

5

ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM DI LAHAN RAWA LEBAK UNTUK TANAMAN PANGAN

Eni Maftu'ah, Wahida Annisa Yusuf, dan Siti Nurzakiah
Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

Ringkasan

Fenomena perubahan iklim sudah terjadi dan saat ini sedang berlangsung sampai waktu yang akan datang. Perubahan iklim terjadi akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) terutama CO₂, sehingga menyebabkan peningkatan suhu udara secara global. perubahan pola hujan, peningkatan muka air laut, dan meningkatnya kejadian iklim ekstrim seperti *El-Nino* dan *La- Nina*. Perubahan iklim di lahan rawa lebak menimbulkan dampak positif dan negatif. *El Nino* dapat berdampak positif terhadap luas areal tanam di lahan rawa lebak (terutama lebak tengahan dan dalam), namun pada lebak dangkal dapat menyebabkan kekeringan, serta meningkatkan kerentanan terhadap kebakaran lahan. Teknologi adaptasi menghadapi perubahan iklim di lahan rawa lebak antara lain melalui pengaturan air sistem tabat bertingkat, pemanfaatan Kalender Tanam Rawa (Ketam Rawa), penataan lahan sistem surjan, pengelolaan lahan tanpa bakar, sistem pertanian terpadu, serta sistem mina padi. Tindakan adaptasi mengarah pada usaha meminimalisasi risiko akibat iklim, untuk meningkatkan resiliensi dan mengurangi kerentanan terhadap kondisi iklim yang tidak kondusif.

Kebijakan dan program adaptasi dan mitigasi secara sinergis akan menentukan keberhasilan serta sekaligus upaya untuk meminimalkan penyebab perubahan iklim. Arah pengembangan lahan rawa lebak untuk pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim harus memperhatikan kaidah kesesuaian lahan (zonasi) yaitu pada areal pengembangan pertanian (zona budidaya), dan zone konservasi diperlukan untuk menjaga keseimbangan sumberdaya alam dan lingkungan.

I. Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan salah satu isu penting dalam pembangunan pertanian saat ini. Perubahan iklim adalah kondisi beberapa unsur iklim yang magnitude dan atau intensitasnya cenderung berubah atau menyimpang dari dinamika dan kondisi rata-rata menuju ke arah (trend) tertentu (Las, 2011). Fenomena perubahan iklim sudah terjadi dan saat ini sedang berlangsung sampai waktu yang akan datang. Indikator terjadinya perubahan iklim antara lain; meningkatnya temperatur, meningkatnya muka air laut, terjadinya pergeseran pola curah hujan dan semakin sering terjadi iklim ekstrim seperti kekeringan, banjir, topan dan badai.

Perubahan iklim terjadi akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) terutama CO_2 , sehingga menyebabkan peningkatan suhu udara dan diprediksi pada tahun 2100 peningkatan suhu mencapai 3-7% jika tidak ada upaya mitigasi (IPCC, 2007; Schlesinger and Roberts, 2009). Saat ini dampak perubahan iklim telah dapat dirasakan, diantaranya terjadinya peningkatan suhu udara, perubahan pola hujan, peningkatan muka air laut, dan meningkatnya kejadian iklim ekstrim seperti *El-Nino* dan *La-Nina* (Badan Litbang Pertanian, 2011). Perubahan iklim akan berdampak terhadap pergeseran musim, yaitu musim hujan semakin singkat namun curah hujannya tinggi, sehingga selain menyebabkan kekeringan juga banjir pada waktu musim hujan (Sahu *et al*, 2010; Ashok and Saji, 2007).

Pengaruh perubahan iklim untuk sektor pertanian sangat terasa bila dibandingkan sektor yang lainnya. Dampak perubahan iklim global terhadap sektor pertanian dibedakan atas dampak yang bersifat (1) kontinu kenaikan suhu udara, perubahan pola hujan, kenaikan salinitas air tanah pada daerah dekat pantai, (2) dampak diskontinu diantaranya meningkatnya gagal panen akibat perubahan iklim, (3) dampak permanen yaitu berkurangnya

luas kawasan pertanian (Boer *et al.*, 2011). Variabilitas iklim yang ekstrim, sehingga menurunkan produksi padi baik akibat menurunnya luas tanam maupun produktivitas lahan. Dampak negatif nyata dari perubahan iklim untuk pertanian adalah serangan organisme pengganggu (OPT) yang semakin meningkat (Haryono, 2013), salinitas akibat naiknya permukaan air laut (Faqih dan Boer, 2013), meningkatnya emisi CO₂ akibat kebakaran lahan dan drainase berlebihan (*over drainage*) terutama pada lahan gambut (Dariah *et al.*, 2013).

Salah satu lahan yang sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim adalah lahan rawa lebak. Lahan lebak di Indonesia mencapai 13,28 juta hektar yang tersebar di Sumatera sekitar 2,79 juta hektar, Kalimantan 3,58 juta hektar, Papua 6,31 juta hektar, dan Sulawesi 0,61 juta hektar (Nugroho *et al.* 1992). Luas lahan rawa lebak yang telah dibuka dan berpotensi untuk pertanian diperkirakan sekitar 1,43 juta ha, tersebar di Kalimantan Timur seluas 509.426 ha, Sumatera Selatan 368.685 ha, Riau 211.587 ha, Kalimantan Selatan 208.893 ha, dan Lampung 126.465 ha (Alkasuma *et al.* 2003; Arifin *et al.*, 2005).

Perubahan iklim di lahan rawa lebak menimbulkan dampak positif dan negatif. *El Nino* dapat berdampak positif terhadap luas areal tanam di lahan rawa lebak (terutama lebak tengahan dan dalam). Pada kondisi iklim normal, lahan rawa lebak dalam tidak dapat ditanami padi. Namun, pada kondisi *El Nino*, memungkinkan untuk perluasan areal tanam dan peningkatan indeks pertanaman (IP) padi di lahan rawa lebak dangkal, dengan semakin surutnya lebak dalam. Pada lebak tengahan umumnya satu kali tanam untuk padi/palawija/hortikultura, dengan adanya *El Nino* meningkat luasnya dari 16.223 ha menjadi 23.958 ha dan pada lebak dalam, 1x tanam padi/palawija/hortikultura meningkat dari 1.258 ha menjadi 6.024 ha. Pada kondisi *La Nina*, luas areal tanam menurun, baik pada lebak tengahan maupun dangkal (Nursyamsi *et al.*, 2014).

Berbagai komoditi tanaman dapat tumbuh di lahan rawa lebak, baik tanaman semusim maupun tanaman tahunan. Pengembangan lahan lebak untuk usaha pertanian umumnya dihadapkan pada masalah rejim air dan fluktuasi air yang seringkali sulit diduga, hidrotopografi lahan beragam dan umumnya belum ditata baik, banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau terutama di lahan lebak dangkal, dan sebagian lahannya bertanah gambut. Masalah rejim air dan fluktuasi air yang sulit diprediksi diperparah dengan terjadinya perubahan iklim.

Perubahan kondisi alami lahan rawa lebak akibat perubahan iklim memerlukan upaya adaptasi. Adaptasi perubahan iklim adalah kemampuan suatu sistem (termasuk ekosistem, sosial ekonomi, dan kelembagaan) untuk menyesuaikan dengan dampak perubahan iklim, mengurangi kerusakan, memanfaatkan kesempatan, dan mengatasi konsekuensinya (IPCC, 2007). Langkah adaptasi dalam menghadapi perubahan iklim di lahan lebak antara lain: pengelolaan air, penggunaan varietas toleran (rendaman, kekeringan, tahan organism penganggu tanaman), varietas umur genjah, diversifikasi tanaman dan pangan.

II. Karakteristik Lahan Rawa Lebak

Lahan rawa lebak, menurut terminologi landform adalah *backswamp* atau rawa belakang. Lahan rawa lebak merupakan rawa non pasang surut yang sumber airnya berasal dari curah hujan, baik curah hujan setempat maupun curah hujan kawasan hulu, sehingga ketinggian muka air dipengaruhi oleh curah hujan tersebut. Bentuk *landscape* kawasan rawa lebak umumnya seperti cekungan (mangkuk), sehingga dalam waktu yang sama terjadi variasi ketinggian genangan, antara kawasan pinggir sampai ke tengah cekungan tersebut. Kedua kondisi ini menyebabkan terjadinya variasi ketinggian genangan dan lama genangan (Nursyamsi *et al.*, 2014).

Lahan rawa lebak dibagi dalam 3 (tiga) tipe yaitu : (1) lebak dangkal, (2) tengahan, dan (3) dalam atau sangat dalam (Subagyo, 2006). Lebak dangkal yaitu kawasan yang mempunyai tinggi genangan antara 25-50 cm dengan lama genangan minimal 3 bulan dalam setahun. Wilayahnya merupakan wilayah yang hidrotopografinya paling tinggi dan terletak paling dekat dengan tanggul sungai. Lebak tengahan yaitu kawasan yang mempunyai tinggi genangan antara 50-100 cm dengan lama genangan 3-6 bulan dalam setahun. Wilayah ini mempunyai hidrotografi lebih rendah dari lebak dangkal dan merupakan wilayah antara lebak dangkal dengan lebak dalam. Lebak dalam, wilayah yang mempunyai tinggi genangan > 100 cm dengan lama genangan > 6 bulan dalam setahun. Perbedaan kondisi hidrotropogis tersebut menyebabkan perbedaan pengelolaan air. Masalah hidrologi di lahan lebak yang seringkali terjadi adalah laju kenaikan genangan air yang sukar diprediksi karena besarnya debit air yang dipengaruhi oleh curah hujan di kawasan hulu, hidrotopografi

lahannya beragam dan umumnya belum ditata dengan baik, sehingga seringkali banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau. Pengelolaan air merupakan kunci keberhasilan pemanfaatan lahan rawa lebak untuk pertanian.

Masalah yang sering dijumpai pada lahan rawa lebak ialah kondisi air yang fluktuatif, bergantung pada curah hujan atau luapan banjir hulu sungai, serta hidrotopografinya beragam dan umumnya belum ditata dengan baik. Dengan kondisi demikian, pengembangan rawa lebak untuk pertanian khususnya tanaman pangan dalam skala luas memerlukan penataan lahan dan jaringan tata air (Achmadi dan Las 2006; Noor 2007; Syahbuddin 2011). Pengendalian air di lahan rawa lebak mempengaruhi ketersediaan hara bagi tanaman. Reaksi kimia tanah di lahan lebak dipengaruhi oleh kondisi antara basah dan kering, sehingga menciptakan proses reduksi-oksidasi. Keadaan ini menimbulkan dinamika fisikokimia, geokimia dan biokimia di lahan lebak (Noor, 2007). Kondisi ini dapat menguntungkan dan dapat merugikan. Untuk itu penataan pengendalian air harus menghindari kerusakan secara ekologis.

Selain masalah fluktuasi air, kualitas air di kawasan rawa lebak juga beragam. Kualitas air dipengaruhi oleh sifat internal dan eksternal. Sifat internal yang mempengaruhi antara lain: (1) karakteristik hidrologi, (2) sumber daya hayati (gulma dan tumbuhan air lainnya), dan (3) sifat kimia dan kesuburan tanahnya (jenis tanah). Sifat eksternal yang mempengaruhi antara lain: (1) lingkungan fisik di bagian hulu dan setempat, dan (2) kegiatan manusia dalam pemanfaatan dan pengelolaannya (Nursyamsi *et al.*, 2014).

Selain masalah hidrologi, masalah biofisik lainnya dalam pengembangan lahan lebak untuk produksi pangan adalah kesuburan tanah relatif rendah dan beragam (Noor, 2007; Syahbuddin, 2011). Keberagaman kesuburan lahan lebak tergantung pada tipologi lahan dan jenis tanahnya. Lahan lebak dangkal umumnya mempunyai kesuburan tanah yang lebih baik karena adanya pengkayaan dari endapan lumpur yang terbawa luapan air sungai (Effendi *et al.*, 2014). Secara alami dan terus menerus, lahan lebak umumnya mendapat endapan lumpur dari daerah di atasnya terutama daerah pinggir sungai besar, sehingga walaupun kesuburan tanah umumnya tergolong sedang, tetapi keragamannya sangat tinggi antar wilayah ataupun antar lokasi (Ismail *et al.*, 1993; Ar-Riza dan Alihamsyah, 2005).

Jenis tanah di lahan lebak berupa tanah mineral dan gambut (Alihamsyah, 2005). Lahan lebak dengan jenis tanah mineral yang berasal dari endapan

sungai cukup potensial untuk budidaya tanaman pangan. Tanah mineral memiliki tekstur liat dengan tingkat kesuburan alami sedang hingga tinggi, pH 4-5, dan drainase terhambat sampai sedang (Effendi *et al.*, 2014). Lahan gambut adalah lahan yang memiliki lapisan tanah gambut, terbentuk dari bahan organik atau sisa-sisa pepohonan yang dapat berupa bahan jenuh air dengan kandungan karbon organik 12-18% atau bahan tidak jenuh air dengan kandungan karbon organik 20%. Berdasarkan ketebalan, lahan gambut di lahan rawa lebak bisa berupa lahan bergambut (ketebalan lapisan gambut 20-50 cm), gambut dangkal (50-100 cm), gambut sedang (100-200 cm), dan gambut dalam (200-300cm) (Achmadi dan Las 2006).

Masalah biologis yang umum ditemukan di lahan rawa adalah hama penyakit dan gulma, tikus, orong-orong, dan babi hutan merupakan hama utama tanaman di lahan rawa yang seringkali sulit dikendalikan dan menggagalkan produksi. Penyakit yang sering ditemukan adalah blas dan busuk pelepah khususnya pada padi. Gulma memiliki pertumbuhan yang sangat cepat sehingga seringkali menyulitkan kegiatan persiapan lahan, waktu yang diperlukan lebih lama dengan biaya besar. Gangguan hama tikus, wereng coklat dan penggerek batang yang seringkali menyebabkan kegagalan panen (Rochman *et al.*, 1991).

II. Perubahan Iklim dan Dampaknya di Lahan Rawa Lebak

Perubahan iklim saat ini disinyalir sebagai akibat dari pemanasan global. Peningkatan suhu global disebabkan akibat meningkatnya emisi gas rumah kaca terutama CO₂, CH₄ dan N₂O. Peningkatan GRK tersebut menyebabkan peningkatan suhu udara, dan diperkirakan pada tahun 2100 suhu udara dikhawatirkan meningkat menjadi 3-7% jika tidak ada langkah-langkah mitigasi (IPCC, 2007; Cline, 2008 dan Schlesinger *et al.*, 2009). Hasil kajian IPCC (2007) menunjukkan bahwa 11 dari 12 tahun terpanas sejak tahun 1850 terjadi dalam waktu kurun 12 tahun terakhir. Kenaikan temperatur total dari tahun 1850-1899 sampai dengan tahun 2001-2005 adalah 0,76°C. Muka air laut rata-rata global telah meningkat dengan laju rata-rata 1,8 mm per tahun dalam rentang waktu antara tahun 1961 sampai 2003. Kenaikan total muka air laut yang berhasil dicatat pada abad ke-20 diperkirakan 0,17 m.

Dampak dari pemanasan global mengakibatkan perubahan iklim dan kenaikan frekuensi maupun intensitas kejadian cuaca ekstrim. IPCC menyatakan bahwa pemanasan global dapat menyebabkan perubahan yang signifikan dalam sistem fisik dan biologis seperti peningkatan intensitas badai tropis, perubahan pola presipitasi, salinitas air laut, perubahan pola angin, masa reproduksi hewan dan tanaman, distribusi spesies dan ukuran populasi, frekuensi serangan hama dan wabah penyakit, serta mempengaruhi berbagai ekosistem yang terdapat di daerah dengan garis lintang yang tinggi (termasuk ekosistem di daerah Artik dan Antartika), lokasi yang tinggi, serta ekosistem pantai.

Perubahan iklim saat ini telah dirasakan dengan semakin sering terjadinya anomali iklim yaitu *El Nino* dan *La Nina* dengan durasi yang semakin panjang (IPCC, 2001). Gejala munculnya *El Nino* biasanya dicirikan dengan meningkatnya suhu muka laut di kawasan pasifik secara berkala dengan selang waktu tertentu dan meningkatnya tekanan di samudera pasifik (Fox, 2000; Nicholis and Beard, 2000; Word Meteorology Organization, 1999). Perubahan suhu tersebut berkorelasi dengan curah hujan, jika terjadi *El Nino* akan terjadi penurunan curah hujan dan sebaliknya jika terjadi *La Nina* (Yoshino *et al.*, 2000). Di daerah tropis *El Nino* dan *La Nina* menimbulkan pergeseran curah hujan, perubahan besaran curah hujan dan perubahan temperature (Irawan, 2013).

Dampak perubahan iklim dapat positif atau negatif, tergantung pada karakteristik perubahan iklim terjadi dan karakteristik tanaman pertanian yang diusahakan (Faqih dan Boer, 2013). Perubahan iklim merupakan salah satu penyebab produktivitas lahan tidak optimal. Selain menyebabkan kekeringan perubahan iklim juga menyebabkan curah hujan yang berlebihan sehingga menyebabkan banjir dan gagal panen. Tanaman pangan, paling rentan terhadap perubahan pola curah hujan, karena tanaman pangan umumnya merupakan tanaman semusim yang relatif sensitif terhadap cekaman (kelebihan dan kekurangan) air. Kerentanan tanaman pangan sangat berhubungan dengan sistem penggunaan lahan dan sifat tanah, pola tanam, teknologi pengelolaan tanah, air, tanaman, dan varietas (Las *et al.*, 2008).

Perubahan curah hujan akibat *El Nino* atau *La Nina* dapat menimbulkan pengaruh terhadap produktivitas lahan rawa lebak. Lahan rawa lebak sangat dipengaruhi oleh curah hujan baik intensitas maupun lamanya. Optimalisasi pemanfaatan lahan rawa lebak dalam kaitannya dengan perubahan iklim antara lain akibat fluktuasi air menyebabkan kekeringan dan banjir. Di

lahan rawa lebak *El Nino* dan *La Nina* dapat berdampak positif dan negatif terhadap luas areal tanam di lahan rawa lebak (terutama pada rawa lebak tengahan dan dalam). Pada kondisi normal lahan rawa lebak dalam tidak dapat ditanami padi, sedangkan pada kondisi *La Nina* lahan lebak dangkal berpeluang sebagai areal pertanaman padi dan peningkatan IP. Pengaruh *El Nino* di lahan rawa terhadap luas panen tanaman pangan tidak menimbulkan perbedaan dibandingkan kondisi normal, namun dengan adanya *La Nina* luas areal padi padi berkurang berkurang terutama pada lebak tengahan dan dalam. Perbedaan pengaruh perubahan iklim terhadap luas areal tanam padi/palawija/ hortikultura di lahan rawa lebak seperti disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Perubahan kondisi lahan lebak akibat perubahan iklim dari normal, *El Nino* dan *La Nina* (Sumber : Nursyamsi *et al.*, 2014).

Zona	Luas Lahan (ha)		
	Normal	<i>El- Nino</i>	<i>La- Nina</i>
1. Lebak dangkal IP 2 (padi/palawija/hortikultura)	2.809	2.809	364
2. Lebak dangkal IP 1 (padi/palawija/hortikultura)	3.090	3.090	2.445
3. Lebak tengahan IP 2 (padi/palawija/hortikultura)	5.471	5.471	-
4. Lebak tengahan IP 1 (padi/palawija/hortikultura)	16.223	23.958	-
5. Lebak tengahan. Perkebunan	18.955	18.955	18.955
6. Lebak tengahan. Semak belukar	7.734	-	-
7. Lebak dalam IP2	-	775	-
8. Lebak dalam IP 1	1.258	6.024	-
9. Lebak dalam perkebunan	1.773	1.773	1.773
10. Lebak dalam semak belukar	5.542	-	-
11. Gambut. Perkebunan	22.771	22.771	22.771
12. Konservasi	632	632	632
Jumlah	86.258	86.258	46.940

Pada lahan rawa lebak yang mempunyai lapisan atas gambut, kondisi *El Nino* menyebabkan kekeringan sehingga tanah mengalami *irreversible drying* yang dapat meningkatkan kerentanan terhadap kebakaran, serta meningkatkan emisi karbon (Dariah *et al.*, 2013). Penelitian Khodijah (2015), ketersediaan air sangat mempengaruhi produksi, luasan panen dan produktivitas lahan rawa. Peningkatan keberhasilan dalam pemanfaatan lahan rawa serta produktivitasnya perlu memperhatikan perubahan iklim yang telah berlangsung. Lahan rawa lebak juga mempunyai cadangan karbon yang besarnya tergantung pada jenis tanahnya (gambut/mineral) dan penggunaan lahan. Pada lahan gambut lebak di Desa Pulau Damar, Kalimantan Selatan dengan jenis penggunaan lahan

pakis-pakisan dan rumput mempunyai cadangan karbon di atas permukaan sebesar 34,02 ton C/ha, ketebalan gambut sekitar 72 – 481 cm dengan sisipan tanah mineral 17 -19 cm dengan ditanami padi cadangan karbonnya sebesar $929,61 \pm 185,18$ t/ha (Nurzakiah *et al.*, 2013).

Cadangan karbon di lahan rawa lebak, terutama di lahan gambut jika tidak dikelola dengan baik akan dapat teremisi dalam bentuk CO_2 maupun CH_4 . Berdasarkan penelitian Hadi (2006) emisi CO_2 di lahan rawa lebak Hulu Sungai Selatan, Kalimantan Selatan berkisar antara 1,241-3,126 g C/m/tahun, sedang emisi CH_4 mencapai 3,0-18,0 g/m/tahun. Lahan rawa lebak yang mempunyai lapisan atas gambut, sangat peka terhadap kekeringan terutama pada musim kering. Gambut dalam kondisi alami (tergenang/basah) bersifat hidrofilik dan mampu mengikat air hingga 20 kali berat keringnya (Stevenson, 1994).



Gambar 23. Cadangan karbon pada beberapa penggunaan lahan rawa lebak
Sumber; Nurzakiah, 2013

Kesalahan dalam pengelolaan lahan rawa lebak gambut menyebabkan terjadinya perubahan fungsi lahan dan peningkatan emisi GRK. Lahan rawa gambut dalam keadaan alami berfungsi sebagai gudang pemendaman (sink) karbon (C). Lahan gambut Indonesia menyimpan sekitar 46 GT atau sekitar 8% sampai 14% dari seluruh C yang ada di lahan gambut dunia (Murdiyarso *et al.*,

2004). Kesalahan dalam pengelolaan lahan gambut akan menyebabkan lahan gambut menjadi sumber utama emisi C, seperti yang sudah terjadi belakangan ini, khususnya saat terjadi kebakaran lahan gambut. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi peningkatan dan menyebabkan lahan gambut menjadi sumber emisi C adalah adanya pembalakan (*illegal logging*), perubahan tata guna hutan/lahan, konversi lahan menjadi lahan pertanian, drainase yang mengakibatkan penurunan muka air tanah, pengeringan dan kebakaran hutan dan lahan (Page *et al.*, 2002; Usup *et al.*, 2004).

Perubahan iklim juga dipicu adanya kebakaran lahan, termasuk kebakaran lahan gambut. Kebakaran lahan gambut selama kurun waktu 1997-2006 sekitar 1.400 juta ton/tahun atau sekitar 90% emisi yang terjadi di Indonesia (Wibowo, 2009). Faktor penyebab kebakaran lahan gambut bersifat multidimensi antara lain; alam, keadaan biofisik lahan, status lahan, konflik dan alasan pemakaran lahan (Maas, 2016). Keadaan biofisik lahan yang mempengaruhi antara lain; jenis gambut, tingkat kematangan, posisi lahan (tanggul, kaki kubah, kubah), sistem kanalisasi dan penggunaan lahan.

Selain mempengaruhi produktivitas lahan, perubahan iklim juga mempengaruhi variabilitas produksi baik antar waktu maupun antar tempat. Salah satu akibat terjadinya perubahan iklim adalah terjadinya deviasi produksi antara produksi yang diharapkan dengan produksi actual yang semakin besar (Yoshino *et al.*, 2000). Kejadian *La Nina* di lahan rawa lebak berpengaruh negative terhadap beberapa tanaman hortikultura antara lain cabe, bawang merah, semangka. Curah hujan yang tinggi menurunkan produksi cabe (Maulidah *et al.*, 2012), selain itu pada kondisi *La Nina* intensitas serangan terhadap hama dan penyakit juga meningkat.

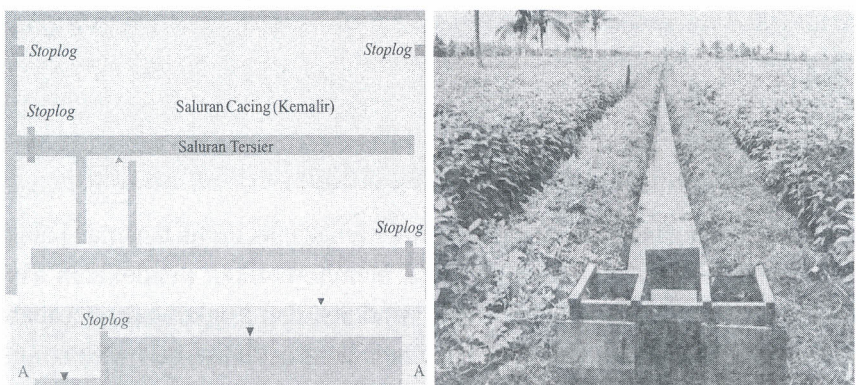
III. Teknologi Adaptasi dalam Menghadapi Perubahan Iklim

Pengembangan pertanian di lahan rawa lebak baik untuk tanaman pangan, hortikultura maupun perkebunan perlu memperhatikan pendekatan aspek teknik yang memadukan untuk tujuan produksi dan lingkungan. Perubahan iklim merupakan isu lingkungan yang menjadi perhatian serius baik di tingkat regional, nasional maupun internasional. Lahan rawa lebak berfungsi ganda dalam ekosistem yaitu sebagai kawasan budidaya dan konservasi. Pengelolaan lahan rawa lebak yang tidak hati-hati akan menimbulkan permasalahan

lingkungan bukan hanya pada local (*in situ*) namun juga pada kawasan lain, bahkan bisa berdampak global. Pengelolaan lahan rawa lebak secara berkelanjutan dalam adaptasi terhadap perubahan iklim merupakan hal yang mendesak karena mempengaruhi produksi pangan nasional. Dalam upaya pengembangan teknologi pengelolaan tanaman pangan dan hortikultura yang adaptif untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim di lahan rawa telah dikembangkan beberapa inovasi yaitu:

1. Pengelolaan air

Lahan rawa lebak memiliki tipe genangan spesifik. Seringkali air datang dan sulit dikendalikan. Petani mempunyai kearifan lokal dalam mengendalikan air rawa lebak yaitu membuat saluran-saluran yang menjorok ke arah tengah rawa. Pada zaman dahulu oleh petani saluran tersebut hanya dimanfaatkan untuk sarana transportasi hasil pertanian, karena lokasi pertanian mereka bisa berada jauh dari jalan atau sungai besar. Kearifan lokal tersebut dapat ditingkatkan fungsi dan efektifitasnya, dengan inovasi teknologi *Tabat Bertingkat* (Nursyamsi *et al.*, 2014). Pembuatan tabat bertingkat dilakukan di sepanjang saluran dengan jarak antar tabat (50-100m). Dengan sistem tabat bertingkat air dalam saluran dapat dipertahankan, sehingga bisa berfungsi sebagai sarana transportasi hasil pertanian menggunakan perahu yang bergantian antar tabat, dan sekaligus berfungsi mempertahankan lensa tanah di wilayah sekitar saluran.



Gambar 24. Ilustrasi sistem tabat (A) dan tipe stoplog (B) untuk sistem tabat

Teknologi pengelolaan air skala mikro (petakan petani) sangat tergantung pada tipe lebak, kondisi musim dan jenis tanaman yang diusahakan. Distribusi air dalam petakan sawah dapat melalui pembuatan saluran dengan dimensi lebar 20-30 cm dan kedalaman 20-30 cm. Selain itu umumnya petani menggunakan pompa untuk mengambil air dari sungai/sumber lainnya. Pada lebak dangkal, terutama pada saat musim kemarau perlu diupayakan mempertahankan kelembaban tanah (*soil moisture*) melalui teknologi mulsa dan irigasi tetes. Pengelolaan air mikro dan kadar lengas tanah di lahan lebak dapat dilakukan melalui : (1) pembuatan saluran atau parit dan pengaturan air didalam saluran, (2) pembuatan saluran cacing atau kemalir di petakan lahan, (3) pemberian air ke tanaman pada musim kemarau, dan (4) pemberian mulsa di petakan lahan.

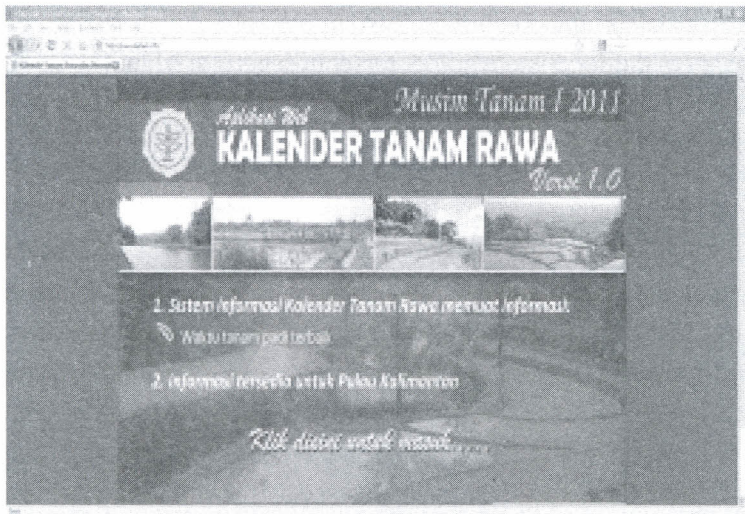
Teknologi pengelolaan air makro dalam skala luas (5.000-10.000 ha) pada lahan rawa lebak memerlukan tanggul keliling dan pompa-pompa air yang berfungsi mengeluarkan dan memasukan air untuk mempertahankan muka air sesuai dengan keperluan. Sistem pengelolaan air secara makro ini disebut sistem polder. Sistem polder tersebut seperti di Alabio yang dibangun sejak tahun 1950 pada kawasan lahan rawa lebak DAS Nagara (6.000 ha) belum sepenuhnya berhasil.

2. Pemanfaatan kalender tanam

pengelolaan lahan di lahan rawa sangat tergantung pada kondisi musim. Umumnya lahan rawa lebak terutama lahan lebak tengahan dan dalam hanya ditanami satu kali setahun. Seperti dilaporkan oleh Wakhid dan Syahbuddin (2013) bahwa indeks pertanaman lebih dari 90% pola tanam di lahan rawa lebak masih dilakukan satu kali dalam satu tahun. Peningkatan produktivitas lahan dapat dilakukan melalui ekstensifikasi dan intensifikasi lahan. Penentuan waktu tanam menjadi penting untuk menghindari kegagalan usaha tani. Katam Rawa adalah inovasi teknologi Badan Litbang Pertanian yang dapat memberikan rekomendasi waktu tanam yang tepat di tengah perubahan iklim yang tidak menentu merupakan kunci untuk meningkatkan indeks pertanaman sekaligus produksi padi setiap tahunnya. Pola realisasi tanam di lahan rawa mengalami pergeseran ketika terjadi *El Nino* maupun *La Nina*. Peningkatan produksi karena peningkatan IP tentu saja akan diikuti oleh peningkatan pendapatan petani. Selain itu, katam rawa juga dapat memberikan rekomendasi

penggunaan varietas padi yang sesuai dan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi.

Salah satu upaya menyikapi perubahan iklim melalui informasi kalender tanam untuk memperoleh informasi terutama saat waktu tanam dan pola tanam. Katam Rawa merupakan suatu aplikasi yang terdiri dari peta dan kumpulan data yang menggambarkan potensi pola tanam untuk tanaman pangan berdasarkan dinamika sumber daya iklim dan air. Katam Rawa juga memuat rekomendasi varietas adaptif di lahan rawa, seperti toleran terhadap rendaman, kekeringan, salinitas (garam), serta toleran terhadap hama penyakit di lahan rawa. Aplikasi ini dapat dijadikan panduan operasional bagi penyuluh dan petani dalam menjalankan usaha taninya secara berkelanjutan. Penyesuaian waktu dan pola tanam merupakan pendekatan adaptasi yang strategis untuk mengurangi serta menghindari dampak perubahan iklim akibat pergeseran musim dan perubahan pola curah hujan.



Gambar 25. Kalender tanam rawa (Katam Rawa)

Pemanfaatan Katam Rawa memberikan keuntungan antara lain: (1) dapat mengestimasi waktu dan luas tanam padi di lahan rawa, (2) dapat memberikan informasi rekomendasi dan kebutuhan benih, (3) dapat memberikan informasi rekomendasi dan kebutuhan pupuk, (4) dapat memprediksi wilayah rawan banjir, kekeringan, dan serangan OPT di lahan rawa, (5) mudah di akses dan tersedia di website Badan Litbang Pertanian.

3. Penyiapan lahan tanpa bakar

Teknik untuk pencegahan kebakaran lahan antara lain melalui sistem penyiapan lahan tanpa bakar (PLTB). Teknik pengelolaan lahan dengan sistem penyiapan lahan tanpa bakar yang telah dilaksanakan oleh perusahaan meliputi:

- a. Persiapan meliputi; pemilihan jenis tanaman pokok, penataan batas blok, batas petak, pembukaan jaringan jalan, dan penyiapan sarana dan prasarana,
- b. Penebasan/penebangan dilakukan pada musim kemarau. Penebasan meliputi; penebasan semak/pohon kecil, penebangan pohon besar, pengeluaran kayu, tunggak dibongkar atau dibusukkan.
- c. Pembersihan manual, mekanis, kimiawi; pembersihan lahan meliputi; pembersihan secara total, jalur, spot-spot, pengumpulan seresah/sisa tanaman dan limbah dapat dimanfaatkan sebagai bahan kompos maupun mulsa.
- d. Pengolahan tanah berupa pembajakan yang dilakukan pada akhir musim kemarau dan dilanjutkan dengan penggaruan 2 minggu setelah pembajakan;
- e. Konservasi lahan dan pencegahan kebakaran lahan melalui pembuatan guludan, pengadaan sarana dan prasarana pencegahan kebakaran, pembuatan sekat bakar, dan penyiapan regu pemadam kebakaran (Hendromono *et al.*, 2007).

Teknologi Penyiapan Lahan Tanpa Bakar (PLTB) di tingkat petani umumnya dilakukan secara manual karena kepemilikan lahan yang sempit. Langkah PLTB tersebut antara lain; pembuatan batas lahan, penebasan, pembersihan lahan dengan mekanik maupun dengan herbisida, pengumpulan seresah/gulma, pengomposan, pembuatan arang (*biochar*) dari sisa tunggul dengan terkendali.

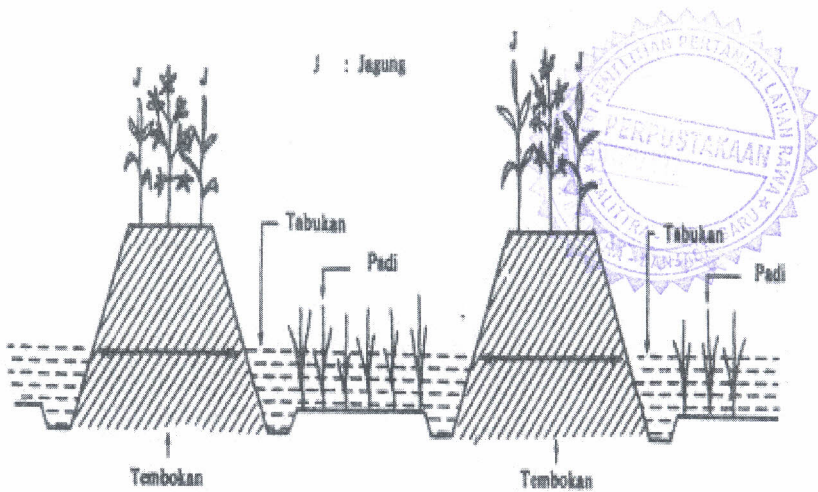
Penyiapan lahan tanpa bakar memberikan dampak positif antara lain: (1) tidak menimbulkan polusi udara (asap), (2) menurunkan emisi gas rumah kaca (terutama CO₂) yang berdampak negatif terhadap perubahan iklim, dan berpengaruh terhadap stabilitas ekosistem, aktifitas transportasi, komunikasi, dan kesehatan manusia; (3) memperbaiki bahan organik tanah, kadar air dan kesuburan tanah terutama di areal yang sudah pernah ditanami sehingga menurunkan kebutuhan pupuk organik; (4) menjamin kesinambungan secara

ekonomi dan ekologi; (5) mengantisipasi kemungkinan terjadinya kekeringan yang dapat berdampak langsung kepada penurunan produksi tanaman, dan (6) memulihkan kualitas lingkungan yang berbasis pembangunan berkelanjutan.

4. Penataan lahan sistem surjan

lahan rawa memerlukan penataan lahan yang spesifik agar lahan dapat dimanfaatkan secara optimal. Lahan rawa lebak umumnya hanya ditanami padi. Berkembangnya teknologi pengelolaan air sangat memungkinkan untuk usaha pertanian non padi di lahan rawa lebak. Teknologi penataan lahan diperlukan untuk optimalisasi lahan rawa lebak dan diversifikasi tanaman. Dalam melakukan penataan lahan perlu diperhatikan hubungan antara tipologi lahan, jenis tanah dan pola pemanfaatannya.

Pemanfaatan lahan di rawa lebak terdiri dari tiga sistem yaitu; 1) sistem sawah, 2) sistem tukungan dan 3) sistem surjan (Nursyamsi *et al.*, 2014). Sistem surjan di lahan rawa lebak dapat meningkatkan optimalisasi lahan, diversifikasi pertanian, dan menurunkan risiko kegagalan dalam usaha tani. Sistem surjan ini juga banyak diterapkan oleh petani Malaysia, Thailand dan Vietnam dalam pemanfaatan lahan rawa untuk pertanian (Noor, 2004). Sistem surjan secara ekologi dapat digunakan untuk menciptakan kondisi lingkungan rawa yang secara alami tidak sesuai untuk tanaman lahan kering (*dryland crop*) sehingga dapat dimanfaatkan untuk usaha pertanian tanaman lahan kering. Upaya tersebut dapat mengurangi dampak lingkungan, karena lahan rawa tidak perlu didrainase untuk dapat dimanfaatkan sebagai areal pertanaman lahan kering. Perspektif ekonomi dalam kaitannya dengan pengembangan sumber daya ekonomi, yaitu dengan surjan maka lahan dapat dioptimalkan dengan intensitas pertanaman dan atau diversifikasi komoditas.



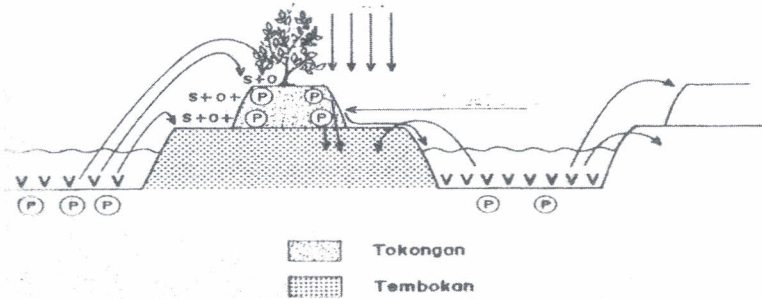
Gambar 26. Sistem surjan untuk optimalisasi lahan rawa lebak



Gambar 27. Model surjan di lahan rawa lebak untuk diversifikasi tanaman

Pertanian di lahan rawa lebak seringkali menemui kegagalan dan kerugian, karena hanya menitikberatkan pada satu komoditas misalnya padi. Fluktuasi air yang susah diprediksi menyebabkan seringnya kegagalan dalam berusaha tani di lahan rawa lebak. Sistem surjan merupakan alternatif untuk mengurangi kegagalan panen sekaligus untuk meningkatkan diversifikasi tanaman. Ada beberapa tipe surjan yang dikembangkan oleh petani yaitu; Model surjan dengan tukang ini terdiri atas (1) bagian bawah disebut sawah (*sunken bed*), (2) bagian atas yang disebut tembokan atau surjan (*raised bed*) dan (3) bagian tukang (*stupa*) yang berada di atas surjan. Sistem surjan diartikan keseluruhan yaitu bagian sawah dan surjan serta faktor-faktor lain

yang mengikutinya baik fisik, sosial ekonomi, budaya (persepsi), maupun ekologi (lingkungan hidup).



Gambar 28. Model surjan dengan tukangon di atasnya (Sumber: Balitbangtan, 1983)

Pada model surjan dengan tukangon (Gambar 28) ini umumnya komoditas yang dikembangkan adalah tanaman tahunan seperti jeruk, rambutan, ketapi, atau mangga rawa. Model surjan dengan tukangon ini berkembang karena genangan atau muka air cukup tinggi sehingga tanaman harus ditempatkan di atas surjan yang lebih tinggi yaitu dengan dibuatnya tukangon. Tipologi lahan rawa lebak yang mempunyai ketinggian genangan antara 100 -200 cm atau tipologi rawa lebak tengahan cocok untuk model tukangon di atas surjan.

5. Penggunaan varietas toleran dan adaptif

Perubahan iklim di lahan rawa lebak menyebabkan perubahan pola genangan baik waktu genangan maupun tinggi genangan. Upaya adaptasi yang tak kalah penting adalah pemilihan varietas unggul yang sesuai. Varietas toleran dan adaptif sangat diperlukan untuk optimalisasi lahan terkait perubahan iklim di lahan rawa lebak. Umumnya lahan rawa lebak diusahakan untuk tanaman padi kemudian jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau dan umbi-umbian.

Varietas padi yang adaptif terhadap kekeringan dan banjir/rendaman dan berpotensi hasil cukup tinggi sudah banyak dikembangkan, namun petani di lahan rawa lebak Kalsel umumnya masih menggunakan varietas lama yaitu

Ciherang dan Mekongga. Beberapa varietas padi yang bisa digunakan untuk adaptasi terhadap perubahan iklim, seperti pada Tabel 17. Produktivitas padi tersebut di lahan lebak berkisar antara 4,5 -5,5 t/ha.

Tabel 17. Varietas padi toleran genangan dan kekeringan yang dapat dikembangkan di lahan rawa lebak

Nama varietas	Umur panen	Hasil (t/ha)	Potensi hasil (t/ha)	Ketahanan cekaman	Ketahanan HPT			
					WC	HD	Blas	Tungro
Inpara 3	127	4,6	5,6	Genangan	AR3-	R	T	
Inpara 4	135	4,7	5,6	Genangan				
Inpara 5	115	4,5	7,2	Genangan	AR3-	T4,8-		
Inpara 8	115	4,7	6	Genangan	AR1,2-R3-	T3-AT4,8-	AT	
Ciherang sub1-	111		9,6	Genangan	AR1,2-R3-	AR3-R4,8-		
Mekongga	125-116	5,5-4,5	6	Genangan	AP2,3-	AP4-		
Inpari 29	110		9,5	Genangan	AT1- R2,3-	AR2-R4,8-		
Inpari 18	102		9,5	Kekeringan				
Inpari 19	104		9,5	Kekeringan	T1,2- AT3-AT1-	T3- AT4- R7-		
Inpari 20	104		8,8	Kekeringan	AR2,3-	T3-	AT	R
Inpago 4	124		6,1	Kekeringan			T	
Inpago 5	118		6,2	Kekeringan			T	
Inpago 6	113		5,8	Kekeringan			T	
Inpago 8	119		8,1	Kekeringan			T	
Inpago lipigo 4	113		7,1	Kekeringan			AT	

Keterangan: WC = Wereng coklat, HW= Hawar daun, BC = Bercak coklat; T = Tahan, AT = agak tahan; AP = agak peka; P = Peka, Biotipe 1, 2, 3;

Sumber: Balittra (2012); Setyanto et al., 2013, BBPadi, 2016

Beberapa varietas palawija yang cocok di lahan rawa lebak seperti pada Tabel 18, sedangkan beberapa varietas tanaman hortikultura yang adaptif di lahan rawa disajikan pada Tabel 19. Tanaman palawija yang umum di lahan rawa lebak adalah kedelai, jagung dan kacang tanah, sedangkan hortikultura adalah semangka, waluh dan terong.

Tabel 18. Jenis palawija yang cocok di lahan rawa lebak

Jenis Tanaman	Varietas	Hasil (t/ha)
Kedelai	Grobokan, Grayak, Anjasmoro, Lawit, Menyapa	5,0-1,38
Jagung	Sukmaraga	5 -3,9 t/ha
Kacang tanah	Gajah	3,5 – 1,8

Sumber: Alihamsyah (2005), Balittra, 2011

Tabel 19. Jenis dan varietas tanaman hortikultura yang adaptif di lahan rawa

Jenis Tanaman	Nama Varietas
Tomat	Intan, Permata, Berlian, Mirah, dan Ratna
Cabai	Tanjung2-, Barito, Bengkulu, Tampar, Keriting, Rawit Hijau
Terong	Mustang, Ungu panjang, dan Kopek ungu
Kubis	KK Cross, KY Cross, dan Grand 33
Kacang Panjang	Pontianak, KP1-, dan KP2-
Buncis	Horti1-, Horti2-, Prosector, Farmer earth, dan Green leaf
Mentimun	Saturnus, Mars dan Pluto
Bawang Merah	Bima dan Ampenan, Bima Brebes, Sembrani
Sawi	Sangihe, Talaud, Tosahan, Putih jabung, Sawi Hijau
Kangkung	LP1-, LP2- dan Sutera
Semangka	New dragon dan Sugar baby
Melon	Action dan Glamor

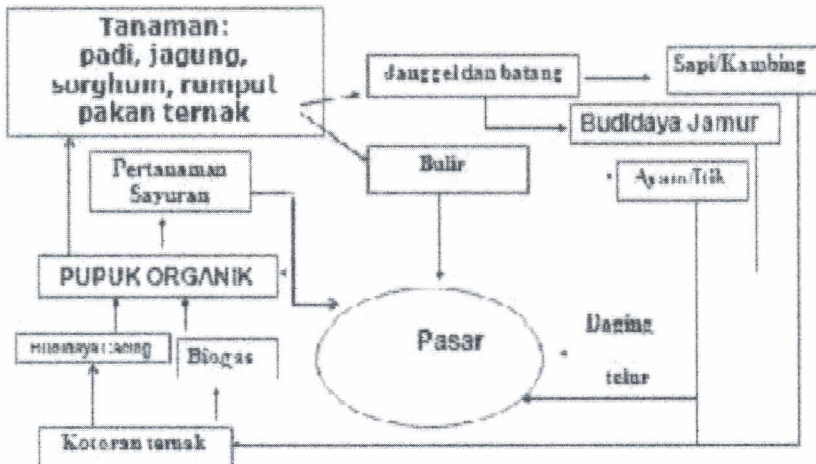
Sumber; Noor et al.(2016)

6. Sistem Pertanian Terpadu

Sistem pertanian terpadu dapat didekati dengan Sistem Pertanian Efisien Karbon atau CEF (*Carbon Efficient Farming*). Sistem pertanian terpadu merupakan sistem usaha tani yang memadukan berbagai inovasi teknologi, sehingga bisa lebih beradaptasi terhadap perubahan iklim dan dapat meningkatkan sekuestrasi karbon secara optimal, dengan mempertimbangkan aspek yang spesifik lokasi. Salah satu ciri utama sistem pertanian efisiensi karbon adalah *zero waste* (Rochayati dan Dariah, 2012).

Sistem pertanian terpadu di lahan rawa lebak dapat dapat menerapkan *zero waste* dengan cara semua limbah organik yang dihasilkan dari aktivitas usaha tani (tanaman-ternak) dapat dimanfaatkan guna meningkatkan produktivitas lahan, dan menekan emisi. Penerapan sistem pertanian *zero waste* akan dapat mempertahankan siklus karbon dan unsur hara dari tanah-tanaman-ternak dikembalikan ke tanah, sehingga kearifan lingkungan dan sumberdaya alam dapat dipertahankan.

Sistem pertanian terpadu agar bisa berkelanjutan, harus mempertimbangkan aspek ekonomi selain aspek ekologis dan sosial. Peningkatan pendapatan petani menjadi prioritas, yang dapat diusahakan melalui (1) keuntungan dari ternak dengan pakan yang relative terjamin, (2) peningkatan produktivitas tanaman, melalui perbaikan kesuburan lahan akibat dari pemberian bahan pembenah tanah dari pupuk kandang maupun dari limbah pertanian, (3) biogas dapat digunakan sebagai sumber energy terbarukan, (4) peningkatan IP sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani (Daria *et al.*, 2013).



Gambar 29. Bagan alir sistem pertanian terpadu berbasis tanaman tangan – ternak (Munandar *et al.*, 2014).

Sistem pertanian terpadu melalui pengembalian bahan organik ke lahan selain meningkatkan produktivitas lahan, juga meningkatkan penambahan C dalam tanah. Seperti hasil penelitian Munandar *et al.* (2014) bahwa sistem pertanian terpadu mampu meningkatkan kandungan karbon tanah dari 2,04% atau setara CO_2 tertambat 40,80 t/ha, menjadi 3,32 atau setara 66,40 t/ha pada tahun ke 6 aplikasi. Sistem tersebut dapat memperlambat konversi karbon menjadi gas CO_2 atmosfer. Instalasi biogas serta modifikasi ransum pakan pada ternak sapi merupakan teknologi yang efektif dalam menurunkan emisi CH_4 pada kegiatan ternak sapi. Karakteristik sistem terpadu tersebut sinergi daur ulang yang memanfaatkan limbah, pengembalian limbah ke lahan pertanian, sistem pertanian tanpa limbah dengan menginstalasi fasilitas biodigester yang menghasilkan biogas (Mae Won Ho, 2006).

7. Teknologi mina padi

teknologi Mina padi sudah lama dikenal oleh masyarakat di Indonesia yaitu budidaya terpadu antara budidaya padi sawah dengan budidaya ikan. Teknologi tersebut dapat dimanfaatkan di lahan rawa lebak yang mempunyai sumber air cukup dan seringkali tergenang. Keuntungan dari sistem Mina padi antara lain meningkatkan produktivitas lahan, diversifikasi komodits, mengurangi hama dan penyakit tanaman pada tanaman padi terutama wereng coklat, meningkatkan pendapatan dan mengurangi risiko kegagalan usaha tani.



Gambar 30. Sistem mina padi berpeluang untuk diterapkan di lahan rawa lebak
(Foto: <https://www.google.co.id/search?q=sistem+mina+padi&espv>)

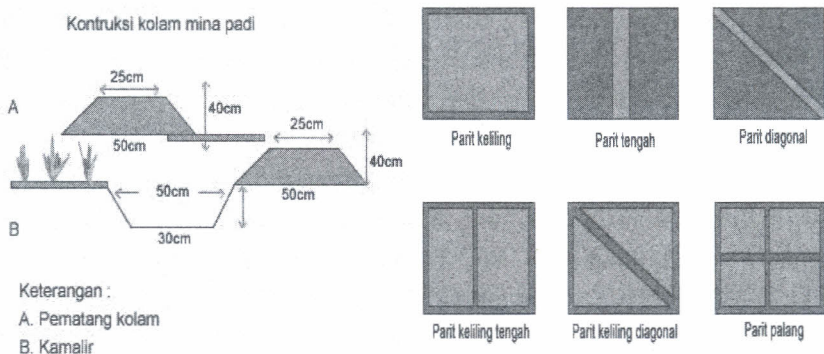
Prinsip utama yang harus diperhatikan dalam sistem Mina padi adalah ketepatan dalam pemilihan varietas padi dan jenis ikan. Varietas padi yang cocok untuk sistem Mina padi harus memiliki sifat antara lain:

1. Varietas padi yang memiliki perakaran dalam agar tanaman tidak muda rebah sehingga tidak menghambat pergerakan ikan,
2. Cepat dalam menghasilkan anakan agar terhindar dari keterlambatan pertumbuhan anakan akibat genangan air,
3. Memiliki batang yang kuat,
4. Daun tegak untuk mendapatkan banyak sinar matahari sehingga fotosintesis berjalan dengan baik
5. Tahan terhadap serangan hama dan penyakit (www.djpb.kkp.go.id)

Secara teknik untuk dapat menerapkan sistem Mina padi ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi antara lain;

1. Pematang keliling pada petakan sawah harus kuat dan dapat menahan air serta tidak bocor.
2. Lebar pematang sawahnya sekitar 30-50 cm dengan ketinggian 40-50 cm.
3. Untuk saluran pemasukan air dan pengeluaran air diberi saringan yang dibuat dari kawat kasa, bambu atau bahan lainnya untuk menghalangi ikan keluar dari lahan sawah.
4. Untuk pengaliran air dapat dibuat secara lurus atau menyudut pada diagonal lahan. (www.bibitikan.net/langkah-langkah-menerapkan-pola-mina-padi)

Model konstruksi pola mina padi terdiri dari pematang, sawah dan saluran kemalir, serta saluran masuk dan keluar seperti pada Gambar 31. Pematang harus cukup tinggi dan kuat untuk menahan air. Yaitu antara 25 – 40 cm, tergantung pada tinggi permukaan air. Lebar galengan bagian dasar tidak kurang dari 50 cm, sedangkan lebar galengan bagian atas cukup 25 cm saja. Pematang dibuat dari tanah yang dipadatkan dengan cara menginjaknya sampai terbentuk galengan yang sesuai dengan harapan.



Gambar 31. Model konstruksi kolam mina padi (www.perikananbojongsari.info)

Pembuatan selokan/kamalir dimaksudkan untuk melindungi ikan dari: (a) Serangan hama, seperti burung, ular ataupun musang air, (b) Bahaya kekeringan yang sering disebabkan oleh penguapan air yang tinggi, (c) Meningkatnya temperatur air karena panasnya sinar matahari. Kemalir ini dapat dibuat melintang atau sejajar dengan galengan. Lebar kamalir cukup 50 cm dengan kedalaman tidak kurang dari 30 cm. Selama pemeliharaan, air di dalam kamalir harus selalu dikontrol supaya tidak sampai kurang. Lebar

kamalir disesuaikan dengan luas petakan sawah yaitu sekitar 2-3% dari total luas petakan. Bentuk kamalir dapat dilihat pada gambar (10).

Pembuatan saluran pemasukan dan pengeluaran air bertujuan untuk mengatur tinggi permukaan air yang terdapat di petakan sawah agar tidak kekurangan atau berlebihan. Saluran pemasukan dan pembuangan air dapat dibuat dari pipa pralon yang ditanam pada pematang sawah. Saluran pengeluaran air yang dibuat sebaiknya dua buah, yaitu berfungsi untuk menguras air yang terdapat dalam kamalir sehingga akan mempermudah penangkapan ikan pada saat panen dilakukan. Sedangkan saluran pengeluaran yang lain berfungsi untuk mengatur tinggi air yang diinginkan. Saluran pemasukan air yang dibuat cukup satu saja dan harus terletak lebih tinggi dari pada saluran pengeluaran, agar air yang telah dialirkan tidak mengalir kembali ke luar. Untuk mencegah masuknya ikan-ikan liar atau sampah dan keluarnya ikan yang dipelihara, sebaiknya pada saluran pemasukan maupun pengeluaran dipasang saringan dari anyaman bambu atau kawat kasa.

Bak penampungan berguna untuk menampung ikan pada saat dilakukan panen sehingga ikan mudah ditangkap. Bak penampungan ini sebaiknya dibuat di sekitar saluran pengeluaran. Ukuran bak tergantung pada sawah yang tersedia sehingga dapat menampung semua ikan yang dipelihara. Bak penampungan harus lebih dalam daripada kamalir, sehingga pada saat kamalir kering bak ini masih terisi air untuk menampung ikan.

Setelah lahan tertata dilakukan pengolahan tanah yang dimaksudkan untuk menyediakan media yang baik bagi pertumbuhan tanaman padi maupun organisme makanan ikan. Tanah mula-mula dicangkul atau dibajak sampai kedalaman 20 cm, kemudian diairi agar tanah menjadi sedikit becek. Selanjutnya dilakukan penaburan pupuk urea secara merata ke seluruh permukaan tanah. Setelah benih padi ditanam, air dialirkan kembali sampai permukaan air mencapai ketinggian 20 cm, dan dibiarkan selama 4 -7 hari, untuk memberikan kesempatan kepada organisme makanan ikan untuk tumbuh. Setelah 4 -7 hari, benih ikan ditebarkan dengan kepadatan tertentu.

IV. Arah dan Strategi Adaptasi Perubahan Iklim

Perubahan iklim merupakan salah satu ancaman terhadap keberlanjutan ketahanan pangan. Sejak terjadinya perubahan iklim, peluang terjadinya

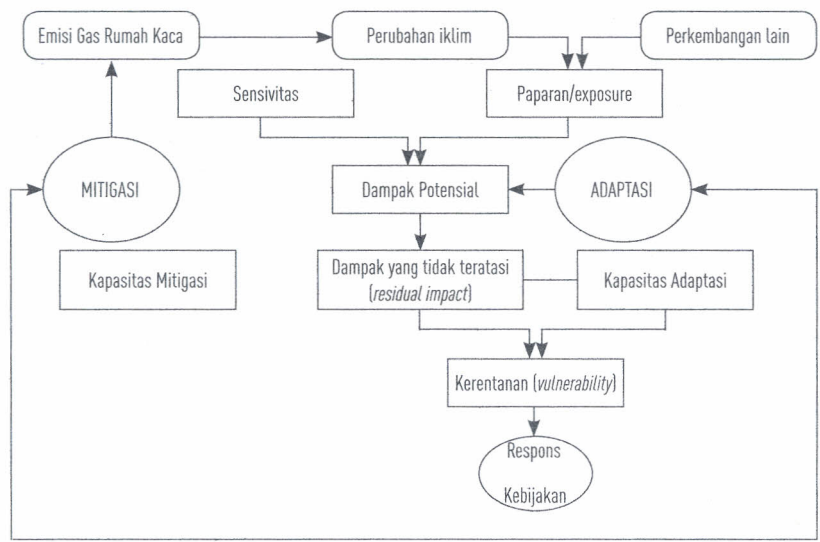
iklim ekstrim semakin meningkat. Dampak perubahan iklim menyebabkan perubahan pola curah hujan, ketidakpastian kejadian iklim, intensitas periode kekeringan (*El Nino*) atau kebasahan (*La Nina*) makin rapat, sehingga berimbas terhadap pergeseran awal dan akhir musim tanam serta berdampak negatif terhadap pola tanam dan produktivitas tanaman. Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian di lahan rawa lebak bersifat langsung maupun tidak langsung serta mencakup aspek biofisik maupun sosial ekonomi. Perubahan iklim tidak hanya berdampak negatif terhadap penyediaan pangan namun juga terhadap stabilitas sistem pangan dan akses penduduk terhadap pangan. Perubahan iklim dapat menyebabkan menurunnya produktivitas dan meningkatnya risiko gagal panen, mempengaruhi kuantitas dan kualitas ketersediaan pangan. Perubahan iklim juga mempengaruhi rantai pasok pangan karena kelancaran transportasi, komunikasi, prosesi dan penyimpanan hasil pertanian terganggu.

Perubahan iklim dapat diakibatkan langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia, yang dapat menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global, dan juga variabilitas iklim secara alamiah. Kaitan perubahan iklim dan dampaknya di lahan rawa mempunyai hubungan timbal balik, yaitu bisa menjadi penyebab perubahan iklim dan juga sekaligus menerima dampaknya. Lahan rawa rentan terhadap perubahan iklim karena ekosistem rawa sangat dipengaruhi oleh rezim air. Sebagian lahan rawa berupa lahan gambut yang kaya akan bahan organik, sehingga jika teremisi akan berpotensi besar sebagai penyumbang pemanasan global. Saat ini kebakaran lahan cukup signifikan sebagai penyumbang pemanasan global yaitu sekitar 25%, pertanian hanya sekitar 4%, perubahan tata guna lahan mencapai 38%; energi (transportasi) 21%, industri 3%, dan limbah 9% dengan jumlah total emisi GRK 1.792 juta ton CO₂^e per tahun (KLH, 2007). Menurut Agus (2014) sumber emisi GRK utama adalah (1) CO₂ dari deforestasi dan perubahan penggunaan lahan untuk pertanian (emisi dan sequestrasi); (2) CO₂ dari dekomposisi gambut; (3) CO₂ bahan organik tanah mineral dan kebakaran lahan gambut; (4) CH₄ dari lahan sawah; (5) N₂O dari pupuk N dan kotoran ternak, dan (6) CH₄ dari sendawa (*burb*) dan kotoran ternak. Perubahan iklim mempengaruhi sektor pertanian antara lain akibat dari pengaruh peningkatan CO₂, peningkatan rata-rata suhu atmosfer global, pengaruh perubahan pola hujan (presipitasi) meliputi perubahan sifat, meningkatnya frekuensi dan intensitas kejadian ekstrim, maupun variabilitas cuaca. Pengaruh peningkatan rata-rata suhu

global berbeda-beda tergantung besarnya kenaikan suhu rata-rata dan lokasi geografisnya.

Kebijakan dan program adaptasi dan mitigasi secara sinergis akan menentukan keberhasilan serta sekaligus upaya untuk meminimalkan penyebab perubahan iklim. Keperluan jangka pendek dan menengah strategi untuk mengurangi kerentanan dan membangun resiliensi terhadap perubahan iklim terletak pada kapasitas adaptasi (Sumaryanto, 2013). Kapasitas adaptasi mempengaruhi kerentanan perubahan iklim melalui jalur langsung dan tidak langsung. Jalur langsung melalui langkah “*coping strategies*” dalam mengatasi masalah yang terkait dengan kerentanan perubahan iklim, sedangkan jalur tidak langsung adalah mengurangi mekanisme pengurangan potensi dampak (Gambar 32).

Adaptasi perubahan iklim merupakan tindakan yang mengacu pada penyesuaian terhadap pengaruh yang timbul akibat kondisi iklim aktual yang diperkirakan akan terjadi agar mampu bertahan dan jika memungkinkan dapat memanfaatkan kesempatan untuk berkembang (Sumaryanto, 2013). Tindakan adaptasi mengarah pada usaha meminimalisasi risiko akibat iklim, untuk meningkatkan resiliensi dan mengurangi kerentanan terhadap kondisi iklim yang tidak kondusif (IPCC, 2001).



Gambar 32. Adaptasi perubahan iklim dalam konteks dinamis jangka panjang (Klein, 2009)

Adaptasi perubahan iklim berdasarkan sifatnya ada beberapa jenis antara lain; (1) adaptasi autonomus dan terencana, (2) reaktif dan antisipatif, (3) adaptasi individual dan kolektif.

1. Adaptasi autonomus: merupakan upaya adaptasi yang secara mandiri telah diterapkan oleh petani tanpa adanya intervensi dari pemerintah (Lasco *et al.*, 2011). Adaptasi terencana adalah adaptasi yang pengembangannya melibatkan kelembagaan dan kebijakan, sasarannya memperkuat kapasitas adaptasi autonomus (petani) melalui pemanfaatan teknologi baru maupun sarana/prasarana (Clements *et al.*, 2011).
2. Adaptasi reaktif; upaya penyesuaian yang dilakukan ketika dampak perubahan iklim telah dirasakan, sedangkan adaptasi antisipatif merupakan adaptasi yang sifatnya proaktif dan dilakukan sebelum dampak penuh perubahan iklim dirasakan (Dolan *et al.*, 2001).
3. Adaptasi individual merupakan cara-cara adaptasi yang dilakukan oleh perorangan (individu), sedangkan adaptasi masyarakat merupakan cara adaptasi yang secara normative maupun actual dilakukan oleh masyarakat atau komunitas. Adaptasi secara kolektif sangat menentukan adaptasi sector pertanian di Indonesia (Sumaryanto *et al.*, 2012).

Adaptasi terhadap perubahan iklim di lahan rawa lebak dapat mencakup ke tiga jenis adaptasi tersebut. Adaptasi akan lebih berhasil dan dirasakan dampaknya jika dilakukan secara terencana, proaktif dan bersifat kolektif. Lahan rawa lebak merupakan salah satu ekosistem yang sangat dipengaruhi oleh iklim global. Perubahan dan keragaman iklim menyebabkan meningkatnya suhu rata-rata, sehingga terjadi pergeseran siklus hidrologi dan berakibat semakin lamanya musim kemarau tetapi diikuti oleh semakin pendeknya musim hujan dan lebih intensif sehingga akan berdampak pada lingkungan dan kegiatan pertanian di lahan rawa lebak. Tidak seperti pada agroekosistem lain pada saat *El Nino* terjadi kekeringan pada lebak tengahan sehingga terjadi peningkatan luas areal untuk pertanaman padi. Namun pada beberapa daerah lebak dangkal yang mempunyai tanah gambut, terjadi peningkatan kerentanan terhadap kebakaran.

Berdasarkan tipe lebak dan kendala yang dihadapi, maka pengembangan pertanian di lahan rawa lebak lebih diarahkan pada lahan rawa lebak dangkal dan tengahan, sementara pengembangan lahan rawa lebak dalam sampai sangat dalam lebih diarahkan untuk perikanan dan peternakan/pengembalaan itik dan

kerbau rawa. Selain itu, untuk pengembangan rawa lebak, khususnya untuk pertanian didasarkan pada kondisi sumberdaya lahan (eksisting dan terlantar), sumberdaya manusia atau petani, infrastruktur (polder).

Arah pengembangan lahan rawa lebak untuk pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim sudah selayaknya memperhatikan kaidah kesesuaian. Zonasi lahan rawa lebak untuk pengembangan pertanian perlu dilakukan yaitu zona konservasi dan zona produksi komoditas pertanian. Lahan rawa lebak dalam dengan tinggi genangan > 1 m sepanjang tahun disarankan tetap menjadi kawasan konservasi, sedangkan rawa lebak dangkal dan tengahan (genangan < 1 m) dapat dikembangkan menjadi kawasan pertanaman padi, sagu, dan komoditas lain yang sesuai. Untuk daerah yang dapat dikembangkan menjadi area pertanian diperlukan dukungan prasarana dalam bentuk jalan usaha tani untuk memperlancar transportasi sarana produksi dan hasil panen. Dengan tetap memperhatikan konservasi lingkungan, kawasan lahan rawa lebak memungkinkan dikembangkan menjadi area pertanian maju dengan memanfaatkan mekanisasi pertanian dengan alat dan mesin modern. Pengembangan lahan rawa lebak sangat memerlukan dukungan baik dari ketersediaan sumberdaya manusia dan infrastruktur khususnya folder untuk mendukung sistem pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim.

Kebijakan pengembangan lahan rawa lebak terkait dengan adaptasi terhadap perubahan iklim diperlukan pendekatan holistik dan partisipatif melalui strategi pengembangan selektif dan bertahap dengan fokus optimalisasi pemanfaatan dan pelestarian lahan rawa lebak. Upaya pengembangan lahan lebak memerlukan koordinasi, keterpaduan, dan sinkronisasi kerja antar instansi terkait dan *stakeholder* melalui pendekatan mekanisme fungsional maupun struktural. Model usaha tani yang dikembangkan hendaknya bersifat spesifik dan dinamis sesuai dengan karakteristik biofisik lahan dan sosial budaya setempat serta prospek pemasarannya. Strategi dan langkah operasional ini diharapkan dapat memberikan hasil yang optimal dengan tetap memerhatikan kelestarian sumber daya lahan.

Untuk mencapai arah pengembangan lahan rawa lebak yang adaptif terhadap perubahan iklim diperlukan strategi adaptasi baik aspek teknis maupun kebijakan. Strategi ditinjau dari aspek teknis meliputi; perbaikan infrastruktur tata air/irigasi, pengaturan pola tanam, pemilihan jenis tanaman, pemanfaatan peramalan iklim, pemanfaatan teknologi persiapan lahan tanpa

bakar, teknologi pertanian terpadu (integrasi tanaman- ternak), dan teknologi mina padi.

1. Perbaikan infrastruktur tata air/irigasi.

Perbaikan infrastruktur irigasi di lahan rawa lebak merupakan komponen yang sangat vital untuk mengurangi risiko gagal panen baik akibat banjir maupun kekeringan, menerapkan pola tanam yang adaptif. Pengaturan tinggi muka air juga diharapkan dapat mengurangi emisi CO₂ serta mencegah kebakaran lahan.

2. Pengaturan pola tanam

Pengaturan pola tanam di lahan rawa lebak dimaksudkan untuk meningkatkan produktivitas lahan melalui optimalisasi dan intensifikasi lahan. Pengaturan pola tanam ini terkait dengan pola ketersediaan air (kekurangan dan kelebihan air di lahan rawa lebak). Pengaturan pola tanam yang tepat dengan kondisi iklim sangat penting untuk mengurangi risiko kegagalan panen. Pengaturan pola tanam dapat dilakukan dengan memanfaatkan kalender tanam rawa (Katam rawa), penerapan sistem surjan, embung dan folder.

Katam rawa adalah perangkat lunak (*software*) untuk memprediksi awal musim tanam padi, kebutuhan pupuk dan benih (pemilihan varietas) serta serangan organisme pengganggu tanaman di lahan rawa. Katam rawa dibuat untuk mengantisipasi perubahan iklim dan dapat digunakan untuk merencanakan atau menetapkan awal musim tanam yang tepat.

3. Pemilihan jenis tanaman toleran terhadap perubahan iklim

Pada kondisi normal lahan rawa lebak dangkal dapat ditanami padi baik pada musim hujan maupun kemarau, sedangkan pada lebak tengahan hanya pada musim kemarau. Adanya *El Nino* menyebabkan lahan rawa lebak dangkal lebih pendek masa tergenangnya sehingga diperlukan varietas padi toleran kekeringan, sedangkan saat *La Nina* pada lahan lebak terutama tengahan diperlukan varietas padi toleran rendaman. Dampak lain dari perubahan iklim adalah meningkatnya intensitas dan serangan OPT, sehingga diperlukan varietas yang tahan serangan OPT, serta varietas umur genjah akibat semakin sulitnya prediksi iklim secara akurat untuk kurun waktu panjang (lama).

4. Pemanfaatan peramalan iklim yang akurat

Salah satu masalah pertanian padi di lahan rawa lebak adalah sulitnya menentukan saat tanam yang tepat, akibat awal musim hujan (datangnya

genangan air rawa) maupun akhir musim hujan (air rawa surut) yang selalu berubah-ubah hampir setiap tahunnya.

5. Pengembangan teknologi tanpa bakar

Penyiapan lahan untuk penanaman tanaman pertanian atau perkebunan pada dasarnya adalah kegiatan pembersihan lapangan dan pengendalian kesuburan tanah agar tercipta kondisi lahan yang optimal untuk keperluan penanaman. Praktek pembukaan lahan dengan cara pembakaran telah lama dilakukan oleh masyarakat di Indonesia karena mudah dan murah, tetapi aki.bat yang ditimbulkannya lebih banyak merugikan. Selain menimbulkan kerugian langsung atas benda yang terbakar, kebakaran lahan dapat menimbulkan masalah kesehatan, gangguan transportasi, dan berkontribusi besar terhadap proses pemanasan global (Hendromono *et al.*, 2007). Menurut Subiksa *et al.* (2009) persiapan lahan dengan pembakaran lahan di Kalimantan Barat sebelum penanaman telah menghilangkan lapisan gambut sekitar 3 – 5 cm setiap kali persiapan lahan.

Upaya untuk menghindari dampak negatif dari pembakaran lahan ini telah dilakukan baik melalui pembuatan peraturan pemerintah maupun undang-undang tentang larangan pembakaran lahan antara lain:

- Undang undang No 41 tahun 1999 tentang kehutanan yaitu larangan kebakaran/pembakaran hutan.
- Undang undang No 4 tahun 2001 tentang pengendalian kerusakan atau pencemaran lingkungan hidup yang berkaitan dengan kebakaran lahan dan hutan.
- Undang Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Undang undang No 39 tahun 2014 tentang perkebunan yaitu setiap pengelola perkebunan di larang membakar dan atau mengolah lahan dengan cara membakar.
- Kitab Undang-undang Hukum Pidana (KUHP) pasal 187 dan Pasal 189

Teknologi Penyiapan Lahan Tanpa Bakar (PLTB) telah banyak diterapkan oleh perusahaan maupun masyarakat. Teknologi tersebut antara lain; memanfaatkan alat mekanisasi pertanian, herbisida, maupun mikroba untuk pengomposan.

Strategi kebijakan sektor pertanian di lahan rawa lebak untuk menghadapi perubahan iklim tidak dapat dipisahkan antara aksi adaptasi dan mitigasi.

1. Kegiatan adaptasi dipandang sebagai upaya penyelamatan dan pengamanan kelestarian dan kemantapan ketahanan pangan nasional, sehingga diposisikan sebagai kegiatan prioritas dalam strategi menghadapi perubahan iklim.
2. Kegiatan adaptasi harus diupayakan bersinergis dan sekaligus berperan sebagai aksi mitigasi dan sebaliknya setiap kegiatan mitigasi harus diupayakan aksi adaptasi.
3. Aksi mitigasi merupakan tanggung jawab bersama, dan diimplementasikan melalui pengembangan pertanian berkelanjutan atau pertanian ramah lingkungan.

Kebijakan tata kelola lahan menjadi penting untuk menjamin ketahanan pangan dan mitigasi serta adaptasi terhadap perubahan iklim. Sebagai wujud keprihatinan terhadap kondisi tata kelola lahan dan sekaligus untuk menyikapi berbagai dorongan internasional terhadap keberlanjutan hutan tropis serta lahan gambut di Indonesia, pemerintah telah menerbitkan Perpres No 10 tahun 2011 dan Perpres No 6 tahun 2013.

Kebijakan kelembagaan dan program juga sangat diperlukan untuk penanganan perubahan iklim. Menurut Las dan Sarwani (2013) perlu dilakukan langkah sebagai upaya strategi perubahan iklim antara lain: (a) reformasi peraturan perundang-undangan dan kebijakan sector pertanian (*policy reform*), (b) pengembangan komunikasi dan *public awareness* dan peningkatan kapasitas SDM dan institusi (*Institutional Capacity Building*) (c) pengembangan, penyiapan dan penerapan teknologi adaptif untuk mitigasi dan adaptasi dengan dukungan sistem informasi iklim dan teknologi dan sistem peringatan dini ancaman iklim, (d) rehabilitasi dan peningkatan kapasitas infrastruktur pertanian seperti irigasi/drainase, jalan usahatani.

V. Penutup

Lahan rawa lebak sangat terkait dengan perubahan iklim. Dampak perubahan iklim yang terasa dan sangat berpengaruh terhadap sector pertanian di lahan rawa adalah terjadinya perubahan pola hujan, peningkatan muka air laut, dan meningkatnya kejadian iklim ekstrim seperti *El-Nino* dan *La-Nina*.

Adanya variabilitas iklim yang ekstrim, dapat menurunkan produktivitas lahan rawa lebak, meningkatnya serangan organisme pengganggu (OPT), meningkatnya emisi CO₂ akibat kebakaran lahan dan drainase berlebihan (*over drainage*) terutama pada lahan gambut.

Dampak perubahan iklim terhadap luas areal tanam (padi) di lahan rawa lebak bersifat spesifik lokasi tergantung pada tipe lebak. *El Nino* dapat berdampak positif terhadap luas areal tanam di lahan rawa lebak (terutama lebak tengahan dan dalam), namun pada lebak dangkal dapat menyebabkan kekeringan, serta meningkatkan kerentanan terhadap kebakaran lahan. Tindakan adaptasi diperlukan sebagai upaya meminimalisasi risiko akibat iklim, untuk meningkatkan resiliensi dan mengurangi kerentanan terhadap kondisi iklim yang tidak kondusif.

Teknologi adaptasi menghadapi perubahan iklim di lahan rawa lebak antara lain melalui pengaturan air sistem tabat bertingkat, pemanfaatan Kalender Tanam Rawa (Ketam Rawa), penataan lahan sistem surjan, pengelolaan lahan tanpa bakar, sistem pertanian terpadu, serta sistem mina padi. Kebijakan dan program adaptasi dan mitigasi secara sinergis akan menentukan keberhasilan serta sekaligus upaya untuk meminimalkan penyebab perubahan iklim. Pengembangan lahan rawa untuk pertanian ramah lingkungan dan adaptif terhadap perubahan iklim harus memperhatikan kaidah kesesuaian lahan (zonasi) yaitu pada areal pengembangan pertanian (zona budidaya), serta diperlukan zone konservasi untuk menjaga keseimbangan sumberdaya alam dan lingkungan.

Daftar Pustaka

- Achmadi dan I. Las. 2006. Inovasi teknologi pengembangan pertanian lahan rawa lebak. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Terpadu, Banjarbaru, 28-29 Juli 2006. hlm. 21-36.
- Agus, F. 2014. Antisipasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian. Makalah disampaikan pada *Sosialisasi Dampak Perubahan Iklim di Banjarmasin*, 28 Agustus 2014.
- Alihamsyah T. 2005. Pengembangan Lahan Rawa Lebak Mitra Usaha Pertanian. Balittra, Banjarbaru. 53 hal.
- Alkusuma, Suparto, dan G. Irianto. 2003. Identifikasi dan karakterisasi lahan rawa lebak untuk pengembangan padi sawah dalam rangka antisipasi dampak *El Nino*. Dalam F. Agus *et al.* (eds). Pros. Seminar Nasional Sumberdaya Lahan. Cisarua-Bogor 6-7 Agustus 2002. Puslittanak. Bogor. Buku I. Hlm 49-72.
- Ar-Riza, I dan T. Alihamsyah. 2005. Optimalisasi pemanfaatan lahan rawa dalam pengembangan padi. Makalah Utama. Pros. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan Rawa dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Banjarbaru. hlm. 43-62.
- Arifin, M. Z. dan M. A. Susanti. 2005. Inventariasi dan karakterisasi potensi sumberdaya lahan rawa. Dalam Laporan Tahunan Penelitian Pertanian Lahan Rawa Tahun 2004. Balittra. Banjarbaru. Hlm 2-6.
- Ashok, K. and Saji, N.H. 2007. On impacts of ENSO and Indian Ocean Dipole events on the sub-regional Indian summer monsoon rainfall, *Natural Hazards*, Volume 42, Number 2, pp. 273-285.
- Badan Litbang Pertanian. 2011. Road Map Strategi Sektor Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim (Revisi). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Balittra, 2011. Laporan Hasil. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Balitbangtan, 1983. Tidal Swamps Agro Ecosystems of Southern Kalimantan. Workshop report on the sustainable intensification of tidal swamplands in Indonesia. The Ford Foundation in Collaboration with the AARD. Ministry of Agriculture, Indonesia.

- BBPadi, 2016. Varietas Padi. www.bbpadilitbang.Pertanian.go.id/index.php/varietas.
- Boer, R, I. Las, A. Buono, W. Estiningtyas dan A. Rakhman. 2011. Analisis dan Delineasi Risiko Iklim terhadap Usahatani Berbasis dan Evaluasi Model Indeks Anomali Iklim dalam Mendukung Pengembangan Asuransi Indeks Iklim (Climate Index Insurance). Laporan Hasil Penelitian KKP3T. Institute Pertanian Bogor Bekerjaama dengan Sekretariat Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Clements, R., J. Hagggar, A. Quezada, and J. Torres. 2011. Technologies for climate change adaptation – Agriculture Sector. X. zhu (Ed). UNEP Riso Centre, Roskilde, 2011.
- Dolan, A.H., B. Smit, M.W. Skinner, B. Bradshaw, C.R. Bryant, 2001. Adaptation to climate change in agriculture: Evaluation of options, occasional paper No. 26, Department of Geography, University of Guelph, ISBN 0-88955-520-6, ISSN 0831-4829
- Dariah, A., S. Nurzakiah, dan F. Agus, 2013. Proses emisi serta inovasi teknologi adaptasi dan mitigasi emisi GRK di lahan gambut. Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Haryono, E. Pasandaran, M. Syarwani, Ai Darihan, S. M. Pasaribu, N. Sutrisno Saad (eds). Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD Press. Jakarta.
- Effendi, Dedi Soleh, Zainal Abidin, dan Bambang Prastowo. 2014. Model Percepatan Pengembangan Pertanian Lahan Rawa Lebak Berbasis Inovasi. *Pengembangan Inovasi Pertanian Vol. 7 No. 4: 177-186*
- Faqih, A. dan R. Boer, 2013. Fenomena Perubahan Iklim Indonesia. Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Haryono, E. Pasandaran, M. Syarwani, Ai Darihan, S. M. Pasaribu, N. Sutrisno Saad (eds). Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD Press. Jakarta.
- Fox, J. J. 2000, The impact of the 1997-1998 El Nino on Indonesia. In: R. H> Grove and J. Chappell (ed). El Nino- History and Crisis. Studies from the Asia-Pacific region. The White House Press. Cambridge. UK.
- Hadi, A. 2006. Emisi Gas Rumah Kaca dan Sifat Mikrobiologi Tanah Rawa Lebak. Prosiding Seminar Nasional. Pengelolaan Lahan Terpadu. Inovasi Teknologi dan Pengembangan Terpadu Lahan Rawa untuk Revitalisasi Pertanian. Banjarbaru. 28-29 Juli 2009.

- Haryono, 2013. Lahan Rawa: Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia. IAARD Press. Jakarta. 141 hlm.
- Hendromono, A. Wibowo, D. Martono, E. Santoso, Djarwanto, H. Prahasto, M.K. Sallata, Rofi'ie, Suharyanto, S.A. Siran, I. Heriansyah, 2007. Penyiapan Lahan Tanpa Bakar untuk Pertanaman. Badan Litbang Kehutanan. Departemen Kehutanan.
- IPCC, 2007. Climate change 2007: Impact, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the 4th Assessment Report. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge University Press, New York.
- Irawan B., 2013. Dampak El Nino dan La Nina terhadap produksi padi dan palawija. Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Haryono, E. Pasandaran, M. Syarwani, Ai Darihan, S. M. Pasaribu, N. Sutrisno Saad (eds). Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD Press. Jakarta.
- Ismail, I.G., T.Alihamasyah, IPG.Widjaja-Adhi., Suwarno, H. Tati., T.Ridwan & DE. Sianturi. 1993. Sewindu Penelittian Pertanian di Lahan Rawa (1985-1993). Kontribusi dan Prospek Pengembangan. Proyek Penelitian Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa Swamps II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Khodijah, N.S., 2015. Hubungan antara perubahan iklim dan produksi tanaman padi di lahan rawa Sumatera Selatan. Enviagro. Jurnal Pertanian dan Lingkungan. Vol 8 No.2 hal 83-91.
- Koesrini dan Nursyamsi, 2012. Inpara varietas padi adaptif rawa. www.balittra.litbang.pertanian.go.id.
- Klein, R.J.T. 2009. Measuring vulnerability to climate change: An Academic or Political Challenge? Stockholm Environment Institute, Brussels, Belgium.
- KLH. 2007. Rencana Aksi Nasional Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Las, I., H. Syahbuddin, E. Surmaini, dan A M. Fagi. 2008. Iklim dan Tanaman Padi: Tantangan dan Peluang. dalam: Buku Padi: Inovasi Teknolohgi dan Ketahanan Pangan. BB Padi.
- Las I. dan M. Sarwani, 2013. Posisi, strategi dan kebijakan sector pertanian menghadapi perubahan iklim. Politik Pembangunan Pertanian

- Menghadapi Perubahan Iklim. Haryono, E. Pasandaran, M. Syarwani, Ai Darihan, S. M. Pasaribu, N. Sutrisno Saad (eds). Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD Press. Jakarta.
- Lasco, R. D., C.M.D. Habito, R.J.P. Delfino, F.B. Pulhin, and R.N. Concepcion. 2011. Climate change adaptation for smallholder farmers in Southeast Asia. World Agroforestry Centre, Philippines. 65p.
- Las, I. H, Syahbuddin, E. Surmaini, dan A.M. Fagi. 2008. Iklim dan tanaman padi: Tantangan dan Peluang. Dalam Buku Padi: Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi. Balitpa. Sukamandi.
- Las I. 2011. Road Map: Strategi Sektor Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Maas, A. 2016. Pengembangan EWS Berbasis Multi Parameter. Diskusi Aplikasi SESAME dalam Pencegahan Kebakaran Lahan. Sentul 15 April 2016.
- Mae-Won Ho. 2006. How to beat climate change and be food and energy rich-Dream Farm 2. Word Magazine, May-June 2006. Vol 19 No 3. Institute in Science on Society.
- Maulidah S, Santoso H, Subagyo H, dan Rifqiyyah Q. 2012. Dampak perubahan iklim terhadap produksi dan pendapatan usaha tani cabai rawit (studi kasus di Desa Bulupasar, Kecamatan Pagu, Kabupaten Kediri). SEPA 8 (2): 51-182.