POLICY BRIEF

Anicetus Wihardjaka[1], Agus Supriyo[1], Terry Ayu Adriany[1], Nourma Al Viandari[1], Etty Pratiwi[1], Hidayatuz Zu'amah[2], Elisabeth Srihayu Harsanti[2], I Gusti Made Subiksa[3], Wahida Anissa Yusuf[3], Cahyoadi Bowo[4]
[1]Pusat Riset Tanaman Pangan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, [2]Pusat Riset Hortikultura, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, [3]Kementerian Pertanian Republik Indonesia, [4]Fakultas Pertanian, Universitas Negeri JemberTuliskan Afiliasi dengan *Font* Arial Ukuran 10

PENGARUH PEMBENAH ORGANIK DAN UREA BERLAPIS BIOCHAR TERHADAP HASIL SORGUM, EFISIENSI PENGGUNAAN N, DAN INFILTRASI TANAH DI LAHAN TADAH HUJAN

Ringkasan Eksekutif

Perubahan iklim berdampak terhadap penurunan produktivitas lahan sebagai penyokong ketersediaan bahan baku pangan, akibat frekuensi kejadian cekaman kekeringan dan banjir. Adaptasi cekaman kekeringan dilakukan antara lain dengan memanfaatkan tanaman pangan yang tangguh iklim seperti sorgum. Sorgum adalah jenis tanaman pangan serelia sumber karbohidrat yang dapat digunakan dalam diversifikasi pangan. Produksi sorgum secara nasional masih rendah, maka upaya peningkatkan produktivitas dan optimalisasi pemanfaatan lahan budidaya perlu didorong. Di Jawa Tengah, sorgum masih belum banyak dikembangkan, meskipun beberapa kabupaten memiliki lahan tadah hujan relatif luas yang berpeluang sebagai areal pengembangan budidaya sorgum. Budidaya sorgum pada lahan tadah hujan selalu dihadapkan pada kesuburan tanah rendah dengan status ketersediaan hara esensial rendah khususnya nitrogen (N). Pemanfaatan sumberdaya lokal berbasis ekonomi sirkuler diharapkan dapat memperbaiki produktivitas tanaman sorgum dan tanah yang sekaligus sebagai upaya mitigasi emisi gas rumah kaca terutama dinitrogen oksida (N_2O). Limbah organik tersedia melimpah di lingkungan, seperti tongkol jagung dan kotoran ternak. Tongkol jagung dimanfaatkan sebagai bahan baku biochar yang dapat digunakan sebagai pelapis pupuk N, sedang kotoran ternak dimanfaatkan sebagai pembenah/amelioran organik yang mampu memperbaiki produktivitas tanah. Lahan tadah hujan setelah musim padi kedua sering diberakan, maka budidaya sorgum berpeluang dilakukan sebagai pemasok bahan pakan dan pangan alternatif. Penelitian lapang telah dilakukan di lahan sawah tadah hujan di Kabupaten Pati, Jawa Tengah, yang bertujuan memperbaiki hasil sorgum, efisiensi penggunaan N, dan laju infiltrasi tanah melalui pemberian kombinasi pembenah/amelioran organik dan urea berlapis biochar dari biomassa jagung di lahan sawah tadah hujan. Penelitian lapang menggunakan metode percobaan yang memperlakukan kombinasi amelioran organik berbasis sumberdaya lokal (kotoran sapi, kotoran ayam) dan urea berlapis biochar dari biomassa jagung. Hasil penelitian menunjukan bahwa kombinasi amelioran organik dan urea berlapis biochar dan/atau diperkaya mikroba konsorsia nyata meningkatkan produktivitas sorgum, efisiensi pupuk N, laju infiltrasi tanah, dan menurunkan pelepasan gas rumah kaca N_2O. Pemberian amelioran organik bersamaan dengan masukan urea berlapis biochar limbah pertanian pada budidaya sorgum di lahan tadah hujan tersebut bertindak sebagai perpaduan upaya adaptasi dan mitigasi dampak perubahan iklim di lahan dataran rendah tadah hujan. Urea berlapis biochar mempunyai prospek baik dan diharapkan dapat diimplementasikan di lahan tadah hujan khususnya di Jawa Tengah untuk budidaya sorgum setelah musim tanam padi kedua (musim kering).

PENDAHULUAN

Perubahan iklim adalah suatu keniscayaan, yang memperoleh perhatian serius masyarakat global, regional, nasional, dan lokal. Perubahan iklim terjadi akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bumi akibat aktivitas manusia. Salah satu sektor terdampak adalah sektor pertanian terutama subsektor tanaman pangan. Sebagai pemasok bahan pangan, lahan tadah hujan rentan terhadap dampak perubahan iklim. Tantangan optimalisasi lahan tadah hujan dihadapkan pada cekaman kekeringan dan

kesuburan tanah yang relatif rendah.

Jawa Tengah memiliki lahan sawah tadah hujan dengan luasan 304.073 ha (Mulyani et al., 2022) atau 13,6% dari total lahan sawah tadah hujan nasional. Pemanfaatan sumberdaya lahan sepanjang tahun untuk budidaya tanaman pangan perlu dilakukan secara optimal untuk mendukung keberlanjutan ketahanan pangan. Selain sebagai media budidaya tanaman pangan utama (beras dan jagung), lahan tadah hujan berpeluang juga untuk budidaya tanaman sorgum daripada lahan dibiarkan dalam kondisi bera setelah panen padi kedua di musim kering.

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) dapat dibudidayakan pada musim tanam ketiga setelah dua kali tanam padi, dimana pola tanam yang umum diterapkan di agroekosistem lahan sawah tadah hujan adalah padi pertama (musim penghujan) diikuti padi kedua (akhir musim penghujan/awal musim kering) dan diikuti tanaman palawija atau bera tergantung kondisi kelengasan tanah setelah panen padi kedua. Misal di Jawa Tengah, petani sawah tadah hujan telah mengintroduksi pola tanam tersebut sebagai antisipasi agihan curah hujan tahunan yang kurang dari 1.500 mm dan bersifat *erratik*/tidak menentu. Sorgum dapat tumbuh baik pada lahan berproduktivitas rendah, lahan marjinal, lahan terlantar.

Produksi sorgum di Indonesia masih rendah, meskipun beberapa tahun terakhir ini pemerintah giat menggalakan budidaya sorgum sebagai pendamping/alternatif bahan pangan beras dan jagung. Rata-rata produksi sorgum berkisar 4.000 – 6.000 ton/tahun yang tersebar di lima provinsi, yaitu Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Nusa Tenggara Timur (A'yun & Anwar, 2024). Berdasar Statistic Indonesia (2021), sentra sorgum di Indonesia cukup luas yakni 4.355 ha, dengan rincian 3.400 ha di provinsi Nusa Tenggara Timur, 488 ha di provinsi Jawa Barat, 305 ha di provinsi Kalimantan Barat, 200 ha di provinsi Jawa Timur, 120 ha di provinsi Jawa Tengah, dan 100 ha di provinsi Nusa Tenggara Barat. Dari luasan 120 ha di Jawa Tengah tersebut, sorgum telah ditanam pada luasan 60 ha di Wonogiri, 20 ha di Sukoharjo, dan 40 ha di Cilacap. Kabupaten lain seperti Blora, Demak, Pati, Batang, dan Grobogan berpeluang sebagai area pengembangan budidaya sorgum.

Sorgum merupakan jenis tanaman serelia yang dapat tumbuh pada tanah-tanah marjinal dengan tingkat kesuburan tanah relatif rendah dan tahan terhadap cekaman kekeringan. Ini berarti bahwa budidaya sorgum dapat dipandang sebagai salah satu aksi adaptasi dampak perubahan iklim. Sorgum bersifat multifungsi, semua bagian tanaman berfaedah, antara lain biomassa untuk pakan ternak, energi hayati terbarukan, sumber gula alternatif, dan kompos; biji sebagai bahan pangan dan pakan unggas/ternak; daun sebagai pakan ternak; dan akar serta batang/tongkol sorgum sebagai bahan biochar atau pembenah organik tanah. Namun sorgum belum banyak dikembangkan secara meluas dan masih sebagai tanaman sela yang banyak ditanam di pematang persawahan.

Budidaya sorgum di lahan sawah tadah hujan juga terkendala oleh kesuburan tanahnya yang rendah. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman sorgum tergantung oleh ketersediaan hara esensial dalam tanah, antara lain nitrogen (N), yang umum dipasok dalam bentuk pupuk urea. Namun seperti pada tanaman pangan lainnya, penggunaan pupuk urea umumnya tidak efisien, dimana sebagian N dari pupuk hilang sebelum tanaman memanfaatkannya. Salah satu kehilangan N dari tanah yang dipupuk N adalah gas dinitrogen oksida (N_2O). N_2O adalah salah satu gas rumah kaca utama di sektor pertanian, penyebab pemanasan global yang memicu terjadinya fenomena perubahan iklim. N_2O mempunyai potensi pemanasan global 296-300 kali dibandingkan molekul CO_2, dengan waktu tinggal di atmosfer relatif lama (Wihardjaka, 2022; Wihardjaka *et al*., 2025).

Pupuk N yang umum digunakan adalah urea. Bahan baku pembuatan urea masih impor dan aplikasinya di lapangan sering tidak efisien. Petani masih diuntungkan dimana pemerintah memberikan subsidi pupuk. Oleh karena itu, penggunaannya seharusnya dilakukan secara efektif dan efisien. Salah satu upaya untuk meningkatan efisiensi penggunaan pupuk N tersebut adalah dengan memodifikasi pupuk urea konvensional melalui pelapisan (*coating*) agar pupuk N tersebut bersifat lambat urai (*slow release*). Bahan alami yang tersedia melimpah di sekitar agroekosistem lahan tadah hujan dapat digunakan sebagai pelapis/coating pupuk eksisting. Pemanfaatan limbah pertanian seperti tongkol jagung merupakan upaya pengelolaan sumberdaya lokal berbasis ekonomi sirkuler. Limbah pertanian yang berkadar lignin tinggi baru terlapuk atau terkomposkan dalam jangka waktu panjang, maka pengelolaan limbah tersebut melalui proses pirolisis dihasilkan produk arang hayati (biochar).

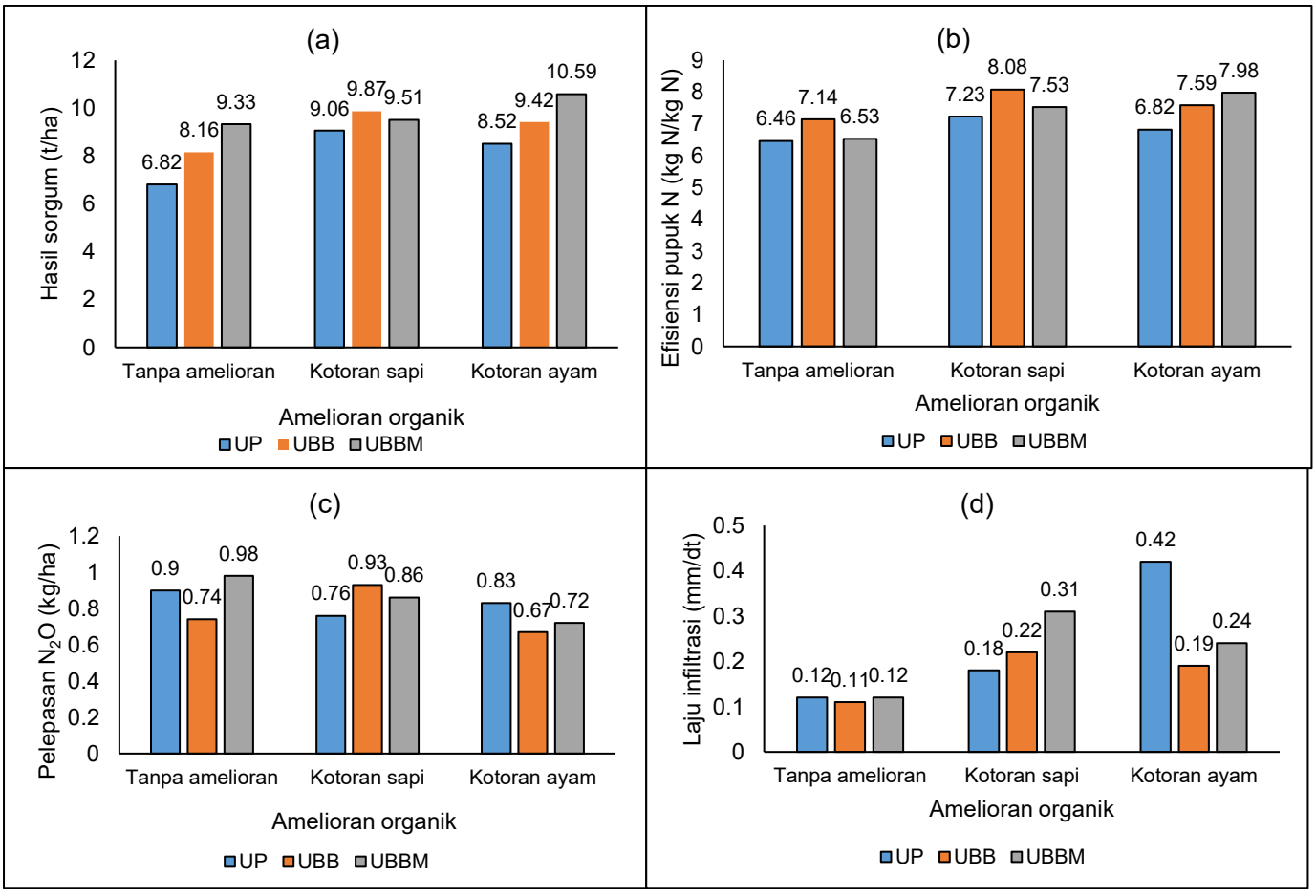
Selain itu, kesuburan tanah dapat diperbaiki dengan memberikan pasokan material organik seperti kotoran ternak agar produktivitas tanaman yang dibudidayakan dapat ditingkatkan. Oleh karena itu, pemberian urea berlapis biochar dan/tanpa diperkaya mikroba penyubur tanah yang diintegrasikan dengan pemberian material organik pada budidaya sorgum merupakan implementasi dari sinergi upaya adaptasi dan mitigasi dampak perubahan iklim

DESKRIPSI MASALAH

Pemberian bahan amelioran/pembenah organik bersamaan dengan urea berlapis biochar secara signifikan memperbaiki hasil biji sorgum (Gambar 1a), efisiensi penggunaan pupuk nitrogen dari urea (Gambar 1b), dan menurunkan pelepasan gas rumah kaca N_2O (Gambar 1c), serta memperbaiki laju infiltrasi tanah (Gambar 1d). Urea berlapis biochar diperkaya mikroba lebih efektif meningkatkan hasil biji sorgum, dan efisiensi penggunaan pupuk nitrogen bilamana dikombinasikan dengan amelioran organik seperti kotoran sapi ataupun kotoran ayam. Hasil panen sorgum meningkat secara signifikan sebesar 12,5%-20,7% dengan pemberian urea berlapis biochar diperkaya mikroba konsorsia yang diberi juga amelioran organik. Mikroba konsorsia yang digunakan pada penelitian adalah *Bacillus aryabhattai, Bacillus aerius*, dan *Bacillus marisflavi*, yang mempunyai kemampuan melarutkan fosfat dan toleran terhadap cekaman abiotik.

Pemberian urea berlapis biochar, baik tanpa atau diperkaya mikroba konsorsia dapat meningkatkan efisiensi pupuk N sebesar 6,3%-13,2%. Urea berlapis biochar dapat meningkatkan efisensi pupuk N sebesar 15,3%-22,2% jika ditambahkan amelioran organik (Gambar 1b). Amelioran organik memperbaiki struktur tanah yang memudahkan jelajah akar tanaman lebih efektif dalam menjangkau dan menyerap hara N (Aulia et al., 2025). Sorgum menyerap hara N secara efisien, artinya kehilangan N dalam bentuk N_2O dapat ditekan/dikurangi. Kombinasi amelioran organik dan urea berlapis biochar yang diperkaya mikroba konsorsia mengurangi secara signifikan pelepasan gas rumah kaca N_2O (Gambar 1c).

Perbaikan sifat fisik tanah dapat ditunjukkan dengan laju infiltrasi tanah. Urea berlapis biochar diperkaya mikroba konsorsia lebih efektif meningkatkan laju infiltrasi tanah secara signifikan bilamana dikombinasikan dengan amelioran organik (kotoran sapi ataupun kotoran ayam (Gambar 1d). Aplikasi kedua *input* tersebut dapat meningkatkan laju infiltrasi air tanah berkisar 72-100% (dengan urea berlapis biochar) atau 100-158% (dengan urea berlapis biochar diperkaya mikroba konsorsia) di lahan lahan dataran rendah tadah hujan.



Gambar1. Hasil sorgum (a), efisiensi pupuk N (b), pelepasan N_2O (c), laju infiltrasi tanah (d) pada pemberian kombinasi amelioran/pembenah organik dan urea berlapis biochar (Keterangan: UP = urea pril, UBB = urea berlapis biochar dari tongkol jagung, UBBM = urea berlapis biochar dari tongkol jagung diperkaya mikroba konsorsia)

Kombinasi amelioran organik dan urea berlapis biochar berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N, meningkatkan produktivitas sorgum, memperbaiki kualitas tanah dan lingkungan, serta sekaligus bertindak sebagai upaya untuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di lahan dataran rendah tadah hujan.

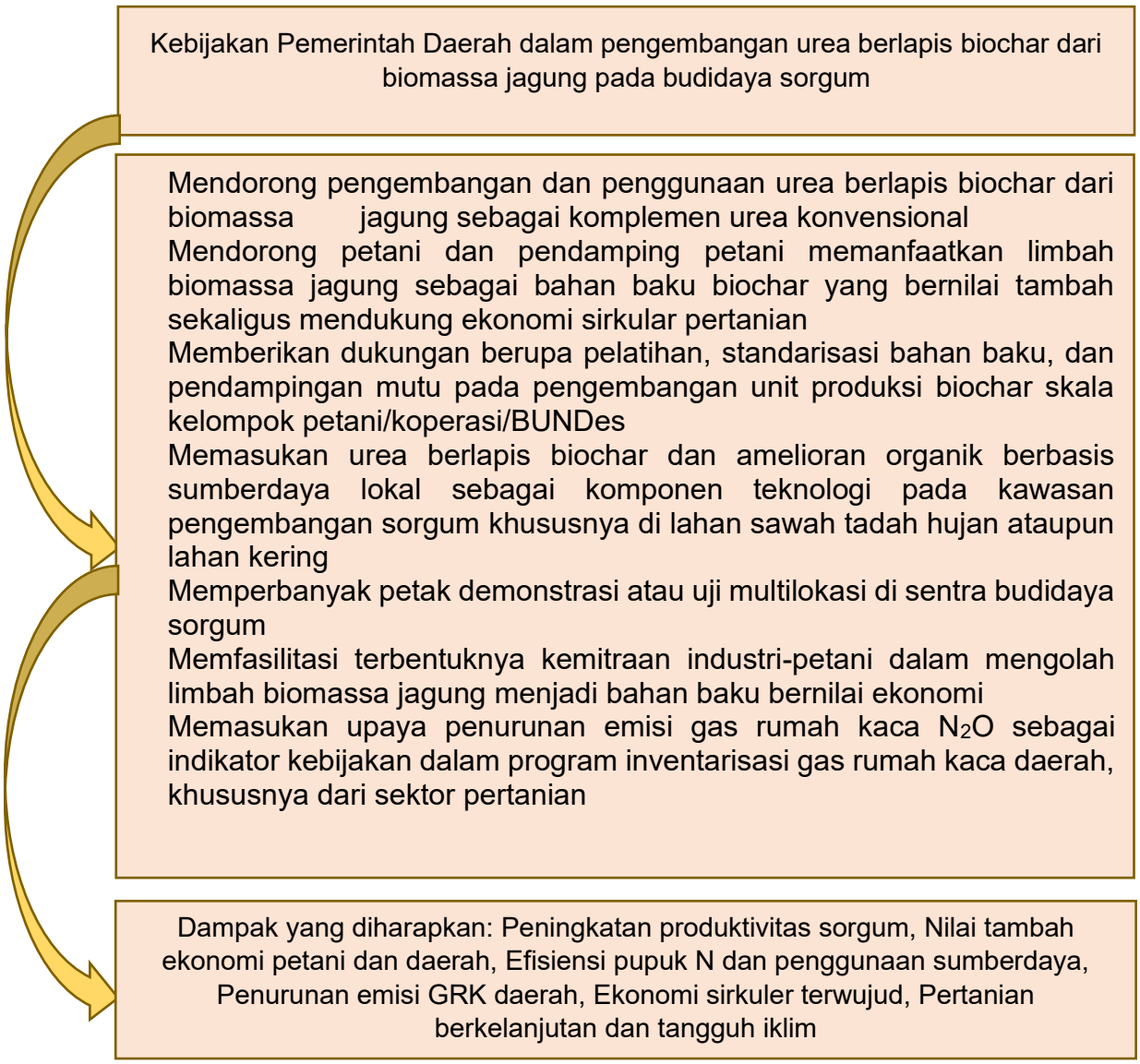
REKOMENDASI KEBIJAKAN

Budidaya sorgum perlu digalakkan di agroekosistem lahan sawah tadah hujan terutama setelah tanam dua kali padi sebelumnya, yang menerapkan pola tanam padi-padi-palawija/bera dan tetap memperhatikan kondisi kelengasan di awal pertumbuhannya. Praktis budidaya sorgum di lahan tadah hujan sebaiknya memperhatikan/memanfaatkan sumberdaya lokal dengan mensinergikan komponen pupuk lambat urai, amelioran/pembenah organik, dan sorgum yang berumur pendek/genjah. Persepsi petani terhadap budidaya sorgum diharapkan nyata bilamana pendampingan petani oleh petugas lapangan/penyuluh giat dilakukan, dan kemudahan prossesing hasil dengan ketersediaan sarana perontokan dan penyelepan yang tepat guna.

Pemanfaatan sumberdaya lokal berbasis ekonomi sirkuler sebaiknya perlu selalu digalakan untuk mengurangi kelimpahan limbah organik, meningkatkan kualitas sumberdaya, memperbaiki produktivitas tanah dan tanaman, mengungkit perekonomian petani dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan. Limbah organik yang tersedia melimpah sebaiknya dimanfaatkan seperti tongkol jagung menjadi produk biochar, biomassa sorgum dibuat kompos atau biochar untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Biochar digunakan sebagai pelapis pupuk urea, sehingga pupuk urea tersebut merupakan pupuk lambat urai (slow release). Penggunaan pupuk urea berlapis biochar, selain meningkatkan hasil sorgum, juga memperbaiki efisiensi penggunaan pupuk N. Artinya kehilangan N dalam bentuk gas rumah kaca N_2O yang diemisikan ke atmosfer dapat ditekan. Pengunaan pupuk urea berlapis biochar tersebut mendukung program strategis pemerintah pusat maupun daerah Jawa Tengah dalam program penurunan emisi gas rumah kaca di sektor pertanian, khususnya subsektor tanaman pangan. Emisi gas rumah kaca dari sektor pertanian di Jawa Tengah tahun 2022 adalah 24.072,82 Gg CO_2-e atau 21,46% dari total emisi, dimana 14% berasal dari budidaya padi dan 8% dari pelepasan N_2O dari tanah (Bappeda Jawa Tengah, 2024).

Perbaikan kualitas tanah sebagai media tumbuh sorgum selalu diperhatikan antara lain melalui pengembalian biomassa mudah terkomposkan atau limbah organik ke dalam tanah budidaya. Limbah organik yang dapat dimanfaatkan antara lain biomassa pasca panen baik sebagai biochar maupun kompos, kotoran ternak atau pupuk kandang. Pengembalian material organik tersebut dapat memperbaiki kesehatan/kualitas tanah, meningkatkan cadangan/sekuistrasi karbon, meningkatkan ketahanan/kelenturan/resiliensi lahan tadah hujan, memperbaiki struktur tanah, memperbaiki status ketersediaan hara tanah, dan mendukung pertanian rendah emisi yang tangguh iklim.

Lebih lanjut beberapa kebijakan dapat direkomendasikan oleh pemerintah daerah seperti terlihat pada Gambar 2. Kombinasi amelioran organik dan urea berlapis biochar diperkaya mikroba konsorsia berpotensi menjadi paket teknologi strategis untuk pembangunan pertanian berkelanjutan di lahan dataran rendah tadah hujan, terutama di Jawa Tengah yang selaras dengan program akselerasi perekonomian berdaya saing, inklusif, dan berbasis lingkungan. Hasil invensi diharapkan juga dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam (1) membantu petani dalam memanfaatkan lahan sawah tadah hujan pasca budidaya padi dengan alternatif budidaya sorgum yang toleran terhadap kekurangan air, (2) memperbaiki produktivitas tanah sawah tadah hujan melalui pemberian amelioran/pembenah organik, (3) meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk nitrogen dari urea di lahan sawah tadah hujan yang sekaligus sebagai mitigasi emisi gas dinitrogen oksida (N_2O), dan (4) memanfaatkan sumberdaya lokal berupa limbah tongkol jagung sebagai arang hayati (biochar) yang dimanfaatkan sebagai pelapis pupuk urea agar bersifat lambat urai.



Gambar 2. Bagan rekomendasi kebijakan dari pemanfaatan amelioran organik berbasis sumberdaya lokal dan urea berlapis biochar dari biomassa jagung pada budidaya sorgum di lahan tadah hujan

REFERENSI

Aulia, F., Suwardji, Mulyati, & Susilowati, L. E. 2025. Peran amelioran dalam perbaikan kualitas tanah di lahan kering. *Empiricism Journal*, 6(4): 2640-2648.

A'yun, Q., & Anwar, A. 2024. Pertumbuhan dan hasil beberapa genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pada berbagai jarak tanam. *Jurnal Agroteknologi*, 6(1): 39-48.

Bappeda Jawa Tengah. 2024. Rencana Kerja Pemerintah Daerah Tahun 2025. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Tengah. Semarang.

Mulyani, A., Mulyanto, B., Barus, B., Panuju, D. R., & Husnain. 2022. Analisis kapasitas produksi lahan sawah untuk ketahanan pangan nasional menjelang tahun 2045. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 16(1): 33-50.

Statistics Indonesia. 2021. Statistical Yearbook of Indonesia 2020. Statistics Indonesia Vol. 1101001. ttps://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html.

Wihardjaka, A. 2022. Technologies to reduce emissions of methane and nitrous oxide in rice fields: A brief review. *Agric*, 34(2): 197-210.

Wihardjaka, A., Al Viandari, N., Adriany, T.A., Zu'amah, H., Harsanti, E.S., Supriyo, A., Pratiwi, E., Subiksa, I G.M., Yusuf, W.A., & Bowo, C. 2025. Effect of organic amendment and biochar-coated urea on sorghum yield, nitrogen use efficiency, and soil water infiltration in rainfed lowland. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 85(5): 650-660