adaptasi   | Co-Benefit Mitigasi   |
|---|---|---|
| Sipil teknis (teras, <i>rorak</i> , saluran pengendali air)   | Mengendalikan aliran permukaan dan menurunkan erosi, mencegah kerusakan struktur tanah, meningkatkan serapan air ke dalam tanah, meningkatkan potensi simpanan air dalam tanah, berkontribusi terhadap penurunan potensi banjir, menekan kehilangan hara. | Menekan kehilangan karbon tanah   |
| Vegetatif ( <i>alley cropping</i> , <i>strip cropping</i> , <i>agroforestry</i> , tanaman penutup tanah/ <i>cover crop</i> , mulsa organik) | Mengendalikan aliran permukaan dan menurunkan erosi, mencegah kerusakan dan memperbaiki struktur tanah, menjaga kelembaban tanah, menekan kehilangan hara dan menyumbang hara.  | Menekan kehilangan karbon tanah, meningkatkan sekuestrasi karbon.       |
| Olah tanah konservasi   | Mencegah kerusakan struktur tanah, mencegah erosi, mengefisienkan waktu tanam, menjaga kelembaban tanah.  | Mengurangi kehilangan karbon tanah, meningkatkan simpanan karbon tanah. |

Sumber: Dimodifikasi dari Sulaiman dkk. (2018)



Penerapan teknik konservasi dapat dilakukan secara teknis atau mekanis (seperti pembuatan teras, *rorak*, dan bangunan atau saluran pengendali air) juga dapat dilakukan secara vegetatif (seperti *alley cropping*, *strip cropping*, *cover crop*, dan *agroforestry*). Keunggulan dari teknik konservasi secara vegetatif, selain untuk pengendalian *run-off* dan pencegahan erosi, juga dapat menghasilkan bahan organik. Beberapa hasil penelitian menunjukkan efektivitas teknik konservasi vegetatif dalam meningkatkan kadar C-organik dalam tanah (Nurida & Jubaedah, 2014). Teknik konservasi vegetatif bertujuan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas tanah. Kualitas tanah mencakup keberadaan dan stabilitas bahan organik dalam tanah melalui peningkatan kandungan bahan organik, perlindungan terhadap erosi, peningkatan retensi air, dan peningkatan kesuburan tanah. Penerapan teknik konservasi mampu menekan besarnya erosi dari 30,2 ton/ha menjadi 16,7 ton/ha atau menurunkan laju erosi sebesar 44,8% (Djadjadi dkk., 2004). Selain itu, tindakan konservasi secara vegetatif juga mempunyai beberapa keunggulan dibanding dengan sipil teknis, tetapi hanya dalam kondisi tertentu, misalnya potensi erosi yang relatif tinggi dan tanah sangat peka terhadap erosi maka tindakan sipil teknis tetap diperlukan jika konservasi tanah juga ditujukan untuk mendukung pengelolaan air.

Perbaikan sistem pengolahan tanah dari pengolahan intensif seperti yang umum dilakukan saat ini menjadi sistem olah tanah konservasi (olah tanah minimum atau tanpa olah tanah) merupakan opsi adaptasi yang penting untuk diimplementasikan. Aplikasi bahan organik juga penting dilakukan dalam mendukung sistem olah tanah konservasi. Hal ini dikarenakan bahan organik sangat berperan dalam menjaga struktur tanah menjadi kondusif untuk perkembangan akar tanaman.

### 3. Pengelolaan Hara

Salah satu dari enam elemen yang termasuk dalam kesepakatan KJWA adalah peningkatan penggunaan nutrisi dan pengelolaan pupuk menuju sistem pertanian yang berkelanjutan. Kecenderungan yang terjadi saat ini ialah petani umumnya menggunakan pupuk terutama pupuk

nitrogen secara berlebihan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan rendahnya efisiensi penggunaan pupuk nitrogen di negara-negara berkembang (Sutton & Bleeker, 2013). Diperlukan sistem pemupukan berimbang sehingga pupuk yang diberikan memenuhi empat syarat yang benar, yaitu tepat jenis, tepat dosis, tepat waktu, dan tepat cara aplikasi. Sumber hara yang digunakan bukan hanya bersumber dari pupuk organik, tetapi juga anorganik dengan tetap memperhatikan faktor kesehatan tanah.

#### 4. Pengelolaan Tanaman

Langkah-langkah produksi tanaman yang mendukung adaptasi terhadap dampak perubahan iklim di bidang pertanian, antara lain pengembangan dan penggunaan varietas disesuaikan dengan perubahan iklim dan iklim ekstrem, adaptasi cara budi daya, pergiliran tanaman, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Beberapa contoh di antaranya, yaitu varietas padi dengan umur pendek atau genjah (Inpari 13 dan 19); toleran kekeringan dan tanah masam (Inpago 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, Fortiz, Rindang 1, Rindang 2); tahan genangan (Inpari 30, Inpara 10); tahan serangan hama wereng cokelat (Inpari 31 dan 33, Pajajaran, Mantap, Arumba, 47 WBC, 49 Jembar, Cakrabuana); tahan penyakit Hawar Daun Bakteri (Inpari 43 dan 32 Siliwangi, Gemah, HIPA 18, 19, 20, 21), tahan penyakit Blast (Inpari 38 dan 39, Cakrabuana, 48 Blast, 50 Marem, Respati), dan tahan virus Tungro (Inpari 7, 8, 9, 36, dan 37). Selain itu, telah dihasilkan dan dikembangkan varietas-varietas spesifik agroekosistem, yaitu varietas padi spesifik lahan sawah tadah hujan (Inpari 39, Cisaat, Inpari 36 GSR TDH), lahan kering (Inpago 8 dan 12), dan lahan rawa (Inpara 2, 3, 8, 10).

Perbaikan pengelolaan tanaman lainnya untuk mendukung adaptasi terhadap dampak perubahan iklim juga perlu dilakukan dengan sistem rotasi tanaman. Hal ini dapat berdampak terhadap pemutusan rantai OPT, misalnya pada akhir musim hujan di lahan sawah dapat ditanami tanaman kacang hijau yang berumur pendek. Tanaman legum (kacang-kacangan) baik digunakan dalam sistem

rotasi karena minim menggunakan pupuk N. Tanaman tersebut mampu menambat N secara mandiri.

### **C. Kearifan Lokal dalam Adaptasi Perubahan Iklim di Masyarakat/Komunitas Pertanian**

Kearifan lokal adalah suatu bentuk budaya yang diterapkan oleh suatu masyarakat/komunitas dalam mengambil kebijakan hidup dan cara melaksanakannya terkait situasi yang dihadapi (Fajarini, 2014; Evalina, 2016). Kearifan lokal memuat dan mengandung kebijaksanaan, kreativitas, dan ide-ide yang menjadi faktor penentu dalam perkembangan peradaban manusia (Kamarulzaman dkk., 2016). Kearifan lokal memiliki nilai yang tinggi dalam adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di masyarakat/komunitas pertanian. Menurut Komariah dkk. (2021), kearifan lokal masyarakat setempat memiliki pengetahuan dan pengalaman yang diperlukan untuk mengatasi variasi dan perubahan iklim yang terjadi di wilayah mereka.

Pemanfaatan kearifan lokal menjadi sumber daya yang berharga dalam upaya adaptasi perubahan iklim di masyarakat/komunitas pertanian. Kehadirannya dapat membantu masyarakat/komunitas pertanian menghadapi tantangan dan menjaga keberlangsungan sistem pertanian dengan menggunakan teknologi kearifan lokal. Kearifan lokal dalam sektor pertanian mengacu pada pengetahuan, nilai, dan praktik yang telah ada di masyarakat Indonesia selama berabad-abad yang mencakup aspek-aspek, seperti penentuan waktu/jadwal penanaman, pengelolaan air dalam pertanian, serta upaya untuk mengatasi pengendalian OPT, sebagaimana dijelaskan berikut ini.

#### **1. Kearifan Lokal dalam Menentukan Waktu Tanam**

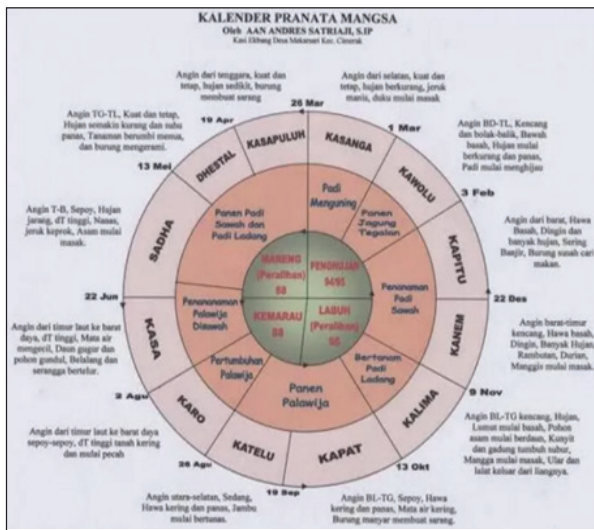
Kearifan lokal dalam menentukan waktu tanam melibatkan pengamatan alam dan lingkungan sekitar, seperti cuaca dan musim hujan atau kemarau. Beberapa faktor berpengaruh dalam menentukan waktu tanam, seperti pengamatan kondisi lingkungan, penggunaan sistem kalender tradisional, dan pengamatan tanda alam. Berikut contoh kearifan lokal dalam menentukan waktu tanam yang ada di berbagai daerah di Indonesia.

a. *Pranata Mangsa*

*Pranata mangsa* merupakan kalender adat yang sudah dikenal sejak lama, khususnya di masyarakat/pertanian Jawa, dan berisi aturan tentang musim. Kalender ini didasarkan pada siklus matahari semu dan digunakan sebagai panduan yang sangat berguna bagi petani saat mengatur jadwal tanam di lahan sawah (Sobirin, 2018). *Pranata mangsa* dibagi menjadi 12 *mangsa* atau musim yang berurutan dalam satu tahun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan menjadi pedoman andal dalam pertanian pada masa lalu (*mangsa kasa, karo, katiga, kapat, kalima, kanem, kapitu, kawolu, kasanga, kadasa, dhesta, dan shada*) (Sindhunata, 2011). Aktivitas petani dimulai dengan memperhatikan tanda-tanda alam, baik pada musim hujan maupun musim kering (Tabel 4.2).

**Tabel 4.2** Tanda Awal Musim dan Aktivitas Petani di Lapangan

| Musim | Tanda | Aktivitas Petani |
|-------|-------|------------------|
|-------|-------|------------------|



Sumber: Rafiqqa (2022)

**Gambar 4.3** Kalender *Pranata Mangsa*

|                |   |  |
|----------------|---|--|
| Hujan (awal)   | Hujan mulai turun dengan deras. Asam jawa mulai membentuk daun muda. Larva mulai menetas, ngengat menetas dari liang. Lempuyang dan temu kunci mulai berkembang.  | Petani mulai memperbaiki parit-parit di sawah, membuat titik aliran air di tepi sawah, dan mulai menabur benih (khusus padi gogo). |
| Kering (awal)  | Suhu menurun dan terasa dingin ( <i>bediding</i> ). Sering terjadi kabut di pagi hari. Daun-daun berguguran, kayu mengering. Belalang masuk ke dalam tanah. Tanah mengering dan retak-retak. Pohon randu dan mangga mulai berbunga. | Petani mulai menanam palawija (kedelai), nila, kapas dan menggarap tegalan untuk menanam jagung.                                   |
| Kering (akhir) | Tanaman merambat menaiki lanjaran. Rebung bambu bermunculan. Mata air mulai terisi. Kapuk randu mulai berbuah. Burung-burung kecil mulai bersarang dan bertelur.  | Petani siap memanen palawija.  |

Sumber: Dimodifikasi dari Rimanang (2016)

### b. *Palontara*

*Palontara* adalah kearifan lokal yang berasal dari masyarakat Bugis-Makassar di Sulawesi Selatan yang didasarkan pengamatan terhadap alam dan lingkungan sekitar, seperti gerak bulan, bintang, dan arah angin (Putri, 2015). Masyarakat Bugis-Makassar menggunakan *palontara* untuk menentukan waktu tanam dan panen, praktik budidaya, serta dalam kegiatan nelayan (Limpo dkk., 2022).

### c. *Wariga*

*Wariga* merupakan suatu sistem tradisional perhitungan waktu di daerah Bali, berfungsi untuk menentukan waktu musim menanam yang tepat. Sistem ini membagi musim menjadi 12 bulan yang disesuaikan dengan musim di daerah tropis, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim atau *masa* dalam bahasa Bali dikenal sebagai kalender Kerta Masa atau kalender Sasih yang merupakan kumpulan informasi tentang waktu dan karakteristik perubahan musiman yang dipengaruhi oleh sirkulasi matahari. Sistem musiman yang digunakan

untuk menandai musim pada dasarnya adalah meteorologi tradisional yang diteruskan ke generasi berikutnya. Di dalam *Wariga* Bali, nama-nama bulan sistem *Wariga* dan Gregorian umumnya menggunakan perspektif tahun matahari, sedangkan nama-nama bulan ordinal merujuk secara acak pada bulan-bulan lunar dalam tahun Śaka (Damayanti, 2021). Penggunaan *Wariga* sebagai sistem perhitungan waktu untuk menentukan waktu tanam juga digunakan di daerah lain seperti di Lampung, Lombok, dan Kalimantan.

#### d. *Ngaseuk*

*Ngaseuk* merupakan suatu tradisi yang memulai siklus kehidupan masyarakat Kasepuhan Ciptagelar, Kecamatan Cisolok, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *Ngaseuk* selanjutnya diartikan sebagai proses menanam padi di lahan kering menggunakan tongkat berujung lancip untuk membuat lubang di tanah sebagai tempat benih padi yang akan ditanam. Proses *ngaseuk* dimulai ketika Abah (pemangku struktur kelembagaan adat berdasarkan garis keturunan) turun ke lahan huma untuk memimpin prosesi ritual, yang menandakan bahwa waktu penanaman padi telah dimulai (Prabowo & Sudrajat, 2021). Dasar yang digunakan ialah dengan melihat tanda-tanda alam, seperti turunnya hujan yang lebih sering, pergerakan bintang, dan munculnya hewan serta tanaman tertentu. Durasi *ngaseuk* berlangsung hingga batas waktu yang ditentukan oleh kasepuhan melalui prosesi yang disebut *Tutup Nyambut*, menandai berakhirnya prosesi tersebut. Sistem pertanian ini diklasifikasikan sebagai sistem yang ramah lingkungan serta dapat membentuk tatanan sosial yang erat dengan kekerabatan, kebersamaan, kerja sama, dan nilai sosial lainnya (Hapsari dkk., 2019).

#### e. *Sawah Rintak dan Sawah Surung*

*Sawah rintak* dan *sawah surung* merupakan sistem menanam padi di lahan rawa lebak di Kalimantan Selatan. Waktu tanam ditentukan dengan memperhatikan penurunan air rawa menjelang musim kemarau. Kondisi penurunan air saat musim kemarau disebut sebagai “merintak” sehingga sawahnya disebut sebagai *sawah rintak* yang memanfaatkan angin bertiup dari arah timur. Sebaliknya, saat musim

hujan ketika air rawa naik, kondisinya disebut “menyurung” dan sawahnya disebut *sawah surung* yang memanfaatkan angin bertiup dari arah Barat (Khairullah dkk., 2017).

Petani biasanya memulai aktivitas menanam berdasarkan petunjuk alam, seperti terlihatnya banyak sulur putih serangga pada pohon mangga rawa, mulai tumbuhnya pohon dadap, yang menandakan bahwa musim kemarau tiba. Selanjutnya, petani melakukan persiapan persemaian dan lahan. Sebaliknya, jika di sungai-sungai terlihat perkembangan ikan seluang, tandanya musim hujan akan tiba, petani memulai persiapan penanaman padi di lahan *sawah surung*.

## 2. Kearifan Lokal dalam Pengelolaan Air Pertanian

Kearifan lokal terkait pengelolaan air dapat dijelaskan dengan seperangkat pengetahuan, nilai, norma, dan aturan tertentu yang masih dipraktikkan, dihormati, dan didukung oleh masyarakat/komunitas di daerah tersebut untuk menjaga kelestarian sumber daya air, mengurangi erosi tanah, dan mengatur pemanfaatan sumber daya air dan sumber daya lahan di sekitarnya secara bijak (Maridi, 2015).

Beberapa contoh kearifan lokal dalam pengelolaan air untuk pertanian di Indonesia dijelaskan sebagai berikut.

### a. Subak

Subak adalah teknik tradisional Bali yang menggunakan air secara efisien dalam pertanian. Sistem subak terintegrasi dengan sosiokultural masyarakat lokal. Kesepadanan teknologi dalam sistem ini tecermin melalui pemahaman anggota subak tentang penggunaan air irigasi yang berdasarkan Tri Hita Karana (THK) yang terintegrasi dengan pembangunan infrastruktur, pengoperasian dan koordinasi pelaksanaan, pemeliharaan yang dilakukan oleh *pekaseh* (ketua subak), struktur kelembagaan, dan informasi pengelolaan (Windia dkk., 2005; Maridi, 2015). Berdasarkan prinsip tersebut, sistem subak mampu mengantisipasi kekurangan air (terutama pada musim kemarau) dengan mengatur pola tanam sesuai dengan peluang keberhasilannya.

b. *Nyabuk Gunung*

*Nyabuk gunung* merupakan salah satu bentuk budi daya padi yang mengikuti kontur. Hal ini merupakan bentuk kearifan lokal yang memanfaatkan air hujan untuk melindungi tanah dari risiko erosi dan tanah longsor yang dapat terjadi akibat curah hujan yang tinggi (Maridi, 2015). *Nyabuk gunung* (terasering) sering dijumpai di wilayah Jawa Barat, Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur, dan Bali dengan istilah sengkedan (Gambar 4.4).

c. Budaya *Pamali*

Budaya *pamali* yang lazim di Kampung Kuta Ciamis, Jawa Barat, adalah aturan atau standar yang berkaitan dengan penggunaan sumber daya air yang mengatur kehidupan masyarakat asli. Di Kampung Kuta, sumber air digunakan untuk dua keperluan, yaitu memenuhi kebutuhan sehari-hari dan melakukan ritual adat. Air untuk kebutuhan sehari-hari diperoleh dari empat sumber, yaitu Cibungur, Ciasihan, Cinangka dan Cipanyipuhan. Kota/masyarakat tidak diperbolehkan menggali sumur sendiri untuk menjaga kualitas air tanah yang baik (Aulia & Dharmawan, 2010). Sumber daya air yang digunakan dalam upacara adat ritual *nyipuh* berasal dari dalam hutan keramat dan sumber daya air ini tidak boleh dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari. Budaya *pamali* yang diterapkan dalam pengelolaan hutan keramat (jenis hutan yang didominasi dengan pepohonan berusia puluhan hingga ratusan tahun) telah terbukti dapat mempertahankan kelestarian ekosistem di dalamnya, termasuk menjaga kualitas sumber daya air yang ada di sana.

d. Pemanfaatan Gerakan Pasang Surut Air

Kearifan lokal dalam pengelolaan lahan gambut di Kalimantan Selatan adalah memanfaatkan pergerakan pasang surut air untuk keperluan irigasi dan drainase. Masyarakat membangun kanal yang disebut *handil*, yang mengarah secara vertikal dari tepi sungai ke pedalaman. Sistem *handil* ini dilakukan secara gotong royong dalam kelompok kecil yang terdiri dari 7–10 orang (Dariah & Nurzakiah, 2014). Masyarakat Kalimantan Selatan mengenal sistem anjir, yaitu





Sumber: Suprihati (2019)

**Gambar 4.4** *Nyabuk Gunung* untuk Menahan Erosi dan Menjaga Tanah

pembuatan saluran yang menghubungkan dua sungai besar. *Handil* sendiri dibuat sepanjang anjir. Selain itu, terdapat sistem kantong yang lebih kecil dari pegangan dan saluran air terpisah. Beberapa faktor yang memengaruhi proses produksi manual ialah kondisi tanah, pasang surut air, dan ketebalan gambut. Saat pasang, air mengalir ke darat, sedangkan saat surut air mengalir kembali dari darat ke sungai. Masyarakat di Kalimantan Selatan juga memiliki kebiasaan menanam karet dan buah-buahan di pinggiran *handil* untuk memperkuat tanggul dan mencegah longsor.

Perbedaan karakteristik dalam menentukan awal tanam lahan pasang surut di Kalimantan Selatan dan Sumatra Selatan pada umumnya disebabkan oleh kondisi geografis, iklim, dan lingkungan setempat di masing-masing wilayah. Di Kalimantan Selatan, lahan pasang surut

cenderung menampilkan ekosistem hutan rawa bakau yang luas. Wilayah pesisir yang luas di Kalimantan Selatan memengaruhi pola pasang surut dan salinitas air di lahan rawa, memberikan ciri khas tersendiri pada ekosistem ini. Sementara itu, Sumatra Selatan juga memiliki lahan pasang surut dengan hutan bakau yang mendominasi, tetapi perbedaan tipe vegetasi dapat terjadi berdasarkan kondisi lokasi yang lebih kering atau lebih basah. Di daerah ini, terdapat juga lahan rawa gambut yang khas, ditandai dengan vegetasi rawa gambut dan lahan payau. Wilayah pesisir di Sumatra Selatan juga memainkan peran penting dalam menentukan pola pasang surut dan kondisi air setempat. Tabel 4.3 memperlihatkan hal yang perlu diperhatikan saat memulai tanam padi pada lahan pasang surut di Kalimantan Selatan dan Sumatra Selatan.

**Tabel 4.3** Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Mulai Tanam Padi di Lahan Pasang Surut

| Kalimantan Selatan   | Sumatra Selatan  |
|--|--|
| Awal tanam tidak sama dengan awal musim hujan (MH) karena risiko keracunan pada tanaman.   | Saat sudah terjadi hujan, menjelang awal MH, petani mengolah tanah dan menebar benih pada lahan.               |
| Petani menunda waktu tanam 1–1,5 bulan, bahkan hingga puncak musim hujan untuk menjamin bahwa air tanah sudah tinggi dan dapat menetralkan zat-zat asam dan garam yang bersifat racun. | Benih ditutup dengan tanah sehingga penguapan menjadi rendah.  |
| Musim tanam umumnya hanya dilakukan satu kali.   | Saat hujan datang dan atau air pasang, membasahi lahan, menjadikan benih merekah, kemudian tumbuh.             |
| Ada potensi mengintroduksi komoditas jagung pada musim tanam kedua.  | Saat pasang tinggi dan frekuensinya meningkat, tanaman padi cukup kuat mengalami cekaman melalui kualitas air. |

Sumber: Widjaja-Adhi (1995), Dimodifikasi dari Sarwani (2002)

#### e. *Kejreun Blang*

*Kejreun blang* merupakan salah satu kelembagaan dan kearifan lokal yang perannya penting di Nanggroe Aceh Darusalam. Lembaga ini berperan erat dalam pengelolaan sumber daya air dan menjadi tempat partisipasi masyarakat dalam mengelola pemerintahan, pembangunan, pembinaan masyarakat, serta menyelesaikan masalah-masalah terkait pertanian. Lembaga ini, dalam menjalankan perannya, selalu mengedepankan prinsip gotong royong pada setiap kegiatan dan mampu memengaruhi perilaku petani dalam mengelola air pertanian (Putra dkk., 2016). Selanjutnya, peran *kejreun blang* dalam pengelolaan sumber daya air ialah memastikan ketersediaan air, menentukan dan mengoordinasikan tata cara air turun ke sawah, mengatur pembagian air ke sawah petani, serta pemeliharaan dan perbaikan jaringan air.

#### f. Sawah Surjan

Sawah surjan merupakan salah satu sistem pertanian yang dikembangkan di wilayah pesisir Kulon Progo. Sistem pertanian ini muncul karena masalah drainase yang buruk di wilayah tersebut. Sistem ini dinamakan “sawah surjan” karena jika dilihat dari kejauhan atau ketinggian, morfologi sawah ini memiliki garis-garis yang menyerupai corak baju surjan (lurik), yaitu baju tradisional masyarakat Jawa (Athoillah dkk., 2019). Sawah surjan adalah sawah nonlebaran yang membentuk garis-garis seperti baju surjan (lurik) ketika dilihat dari atas atau dari kejauhan. Garis-garis tersebut terbentuk dari perbedaan ketinggian antara area daratan (terrestrial) yang tinggi dan area air (akuatik) yang rendah yang saling bergantian dan ketinggian ini berubah-ubah dalam susunan garis-garis tersebut. Palawija ditanam di gundukan tanah yang tinggi, sedangkan tanaman padi ditanam sepanjang tahun di tanah rendah atau akuatik. Inilah yang membuat ekosistem sawah surjan berbeda dengan sawah lebaran biasa, yang hanya didominasi oleh perairan akuatik (Aminatun dkk., 2014). Masyarakat menciptakan sawah surjan sebagai solusi atas sistem perairan yang buruk. Masalah sistem perairan ini disebabkan oleh topografi wilayah Kulon Progo yang terdiri dari pegunungan dan

dataran rendah. Akibatnya, ada daerah yang sering mengalami kekeringan dan daerah lain yang sering tergenang banjir. Pola pertanian sawah surjan kemudian diterapkan di daerah-daerah tersebut, yaitu pada lahan pertanian yang mengandalkan curah hujan dan sering mengalami kekeringan atau genangan air yang parah akibat banjir (Athoillah dkk., 2019).

#### g. Padi Raton

Budi daya padi raton merupakan suatu kearifan lokal yang ada di beberapa daerah Indonesia. Tradisi budi daya padi raton telah ada dan umumnya tidak dilakukan secara intensif, tetapi hanya dimanfaatkan oleh petani. Setelah padi dipanen, tanaman dibiarkan tumbuh kembali untuk digunakan sebagai pakan ternak (Komariah dkk., 2021). Padi raton (singgang) dianggap sebagai bonus oleh petani. Hasilnya dipanen tanpa perawatan, pemupukan, atau penyiangan sehingga hasil panen rendah. Selain di Pulau Jawa, di Sumatra Barat juga terdapat kearifan lokal yang memanfaatkan anakan padi setelah panen, yang dikenal sebagai salibu. Salibu dimanfaatkan oleh petani yang kurang mampu atau tidak memiliki modal untuk musim tanam kedua. Saat ini salibu telah diimplementasikan dengan dukungan teknologi sehingga keberhasilan budi daya salibu lebih tinggi dibandingkan budi daya singgang.

#### h. Pembuatan Selokan Dalam

Salah satu bentuk kearifan lokal dalam pengelolaan air pertanian di Desa Sembungan, Kabupaten Wonosobo, adalah penggunaan selokan dalam. Tujuan dari pembuatan selokan dalam ini adalah untuk menampung air yang meresap ke dalam tanah selama proses pengolahan lahan. Setiap teras miring pada petak lahan pertanian, terutama yang tidak sejajar dengan garis kontur, akan memiliki selokan dalam (Harini dkk., 2020). Petani telah mengaplikasikan metode sederhana dalam pembuatan selokan ini dengan cara menggali tanah menggunakan cangkul untuk membentuk selokan. Hal ini merupakan bentuk konservasi yang dilakukan oleh petani untuk mencegah terjadinya longsor.

#### i. Kebekolo

*Kebekolo* merupakan salah satu bentuk kearifan lokal di Indonesia, khususnya di daerah Ende, Nusa Tenggara Timur. Wilayah Nusa Tenggara Timur memiliki topografi pegunungan dengan kemiringan lebih dari 30%. *Kebekolo* dibuat dengan menyusun atau menumpuk deretan kayu atau dahan pada lereng. Tumpukan kayu atau ranting mencegah erosi permukaan dan limpasan air. Massa kayu ini tetap ada dan secara alami terurai menjadi bahan organik lebih lanjut. Praktik ini tergantung pada kemiringan tanah. Makin curam kemiringannya, makin kecil jarak antartumpukan kayu.

Model konservasi ini ditemukan dalam bentuk yang serupa di tempat lain dengan nama *blepeng* di Sika dan *brepe* di Flores Timur. *Kebekolo* dapat diadopsi dengan pendekatan yang lebih modern. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NTT telah memperkenalkan teknologi tersebut dengan mengganti tegakan hutan atau tanaman baris di antara teras dan tanaman penguat teras, yang juga berfungsi sebagai pakan ternak. Tanaman yang memperkuat teras adalah vertiver, gamal, linden merah, dan kelor (marungga). Selain itu, beberapa tanaman pangan dapat ditambahkan, antara lain jagung, padi gogo, ubi kayu, dan sayuran, pada musim kemarau (Andika, 2020).

### 3. Kearifan Lokal dalam Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)

Kearifan lokal dalam pengendalian OPT melibatkan pemanfaatan musuh alami, yaitu hewan atau serangga yang memangsa organisme pengganggu tersebut. Selain itu, dengan konsep pengendalian hama terpadu, pengendalian hama dan penyakit tanaman juga dapat dilakukan dengan pendekatan lokal. Contohnya adalah penggunaan pestisida nabati yang berbahan dasar lokal, seperti nimba dan mahoni. Berikut contoh kearifan lokal dalam mengatasi OPT.

a. Pemanfaatan Predator dan Penanaman Tanaman Refugia

Pengendalian hama dan penyakit tanaman oleh masyarakat petani tradisional Kabupaten Situbondo dilakukan dengan memperhatikan kelestarian lingkungan. Salah satu cara yang digunakan adalah memanfaatkan musuh alami (predator) dan menanam tanaman refugia di kedua sisi petak pematang sawah. Kelompok tanaman ini disebut tanaman penutup karena berfungsi sebagai tanaman pembatas antara lokasi produksi. Tanaman yang dipilih untuk penanaman pengungsian serangga, antara lain kacang panjang, buncis, kedelai, cabai, jagung, ubi kayu, kenikir, bayam, pegagan, kecipir, bunga kertas, dan bunga tahi ayam (Syahputra dkk., 2019). Rekayasa ekologi dengan memanfaatkan tanaman refugia berperan penting sebagai mikrohabitat bagi agen hayati yang mengendalikan hama utama pada tanaman. Tanaman refugia memberikan perlindungan spasial dan/atau sementara bagi musuh alami hama, seperti predator dan parasitoid, dan mendukung interaksi biotik dalam ekosistem seperti penyerbuk.

b. Penggunaan *Trichoderma* spp.

*Trichoderma* spp. dalam kearifan lokal digunakan sebagai agen pengendali hayati di wilayah Bali, Sulawesi, dan Aceh. Penggunaan *Trichoderma* spp. lokal sebagai jamur antagonis dapat membantu dalam mengendalikan OPT, seperti jamur dan bakteri, pada tanaman cabai dan padi. *Trichoderma* spp. adalah salah satu jenis kapang yang secara luas ditemukan pada berbagai substrat tanah pertanian dan menjadi komponen yang dominan dalam mikroflora tanah (Lahati & Abdullatif, 2018). Perannya signifikan dalam proses dekomposisi bahan organik di lahan pertanian.

c. Pengendalian Penyakit dengan Ekstrak Binahong

Tanaman binahong telah lama digunakan sebagai obat tradisional dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Tanaman ini mengandung senyawa bioaktif yang dipercaya berperan dalam kesehatan manusia sebagai senyawa antimikroba, antioksidan, dan obat tradisional. Kegiatan di Desa Pasirbiru, Kecamatan Rancakalong, Kabupaten

Sumedang, menunjukkan bahwa bibit padi yang diberi ekstrak binahong tumbuh lebih baik, daun lebih hijau, dan lebih sedikit tanaman yang menunjukkan gejala penyakit dibandingkan tanaman padi yang tidak diberi ekstrak binahong (Yulia dkk., 2018). Selain itu, benih tanaman cabai yang diberi perlakuan ekstrak binahong atau lengkuas menunjukkan warna pucuk yang lebih hijau dan pertumbuhan pucuk yang lebih panjang dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini dapat mencegah pertumbuhan patogen pada benih.

#### **D. Inovasi Teknologi Mendukung Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian ke Depan**

Kearifan lokal merupakan salah satu kekayaan masyarakat Indonesia yang telah teruji implementasinya dan dilaksanakan secara turun-temurun dalam rangka menghasilkan produksi yang tinggi dan pelestarian lingkungan. Berbagai teknologi inovasi berikut berpotensi dikembangkan untuk mendukung kearifan lokal.

- 1) Sistem peringatan dini (*early warning systems*) berupa informasi tentang ancaman yang berkaitan dengan perubahan iklim, seperti banjir, kekeringan, dan perkembangan OPT. Teknologi ini melibatkan penggunaan sensor, pemantauan cuaca, analisis data, dan pemodelan untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat dan pihak berwenang serta pemanfaatan Informasi Prediksi Iklim dan Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu.
- 2) Teknologi monitoring lingkungan, seperti sistem pemantauan udara, tanah, dan air, membantu dalam memantau dan mengumpulkan data lingkungan yang relevan. Teknologi tersebut berupa jaringan sensor yang tersebar di wilayah tertentu yang dapat mengumpulkan informasi tentang perubahan suhu, kelembapan, kualitas air, dan tingkat polusi udara secara *real-time*.
- 3) Implementasi bangunan yang dirancang dengan teknologi ramah lingkungan, seperti penggunaan bahan konstruksi yang tahan terhadap cuaca ekstrem, sistem manajemen air yang efisien, dan

pemanfaatan energi terbarukan, dapat mengurangi kerentanan terhadap perubahan iklim.

- 4) Teknologi pertanian adaptif berupa sistem irigasi cerdas, teknik pertanian presisi, penggunaan varietas tanaman yang tahan terhadap perubahan iklim, dan pemantauan pertanian berbasis *information technologies* (IT) atau *internet of things* (IoT).
- 5) Teknologi, seperti panel surya, turbin angin, pembangkit listrik tenaga air, dan energi biomassa, telah berkembang pesat dan makin terjangkau. Selain itu, teknologi efisiensi energi, seperti penggunaan lampu *light emitting diode* (LED), sistem manajemen energi cerdas, dan bangunan yang dirancang untuk mengurangi kebocoran energi, juga membantu mengurangi dampak perubahan iklim.

## E. Penutup

Peluang integrasi teknologi dan kearifan lokal memungkinkan dilakukannya penggalan pengetahuan yang berharga melalui kedua sumber tersebut. Sinergitas teknologi dan kearifan lokal merupakan upaya untuk memberdayakan masyarakat/komunitas, memperkuat kapasitas adaptasi, dan meningkatkan ketahanan petani dalam menghadapi dampak perubahan iklim. Langkah implementasi lebih lanjut (Ichdayati, 2014) berupa:

- 1) kebijakan dan regulasi yang mendukung adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian, termasuk insentif untuk penggunaan praktik pertanian berkelanjutan dan teknologi ramah lingkungan;
- 2) mendorong integrasi adaptasi perubahan iklim dalam rencana pengembangan pertanian dan kebijakan sektor pertanian di tingkat nasional, regional, dan lokal;
- 3) memperkuat rantai pasokan pertanian untuk meningkatkan efisiensi dan ketahanan terhadap perubahan iklim yang meliputi pengembangan infrastruktur penyimpanan dan distribusi serta pengembangan sistem pemasaran yang efektif;



- 4) meningkatkan akses petani ke sumber pembiayaan yang terjangkau untuk investasi dalam teknologi dan infrastruktur adaptif, seperti pengelolaan air, pembaruan sistem irigasi, diversifikasi usaha pertanian, dan asuransi pertanian;
- 5) mendukung riset dan inovasi teknologi pertanian adaptif yang spesifik lokasi, termasuk pengembangan varietas tanaman yang adaptif, teknik pengelolaan tanah yang berkelanjutan, dan pemanfaatan informasi iklim;
- 6) mendorong kemitraan antara lembaga penelitian, pemerintah, dan sektor swasta untuk mempercepat transfer pengetahuan dan implementasi teknologi adaptif;
- 7) melakukan program pendidikan, pelatihan, dan pendampingan yang berkesinambungan kepada petani dan penyuluh pertanian tentang praktik adaptif perubahan iklim, penggunaan teknologi pertanian terkini, pengelolaan risiko, dan diversifikasi usaha pertanian;
- 8) mendorong kolaborasi dan partisipasi yang kuat antara pemerintah, petani, lembaga penelitian, sektor swasta, lembaga swadaya masyarakat (LSM), dan komunitas lokal dalam perencanaan, implementasi, dan pemantauan program adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian; dan
- 9) melibatkan petani dan komunitas lokal dalam proses pengambilan keputusan dan pemanfaatan kearifan lokal untuk mengembangkan solusi adaptasi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Penerapan inovasi teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim masih menghadapi beberapa kendala. Hal ini dapat diatasi dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk masyarakat lokal, pemerintah, organisasi nonpemerintah, dan sektor swasta, untuk menciptakan lingkungan yang mendukung adopsi inovasi teknologi. Pendekatan yang holistik, inklusif, dan berkelanjutan akan memainkan peran penting dalam keberhasilan penerapan inovasi teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim.

Selain itu, diperlukan pendekatan kreatif, seperti pendanaan berbasis masyarakat atau bantuan internasional sesuai dengan kebutuhan dan kondisi setempat. Upaya lainnya adalah dengan pembangunan dan perbaikan infrastruktur dasar yang diutamakan untuk memfasilitasi implementasi inovasi teknologi. Ke depan, inovasi teknologi harus bersifat adaptif agar tetap relevan dalam menghadapi dampak perubahan iklim yang tidak pasti (*unpredictable*).

## Referensi

- Aldrian, E., Gates, L. D., & Widodo, F. H. (2007). Seasonal variability of Indonesia rainfall in ECHAM4 simulations and in the reanalyses: The role of ENSO. *Theoretical and Applied Climatology*, 87, 41–59.
- Aminatun, Widyastuti, S. H., & Djuwanto. (2014). Pola kearifan masyarakat lokal dalam sistem sawah surjan untuk konservasi ekosistem pertanian. *Jurnal Penelitian Humaniora*, 19(1), 65–76.
- Andika, K. K. (2020, 11 Agustus). *Kearifan lokal kebekolo sebagai solusi konservasi lahan miring*. Kompasiana. <https://www.kompasiana.com/kurniakrisandika6564/5f3273aa097f360f61537572/kearifan-lokal-kebekolo-sebagai-solusi-konservasi-lahan-miring>
- Apriyana, Y., Surmaini, E., Estiningtyas, W., Pramudia, A., Ramadhani, F., Suciantini, Susanti, E., Purnamayani, R., & Syahbuddin, H. (2021). The integrated cropping calendar information system: A coping mechanism to climate variability for sustainable agriculture in Indonesia. *Sustainability*, 13(11), 6495. <https://doi.org/10.3390/su13116495>
- Athoillah, A., Prabowo, D. P., & Marwanto. (2019). *Sejarah pertanian surjan di Kulon Progo*. Dinas Kabupaten Kulon Progo.
- Aulia, T. O. S., & Dharmawan, A. H. (2010). Kearifan lokal dalam pengelolaan sumber daya air di Kampung Kuta. *Sodality: Jurnal Transdisiplin Sosiologi, Komunikasi, dan Ekologi Manusia*, 4(3), 345–355.
- Kementerian PPN/Bappenas. (2019). *Rancangan teknokratik: Rencana pembangunan jangka menengah nasional 2020-2024: Indonesia berprestasi menengah-tinggi yang sejahtera, adil, dan berkelanjutan*.

- Baveye, P. C., Schnee, L. S., Boivin, P., Laba, M., & Radulovich, R. (2020). Soil organic matter research and climate change: Merely re-storing carbon versus restoring soil functions. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 579904. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579904>
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Indonesia 2019*.
- Damayanti, A. F. (2021). *The Bali Wariga calculation system: An analysis of season determination in astronomic perspective* [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Dariah, A. (2013). Sistem pertanian efisien karbon sebagai bentuk adaptasi dan mitigasi sektor pertanian terhadap perubahan iklim. Dalam H. Soeparno, E. Pasandaran, M. Syarwani, A. Dariah, S. M. Pasaribu, & N. S. Saad (Ed.), *Politik pembangunan pertanian menghadapi perubahan iklim* (195–213). IAARD Press.
- Dariah, A., & Nurzakiah, S. (2014). Pengelolaan tata air lahan gambut. Dalam N. L. Nurida & A. Wihardjaka (Ed.), *Panduan pengelolaan berkelanjutan lahan gambut terdegradasi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Dariah, A., & Yufdi, M. (2017). Pertanian organik sebagai upaya mitigasi emisi gas rumah kaca dan peningkatan adaptasi terhadap perubahan iklim. Dalam E. Pasandaran, M. Syakir, R. Heriawan, & M. P. Yufdi (Ed.), *Memperkuat kemampuan wilayah menghadapi perubahan iklim*. IAARD Press.
- Dariah, A., Susanti, E., & Avianto, N. (2018). *Peningkatan kemampuan petani dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim (Improving farmers' ability to adapt)*. IAARD Press.
- Dariah, A., Nurida, L. N., Yustika, R. D., & Suryani, E. (2022). Annual upland agriculture as a vulnerable system to climate change. Dalam E. Husen, S. Marwanto, & F. Agus (Ed.), *Strengthening agricultural resilience against climate change through climate smart agriculture* (49–52). Indonesian Agency for Agricultural Research and Development, Ministry of Agriculture.
- Djadjadi, Mastur, Dalmadiyo, G., & Murdiyati, A. S. (2004). Efektivitas teknik konservasi lahan dalam menekan erosi dan penyakit lintat. *Jurnal Litri*, 10(4), 135–141.

- Delgado, A. J., Groffman, P. M., Nearing, M. A., Goddard, T., Reicosky, D., Lal, R., Kitchen, N. R., Rice, C. W., Towery, D., & Salon, P. (2011). Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil And Water Conservation*, 66(4), 118–129. <https://doi.org/10.2489/jswc.66.4.118A>
- Evalina, L. W. (2016). Vertical communication based on local wisdom: A study of world class university. *Pertanika Journal Social Sciences & Humanities*, 24(S), 59–70.
- Fajarini, U. (2014). Peranan kearifan lokal dalam pendidikan karakter. *Sosio Didaktika*, 1(2), 123–130.
- Fankhauser, S. (2016). *Adaptation to climate change* (Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No 287, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper No 255). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2869292>
- Gonzalez-Sanchez, E. J., Moreno-Garcia, M., Kassam, A., Holgado-Cabrera, A., Trivino-Tarradas, P., Carbonell-Bojollo, R., Pisante, M., Veros-Gonzalez, O., & Basch, G. (2021). *Conservation agriculture: Making climate change mitigation and adaptation real in Europe*. European Conservation Agriculture Federation (ECAFA).
- Gross, J. E., Woodley, S., Welling, L. A., & Watson, J. E. M. (2016). *Adapting to climate change: Guidance for protected area managers and planners* (Best practices protected area guidelines series No. 24). IUCN. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.PAG.24.en>
- Gusli, S., Sumeni, S., Sabodin, R., Muqfi, I. H., Nur, M., Hairiah, K., Useng, D., & van Noordwijk, M. (2020). Soil organic matter, mitigation of and adaptation to climate change in cocoa-based agroforestry systems. *Land*, 9(9), 323. <https://doi.org/10.3390/land9090323>
- Hamada, J. I., Yamanaka, M. D., Matsumoto, J., Fukao, S., Winarso, P. A., & Sribimawati, T. (2002). Spatial and temporal variations of the rainy season over Indonesia and their link to ENSO. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 80(2), 285–310.
- Hapsari, H., Hapsari, D., Karyani, T., & Fatimah, S. (2019). Adaptation of indigenous community agricultural systems on climate change (case study of Kasepuhan Ciptagelar, Sukabumi Regency, West Java). Dalam *IOP conference series: Earth and environmental science* (Vol. 306, 012031). IOP Publishing.

- Harini, R., Aulia, D. N., Ningrum, E. C., Hanifah, K., Fitria, L., & Dewanti, T. (2020). Kearifan lokal pertanian, permasalahan, dan arahan strategi dalam pengelolaan pertanian di Desa Sembungan. *Majalah Geografi Indonesia*, 34(2), 125–129.
- Hermanto, Agus, F., Alihamsaya, T., Surmaini, E., Dariah, A., Estuningtyas, W., Heryani, N., Susanti, E., Tiesnamurti, B., Ikhsan, M., Zuziana, Sumarman, E. H., Chaidirsyah, R. M., Waryanto, B., Adhie, S., Semoadji, T., & Salampessy, Y. N. (2022). *Grand design pembangunan rendah karbon dan berketahanan iklim*. Kementerian Pertanian.
- Ichdayati, L. I. (2014). Respon petani dan adaptasinya terhadap perubahan iklim. *Jurnal Agribisnis*, 8(2), 155–170.
- Jacithe, R., & Lal, R. (2001). A mass balance approach to assess carbon dioxide evolution during erosion event. *Land Degradation & Development*, 12(4), 329–339.
- Kamarulzaman, N. H., Vaiappuri, S. K. N., Ismail, N. A., & Mydin, M. A. O. (2016). Local knowledge of flood preparedness: Current phenomena to future action. *Jurnal Teknologi*, 78(5), 85–89.
- Kasno, A., Setyorini, D., & Nurjaya. (2003). Status C-organik lahan sawah di Indonesia. Dalam *Prosiding kongres nasional VIII himpunan ilmu tanah Indonesia (HITI)*.
- Khairullah, I., Ar-Riza, I., & Nurita. (2017). *Kearifan lokal petani lahan rawa lebak*. IAARD Press.
- Komariah, Ariyanto, D. P., Sumani, Yanti, Y., Setyawati, A., & Priswita, R. P. W. (2021). Kearifan lokal padi ratun sebagai upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim di Desa Wonosari, Kecamatan Gondangrejo. *Jurnal Semar*, 10(1), 7–12.
- Lahati, B. K., & Abdullatif, Z. (2018). Memasyarakatkan *Trichoderma* sp lokal sebagai agen pengendali hayati organisme pengganggu tanaman cabai (*Capsicum annum*). *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 1(1), 65–73.
- Lal, R. (1995). Global soil erosion by water and carbon dynamic. Dalam R. Lal, J. M. Kimble, E. Levine, & B. A. Stewart, *Soil and global change* (131–141). CRC Press.
- Limpo, S. Y., Fahmid, I. M., Fattah, A., Rauf, A. W., Surmaini, E., Muslimin, Saptana, Syahbuddin, H., & Andri, K. B. (2022). Integrating indigenous and scientific knowledge for decision making of rice farming in South Sulawesi, Indonesia. *Sustainability*, 14(5), 2952. <https://doi.org/10.3390/su14052952>

- Maridi. (2015). Mengangkat budaya dan kearifan lokal dalam sistem konservasi tanah dan air. Dalam *Prosiding seminar nasional XII pendidikan biologi FKIP UNS*. Universitas Sebelas Maret.
- Navarro-Pedreño, J., Almendro-Candel, M. B., & Zorpas, A. A. (2021). The increase of soil organic matter reduces global warming. *Sci*, 3(1). <https://www.researchgate.net/publication/349923449>
- Nurida, N. L., & Jubaedah. (2014). Teknologi peningkatan cadangan karbon lahan kering dan potensinya pada skala nasional. Dalam F. Agus (Ed.), *Konservasi tanah menghadapi perubahan iklim* (53–82). IAARD Press.
- Prabowo, Y. B., & Sudrajat. (2021). Kasepuhan Ciptagelar: Pertanian sebagai simbol budaya dan keselarasan alam. *Jurnal Adat dan Budaya*, 3(1), 6–16.
- Putra, A. W. S., Hariadi, S. S., & Subejo. (2016). Peran Kejreun Blang terhadap perilaku petani dalam pengelolaan air pertanian di Nanggroe Aceh Darussalam. Dalam *Prosiding seminar nasional multi disiplin ilmu dan call for papers Unisbank*. Universitas Stikubank.
- Putri, A. W. S. (2015). Kolaborasi dengan kearifan lokal. Dalam *Buletin STMKG Media komunikasi dan dokumentasi* (Edisi ketiga). Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Rafiq, N. (2022, 14 Juli). Kenali pranata mangsa, penanggalan jawa yang tepat untuk bercocok tanam. [AyoSemarang.com. https://www.ayosemarang.com/umum/pr-773889721/kenali-pranata-mangsa-penanggalan-jawa-yang-tepat-untuk-bercocok-tanam](https://www.ayosemarang.com/umum/pr-773889721/kenali-pranata-mangsa-penanggalan-jawa-yang-tepat-untuk-bercocok-tanam)
- Reuter, T., & Dariah, A. (2019). Pertanian, ketahanan pangan, dan perubahan iklim. Dalam S. Nurbaya, N. Masripatin, S. Adiwibowo, Y. Sugandi, & T. Reuter (Ed.), *Trilogi Indonesia menghadapi perubahan iklim* (32–42). Kompas Media Nusantara.
- Rimanang, A. (2016). *Pranatamangsa: Astrologi Jawa kuno*. Kepel Press.
- Rumpel, C., Amirasiani, F., Chenu, C., Cardenas, M. G., Kaonga, M., Koutika, L. S., Ladha, J., Madari, B., Shirato, Y., Smith, P., Souidi, B., Soussana, J. F., Whitehead, D., & Wollenberg, E. (2020). The 4p 1000 initiative: Opportunities, limitations and challenges for implementing soil organic carbon sequestration as a sustainable development strategy. *Ambio*, 49, 350–360. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01165-2>

- Ryals, R., Hartman, M. D., Parton, W. J., DeLonge, M. S., & Silver, W. L. (2015). Long-term climate change mitigation potential with organic matter management on grasslands. *Ecological Society of America*, 25(2), 531–545. <https://doi.org/10.1890/13-2126.1>
- Sarwani, M. (2002). Pengelolaan air di lahan pasang surut. Dalam I. Ar-Riza, M. Sarwani, & T. Alihamsyah (Ed.), *Pengelolaan air dan tanah di lahan pasang surut*. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa.
- Sarwani, M., Nurida, L. N., & Agus, F. (2013). Greenhouse gas emissions and land use issues related to the use of bioenergy in Indonesia. *J. Litbang Pert.*, 32(2), 56–66.
- Sindhunata. (2011). *Pranata mangsa*. Kepustakaan Populer Gramedia.
- Smit, B., Pilifosova, O., Burton, I., Challenger, B., Huq, S., Klein, R. J. T., Yohe, G., Adger, N., Downing, T., Harvey, E., Kane, S., Parry, M., Skinner, M., Smith, J., & Wandel, J. (2018). *Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity*.
- Sobirin, S. (2018). Pranata mangsa dan budaya kearifan lingkungan. *Jurnal Budaya Nusantara*, 2(1), 250–264.
- Sulaiman, A. A., Agus, F., Noor, M., Dariah, A., Irawan, B., & Surmaini, E. (2018). *Jurus jitu menyikapi iklim ekstrim El Nino dan La Nina untuk pemantapan ketahanan pangan*. IAARD Press.
- Suprihati. (2019, 11 Desember). "Nyabuk gunung", Budaya memuliakan tanah dan menekan erosi. Kompasiana. <https://www.kompasiana.com/nprih/5df0945fd541df69d204f0d3/nyabuk-gunung-budaya-menekan-erosi-dan-memuliakan-tanah>
- Sutton, M. A., & Bleeker, A. (2013). Environmental science: The shape of nitrogen to come. *Nature*, 494, 435–437. <https://doi.org/10.1038/nature11954>
- Syahputra, A., Asyiah, I. N., & Iqbal, M. (2019). Studi etnologi pengendalian hama dan penyakit tanaman pada masyarakat Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Dalam *Prosiding seminar nasional masyarakat biodiversitas Indonesia volume 5 nomor 3* (438–443).
- Timmermann, A. (2001). Changes of ENSO stability due to greenhouse warming. *Geophysical Research Letter*, 28(10), 2061–2064.

- Timmermann, A., Oberhuber, J., Bacher, A., Esch, M., Latif, M., & Roeckner, E. (1999). Increased El Nino frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature*, 398, 694–697.
- Widjaja-Adhi, I. P. (1995). *Pengelolaan tanah dan air dalam pengembangan sumber daya lahan rawa untuk usaha tani berkelanjutan dan berwawasan lingkungan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Windia, W., Pusposutardjo, S., Sutawan, N., Sudira, P., & Arif, S. S. (2005). Sistem irigasi subak dengan landasan Tri Hita Karana (THK) sebagai teknologi sepadan dalam pertanian beririgasi. *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 5(3), 43939. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/soca/article/view/4095>
- Yulia, E., Widiyanti, F., & Kurniawan, W. (2018). Pengendalian penyakit tanaman padi dan sayuran dengan ekstrak binahong di Desa Pasirbiru, Kecamatan Rancakalong, Kabupaten Sumedang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(7).