



## Bab 11

# Solusi Adaptasi Perubahan Iklim: Integrasi Teknologi dengan Kearifan Lokal

Lilik Slamet Supriatin, Elza Surmaini, & Yeli Sarvina

---

## A. Permasalahan Sektor Prioritas Akibat Kegiatan Antropogenik

Pemanasan global dianggap sebagai penyebab utama dari perubahan iklim. Selain disebabkan oleh faktor alami, pemanasan global juga dipicu oleh aktivitas manusia. Kegiatan antropogenik yang konsumtif menghasilkan gas rumah kaca (GRK) yang mengakibatkan efek rumah kaca dan kenaikan suhu bumi (pemanasan global). Kegiatan antropogenik memacu perubahan iklim untuk terjadi lebih cepat dengan kekuatan orde *magnitude* yang lebih besar.

Secara alami, bumi mendapatkan pemanasan paralel atau radiasi dari dua sumber: yang pertama adalah pemanasan langsung dari radiasi matahari dan yang kedua adalah pemanasan tidak langsung

---

L. S. Supriatin\*, E. Surmaini, & Y. Sarvina

Badan Riset dan Inovasi Nasional, \*e-mail: lilik\_lapan@yahoo.com

© 2023 Editor & Penulis

Supriatin, L. S., Surmaini, E., & Sarvina, Y. (2023). Solusi adaptasi perubahan iklim: integrasi teknologi dengan kearifan lokal. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (289–309). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.901.c726, E-ISBN: 978-623-8372-46-1

dari radiasi pantulan balik yang tertahan oleh adanya GRK. Adanya gas rumah kaca mengakibatkan suhu bumi menjadi hangat dan dapat dihuni makhluk hidup. Pada awalnya, suhu rata-rata bumi adalah  $-180^{\circ}\text{C}$  (Cahyono & Supriatin, 2015). Akhir abad ke-19, konsentrasi gas rumah kaca meningkat sehingga menaikkan suhu permukaan bumi sebesar  $0,60^{\circ}\text{C}$ . Godish (2004) menyatakan bahwa suhu laut dan daratan di tahun 2000 lebih besar  $0,290^{\circ}\text{C}$  jika dibanding dengan periode 1961–1990.

Dampak perubahan iklim hampir menyentuh semua aspek kehidupan. Beberapa dampak perubahan iklim ialah perubahan pola dan intensitas curah hujan, kenaikan suhu dan penurunan kelembapan udara, perubahan pola arah dan kecepatan angin, serta bencana hidrometeorologi (banjir, kekeringan, dan tanah longsor). Dampak turunan perubahan iklim tentunya sangat dirasakan sekali pada sektor yang sangat tergantung pada ketersediaan air, yaitu pertanian dan kesehatan. Sektor pertanian memerlukan air sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman. Salah satu kondisi yang ada saat perubahan iklim ini adalah ketersediaan air menjadi tidak sesuai dengan kebutuhan air tanaman semusim. Ketika tanaman semusim sangat membutuhkan air, curah hujan tidak kunjung datang, tetapi ketika tanaman semusim hanya sedikit memerlukan air, malahan curah hujan berlebih.

Indonesia merupakan salah satu negara yang rentan terhadap dampak perubahan iklim. Sebagai bentuk komitmen terhadap potensi dampak yang ditimbulkan atas perubahan iklim, pemerintah meresponsnya secara preventif melalui serangkaian kegiatan dengan tujuan untuk mengurangi tingkat kerentanan dan meningkatkan ketahanan. Secara nasional, terdapat empat sektor prioritas yang menjadi fokus utama dalam aksi ketahanan iklim, yaitu kelautan dan pesisir, air, pertanian, dan kesehatan.

Dampak perubahan iklim di Indonesia sudah digolongkan ke dalam bencana. Hal ini dikarenakan perubahan iklim telah menimbulkan kerugian harta, benda, bahkan jiwa (UU No. 24, 2007). Jumlah bencana alam sebagai dampak dari perubahan iklim

dalam tiga dekade terakhir mengalami peningkatan (Findayani, 2015). Bencana akibat perubahan iklim diperparah lagi oleh kondisi lahan di hulu daerah aliran sungai (DAS) yang gundul dan bersifat tidak dapat menahan air sehingga jika intensitas hujan tinggi, banjir bandang dan air bah datang tiba-tiba menerpa permukiman di bagian hilir DAS. Perbedaan bencana akibat dampak perubahan iklim antara negara maju dan negara berkembang (Indonesia) ialah di negara maju, bencana yang datang memang dikarenakan dampak perubahan iklim (pengaruh global), sedangkan di negara berkembang, bencananya merupakan perpaduan antara dampak perubahan iklim (pengaruh global) dan kondisi lingkungan sekitar (pengaruh lokal).

Oleh karena itu, diperlukan tindakan berupa mitigasi dan adaptasi. Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (UU No. 24, 2007). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, disebutkan bahwa tujuan dari strategi mitigasi adalah untuk mengurangi kerugian pada saat terjadinya bahaya pada masa mendatang, mengurangi risiko kematian dan cedera penduduk, dan mendorong orang-orang di wilayah bencana untuk melindungi diri sendiri.

Kini GRK tidak hanya dihasilkan alami oleh sektor pertanian, seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dan dinitrogen monooksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), tetapi industri telah dapat menghasilkan GRK buatan pabrik (sintetis) jenis baru, seperti kloro fluoro karbon (CFC), sulfur heksafluorida ( $\text{SF}_6$ ), hidro fluoro karbon (HFC), dan ozon ( $\text{O}_3$ ). Jenis gas rumah kaca sintetis ini memiliki *life time* yang relatif lebih lama dan potensi pemanasan global yang lebih besar jika dibandingkan GRK alami.

Berdasarkan lokasi konsentrasi GRK, kalau dahulu  $\text{CH}_4$  ditemukan di permukaan (lapisan troposfer), kini  $\text{CH}_4$  sudah memasuki stratosfer (Warneck, 1988, dalam Supriatin, 2014).  $\text{CH}_4$  yang memasuki stratosfer akan merusak  $\text{O}_3$  dan membuat konsentrasi  $\text{O}_3$  di stratosfer menjadi berkurang (lubang ozon) sehingga memicu masuknya radiasi

ultraviolet dan pemanasan global. Gas O<sub>3</sub> dahulu terkonsentrasi pada lapisan stratosfer. Kini, O<sub>3</sub> sudah ditemui di troposfer dan permukaan. Ozon di troposfer berfungsi sebagai gas rumah kaca, sedangkan O<sub>3</sub> di permukaan sebagai polutan udara.

Perubahan energi akibat pemanasan global telah mengakibatkan gletser atau salju mencair dan siklus air yang mengarah pada perubahan iklim (Aldrian dkk., 2011). Ditambahkan oleh Vávra dkk. (2015), siklus air dan proporsi komponen bagian siklus air saat ini berubah. Salju yang mencair menambah volume laut sehingga terjadi kenaikan muka laut. Kenaikan tinggi gelombang laut dan kecepatan angin memicu air laut yang telah meninggi memasuki pesisir, masuk jauh sampai daratan, dan banjir rob permanen yang menggenangi daratan tidak dapat dihindari lagi. Di lain sisi, kondisi ini diperparah dengan hutan bakau di kawasan pesisir sudah berubah menjadi tambak udang dan tata guna lahan lain yang bersifat meloloskan air laut. Reklamasi pantai untuk memenuhi nafsu membuat kawasan elite dan menambah daratan hanya bersifat pemindahan beban (*shifting the burden*). Di satu sisi, pengerukan sedimen pada suatu kawasan akan berkurang (volume air laut bertambah), tetapi pada kawasan reklamasi, volume laut akan berkurang. Kondisi ini akan meningkatkan muka laut pada kawasan yang dikeruk sedimennya.

Penambangan air tanah secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan industri pariwisata mengakibatkan muka air tanah turun dan terdapat *aquifer* (rongga dalam tanah) yang kosong. Air laut yang masuk jauh sampai ke daratan (intrusi air laut) akan mengisi *aquifer* kosong tersebut. Intrusi air laut akan mengakibatkan air tanah terpolusi oleh air asin yang tidak layak dikonsumsi sebagai bahan baku air minum. Selain itu, eksploitasi air tanah dan pembuatan pondasi bangunan yang dalam mengakibatkan pergerakan penurunan tanah (*land subsidence/land slide*) yang bahayanya mungkin dapat disamakan dengan gempa bumi. *Land subsidence* mengakibatkan rumah retak dan bahayanya lagi jika hujan dengan intensitas tinggi datang dapat mengakibatkan longsor dan bangunan yang telah tidak kokoh akan tergerus bersama aliran limpasan air hujan.

Sektor kesehatan dan kehidupan sehari-hari sangat tergantung pada kualitas, kuantitas, dan kontinuitas ketersediaan air bersih. Perubahan iklim telah mengubah pola musim dan intensitas curah hujan menjadi lebih tinggi dengan jarak antara hujan menjadi lebih panjang. Penggunaan air yang tidak layak konsumsi mengakibatkan penyakit perut dan lingkungan yang kotor (air tergenang) menjadi habitat yang mendukung vektor penyakit untuk berkembang lebih baik. Kenaikan suhu udara (panas) dan penurunan kelembapan udara (cuaca dingin dan kering) sering kali menyebabkan daya tahan tubuh menurun sehingga manusia dan hewan rentan menjadi sakit.

Kegiatan antropogenik lain yang memicu pemanasan global dan perubahan iklim ialah penutup lahan yang sebagian besar berupa aspal dan beton serta penutup bangunan yang terbuat dari kaca. Penutup permukaan berupa aspal dan beton serta penutup bangunan berupa kaca bersifat memantulkan panas sehingga meningkatkan suhu udara. Terbentuknya pulau panas perkotaan (*heat island*) adalah akibat dari sebagian besar penutup lahan bersifat memantulkan panas dan pada lokasi tersebut sering terjadi kemacetan yang banyak mengemisikan polutan udara ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ , dan  $\text{O}_3$ ). Dampak perubahan iklim selain *heat island* ialah juga terjadinya angin puting beliung. Perbedaan atau gradien tekanan udara yang relatif besar, baik dalam skala vertikal maupun horizontal, menyebabkan dan memicu terjadinya angin puting beliung.

## **B. Adaptasi: Pendekatan dalam Mengatasi Dampak Perubahan Iklim**

Kejadian banjir, kekeringan, perubahan pola hujan, intrusi air laut, dan ledakan penyakit merupakan bentuk ancaman yang sifatnya sangat dinamis. Adanya perubahan iklim menjadikan suatu tempat/wilayah memiliki kondisi ancaman yang lebih dinamis yang memerlukan upaya adaptasi. Diperlukan pengelolaan pengurangan risiko bencana yang sistematis dengan mengidentifikasi ancaman, kerentanan, kapasitas, dan upaya menentukan langkah persiapan dan pengurangan resiko bencana. Secara terminologi, adaptasi adalah upaya untuk mengatasi

dampak perubahan iklim dengan menyesuaikan diri terhadap lingkungan sekitar sehingga mampu mengurangi dampak negatif dan mengambil manfaat positif (Aldrian dkk., 2011). Jadi, adaptasi adalah tindakan yang dilakukan ketika dampak perubahan iklim telah terjadi dan tindakan tersebut akan dilakukan lagi apabila dampak perubahan iklim yang sama terjadi lagi. Berdasarkan pengertian ini, adaptasi dapat diartikan sebagai tindakan berpola yang dapat menjadi budaya bahkan kebudayaan dari suatu komunitas masyarakat dalam menghadapi dampak perubahan iklim.

Mengacu pada tipologi adaptasi yang dikembangkan oleh Smit dkk. (1999) terdapat dua jenis kegiatan adaptasi, yaitu yang bersifat mandiri (*autonomous-responsif/reaktif*) dan yang direncanakan (*planned-antisipatif*). Adaptasi mandiri—karena bersifat otonom dan responsif—dapat dilakukan, baik oleh masyarakat maupun pemerintah, sebagai respons atas kondisi yang dialami. Adaptasi mandiri sebenarnya dapat berlangsung tanpa dikaitkan dengan perubahan iklim, yaitu sepanjang ada usaha-usaha mengubah keadaan dan kebiasaan pengelolaan air menjadi lebih baik, seperti menghindari krisis air, kekeringan, dan banjir. Selain itu, sebagai sebuah respons, adaptasi mandiri tidak memerlukan adanya kajian kerentanan yang terkadang berisi kajian tentang proyeksi keadaan iklim dan kondisi stok air. Lain halnya dengan adaptasi yang terencana dan bersifat antisipatif. Kegiatan adaptasi tipe ini biasanya akan memerlukan kajian kerentanan dan juga studi terkait skenario perubahan iklim sebagai dasar saintifik untuk menentukan opsi adaptasi yang diperlukan.

Adaptasi perubahan iklim di Indonesia diarahkan sebagai: (1) upaya penyesuaian dalam bentuk strategi, kebijakan, pengelolaan/manajemen, teknologi, dan sikap agar dampak (negatif) perubahan iklim dapat dikurangi seminimal mungkin dan, bahkan jika memungkinkan, dapat memanfaatkan dan memaksimalkan dampak positifnya; dan (2) upaya mengurangi dampak yang disebabkan oleh perubahan iklim, baik langsung maupun tidak langsung, baik kontinu maupun diskontinu dan permanen, serta dampak menurut tingkatnya (Kementerian PPN/Bappenas, 2014).

Bentuk adaptasi dapat berupa kearifan lokal maupun teknologi yang masih bersifat tradisional suatu komunitas. Kearifan lokal dan teknologi tradisional adalah pengetahuan lokal suatu komunitas masyarakat yang tentunya memiliki latar belakang dan metode atau teknik serta tatanan yang berbeda antara komunitas satu dengan lainnya. Adaptasi memiliki ciri khas suatu komunitas masyarakat dalam kaitannya menghadapi atau menanggapi fenomena alam, termasuk dampak perubahan iklim. Beberapa komponen utama kegiatan adaptasi perubahan iklim meliputi atribusi komponen perubahan iklim terhadap kegiatan sosial ekonomi dan biosfer, kajian dan studi dampak, kerentanan terhadap perubahan iklim, kapasitas adaptasi, dan kajian ketahanan terhadap perubahan iklim (Aldrian dkk., 2011). Terkait teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi dampak perubahan iklim dari beberapa daerah di Indonesia, telah disajikan dan dibahas pada uraian sebelumnya.

### C. Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim

Upaya adaptasi yang dilakukan manusia terhadap lingkungannya telah dilakukan sejak dahulu, bahkan mungkin sejak manusia ada. Adaptasi dilakukan agar manusia dapat bertahan hidup. Walaupun pada zaman dahulu teknologi tradisional dan kearifan lokal belum ditujukan atau diorientasikan untuk adaptasi perubahan iklim, teknologi tradisional dan kearifan lokal diarahkan pada bagaimana alam dan lingkungan memberikan manfaat kepada manusia. Konsep bahwa alam dan lingkunganlah yang memberikan hidup dan kehidupan pada manusia ini yang menjadikan manusia zaman dahulu selalu bersahabat dan tidak menentang alam.

Indonesia terdiri dari puluhan ribu pulau dengan masing-masing penduduk yang mendiami pulau tersebut memiliki kearifan lokal dan juga teknologi tradisional. Selain kearifan lokal, masyarakat tradisional juga memiliki *folklore* atau cerita rakyat yang umumnya berisi tentang kebiasaan, larangan, atau tabu mengerjakan suatu hal pada saat dan tempat tertentu. Kearifan lokal, teknologi tradisional, dan *folklore*

adalah pengetahuan lokal yang dimiliki suatu komunitas masyarakat yang isinya dapat berupa aturan dan larangan serta tatanan terhadap sesuatu hal sendi kehidupan.

Kusumasanyoto (2009) membagi teknologi menurut zamannya menjadi teknologi tradisional, teknologi madya, dan teknologi modern. Ditambahkan oleh Kusumasanyoto (2009) bahwa teknologi tradisional adalah suatu teknologi yang diusahakan untuk menghasilkan sesuatu dengan mengolah sumber daya alam dengan alat sederhana (bantuan tangan saja), bahan, dan keterampilan dasar yang kesemua itu didasarkan pada proses turun-temurun.

Menurut penulis, teknologi tradisional adalah teknologi yang bersifat *niruke*, *niteni*, dan *nularke*. Ketiga sifat tersebut merupakan bahasa Jawa, yang artinya masing-masing berturut-turut adalah ‘menirukan’, ‘menghafal’, dan ‘menularkan teknologi tersebut dari mulut ke mulut atau dari satu orang ke orang lainnya’. Pada teknologi tradisional, tidak ada sifat “modifikasi” atau “mengubah ke arah yang lebih canggih”.

Teknologi madya dan teknologi modern merupakan teknologi yang mengolah sumber daya alam dan buatan dengan menggunakan alat berupa mesin otomatis (energi berasal dari listrik dan bahan bakar minyak), bahan, dan ketrampilan yang canggih serta sistem informasi dan *artificial intelligence*. Penggunaan sistem informasi yang cepat, mudah, praktis, dan *user friendly* telah banyak mengurangi penggunaan kertas dan emisi polutan udara yang dihasilkan bahan bakar fosil serta sumber daya manusia. Berlawanan dengan teknologi tradisional yang masih bersifat padat karya (jumlah tenaga kerja relatif lebih banyak), teknologi modern hanya memperkerjakan tenaga kerja manusia relatif lebih sedikit. Teknologi madya dan teknologi modern saat ini menjadi peranti umat manusia di pelbagai sendi kehidupan.

Perkembangan teknologi madya dan teknologi modern dapat disamakan dengan perkembangan revolusi industri yang terbagi menjadi beberapa tahapan. Revolusi Industri 1.0 bersamaan ketika James Watt menemukan mesin uap pada 1860. Revolusi Industri 2.0 terjadi setelah Thomas Alfa Edison menemukan bola lampu listrik.



Revolusi Industri 3.0 adalah periode ketika komputer dan internet ditemukan. Revolusi Industri 4.0 adalah era penggunaan internet untuk memenuhi kebutuhan sosial, transportasi, administrasi, dan ekonomi. Saat ini dunia memasuki era Revolusi Industri 5.0, dengan penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) pada semua aspek kehidupan.

Teknologi tradisional berawal dari kearifan lokal. Jika boleh dianalogikan, kearifan tradisional adalah sebuah sains yang dipraktikkan dalam bentuk teknologi tradisional atau teknik budi daya. Komariah dkk. (2021) menyatakan dengan kearifan lokal, masyarakat setempat memiliki pengetahuan dan pengalaman yang diperlukan untuk mengatasi variasi dan perubahan iklim yang terjadi di wilayahnya.

Salah satu teknologi adaptasi dampak perubahan iklim pada sektor pertanian adalah teknologi *walik* jerami. Walaupun istilahnya *walik* jerami, istilah tersebut bukan berarti membalikkan jerami. Budi daya atau teknologi *walik* jerami adalah menanam secara paralel (pada waktu yang bersamaan) bibit tanaman padi di suatu tempat saat tanaman padi yang lain di lokasi lain sudah memasuki atau sudah lebih dewasa. Tindakan ini dilakukan untuk memanfaatkan air hujan (saat musim penghujan) sehingga ketika sudah memasuki musim kemarau, bibit tanaman padi sudah memasuki fase generatif yang memang memerlukan air yang relatif sedikit. Teknologi *walik* jerami adalah teknologi yang berkonsep memanen air hujan saat musim penghujan.

Selain teknologi *walik* jerami, pada sektor pertanian untuk adaptasi terhadap dampak perubahan iklim juga dilakukan apa yang disebut budi daya *sawah rintak* dan *sawah surung*. Budi daya atau teknologi *sawah rintak* dan *sawah surung* adalah 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).

Budi daya atau teknologi lain di sektor pertanian yang bertujuan untuk adaptasi perubahan iklim adalah *nyabuk gunung*. Budi daya ini adalah salah satu bentuk budi daya padi yang mengikuti kontur topografi lahan. Budi daya pertanian jenis ini bertujuan untuk memanfaatkan air hujan dan untuk melindungi tanah dari risiko erosi dan tanah longsor yang dapat terjadi akibat curah hujan yang tinggi karena perubahan iklim (Maridi, 2015). Kalau petani Jepang terkenal dengan istilah terasering, petani Indonesia sudah mengenal budi daya *nyabuk gunung* ini.

Budi daya atau teknologi sawah surjan dikembangkan oleh petani di Kulon Progo, Yogyakarta. Teknologi ini adalah semacam membuat sawah *nyabuk gunung*, pada area yang menggunduk (lebih tinggi) ditanam tanaman palawija, sedangkan tanaman padi ditanam sepanjang tahun di tanah rendah dan berair.

Selain teknologi budi daya pertanian, terdapat juga adaptasi yang bertujuan untuk mengurangi hama dan penyakit tanaman padi. Saat perubahan iklim terjadi, sering kali musim kemarau bertambah panjang. Kondisi kemarau panjang adalah waktu yang cocok untuk perkembangbiakkan hama penyakit tanaman. Sebelum revolusi hijau yang merupakan program pemerintah Orde Baru, ternyata di Situbondo, Jawa Timur, telah dikembangkan pemberantasan hama secara biologi dengan menggunakan predator (pemangsa) dari hama tersebut, fitofarmaka (ekstrak tumbuh-tumbuhan berkhasiat), dan rekayasa ekologi dengan memanfaatkan tanaman refugia sebagai mikrohabitat bagi agen hayati yang mengendalikan hama utama pada tanaman pokok. Tanaman refugia memberikan perlindungan spasial dan/atau sementara bagi musuh alami hama, seperti predator dan parasitoid, dan mendukung interaksi biotik dalam ekosistem, seperti penyerbuk. Tanaman refugia ditanam di kedua sisi petak pematang sawah. Tanaman yang dipilih untuk penanaman pengungsian, antara lain kacang panjang, buncis, kedelai, cabai, jagung, ubi kayu,

kenikir, bayam, pegagan, kecipir, bunga kertas, dan bunga tahi ayam (Syahputra dkk., 2019).

Selain teknologi, terdapat juga kearifan lokal atau tradisional pada sektor pertanian yang beradaptasi pada perubahan iklim. Kearifan lokal ini umumnya untuk pedoman waktu bercocok tanam, sebut saja *pranata mangsa* di Jawa, *Wariga* di Bali, *ngaseuk* di Jawa Barat (Sukabumi), dan *palontara* di Sulawesi Selatan. *Pranata mangsa*, *ngaseuk*, dan *Wariga* menggunakan hewan tertentu sebagai indikator atau petunjuk telah datangnya musim tertentu, sedangkan *palontara* menggunakan rasi bintang sebagai pedoman untuk bercocok tanam.

Pada sektor peternakan, teknologi adaptasi perubahan iklim yang dapat digunakan ialah dengan menggunakan salah satu prinsip dasar ilmu lingkungan (ekologi), yaitu saling ketergantungan. Konsumen tingkat pertama atau herbivor (hewan pemakan tumbuhan) dalam hal ini adalah hewan ternak pemakan tumbuhan yang berasal dari sisa panen lahan pertanian. Kotoran hewan ternak dapat dijadikan kompos atau pupuk organik untuk lahan pertanian atau biogas sehingga mengurangi gas rumah kaca berupa metana (salah satu gas rumah kaca penyebab pemanasan global dan perubahan iklim). Teknik budi daya padi ratun adalah salah satu bentuk teknologi yang memanfaatkan tanaman pertanian sebagai pakan ternak. Teknik budi daya padi ratun umumnya tidak dilakukan secara intensif. Setelah padi dipanen, tanaman dibiarkan tumbuh kembali untuk digunakan sebagai pakan ternak (Komariah dkk., 2021).

Teknologi adaptasi untuk konservasi air bertujuan melestarikan air dengan cara menyimpan dan memanennya ketika musim penghujan untuk digunakan pada musim kemarau. Jangan biarkan air hujan hanya sebagai limpasan saja yang dapat menggerus butir tanah (mengerosi dan melongsorkan lahan), terbuang ke laut, atau menggenang sebagai banjir. Jauh sebelum teknologi waduk dibuat, masyarakat desa terutama di Jawa sudah membuat sejenis penampungan air yang disebut embung. Di Kalimantan, masyarakat menggunakan penampungan air hujan yang terbuat dari beton atau plastik berukuran besar. Penampungan air tersebut langsung

dihubungkan dengan atap rumah sehingga air langsung menuju ke bak penampungan. Kekurangan dari jenis penampung air ini ialah tidak bertutup sehingga air yang tergenang dalam bak penampungan dapat menjadi habitat yang sesuai untuk jentik nyamuk, terutama jentik nyamuk *Aedes aegypti* yang menyebabkan penyakit demam berdarah. Melalui kerja sama dengan dinas kesehatan, masyarakat desa kemudian mengembangkan penutup bak penampung agar tidak menjadi tempat berkembangnya jentik nyamuk. Alat penutup ini dikenal dengan Topi Anti DBD. Masyarakat juga telah mengenal secara turun-temurun pengetahuan lokal untuk konservasi tanah. *Kebekolo* adalah salah satu bentuk teknik tradisional konservasi tanah yang dibuat dengan menyusun atau menumpuk deretan kayu atau dahan pada lereng dataran tinggi. 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 juga ditemukan di Sika dan Flores Timur yang dikenal dengan sebutan *blepeng*. Teknologi konservasi lahan dan air yang dikembangkan saat ini, seperti pembuatan teras, rorak, bangunan, atau saluran pengendali air, merupakan pengembangan dari pengetahuan lokal masyarakat.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa dampak perubahan iklim mencakup empat sektor prioritas, yaitu kelautan dan pesisir, air, pertanian, dan kesehatan. Penduduk Indonesia sebagai masyarakat bahari telah akrab hidup berdampingan dengan laut. Adaptasi yang dilakukan untuk kenaikan muka laut dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu strategi mundur dan strategi akomodatif. Strategi mundur dilakukan dengan tujuan menghindari kenaikan muka laut hingga menggenangi permukiman dengan cara merelokasi permukiman. Strategi akomodatif dilakukan dengan cara menyesuaikan kenaikan muka laut. Salah satu teknologinya adalah dengan membuat rumah panggung. Jauh sebelum adanya kedua strategi tersebut, masyarakat yang tinggal di sekitar laut telah membuat permukiman dengan rumah panggung yang bersifat nonpermanen. Rumah panggung adalah bentuk teknologi adaptasi masyarakat jika terjadi kenaikan muka laut

secara mendadak. Selain itu, di pesisir laut banyak ditanami dengan hutan bakau yang berfungsi selain penyangga untuk kenaikan muka laut ke daratan dan intrusi air laut juga tempat *nursery* (perawatan dan pemeliharaan bagi ikan kecil) dan penyangga agar nyamuk malaria tidak menuju ke kawasan permukiman di darat. Kawasan hutan bakau mungkin dapat disamakan dengan teknologi bangunan pemecah ombak. Hutan bakau merupakan bangunan pemecah ombak dan gelombang secara alami.

Isu perubahan iklim juga sudah lama dimasukkan dalam kurikulum perguruan tinggi dan saat ini sudah mulai dimasukkan dalam kurikulum sekolah menengah dan sekolah dasar, termasuk madrasah. Di dalam pesantren diajarkan ilmu agama Islam berupa ilmu fikih, tauhid, dan akhlak. Ketiga ilmu tersebut adalah satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Salah satu hadis berbunyi “Kebersihan adalah sebagian dari iman” atau “Cinta tanah air adalah sebagian dari iman”. Implementasi dari hadis tersebut adalah setiap khalifah memiliki tugas menjaga kebersihan di mana pun dan kapan pun khalifah berada. Makna kebersihan dan cinta tanah air di sini lebih luas, mencakup mengelola sampah, tidak mencemari lingkungan dengan polutan (zat pencemar) selain sampah, dan tidak mencemari lingkungan dengan perbuatan yang tidak beradab. Warga pesantren dengan berbekal ilmu tersebut lebih dapat menjaga lingkungan sehingga perubahan iklim dapat dicegah atau mengubah orde *magnitude* dampak perubahan iklim menjadi lebih kecil. Di Bogor telah terdapat pesantren yang telah menerapkan kurikulum isu perubahan iklim pada setiap pengajaran dan pendidikannya.

Pendistribusian atau penyebarluasan informasi adalah salah satu bentuk teknologi adaptasi terhadap perubahan iklim. Terkait dengan penyebarluasan informasi, masyarakat desa di Indonesia sudah mengenal adanya teknologi *kentongan* (kentungan) untuk distribusi informasi. Kala teknologi radio, telepon, *handphone*, satelit, dan internet belum ada, masyarakat telah memukul kentungan sebagai tanda bahaya akan datangnya banjir, gempa bumi, pencurian, kebakaran, dan berita kematian warga. Kentungan yang berukuran

besar ditempatkan di sudut ruang ronda warga atau tempat yang biasanya warga berkumpul. Masing-masing rumah warga juga memiliki kentungan yang berukuran kecil. Warga yang berada di rumah, jika mendengar bunyi kentungan, akan meneruskan dengan cara memukul kentungan kecil yang terdapat di setiap rumah sehingga saling bersahutan dan bunyi kentungan akan makin jelas. Jika mendengar bunyi kentungan, warga akan bangun dan bersiap siaga menanggapi yang terjadi. Seiring perkembangan teknologi, komunikasi dengan kentungan mulai ditinggalkan. Hal ini dikarenakan oleh terjadinya perubahan sifat masyarakat yang sebelumnya adalah paguyuban, kini menjadi individualistis. Sistem keamanan wilayah diserahkan pada satuan pengamanan (satpam) atau warga yang memang disewa dan dibayar untuk tugas jaga malam atau bahkan dengan memelihara hewan peliharaan.

Bentuk teknologi radio komunikasi mungkin dapat menjadi substitusi kentungan seiring perkembangan teknologi informasi. Teknologi radio komunikasi bersifat murah, mudah, dan andal. Radio komunikasi bersifat murah dikarenakan harga dari sebuah radio komunikasi relatif tidak mahal dan tidak perlu membeli pulsa atau kuota data. Radio komunikasi menggunakan lapisan atmosfer (lapisan D, E, F1, dan F2) sebagai pemantul gelombang bunyi dari satu lokasi ke lokasi lain sehingga informasi dapat diterima dan tersebar luas. Lapisan D, E, F1, dan F2 di atmosfer bumi sudah disediakan secara alami dan berfungsi sebagai pemantul gelombang radio. Kekurangan dari komunikasi radio ini adalah jika terdapat penghalang berupa bukit atau gunung, informasi tidak akan tersebar luas. Oleh karena itu, dikembangkan dan digunakan satelit.

Radio komunikasi juga mudah digunakan, tidak perlu menghafal nomor kontak seperti pada telepon atau *handphone*. Radio komunikasi juga andal dan “bandel” (tidak cepat rusak). Pada skala desa, radio komunikasi cukup memadai untuk penyebarluasan informasi, terutama untuk kejadian bencana banjir bandang/banjir kiriman (air bah), tsunami (kenaikan muka laut), dan gempa bumi. Penggunaan radio komunikasi untuk menyampaikan informasi terkait dengan

rambatan banjir atau tsunami dari satu tempat ke tempat lain adalah efektif. Informasi yang *real time* dan akurat dapat digunakan warga yang wilayahnya berpotensi terkena rambatan banjir bandang/kiriman atau tsunami untuk segera mengungsi atau evakuasi. Kelemahan dari teknologi *handphone* ialah saat terjadinya gempa bumi yang disertai tsunami, gelombang elektromagnetik dari *handphone* akan terganggu sehingga informasi tidak dapat sampai. Proses bisnis yang dapat dibangun untuk penyebarluasan informasi kebencanaan dapat dilakukan berawal dari sistem peringatan dini pengambil kebijakan melalui internet, lalu diteruskan ke koordinator dengan *handphone*, kemudian di lapangan penyebarluasan informasi menggunakan komunitas radio komunikasi. Saat ini di Kabupaten Tasikmalaya terdapat komunitas radio komunikasi tersebut yang berfungsi untuk penyebarluasan informasi di laut oleh radio komunitas para nelayan. Komunitas radio ini untuk menyebarkan informasi terkait kenaikan muka laut, ancaman naiknya gelombang dan ombak laut, atau adanya badai.

#### D. Rekomendasi

Dampak perubahan iklim telah nyata membawa bencana yang tidak saja pada materi, tetapi juga pada jiwa. Cordova dkk. (2005) mengemukakan bahwa hampir 80% orang yang terkena bencana akan mengalami gangguan psikologis. Gejala atau tanda-tanda gangguan psikologis ini tidak langsung muncul selepas peristiwa bencana, tetapi memiliki rentang waktu yang panjang pascabencana, sekitar satu sampai dengan sepuluh tahun. Oleh karena itu, diperlukan *treatment* bagi korban bencana yang masih hidup, baik anak-anak maupun dewasa, hingga dampak psikologis bencana dapat berkurang atau bahkan hilang.

Tidak ada kata terlambat agar perubahan iklim dan dampaknya dapat dicegah atau berkurang. Berbagai bencana terkait perubahan iklim tentu perlu dihadapi dengan ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek). Namun, iptek bukan satu-satunya cara dari banyak sekali inovasi yang dibutuhkan untuk menanggulangi kebencanaan. Belakangan ini,

meningkat kesadaran dan pengakuan akan pengetahuan tradisional dan lokal. Masyarakat secara turun-temurun sudah mempraktikkan pengetahuan lokal dalam beradaptasi. Namun, di tengah makin tingginya intensitas dan frekuensi kejadian iklim ekstrem, pengetahuan lokal tersebut perlu diperkuat dengan teknologi adaptasi yang telah berkembang saat ini. Suatu survei yang dilakukan oleh Wisnubroto (1999) terhadap *pranata mangsa* dan *Wariga* menghasilkan bahwa kedua jenis kearifan lokal di sektor pertanian tersebut lebih banyak diketahui oleh kelompok masyarakat yang berumur relatif tua dan informasi terkait kedua jenis kearifan lokal tersebut banyak diketahui dari orang tua. Hal ini menunjukkan bahwa generasi saat ini tidak mengetahui *pranata mangsa* dan *Wariga*. Padahal, dari hasil penelitiannya, Wisnubroto (1999) menemukan bahwa ada keterkaitan *pranata mangsa* dan *Wariga* dengan meteorologi. *Pranata mangsa* dan *Wariga* dapat menjadi cabang ilmu baru yang mungkin dapat disebut sebagai etnoklimatologi. Pemasukan substansi kearifan lokal dalam kurikulum pelajaran muatan lokal di sekolah dan perguruan tinggi di daerah yang memiliki kearifan lokal tersebut akan menjadi pengetahuan yang tidak saja bersifat pengetahuan lokal, tetapi ketika telah diuji secara ilmiah akan menjadi pengetahuan tingkat dunia yang dapat dipatenkan. Tugas dari perguruan tinggi dan institusi penelitian adalah untuk mengkaji pengetahuan lokal secara ilmiah untuk menjadi pengetahuan tingkat dunia atau sains.

Lain halnya dengan *pranata mangsa*, *folklore* atau cerita rakyat yang berkembang di tiap daerah yang ditujukan untuk konservasi air dan tanah juga dapat dikembangkan agar air dan tanah terpelihara. Cabang ilmu etnohidrologi dapat dikembangkan untuk tujuan konservasi air dan tanah.

Pertanian di Indonesia yang sebagian besar masih mengandalkan tanaman semusim (padi) harus diubah menuju “*go green*”. Pertanian padi sawah menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa metana ketika padi memasuki tahap generatif. Teknik budi daya mina padi yang mengombinasikan menanam padi dengan memelihara ikan akan mengurangi emisi metana. Selain itu, membiakkan bakteri



jenis metanotrop dalam lahan sawah adalah salah satu cara untuk mengurangi emisi metana dari lahan sawah. Tanaman padi dapat dikatakan boros air ketika fase vegetatif dan menimbulkan lapisan *hardpan* (kedap air) sehingga ketika hujan dengan intensitas tinggi, lahan sawah yang ditanami padi tidak dapat menginfiltrasi air hujan. Akibatnya “banjir sawah” meluap ke area sekitar persawahan.

Kalaupun pertanian tanaman semusim dipertahankan, pertanian padi harus berbasis ruang dan waktu, jangan diseragamkan untuk setiap daerah di Indonesia. Setiap daerah memiliki jenis varietas padi lokal yang sudah beradaptasi dengan lingkungannya selama berpuluh tahun. Jenis varietas padi lokal ini mungkin akan bersesuaian dengan kuliner di setiap daerah. Sebagai contoh, penduduk Sumatra Barat lebih menyukai nasi dengan tekstur pera karena akan cocok dengan kuliner rendang. Jika terjadi tekanan perubahan iklim, varietas padi tersebut akan memiliki adaptasi yang tinggi sehingga kerusakan tanaman tidak begitu parah.

Setiap daerah di Indonesia memiliki variabilitas curah hujan yang tinggi menurut ruang dan waktu. Kalender tanam untuk setiap daerah tentunya berbeda sehingga akan memutus rantai hama dan penyakit tanaman. Kalaupun terdapat hama penyakit tanaman, pemberantasan hama dilakukan dengan pemberantasan secara biologi sehingga tidak mengemisikan polutan ke udara.

Agenda adaptasi berupa pengembangan sistem infrastruktur dan tata ruang yang tahan terhadap goncangan dan perubahan iklim harus benar-benar dilaksanakan. Setiap perencanaan infrastruktur (saluran drainase, jembatan, waduk, tanggul) harus memasukkan parameter perubahan iklim. Hal ini dikarenakan jika perencanaan infrastruktur masih menggunakan ukuran dan dimensi sebelum terjadi perubahan iklim, bangunan infrastruktur (waduk, tanggul, dan saluran drainase) akan tidak dapat menampung air hujan. Akibatnya, bangunan akan jebol tidak kuat menahan jumlah air yang lebih besar saat perubahan iklim. Banjir bandang sering kali terjadi akibat tanggul yang jebol. Hal ini dikarenakan ketika dirancang, dimensi dari tanggul tersebut belum memperhitungkan kuantitas dan intensitas curah hujan akibat dampak perubahan iklim.

Pemeliharaan bangunan penampung atau penyalur air harus dilakukan intensif selama perubahan iklim terjadi saat ini. Selain itu *restudy* tata ruang, terutama untuk pantai dan pesisir, perlu dilakukan untukantisipasi agar dampak perubahan iklim dapat berkurang. Zonasi pantai dan pesisir menjadi zona inti (kawasan yang mengalami kenaikan muka laut), zona penyangga (hutan bakau, pemecah gelombang dan ombak), dan zona budi daya (permukiman) perlu dipastikan dan berlaku sanksi bagi yang melanggarnya. Pembuatan jalur evakuasi korban bencana harus menghubungkan ketiga jenis zonasi tersebut sehingga ketika terjadi bencana, masyarakat korban bencana tidak menemui jalan buntu. Model “rumah spons” untuk rumah panggung perlu diperhitungkan untuk dapat menyerap air pada kawasan yang mengalami kenaikan muka laut.

Pengelolaan atau manajemen bencana akibat perubahan iklim berbasis masyarakat sangat perlu ditingkatkan. Hal ini dikarenakan masyarakat sendirilah yang pertama kali mampu mengenali akan terjadi bencana, kualitas atau kekuatan bahaya dari bencana yang datang. Pengetahuan praktis terkait petunjuk gejala akan terjadinya suatu bencana (tsunami, erupsi gunung api, dan gempa bumi) dan cara evakuasi harus dimasukkan dalam kurikulum pendidikan lingkungan. Pembentukan komunitas masyarakat “melek teknologi informasi” diperlukan pada tingkat desa untukantisipasi datangnya bencana akibat dampak perubahan iklim (banjir bandang). Sosialisasi sistem peringatan dini ke masyarakat yang rentan terhadap bencana akibat dampak perubahan iklim diperlukan dan harus dilakukan berulang.

Pembangunan stasiun penakar hujan dengan densitas rapat diperlukan mengingat variabilitas curah hujan yang tinggi di Indonesia menurut ruang dan waktu. Sering kali bencana akibat dampak perubahan iklim yang termasuk bencana hidrometeorologi terjadi pada skala desa sehingga memerlukan sekali instrumen pengukur curah hujan dengan densitas rapat (instrumen dalam jumlah yang banyak). Penggunaan kamera CCTV yang saat ini banyak terpasang di berbagai tempat (densitas rapat) dapat dijadikan substitusi untuk instrumen pengukur hujan. Densitas yang tinggi dari kamera CCTV,

selain sebagai instrumen pengukur curah hujan, juga dapat digunakan sebagai informasi curah hujan secara *real time* untuk daerah yang berpotensi mengalami bencana hidrometeorologi.

Integrasi antara teknologi dan kearifan lokal dalam adaptasi perubahan iklim akan menjadi pendekatan yang sangat efektif. Setiap wilayah memiliki karakteristik iklim, geografi, dan budaya yang unik. Oleh karena itu, pendekatan yang memadukan teknologi dengan pengetahuan lokal dapat menyesuaikan solusi untuk situasi khusus di setiap wilayah. Kearifan lokal sering kali didasarkan pada pengalaman dan pengetahuan yang telah diuji selama bertahun-tahun dalam menghadapi tantangan iklim tertentu di wilayah tertentu. Ini adalah pengetahuan yang telah terbukti efektif dalam konteks lokal. Integrasi kearifan lokal dalam solusi adaptasi iklim dapat memperkuat dukungan masyarakat lokal. Hal ini dikarenakan pendekatan tersebut mencerminkan budaya dan nilai-nilai adiluhung sehingga lebih mungkin diterima dan didukung. Beberapa pendekatan yang dapat dilakukan dalam integrasi teknologi dan kearifan lokal di antaranya sebagai berikut.

- 1) Identifikasi tantangan lokal

Setiap wilayah memiliki karakteristik iklim, geografi, dan budaya yang unik. Perubahan iklim juga memberikan dampak yang berbeda antar wilayah. Oleh karena itu, pemahaman dampak tentang perubahan iklim yang spesifik sangat diperlukan. Hal ini menjadi *entry point* dalam introduksi teknologi.

- 2) Peningkatan kesadaran perubahan iklim

Peningkatan kesadaran akan perubahan iklim merupakan langkah penting dalam adaptasi perubahan iklim. Sikap kesadaran yang lebih tinggi mengakibatkan individu dan komunitas akan bertindak untuk menyesuaikan diri dan mengambil tindakan untuk mengurangi dampak perubahan iklim secara gerak cepat. Peningkatan kesadaran perubahan iklim dapat dilakukan melalui masyarakat. Peran masyarakat sangat penting. Oleh karena itu, pengetahuan adaptasi perubahan iklim sudah seharusnya

diintegrasikan dalam kurikulum masyarakat di semua tingkatan sehingga setiap generasi mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang isu ini.

3) Partisipasi masyarakat

Komunitas harus dilibatkan dalam pengambilan keputusan adaptasi perubahan iklim. Komunitas juga sangat berperan dalam diseminasi dan penyebaran informasi adaptasi perubahan iklim.

## Referensi

- Aldrian, E., Karmini, M., & Budiman. (2011). *Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di Indonesia*. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, Kedeputan Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Cahyono, W. E., & Supriatin, L. S. (2015). Pemanasan global: Penyebab dan dampaknya pada ekosistem., Dalam *Polusi udara dan gas rumah kaca* (38–45). Media Akselerasi.
- Cordova, M.J., Walser, R., Neff, J., & Ruzek, J. I. (2005). Predictors of emotional adjusment following traumatic injury: Personal, social, and material resources. *Prehospital & Disaster Medicine*, 20(1), 7–13.
- Findayani, A. (2015). Kesiapsiagaan masyarakat dalam penanggulangan banjir di Kota Semarang. *Jurnal Geografi*, 12(1).
- Godish, T. (2004). *Air quality* (4<sup>th</sup> edition). Lewis Publishers.
- Khairullah, I., Ar-Riza, I., & Nurita. (2017). *Kearifan lokal petani lahan rawa lebak*. IAARD Press. Diunduh pada 15 Mei, 2023, dari <https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/a272c6db-a52e-48bf-85f0-9ac531838fab/content>
- Kementerian PPN/Bappenas. (2014). *Rencana aksi nasional adaptasi perubahan iklim*.
- 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.

- Kusumasanyoto, S. (2009). *Pembangunan sumber daya air dalam dimensi hamemayu hayuning bawono*. Hasta Cipta Mandiri.
- Maridi. (2015). Mengangkat budaya dan kearifan lokal dalam sistem konservasi tanah dan air. Dalam *Prosiding seminar nasional XII pendidikan biologi FKIP UNS* (20–39). <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/6672>
- Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana. (2008). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/4833>
- Smit, B., Burton, I., Klein, R. J. T., & Street, R. (1999). The science of adaptation: A framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 199–213.
- Supriatin, L. S. (2014). *Sistem pertanian padi sawah berkelanjutan pada iklim tropika basah* [Disertasi]. Program Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.
- 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).
- Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. (2007). [https://peraturan.bpk.go.id/Details/39901/uu-no-24-tahun-2007\(2007\)](https://peraturan.bpk.go.id/Details/39901/uu-no-24-tahun-2007(2007)).
- Vávra, J., Lapka, M., Cudlínová, E., & Dvořáková-Líšková, Z. (2015). Local perception of floods in the Czech Republic and recent changes in state flood management strategies. *Journal of Flood Risk Management*, 10, 238–252. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12156>
- Wisnubroto, S. (1999). *Pengenalan waktu tradisional pranata mangsa dan wariga menurut jabaran meteorologi: Manfaatnya dalam pertanian dan sosial*. Mitra Gama Widya.