

Pengelolaan Tanah dan Air Pada Budidaya Padi Gogo dan Palawija di Bawah Tegakan Tanaman Tahunan untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan

Soil and Water Management in Upland Rice and Second Crops Cultivation Under Annual Plant for Improving Land Productivity

Nani Heryani*, Budi Kartiwa, Adang Hamdani, Nono Sutrisno

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi (Balitklimat), Jalan Tentara Pelajar No. 1A, Cimanggu Bogor, Telp. 0251-8312760

*E-mail: naniheryanids@gmail.com

Diterima 3 Februari 2020, Direview 17 Maret 2020, Disetujui dimuat 16 Mei 2020, Direview oleh Mamat H.S. dan Popi Rejekiningrum

Abstrak. Pengembangan padi gogo di lahan kering yang ditunjang oleh teknik pengelolaan tanah dan air yang tepat, berpeluang sebagai salah satu alternatif penyediaan pangan masa depan dan mampu mendukung peningkatan ketahanan pangan nasional. Perluasan areal tanam untuk tanaman padi gogo di lahan kering di bawah tegakan merupakan salah satu strategi dalam menyokong peningkatan produksi padi sawah. Inovasi teknologi pertanian untuk pengembangan padi gogo pada lahan kering di bawah tegakan tanaman tahunan perlu dilaksanakan secara terpadu meliputi: 1) penggunaan varietas toleran naungan, 2) pengembangan teknik konservasi tanah seperti pembuatan teras, guludan, rorak; penggunaan mulsa dan penanaman rumput, 3) pengembangan sistem integrasi tanaman-ternak, 4) pemanfaatan teknologi panen air melalui embung, dam parit, *long storage*, dan pemanfaatan air sungai. Pengelolaan air pada pengembangan padi gogo dan palawija di bawah tegakan tanaman tahunan terutama pada musim kemarau merupakan hal yang mutlak dilakukan. Sumber air irigasi dapat berasal dari infrastruktur panen air atau sumber air lainnya.

Kata Kunci: Padi gogo / palawija / pengelolaan lahan / tanaman tahunan

Abstract. The development of upland rice in dry land, which is supported by appropriate soil and water management techniques, has the opportunity as an alternative in future food procurement efforts. It could also support the improvement of national food security. Expansion of the planting area for upland rice in dry land under crops is one of the strategies to support the increasing rice production. Innovations of agricultural technology for the development of upland rice on dry land under estate crops or forestry should be implemented in an integrated manner, including: 1) the use of shade tolerant varieties, 2) the development of soil conservation techniques such as terraces, mulch and grass planting, 3) development of crop-livestock integration systems, and 4) utilization of water harvesting technology through small reservoir, channel reservoir, long storage, and river utilization. Water management is absolutely necessary in the development of upland rice and secondary crops under annual crops. The alternatives water resources for irrigation are water harvesting infrastructure and other water sources.

Keywords: Upland rice / second crops / soil management/ annual crops

PENDAHULUAN

Salah satu program pemerintah di sektor pertanian adalah meningkatkan swasembada pangan dalam rangka meningkatkan ketahanan pangan. Tiga komoditas pangan yaitu padi, jagung dan kedelai merupakan komoditas prioritas dalam mencapai ketahanan pangan nasional. Berkaitan dengan berkurangnya lahan subur untuk usaha pertanian akibat alih fungsi lahan sawah di Pulau Jawa, maka pemenuhan swasembada untuk mencapai ketahanan pangan mulai diarahkan pada pemanfaatan

lahan kering, mengingat lahan kering masih tersedia luas dan belum dioptimalkan pemanfaatannya. Dari total lahan kering di Indonesia yang saat ini mencapai 144,47 juta ha, sekitar 91,53 juta ha (63,35%) merupakan lahan yang sesuai untuk pertanian, dan yang sesuai untuk tanaman pangan sebesar 36,67% (BBSDLP 2014; 2015). Lahan kering potensial terluas terdapat di Pulau Kalimantan seluas 30,48 juta ha, disusul Sumatera sekitar 20,19 juta ha, Papua 13,35 juta ha, Sulawesi 9,36 juta ha, Jawa 8,79 juta ha, Maluku 5,08 juta ha serta Bali dan Nusa Tenggara seluas 4,29 juta ha.

Pengembangan budidaya tanaman padi gogo di lahan kering juga diarahkan ke perluasan areal tanam baru sebagai tanaman sela di bawah tegakan tanaman tahunan. Kawasan pengembangan padi gogo dan palawija atau pola tanam berbasis padi gogo terdapat pada 3 sub ekosistem yaitu: 1) daerah datar termasuk bantaran sungai, lahan lebih subur, bila kekeringan masih tersedia air dari sungai, 2) kawasan perbukitan daerah aliran sungai (DAS), kemiringan lahan lebih dari 15%, rawan erosi, perlu tindakan konservasi tanah yang memadai (teras bangku untuk solum tanah yang dalam dan sistem budidaya lorong / *alley cropping* untuk solum tanah yang dangkal) , 3) sebagai tanaman tumpangsari perkebunan dan Hutan Tanaman Industri (HTI) muda. Tumpangsari dengan karet muda sampai tahun ketiga, tumpangsari dengan kelapa sawit sampai tahun keempat (Toha *et al.* 2006).

Upaya peningkatan produksi beras guna memperkuat ketahanan pangan nasional akan lebih berkesinambungan apabila dilakukan melalui program perluasan areal tanam padi gogo di lahan bukaan baru dan pemanfaatan lahan kosong di areal perkebunan atau hutan. Program perluasan areal tanam padi gogo perlu mendapat dukungan dan kemauan politik pemerintah pusat, propinsi dan kabupaten (Sumarno dan Hidayat 2007). Di lahan kering, pengembangan budidaya tanaman padi gogo, jagung, dan kedelai diarahkan pada perluasan areal tanam baru sebagai tanaman sela di bawah tegakan tanaman tahunan. Budidaya padi gogo di lahan kering di bawah tegakan tanaman tahunan pada lahan perkebunan seperti kakao, karet, kelapa sawit, dan jati; di wilayah Hutan Tanaman Rakyat (HTR); Hutan Tanaman Industri (HTI); ditanam secara tumpang sari dengan tanaman palawija (sistem agroforestri). Menurut Mayrowani dan Ashari (2011) sistem ini, dapat menjamin dan memperbaiki kebutuhan hidup masyarakat, meningkatkan pendapatan petani, serta sebagai upaya penyediaan kawasan hutan untuk pengembangan pangan dalam menunjang ketahanan pangan.

Pada ekosistem tersebut padi gogo dan palawija dapat ditanam di sela-sela tanaman utama di bawah umur 3 tahun atau sampai naungannya mencapai 50% (Sopandie *et al.* 2003). Untuk itu dibutuhkan varietas unggul padi gogo dan palawija yang toleran kekeringan dan naungan dan bisa tetap berproduksi tinggi dalam kondisi intensitas cahaya yang rendah. Salah satu strategi peningkatan produksi kedelai juga dilakukan melalui perluasan areal tanam dengan memanfaatkan

lahan tidur di bawah tegakan tanaman perkebunan atau HTI (Pinem 2000.)

Kebijakan pemanfaatan hutan sebagai penyedia pangan tertuang dalam UU 41/1999 tentang Kehutanan, dan PP 6/2007 jo PP No. 3/2008 tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan serta Pemanfaatan Hutan. Saat ini, beragam jenis tanaman pangan telah dibudidayakan di hutan tanaman rakyat dan industri, yaitu: a) tanaman penghasil karbohidrat dan protein, seperti: padi, jagung, singkong, sagu, kedelai, dan kacang tanah, b) tanaman penghasil buah-buahan dan biji-bijian, seperti: nangka, mangga, alpukat, manggis, melinjo, petai dan jengkol, c) tanaman industri, seperti: kopi dan vanili (Rachmawati 2008; Dwiprabowo *et al.* 2011; BPPT 2011).

Penelitian budidaya tanaman di bawah tegakan sudah banyak dilakukan pada wilayah kehutanan, seperti penelitian di bawah tegakan jati atau bambu dengan naungan 0-30% masih memberikan produksi sambiloto yang baik (Yusron *et al.* 2005; Sulistijo dan Pujiasmanto 2007), dan naungan tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sambiloto (Jufri dan Utami 2012). Chozin *et al.* (1999) melaporkan bahwa pada lingkungan ternaungi, umumnya genotipe padi toleran naungan memiliki kemampuan yang lebih besar dalam meningkatkan tinggi tanaman dibandingkan genotipe peka. Intensitas cahaya rendah menurunkan hasil kedelai dan padi gogo. Selain permasalahan intensitas cahaya di bawah tanaman tegakan, kekeringan menjadi masalah juga dalam budidaya di bawah tegakan, namun penelitian pengelolaan air pada budidaya tanaman di bawah tegakan belum banyak dilakukan. Pada makalah ini akan dikemukakan peluang pengelolaan tanah dan air pada budidaya tanaman padi gogo dan palawija di bawah tegakan untuk menekan risiko kekeringan.

FAKTOR PEMBATAS PEMANFAATAN LAHAN KERING DI BAWAH TEGAKAN TANAMAN TAHUNAN

Budidaya tanaman pangan sebagai tanaman sela dilakukan dengan memanfaatkan area di antara tanaman utama (tanaman hutan seperti karet, kelapa sawit, dan sengon) yang pada umumnya ditanam dengan jarak 2–4 m. Padi gogo, jagung, dan kedelai merupakan tanaman pangan yang potensial dikembangkan di bawah tegakan tanaman tahunan.

Pengembangan komoditas ini sejalan dengan target Kementerian Pertanian untuk mencapai swasembada ketiga komoditas tersebut, namun pengembangan tanaman pangan di bawah tegakan memerlukan inovasi teknologi karena adanya beberapa faktor pembatas. Menurut Nugroho (2009) serta Sundari dan Susanto (2012), penanaman tanaman pangan dapat dilakukan hingga kanopi tanaman hutan saling menutup, biasanya antara 3–5 tahun. Pengembangan padi gogo dan palawija sebagai tanaman tumpangsari pada areal di bawah tegakan akan menghadapi berbagai kendala seperti intensitas cahaya rendah, ketersediaan air terbatas, kesuburan tanah relatif rendah, pH rendah, Al tinggi, penyakit blas/karat daun. Selain kesuburan tanah yang rendah, juga sering mengalami kekeringan, pertumbuhan gulma yang tinggi, dan penggunaan input yang rendah, sehingga pada umumnya produksinya kurang stabil dan lebih rendah daripada padi sawah (Kikuta *et al.* 2016). Hasil padi gogo di bawah tanaman kelapa sawit tidak berbeda nyata dengan tanaman padi di bawah tanaman karet dan kelapa (Corpuz *et al.* 2015).

Gulma atau tanaman pengganggu yang tumbuh liar di antara tanaman pokok yang diusahakan petani telah menjadi persoalan serius dan harus segera dikendalikan terutama pada usaha tani tanaman pangan di lahan kering seperti padi gogo. Persaingan dengan gulma dapat berupa kompetisi dalam mendapatkan cahaya, air dan hara. Bila pertumbuhan gulma padat, tanaman pokok padi gogo akan sangat menderita karena kalah bersaing dalam mendapatkan air dan hara. Pertumbuhan gulma pada kondisi basah-kering (lembab) seperti pada kondisi padi gogo di lahan kering yang basah kering karena hujan, maka pertumbuhan gulma akan lebih cepat dan lebih banyak (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi 2016).

Cahaya

Adanya naungan dari tanaman tahunan yang merupakan tanaman utama mengakibatkan jumlah cahaya matahari yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman pangan sebagai tanaman sela menjadi berkurang. Intensitas cahaya rendah di bawah tegakan tanaman perkebunan/kehutanan merupakan faktor pembatas budidaya yang sulit dihindarkan. Pada kondisi ini intensitas cahaya semakin rendah dengan semakin bertambah umur tanaman. Produksi tanaman diantara tegakan akan di bawah optimum terutama karena kendala cahaya (Purnomo *et al.* 2013).

Besarnya cahaya matahari yang diterima di permukaan tanah di bawah tegakan bergantung pada jenis tanaman, umur tanaman, sifat tajuk, dan percabangan. Jones (1992) mengemukakan, refleksi cahaya pada tanaman hutan berkisar antara 12–18%, artinya sisanya diabsorpsi dan ditransmisikan sampai di bawah tegakan atau permukaan tanah. Selain itu, Geiger *et al.* (1995) mengemukakan, persentase cahaya yang diterima di bawah tajuk sebesar 25%, puncak cabang kecil 6%, daerah percabangan 5%, dan permukaan tanah 1%.

Radiasi matahari diperlukan tanaman sebagai sumber energi bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui proses fotosintesis. Abidin (2015) menyatakan bahwa cahaya yang dapat digunakan untuk fotosintesis mempunyai panjang gelombang 400–700 nm. Cahaya itu kemudian disebut sebagai radiasi aktif untuk fotosintesis (*photosynthetic active radiation/ PAR*). Kebutuhan radiasi surya pada fase vegetatif padi gogo sekitar 400-600 cal/cm²/hari, atau yang sesuai sekitar 380-460 cal/cm²/hari (Muhidin *et al.* 2013).

Tabel 1. Dampak pengurangan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi, jagung, dan kedelai

Table 1. The effect of reducing the intensity of light on the growth and yield of rice, corn and soybean

No.	Tanaman	Dampak pengurangan intensitas cahaya
1.	Padi	Terganggunya pertumbuhan dan produksi, serta mengganggu proses metabolisme tanaman.
2.	Jagung	<ul style="list-style-type: none"> • Produksi akan menurun pada kondisi pencahayaan kurang optimum. • Mengalami penurunan klorofil, karbohidrat, dan lemak, tetapi kadar N meningkat.
3.	Kedelai	<ul style="list-style-type: none"> • Produksi akan menurun pada kondisi pencahayaan kurang optimum. • Menurunkan laju fotosintesis tanaman dan titik kejenuhan cahaya yang berdampak terhadap penurunan komponen hasil. • Pada kondisi naungan 65% mengalami penurunan hasil 34% pada musim kemarau dan 54% pada musim hujan.

Sumber: Disarikan dari Abidin (2015)

Naungan akan mengurangi jumlah anakan, indeks luas daun, hasil biji tanaman padi, dan efisiensi penggunaan radiasi surya (Cruz 1997). Variasi intensitas penyinaran memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah anakan, jumlah anakan produktif, berat gabah per plot dan berat gabah per hektar (Alridiwirah *et al.* 2015). Menurut Sopandie *et al.* (2002) serta Sopandie dan Trikoesoemaningtyas (2011), intensitas cahaya rendah merupakan kendala utama dalam pengembangan kedelai sebagai tanaman sela di bawah tegakan tanaman perkebunan, lingkungan agroforestri atau tumpangsari akibat naungan oleh kanopi tanaman. Hasil penelitian Umarie *et al.* (2018) menunjukkan bahwa secara umum, kedelai yang ditumpangsarikan dengan tebu secara nyata mengalami penurunan jumlah polong, jumlah biji, bobot 100 biji. dan hasil biji/tanaman tetapi tanamannya menjadi lebih tinggi dibanding kedelai yang ditanam secara monokultur. Dampak menurunnya intensitas cahaya terhadap tanaman padi, jagung, dan kedelai disajikan pada Tabel 1.

Ketersediaan Air

Masalah kekeringan/keterbatasan ketersediaan air, merupakan faktor penting yang perlu mendapat perhatian khusus pada budidaya tanaman pada lahan kering di bawah tegakan tanaman tahunan. Jika budidaya dilakukan di luar musim penghujan, maka sumber air sebagai sarana irigasi harus terjamin. Sumber air alternatif seperti embung, lebung, dam parit, mata air, air sungai, air tanah, dan lainnya dapat menjadi sumber irigasi bagi tanaman padi gogo dan palawija yang dikembangkan di bawah tegakan pada musim kemarau.

Pada kondisi ketersediaan air terbatas, budidaya tanaman dapat menggunakan varietas yang memiliki ketahanan terhadap kekeringan. Balitbangtan Kementerian Pertanian sudah melepas varietas unggul padi gogo sejak lima tahun terakhir yaitu pada tahun 2011-2016, yang memiliki toleransi terhadap kekeringan. Varietas padi gogo yang sudah dilepas pada periode tersebut disajikan pada Tabel 2. Dari beberapa varietas yang toleran kekeringan pada Tabel 2, pada umumnya dapat ditanam di bawah tegakan tanaman tahunan, dengan naungan di bawah 50%.

Tabel 2. Beberapa varietas padi gogo yang memiliki toleransi terhadap kekeringan

Table 2. Drought tolerant upland rice varieties

Varietas (dilepas tahun)	Tekstur Nasi	Umur (hari)	Hasil (t ha ⁻¹)	Ketahanan/Toleransi
Inpago 7 (2011)	Pulen	111	4,6-7,4	Agak tahan wereng batang coklat biotipe 1 dan 2, agak rentan biotipe 3; Tahan penyakit blas ras 133 dan agak tahan ras 73, 173 dan 033; Agak rentan kekeringan dan rentan keracunan Al.
Inpago 8 (2011)	Pulen	119	5,2-8,1	Agak rentan wereng batang coklat; Tahan penyakit blas ras 073, 173, 033 dan 133; Toleran kekeringan, agak toleran keracunan Al dan Fe.
Inpago 9 (2012)	Sedang	109	5,2-8,4	Agak tahan wereng batang coklat biotipe 1; Agak tahan penyakit blas ras 133, moderat ras 033 dan 173; Agak tahan hawar daun bakteri patotipe III; Agak toleran kekeringan dan keracunan Al pada tingkat 60 ppm Al ³⁺ .
Inpago 10 (2014)	Sedang	115	4,0-7,3	Agak rentan kekeringan dan keracunan Al pada tingkat 60 ppm Al ³⁺ .
Inpago 11 Agritan (2015)	Sedang	111	4,1-6,0	Moderat rentan terhadap kekeringan pada fase vegetatif dan peka keracunan Al pada tingkat 60 ppm Al ³⁺ .
Inpago 12 Agritan (2016)	Sedang	111	6,7-10,2	Agak rentan WBC biotipe 1 dan 2; Tahan terhadap penyakit blas ras 033 dan 073; Agak tahan terhadap ras 133, 001, 013, 023, 051, dan 101; Rentan blas ras 173 dan 041; Toleran terhadap kekeringan dan keracunan Al.

Sumber: Jamil *et al.* (2016); Wahab *et al.* (2018)

Meskipun jagung merupakan tanaman yang relatif toleran terhadap kekeringan/ketersediaan air terbatas, namun keterbatasan ketersediaan air pada fase kritis pertumbuhan tanaman, akan mengakibatkan

penurunan hasil. Roth *et al.* (2013) menyatakan bahwa kekeringan akan menyebabkan menurunnya aktivitas fotosintesis dan transpirasi pada akhir fase vegetatif jagung. Tollenaar dan Lee (2011) menyatakan bahwa jagung sangat sensitif terhadap kekeringan terutama pada masa 2 minggu sebelum dan sesudah pengisian biji.

Cekaman kekeringan pada tanaman kedelai yang ditanam pada musim kemarau (MK) I akan terjadi pada fase reproduktif, sedangkan jika ditanam pada MK II seluruh fase pertumbuhan kedelai akan tercekam kekeringan. Pada kondisi demikian, kedelai menghadapi risiko gagal panen (Suhartina *et al.* 2014). Penurunan hasil akibat kekeringan pada stadia generatif beragam, bergantung pada varietas dan tingkat cekaman. Cekaman kekeringan pada kondisi 50% air tersedia menurunkan hasil varietas Cikuray, Panderman, Burangrang, Tidar, dan Wilis masing-masing sebesar 62,6%, 52,8%, 41,7%, 64,0%, dan 47,6% (Suhartina 2007). Toleransi terhadap kekeringan pada tanaman kedelai berkaitan dengan perakaran yang banyak dan kemampuan tanaman menyerap air yang tinggi. Menurut Suyamto (2018) tanaman yang mengalami cekaman kekeringan pada saat mulai berbunga sampai panen atau pada saat fase generatif mengalami penurunan hasil sebesar 26 % dibanding dengan hasil dari tanaman yang mendapatkan air optimal.

Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah menggambarkan kemampuan suatu tanah untuk menghasilkan produk tanaman yang diinginkan, pada lingkungan tempat tanah itu berada. Produk tanaman dapat berupa: buah, biji, daun, bunga, umbi, getah, akar, batang, biomassa, dan lainnya. Jika tanah tidak mampu menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup untuk pertumbuhan dan hasil tanaman, maka penambahan unsur hara melalui pupuk diperlukan untuk menjamin pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Penurunan produktivitas lahan dan tanaman yang diusahakan di bawah tegakan disebabkan oleh miskinnya kandungan hara di dalam tanah. Status kesuburan tanah aktual dapat menjadi dasar dalam menentukan faktor pembatas pertumbuhan tanaman dari aspek kesuburan tanah (Supangat *et al.* 2013).

Kesuburan tanah dipengaruhi oleh ketersediaan hara, dalam hal ini rendahnya ketersediaan hara mencerminkan rendahnya kesuburan tanah, sehingga

keberadaan makrofauna tanah sebagai perombak bahan organik sangat menentukan ketersediaan hara dalam menyuburkan tanah (Hanafiah 2013). Keberadaan fauna tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, salah satunya adalah adanya bahan organik dalam tanah (Putra 2012 *dalam* Nurrohman, 2018). Bahan organik dapat memicu aktivitas biologi tanah sehingga terjadi perbaikan kesuburan tanah, karena keseimbangan kesuburan fisik, kimia, dan biologi (Magdalena *et al.* 2013).

Menurunnya kesuburan lahan sebagai media tumbuh juga merupakan kendala yang dihadapi dalam pemanfaatan lahan di bawah tegakan. Menurut Barus (2013), lahan kering di Lampung pada umumnya adalah lahan masam dengan pH di bawah 5 dan ketersediaan hara terutama P termasuk rendah. Upaya perbaikan kesuburan lahan yang dapat dilakukan antara lain pemberian inokulum pelarut fosfat pada tanah masam, pemberian pupuk organik dan pupuk hayati dengan dosis yang sesuai dengan kondisi lahan. Menurut Sudomo dan Handayani (2013), peningkatan kesuburan tanah oleh serasah tegakan memerlukan proses panjang sampai tegakan mencapai ukuran besar dan pertumbuhan yang mulai melambat sehingga tetap diperlukan input pemupukan untuk peningkatan produktivitas tanaman agroforestri pada tegakan yang relatif masih muda pada masa pertumbuhan.

STRATEGI PENINGKATAN PRODUKSI DI BAWAH TEGAKAN TANAMAN TAHUNAN

Strategi peningkatan produksi untuk mengatasi beberapa faktor pembatas seperti rendahnya cahaya matahari, dan terbatasnya ketersediaan air, bagi pertumbuhan dan hasil tanaman pada budidaya di bawah tegakan tanaman tahunan, antara lain dapat dilakukan melalui: 1) penggunaan varietas toleran naungan, 2) pengembangan teknik konservasi tanah seperti pembuatan teras, guludan, rorak; penggunaan mulsa dan penanaman rumput, 3) pengembangan sistem integrasi tanaman-ternak melalui pemanfaatan serasah tanaman pangan untuk pakan ternak, 4) pemanfaatan teknologi panen air melalui embung, dam parit, *long storage*, pemanfaatan air sungai (Abidin 2015). Dari aspek lain peningkatan produksi di lahan marjinal, termasuk lahan di bawah tegakan tanaman tahunan, dapat dicapai melalui: (1) perbaikan potensi hasil melalui pemuliaan tanaman, (2) perbaikan varietas yang adaptif terhadap cekaman abiotik dan

biotik, serta (3) mengembangkan teknik budidaya berbasis pengetahuan fisiologi atau ekofisiologi tanaman (Sopandie dan Trikoesoemaningtyas 2011).

Penggunaan Varietas Toleran Naungan

Selain areal Hutan Tanaman Rakyat (HTR), areal perkebunan juga dapat menjadi areal pengembangan baru tanaman padi jagung, dan kedelai yang diusahakan sebagai tanaman sela. Beberapa varietas padi gogo yang tahan naungan yang dilepas Badan Litbang Pertanian dan telah digunakan pada penelitian Desain dan Pengembangan Teknologi Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Padi Gogo dan Palawija di Bawah Tegakan Tanaman Tahunan di Lampung pada tahun 2019, disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Varietas unggul padi gogo toleran naungan yang dilepas Badan Litbang Pertanian

Table 3. *Shade-tolerant superior varieties rice released by the Agency for Agricultural Research and Development*

Varietas	Tekstur Nasi	Umur (hari)	Hasil (t ha ⁻¹)	Ketahanan/Toleransi
Rindang 1	Pera	113	4,62-6,97	Agak peka terhadap WBC biotipe 1, 2, dan 3; Tahan terhadap blas rasm 001, 041, 033, Agak tahan blas ras 173; Toleran terhadap naungan; Agak toleran terhadap kekeringan; Toleran terhadap keracunan Al 40 ppm
Rindang 2	Pulen	113	4,20-7,39	Agak peka terhadap WBC biotipe 1, 2, dan 3; tahan terhadap blas ras 001, 041, 033, agak tahan ras 073, 051; agak toleran terhadap naungan dan kekeringan; sangat toleran terhadap keracunan Al 40 ppm
Inpago 10	sedang	115	4,0-7,3	Tahan terhadap penyakit blas ras 033; Agak tahan terhadap blas ras 133 dan 073; Agak toleran kekeringan dan keracunan Al pada tingkat 60 ppm Al ³

Sumber: Wahab *et al.* (2018)

Pada areal tanaman perkebunan (kelapa, karet, sawit) jagung dapat ditanam 4-8 kali hingga tanaman perkebunan berumur 3-4 tahun. Varietas jagung tahan naungan antara lain varietas Hibrida C3, Pionir serta beberapa galur tahan naungan lainnya. Sedangkan jagung yang memiliki sifat toleransinya terhadap kekeringan tergolong medium yaitu varietas Anoman, DTPY-F46-3-9-nB, G18 seq C2-nB, MR 14 PT-12, Pt-17 dan PT BC9 (Abidin *et al.* 2015).

Penenerapan Usaha tani Konservasi

Sistem pertanaman agar berkelanjutan salah satunya adalah sistem pertanian konservasi atau usaha tani konservasi. Pertanian konservasi atau usaha tani konservasi adalah sistem pertanian yang menerapkan pemeliharaan penutup tanah permanen, pengolahan tanah minimum (tanpa olah tanah), dan diversifikasi spesies tanaman, yang akan meningkatkan keanekaragaman hayati dan proses biologis alami di atas dan di bawah permukaan tanah, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi penggunaan air dan nutrisi serta dapat meningkatkan dan mempertahankan produksi tanaman (Gonzalez-Sanchez *et al.* 2015). Konservasi tanah lainnya yang dapat dilakukan adalah secara vegetatif dan mekanis. Konservasi secara vegetatif dapat dilakukan melalui pergiliran tanaman, penggunaan mulsa (permukaan dan vertikal), penanaman mengikuti kontur, tanaman penutup tanah/*cover crop*, strip rumput dan budidaya lorong. Konservasi tanah secara vegetatif dengan sistem agroforestri, akan lebih berpotensi bila dilakukan dengan pemilihan jenis tegakan yang memiliki serasah banyak, cepat terdekomposisi, jenis legume, berakar dalam dan toleran terhadap tanah masam (Sudomo dan Handayani 2013). Konservasi secara mekanis meliputi pengolahan tanah minimum (*minimum tillage*), pembuatan teras bangku, teras gulud, teras kredit, teras individu, teraskebun, guludan, pembuatan sengkedan, terjunan air, pemanfaatan embung dan dam parit (Dariah *et al.* 2004). Pengelolaan lahan dengan mengkombinasikan konservasi vegetatif dan mekanis akan lebih baik dalam menjaga terjadinya degradasi lahan.

Berbeda dengan tindakan konservasi mekanis, tindakan konservasi vegetatif yang sederhana dengan penggunaan mulsa, efektif mengurangi erosi dan aliran permukaan. Menurut Sutrisno dan Heryani (2013), penerapan teknik konservasi tanah yang sederhana berupa mulsa vertikal dengan jarak saluran 6 meter dan

12 meter pada pertanaman mahoni dan jagung mampu mengendalikan aliran permukaan dan erosi. Penerapan mulsa vertikal dengan jarak saluran 6 meter dapat menekan aliran permukaan sebesar 55% dan menekan erosi sebesar 46% dibandingkan tanpa mulsa vertikal serta dapat meningkatkan hasil jagung sebesar 47%. Penerapan mulsa vertikal dengan jarak saluran 12 meter, dapat menurunkan aliran permukaan sebesar 43% dan erosi sebesar 32% dibandingkan dengan tanpa mulsa vertikal serta dapat meningkatkan hasil jagung sebesar 20%.

Pengembangan Integrasi Tanaman-Ternak

Pada lahan kering dan tadah hujan dengan curah hujan merata sepanjang tahun, memiliki peluang untuk pengembangan tumpangsari tanaman perkebunan seperti kelapa sawit dengan tanaman pangan (padi, jagung, kedelai, dan ubikayu) sebagai tanaman sela. Baik hasil utama tanaman pangan maupun limbah tanaman dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak untuk menunjang pengembangan sistem integrasi tanaman-ternak. Jerami padi yang dihasilkan pada saat panen padi sebagai tanaman sela dapat digunakan sebagai pakan ternak sapi, sedangkan kotoran sapi, dapat digunakan sebagai pupuk kandang, setelah pengolahan tanah menjelang tanam padi.

Sistem usaha tani yang melibatkan ternak sangat tergantung pada kondisi agroekosistem (lahan dan iklim), harga produk, teknologi pertanian dan sosial ekonomi masyarakatnya. Selain itu juga sangat ditentukan oleh kepadatan penduduk dan kepadatan ternak. Menurut FAO (2001 *dalam* Prawiradiputra 2009), ada empat sistem usaha tani (yang melibatkan tanaman dan ternak) yang selama ini dikenal, yaitu *expansion agriculture* (EXPAGR), *low external input agriculture* (LEIA), *high external input agriculture* (HEIA) dan *new conservation agriculture* (NCA).

Integrasi tanaman-ternak sangat efektif dan efisien dalam rangka penyediaan pangan masyarakat. Siklus dan keseimbangan nutrisi serta energi akan terbentuk dalam suatu ekosistem secara terpadu, sehingga akan meningkatkan efektifitas dan efisiensi produksi yang berupa peningkatan hasil produksi dan penurunan biaya produksi. Integrasi tanaman-ternak dimaksudkan untuk memperoleh hasil usaha yang optimal, dan dalam rangka memperbaiki kondisi kesuburan tanah. Sistem tumpangsari tanaman dan ternak banyak juga dipraktekkan di daerah perkebunan. Dalam sistem tumpangsari ini tanaman

perkebunan sebagai komponen utama dan tanaman rumput dan ternak yang merumput di atasnya merupakan komponen kedua (Atmojo 2009). Dalam hal ini, ternak tetap dikandangkan agar tidak merusak pertanaman, limbah tanaman diberikan kepada ternak di dalam kandang, atau dilepas dengan pengawasan.

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dengan penerapan sistem integrasi tanaman -ternak yaitu: 1) diversifikasi penggunaan sumberdaya produksi, 2) mengurangi terjadinya risiko, 3) efisiensi penggunaan tenaga kerja, 4) efisiensi penggunaan komponen produksi, 5) mengurangi ketergantungan energi kimia dan energi biologi serta masukan sumberdaya lainnya dari luar, 6) sistem ekologi lebih lestari dan tidak menimbulkan polusi sehingga melindungi lingkungan hidup, (7) meningkatkan output, 8) mengembangkan rumah tangga petani yang lebih stabil dan menghasilkan biogas dari ternak sapi (Devendra 1993 *dalam* Prawiradiputra, 2009).

Pengelolaan Air pada Pengembangan Padi Gogo dan Palawija di Bawah Tegakan Tanaman Tahunan

Identifikasi potensi sumber daya air perlu dilakukan manakala akan melaksanakan pengelolaan sumber daya air di suatu wilayah. Potensi air permukaan dari curah hujan dapat diketahui berdasarkan data pengamatan stasiun hujan yang terdapat di lokasi kajian. Potensi air permukaan dari embung diidentifikasi berdasarkan volume cekungan, sedangkan sumber air sungai diidentifikasi berdasarkan pengukuran debit sesaat menggunakan *current meter* yang dilakukan pada saat musim kemarau. Ketersediaan air tanah dianalisis berdasarkan informasi sebaran cekungan air tanah yang telah diidentifikasi oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Apabila air tanah merupakan sumber utama pemasok kebutuhan air, maka dilakukan identifikasi potensi ketersediaan air tanah melalui pelaksanaan survei *geolistrik* menggunakan *geoscanner* dan *terrameter* (Balitbangtan 2013).

Pengelolaan sumber daya air mencakup aspek eksploitasi, distribusi, dan teknik irigasi/penyiraman. Eksploitasi bertujuan untuk memanfaatkan potensi sumber daya air dalam bentuk air permukaan atau air tanah. Distribusi air menggambarkan bagaimana air didistribusikan dari sumber air ke lahan, sedangkan teknik penyiraman disesuaikan dengan jenis dan potensi sumber daya air, bentang lahan, dan jenis komoditas (Balitbangtan 2013).

Eksploitasi Sumber Daya Air

Eksploitasi sumber daya air adalah upaya pengambilan dan pemanfaatan air untuk keperluan irigasi. Pilihan teknologi eksploitasi sumber air ditentukan oleh jenis dan karakteristik sumber air berupa air permukaan dan air tanah. Sumber air permukaan dapat berupa air yang mengalir dari sungai dan saluran irigasi, atau air yang tersimpan dalam suatu cekungan baik alami berupa danau, ataupun cekungan buatan berupa embung dan waduk. Sedangkan sumber air tanah berupa cadangan air yang tersimpan dalam batuan didalam tanah yang banyak mengandung air (*aquifer*) berupa air tanah dalam maupun air tanah dangkal (Balitbangtan 2013). Teknik eksploitasi sumber daya air pernah dilakukan di beberapa kebun percobaan milik Badan Litbang Kementerian Pertanian di Jawa Barat, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, Sumatera Barat, Sulawesi Utara, dan Nusa Tenggara Barat.

Distribusi Air

Distribusi adalah upaya mengalirkan air dari sumber ke lahan pertanian dan mendistribusikannya untuk tanaman. Berdasarkan cara pengalirannya distribusi air irigasi dapat dilakukan dengan saluran terbuka (*open channel*) dan saluran tertutup/jaringan pipa (*pipe networking*). Saluran terbuka sederhana dapat berupa alur air berupa tanah yang dikeruk, dan berupa jalur/saluran air yang diperkeras (batu-semen) seperti disajikan pada Gambar 1. Distribusi irigasi dengan

saluran tertutup terdiri jaringan pipa utama/primer, sekunder, pipa suplai, jaringan penghubung dan kelengkapan pendukung seperti konektor, *reducer*, *balve valve* dan lain-lain (Balitbangtan 2013).

Teknik Penyiraman

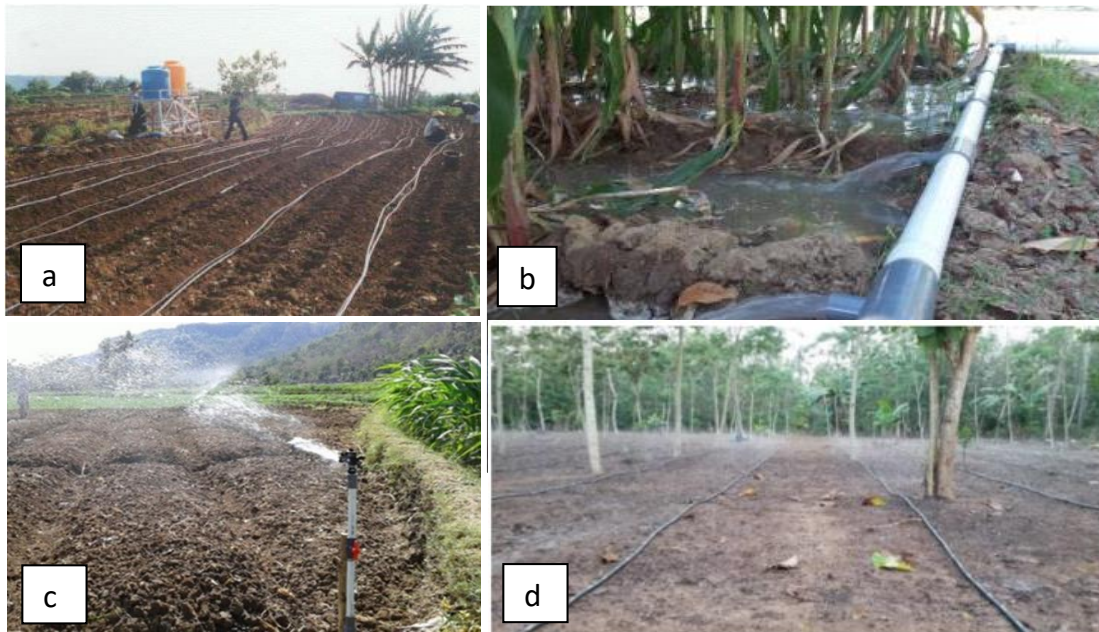
Pada lahan kering di lokasi di bawah tanaman tegakan dengan sumber air terbatas perlu dilakukan aplikasi irigasi hemat air. Irigasi hemat air mengilustrasikan bahwa: 1) dengan menggunakan jumlah air yang sama untuk irigasi dibandingkan dengan bukan irigasi hemat air, akan tetapi produksi meningkat, 2) irigasi dengan menggunakan jumlah air lebih sedikit, namun produksi sama atau lebih, 3) nisbah antara produksi dengan volume air yang digunakan meningkat jika dibandingkan dengan penggunaan air yang normal.

Irigasi tetes merupakan salah satu jenis irigasi hemat air yang sangat cocok untuk budidaya tanaman hortikultura seperti cabe dan bawang. Pemberian air untuk tanaman sela pada lahan kering di bawah tegakan yang diatur sesuai kebutuhan air tanaman pada setiap fase pertumbuhan tanaman juga merupakan salah satu teknik irigasi hemat air, karena irigasi diberikan sesuai kebutuhan, sehingga tidak terjadi pemborosan air. Di bawah tegakan tanaman tahunan yang telah dicoba di hutan rakyat di Lampung menunjukkan pemberian air yang sesuai adalah irigasi kabut dan irigasi curah (*impact sprinkler*). Beberapa teknik irigasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Pendistribusian air pada lahan pertanian melalui saluran terbuka

Figure 1. Water distribution on agricultural land through open channels



Gambar 2. Teknik irigasi tetes (a), *furrow* (b), *impact sprinkler* (c, Sumber: Rejekingrum dan Kartiwa 2017), irigasi kabut (d)

Figure 2. The irrigation techniques of drip (a), *furrow* (b), *impact sprinklers* (c, Source: Rejekingrum and Kartiwa 2017), mist irrigation (d)

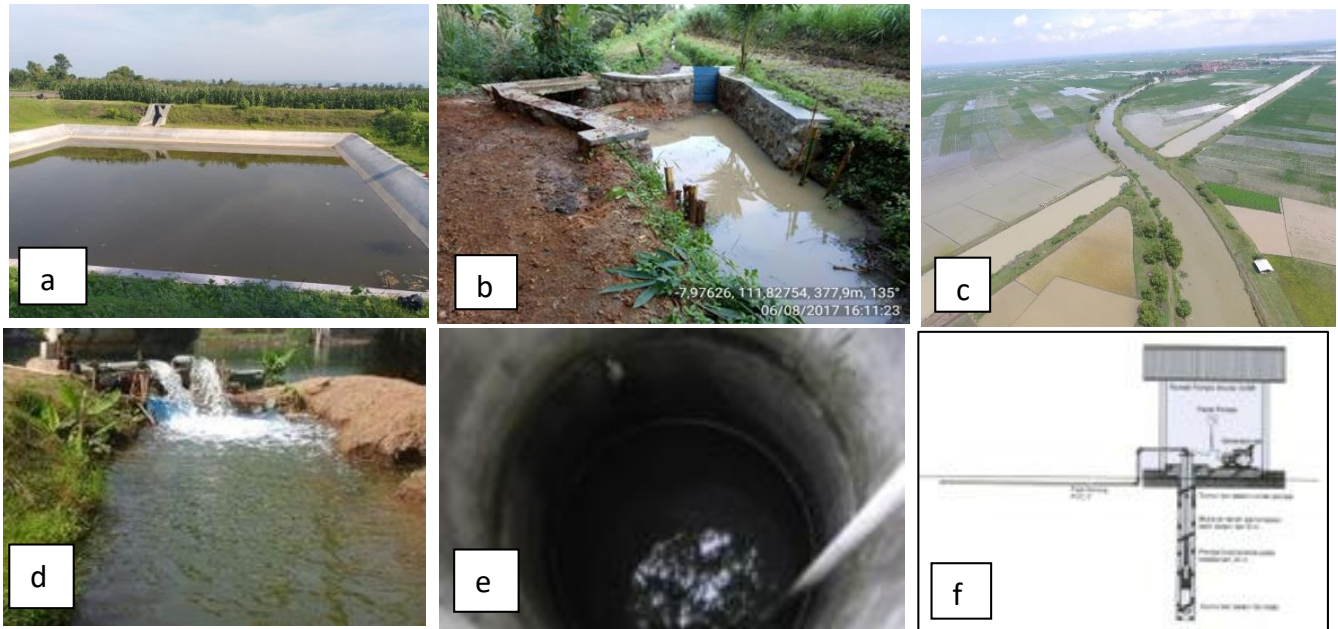
REKOMENDASI TEKNIS, KEBIJAKAN DAN RISET KE DEPAN

Rekomendasi Teknis melalui Aplikasi Panen dan Hemat Air

Program pemerintah tentang perluasan areal tanam baru (PATB) dalam memacu produksi pangan, antara lain dapat dilakukan melalui peningkatan produksi padi, jagung, dan kedelai. PATB tidak perlu dilakukan dengan membuka lahan-lahan baru, tetapi dapat juga dengan memanfaatkan lahan di bawah tegakan tanaman tahunan, atau lahan yang tidak atau belum dimanfaatkan. Selama ini budidaya tanaman di bawah tegakan tanaman tahunan dilakukan pada musim penghujan dengan mengandalkan air hujan. Dengan bantuan irigasi suplemen melalui panen air memungkinkan melakukan budidaya di bawah tegakan pada musim kemarau. Hal ini juga sejalan dengan program pemerintah yang tertuang dalam Inpres No. 1 tahun 2018 tentang “percepatan penyediaan embung kecil dan bangunan penampung air lainnya di desa” untuk memenuhi kebutuhan air baku termasuk air irigasi. Bangunan panen air seperti embung, dam parit, *long storage* dan bangunan penampung air lainnya

seperti pemanfaatan air sungai (pompanisasi), sumur tanah dangkal dan dalam/sumur bor disajikan pada Gambar 3.

Panen air melalui bangunan panen air yang disajikan pada Gambar 3 telah meningkatkan indeks pertanaman (IP) dan produktivitas padi dan palawija. Sampai saat ini aplikasi panen air untuk pemberian air atau irigasi pada budidaya tanaman di bawah tegakan tanaman tahunan pada musim kemarau belum pernah dilakukan. Namun demikian, beberapa hasil penelitian penggunaan embung sebagai sumber irigasi telah banyak dilakukan di lahan kering dan lahan tadah hujan. Dari hasil penelitian di Selopamioro, Bantul, Yogyakarta, Irawan *et al.* (2000) melaporkan bahwa teknologi embung dapat meningkatkan hasil usaha tani sawah tadah hujan dalam setara gabah dari 4.230 kg menjadi 11.700 kg gabah per ha per tahun atau meningkat hingga 176%. Peningkatan hasil usaha tani tersebut antara lain disebabkan oleh perubahan pola tanam. Luas lahan yang digunakan untuk embung di lahan sawah tadah hujan adalah sekitar 7% dari luas areal pertanaman, sedangkan untuk lahan kering, embung umumnya dibuat dengan dimensi 7 m x 2,5 m x 3 m atau kapasitas tampung air sekitar 52,5 m³. Kajian pendahuluan di Kabupaten Blora Jawa Tengah



Gambar 3. Prototipe embung (a), dan dam parit (b), *long storage* (c), pemanfaatan sungai (d), sumur air tanah dangkal (e), dan air tanah dalam (f)

Figure 3. Prototypes of small reservoir (a), and channel reservoir (b), *long storage* (c), river utilization (d), shallow groundwater (e), and deep groundwater (f)

yang dilakukan Suprpto *et al.* (2006) menunjukkan bahwa produktivitas jagung hibrida meningkat dari 5-6 t ha⁻¹ menjadi 9-10 t ha⁻¹, pola tanam padi-padi-jagung atau padi-jagung-semangka dengan sumber air dari embung, sehingga dapat meningkatkan IP mencapai 300. Hasil penelitian Siregar *et al.* (2011) menunjukkan bahwa desain embung sebesar 13,920 m³/dtk mampu melewati debit banjir rancangan pada periode ulang 100 tahun 4,203 m³/dtk, sehingga potensi tampungan air dari embung yang didesain dapat melayani luas areal tebu seluas 171,773 ha jenis ratoon.

Studi kasus dan *succes story* di Desa Selopamioro, Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul berdasarkan kajian oleh BPP Imogiri melaporkan bahwa dampak irigasi dari embung meningkatkan pendapatan dari bawang merah per musimnya mencapai Rp 26 milyar, disamping cabai merah dan peternakan. Sebelum ada embung IP 100 (padi gogo) setelah ada embung IP naik menjadi 200 (bawang merah dan cabai merah) dalam setahunnya (Sutardi 2017).

Rekomendasi Kebijakan

Dalam rangka pengembangan atau pemanfaatan kawasan HTR sebagai lahan alternatif perluasan areal tanam budidaya pertanian, sebaiknya diarahkan pada tanaman pangan yang mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan dan mendukung keberhasilan pengelolaan hutan. Dalam hubungannya dengan ketahanan pangan, pengembangan pangan di kawasan hutan dan perkebunan, sebaiknya diarahkan pada tersedianya ragam pangan yang dibutuhkan oleh masyarakat secara luas. Sejalan dengan program pemerintah tentang pengembangan budidaya tanaman pangan (terutama padi gogo, selain jagung dan kedelai) yang diarahkan ke perluasan areal tanam baru sebagai tanaman sela di bawah tegakan tanaman tahunan, diperlukan penyesuaian pedoman-pedoman dan peraturan yang membuka peluang dan kemudahan untuk pengembangan tanaman pangan dalam wilayah hutan/kehutanan. Selain itu, untuk mendorong petani dalam memanfaatkan lahan di bawah tegakan tanaman tahunan yang berumur kurang dari 3 tahun, dapat dilakukan melalui skema bantuan berupa subsidi modal, insentif harga yang lebih baik, dan jaminan pasar untuk komoditas pangan yang diusahakan.

Budidaya tanaman di areal kehutanan yang mengakomodasi kepentingan masyarakat dikenal sebagai tanaman Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM). Tanaman PHBM sangat beragam jenisnya yaitu: 1) tanaman penghasil karbohidrat dan protein, seperti: padi, jagung, kedelai, dan kacang tanah, 2) tanaman penghasil buah-buahan dan biji-bijian, seperti: nangka, mangga, alpukat, manggis, melinjo, petai dan jengkol, 3) tanaman industri, seperti: kopi dan vanili. Sebagian produk PHBM sepenuhnya untuk masyarakat, sedangkan sebagian lainnya untuk masyarakat dan perusahaan (Rachmawati 2008; Dwiprabowo *et al.* 2011).

Sejalan dengan kebijakan dan program pemerintah dalam Gerakan Panen Air, area lahan di sekitar hutan yang memiliki sumber irigasi suplemen seperti embung, atau cekungan-cekungan air, dapat digunakan untuk budidaya tanaman pangan seperti padi, jagung, kedelai, dan kacang tanah pada musim kemarau. Sumber air yang ada juga dapat digunakan untuk usaha perikanan dan peternakan. Selain kopi dan vanili, tanaman PHBM yang dapat dikembangkan di areal hutan dengan sistem agroforestri adalah tanaman rempah seperti lada perdu, kunyit, dan kapulaga yang memiliki nilai ekspor yang tinggi. Analisis sosial ekonomi perlu dikaji agar masyarakat bersedia mengikuti program pengembangan tanaman sebagai tanaman sela diantara tegakan tanaman tahunan.

Peluang Pengembangan Riset Kedepan

Dalam pelaksanaan penelitian budidaya tanaman pangan dan palawija di bawah tegakan pada masa yang akan datang, selain masalah teknik budidaya, diperlukan pendampingan dan pembinaan kelembagaan secara intensif, termasuk memotivasi petani dalam pengembangan pertanian di areal kehutanan atau perkebunan di wilayahnya. Menurut Muhidin *et al.* (2013) dalam rangka mendukung ketahanan pangan nasional dan meningkatkan stok padi nasional pada masa yang akan datang, penelitian harus diarahkan pada pengembangan padi gogo merah yang toleran terhadap intensitas cahaya rendah pada sistem agroforestri.

Sektor pertanian seharusnya dikembangkan tidak eksploitatif dan tidak merusak preservasi sumberdaya alam. Agroforestri merupakan salah satu upaya baru dalam mengelola lahan, sebagai teknologi untuk mendukung petani agar dapat menggunakan sumberdaya alamnya secara lestari sepanjang waktu.

Upaya dilakukan melalui integrasi kehutanan dan pertanian dengan berbasis penggunaan lahan, sehingga dapat memberikan manfaat ganda dengan penghasilan dari tanaman utama dan tanaman sela, dan secara kolektif berperan dalam kelestarian agroekosistem.

Kesenjangan antara hasil penelitian dengan kebutuhan teknologi untuk praktek di lapangan pada masa yang akan datang harus tidak menjadi persoalan lagi. Koordinasi dengan pihak-pihak pengguna hasil penelitian hendaknya diperluas antara lain dengan membangun kelembagaan baik di tingkat daerah maupun pusat yang berbentuk organisasi yang mampu mengkomunikasikan teknologi dan pengetahuan baru yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Pengembangan padi gogo dan palawija di bawah tegakan tanaman perkebunan dan kehutanan menghadapi kendala yaitu: intensitas cahaya rendah, ketersediaan air terbatas, dan kesuburan tanah rendah. Selain itu sering mengalami kekeringan, pertumbuhan gulma yang tinggi, dan penggunaan input yang rendah, sehingga produksi padi gogo kurang stabil dan lebih rendah dari pada padi sawah. Dengan demikian diperlukan upaya pengelolaan tanah dan air yang tepat.

Pengelolaan tanah melalui pembuatan teras, guludan, rorak, dan penggunaan mulsa atau serasah, serta pengelolaan air melalui pemanfaatan bangunan panen air, merupakan salah satu strategi dalam memacu meningkatkan produksi padi gogo dan palawija di bawah tegakan. Komoditas lain yang memiliki prospek baik untuk dikembangkan adalah tanaman rempah seperti lada perdu, kunyit, dan kapulaga yang memiliki nilai ekspor yang tinggi. Subsidi modal dan jaminan pasar untuk komoditas yang dikembangkan harus terjamin sehingga masyarakat di sekitar hutan berminat dalam pengembangan budidaya tanaman di bawah tegakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balitklimat yang telah mendukung dan memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyusun naskah ini. Ucapan yang sama disampaikan kepada teman sejawat yang telah memberikan dukungan dalam bentuk publikasi ilmiah kepada penulis. Nani Heryati, Budi Kartiwa, Adang Hamdani, dan Nono Sutrisno adalah "Kontributor utama" makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin Z. 2015. Potensi pengembangan tanaman pangan pada kawasan hutan tanaman rakyat. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 34(2): 71-78.
- Abidin Z, Bananiek SS, Asaad M. 2015. Identifikasi areal pengembangan baru tanaman jagung mendukung upaya khusus (Upsus) peningkatan produksi jagung di Sulawesi Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*. Badan Litbang Pertanian. Puslitbang Tanaman Pangan.
- Alridiwersah, Hamidah H, Erwin MH, Muchtar Y. 2015. Uji toleransi beberapa varietas padi (*Oryza sativa* L.) terhadap naungan. *Jurnal Pertanian Tropik*. 2(2): 93-101.
- Atmojo SW. 2009. Pola usaha tani konservasi. <https://suntoro.staff.uns.ac.id/files/2009/04/11-degradasi-lahan.pdf>. Diakses 24 September 2019.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2016. Pengendalian gulma padi gogo di bawah tegakan tanaman perkebunan. *Info Teknologi*. 19 Juli 2016. <http://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/2625/file/Berita-Pengendalian-gulma-.pdf>. Diakses 24 September 2019.
- Balitbangtan. 2013. Desain Pengelolaan Air Kebun Percobaan Lingkup Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. Kebun Percobaan Margahayu, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- BBSDLP. Badan Litbang Pertanian. 2014 Roadmap Penelitian dan Pengembangan Lahan Kering. Badan Litbang Pertanian. 105 Hlm.
- BBSDLP. 2015. Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia, Luas, Penyebaran dan Potensi Ketersediaan. Badan Litbang Pertanian. 100 Hlm.
- Barus J. 2013. Pemanfaatan lahan di bawah tegakan kelapa di Lampung. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 2(1): 68-74.
- BPPT. 2011. Seratus Ribu Bibit Sagu Exvitro BPPT Ditanam di Riau. www.bppt.go.id. Diakses 12 April 2018.
- Chozin MA, Sopandie S, Sastrosumajo S, Sumarno. 1999. Physiology and Genetic of Upland Rice Adaptation to Shade. Final Report of Graduate Tem Research Grant, URGE Project. Directorate General of Higher Education, Ministry of Education and Culture.
- Corpuz OS, Adam ZM, Molao SL, Dalam PE, Sangcupan AS. 2015. Enhancement of upland rice production in various agro-ecosystems. *American Journal of Agriculture and Forestry*. Special Issue: Agro-Ecosystems. 3(6-1): 30-34. doi: 10.11648/j.ajaf.s.2015030601.16.
- Cruz P. 1997. Effect of shade on growth and mineral nutrition of a C4 perennial grass under field condition. *Plant and Soil*. 188: 227-237.
- Dariah A, Haryati U, Budhyastoro T. 2004. Teknologi konservasi tanah mekanik. Hlm: 103-126. *Dalam* Kurnia U, Rachman A, Dariah A. (Eds.). *Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Dwiprabowo H, Effendi R, Hakim I, Bangsawan I. 2011. Kontribusi kawasan hutan dalam menunjang ketahanan pangan: studi kasus Propinsi Jawa Barat. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. 8(1): 47-61.
- Geiger R, Aron RH, Todhunter P. 1995. *The Climate Near The Ground*. Fifth Edition. Friedr. Vieweg and Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Wiesbaden, Germany.
- Gonzalez-Sanchez EJ, Veroz-Gonzalez O, Blanco-Roldan GL, Marquez-Garcia F, Carbonell-Bojollo R. 2015. A renewed view of conservation agriculture and its evolution over the last decade in Spain. *Soil Tillage Res*. 146: 204-212.
- Hanafiah KA. 2013. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, Depok.
- Irawan, Hafif B, Suwardjo H. 2000. Prospek pengembangan kedung (embung mikro) dalam peningkatan produksi pangan dan pendapatan petani: Studi kasus di desa Selopamioro, Bantul, DI. Yogyakarta. Hlm. 21- 38. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan: Buku III. Cisarua-Bogor, 9-11 Februari 1999. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

- Jamil A, Mejaya MJ, Praptana RH, Subekti NA, Aqil M, Musaddad A, Putri F. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Tanaman Pangan 2010-2016. Puslitbangtan, Balitbangtan, Kementan. 142 Hlm.
- Jones HG. 1992. Plant and Microclimate. A Quantitative approach to environmental plant physiology. Second Edition. Cambridge University Press, New York.
- Jufri A, Utami N. 2012. Budidaya sambiloto di antara tegakan tanaman tahunan pada wilayah perkebunan. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. 14(1): 1-5.
- Kikuta M, Yamamoto Y, Pasolon YB, Rembon FS, Miyazaki A, Makihara D. 2016. How growth and yield of upland rice vary with topographic conditions: a case of slash-and-burn rice farming in South Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province, Indonesia. Trop. Agr. Develop. 60(3): 162-171.
- Magdalena F, Sudiarso, Sumarni T. 2013. Penggunaan pupuk kandang dan pupuk hijau *Crotalaria juncea* L. untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). Jurnal Produksi Tanaman. 1(2): 2338-3976.
- Mayrowani H, Ashari. 2011. Pengembangan agroforestri untuk mendukung ketahanan pangan dan pemberdayaan petani sekitar hutan. Forum Penelitian Agro Ekonomi. 29(2): 83-89.
- Muhidin K, Jusoff, Elkawakib S, Yunus M, Kaimuddin, Meisanti, Ray SG, La Rianda B. 2013. The development of upland red rice under shade trees. World Applied Sciences Journal. 24(1): 23-30.
- Nugroho Y. 2009. Analisis sifat fisik-kimia dan kesuburan tanah pada lokasi rencana hutan tanaman industri PT Prima Multibuwana. Jurnal Hutan Tropis Borneo. 10(27): 222-229.
- Nurrohman E, Rahardjanto A, Wahyuni S. 2018. Studi hubungan keanekaragaman makrofauna tanah dengan kandungan C-organik dan organofosfat tanah di perkebunan coklat (*Theobroma cacao* L.) Kalibaru Banyuwangi. Jurnal Bioeksperimen 4(1): 1-10. doi: <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v4i1.2795>
- Pinem R. 2000. Strategi pengembangan produksi kedelai. Prosiding Lokakarya Penelitian dan Pengembangan Produksi Kedelai di Indonesia, BPP Teknologi, Jakarta.
- Prawiradiputra BR. 2009. Masih adakah peluang pengembangan integrasi tanaman dengan ternak di Indonesia?. WARTAZOA. 19(3): 143-149.
- Purnomo D, Sitompul SM, Budiastuti MS. 2013. Solar radiation in agroforestri system. J. of Agric. Sci and Technology. 3(8): 551-556.
- Puspitojati T. 2013. Kajian kebijakan pengembangan pangan di areal hutan tanaman untuk mendukung swasembada pangan. Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan. 10(2): 134-148.
- Rachmawati E. 2008. Kemitraan Antara Perum Perhutani Dengan Petani Vanili Dalam Upaya Meningkatkan Pendapatan Petani: Studi Kasus Pengelolaan Hutan Bersama Dengan Masyarakat di Desa Padasari, Kecamatan Cimalaka, Kabupaten Sumedang. Thesis. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor.
- Roth JA, Ciampitti IA, Vyn TJ. 2013. Physiological evaluation of recent drought-tolerant maize hybrids at varying stress levels. Agron. J. 105: 1129-141.
- Siregar AM, Rosadi RAB, Arifaini N. 2011. Maksimalisasi desain embung sebagai sumber air irigasi untuk memenuhi kebutuhan air tanaman tebu. Jurnal Rekayasa. 15(1): 1-12.
- Sopandie D, Trikoesoemaningtyas, Sulistyono, Heryani N. 2002. Pengembangan Kedelai Sebagai Tanaman Sela: Fisiologi dan Pemuliaan untuk Toleransi Terhadap Naungan. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Direktorat Jendral PendidikanTinggi.
- Sopandie D, Chozin MA, Sastrosumarjo S, Juhaeti T, Sahardi. 2003. Toleransi padi gogo terhadap naungan. Hayati. 10 (2): 71-75.
- Sopandie D, Trikoesoemaningtyas. 2011. Pengembangan Tanaman Sela di Bawah Tegakan Tanaman Tahunan. Iptek Tanaman Pangan. 6(2): 168-182.
- Sudomo, A., dan W. Handayani. 2013. Karakteristik tanah pada empat jenis tegakan penyusun agroforestri berbasis kapulaga (*Amomum Compactum* Soland Ex Maton). Jurnal Penelitian Agroforestri. 1(1): 1-11.

- Suhartina. 2007. Evaluasi galur harapan kedelai hitam toleran kekeringan dan berdaya hasil tinggi. Hlm.153-161. *Dalam* Prosiding Seminar Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. Puslitbangtan, Bogor.
- Suhartina, Purwantoro, Nugrahaeni N, Taufiq A. 2014. Stabilitas hasil galur kedelai toleran cekaman kekeringan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 33(1): 54-60.
- Sulistijo TD, Pujiasmanto B. 2007. Identifikasi sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness) sebagai dasar pemanfaatan dan pelestarian plasma nutfah. *Biodiversitas*. 8(3): 218-222.
- Sumarno, Hidayat JR. 2007. Perluasan areal padi gogo sebagai pilihan untuk mendukung ketahanan pangan nasional. *Iptek Tanaman Pangan*. 2(1): 26-40.
- Sundari T, Gatut Wahyu AS. 2012. Tingkat adaptasi beberapa kedelai terhadap naungan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 31(22): 124-130.
- Supangat AB, Supriyo H, Sudira P, Poedjirahajoe E. 2013. Status kesuburan tanah di bawah tegakan *Eucalyptus Pellita* F.Mueii: studi kasus di HPHTI PT. Arara Abadi, Riau. *J. Manusia dan Lingkungan*. 20(1): 22-34
- Suprpto, Prasetyo T, Setyani C. 2006. Embung sebagai alternative mencukupi kebutuhan air untuk usaha tani di Kabupaten Blora. *Pengelolaan Lahan dan Air di Indonesia*. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Sutardi. 2017. Success story pemanfaatan embung untuk irigasi lahan tadah hujan dan lahan kering di Desa Selopamiro, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul. Disampaikan pada acara temu lapang BPTP DIY. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian DIY.
- Sutrisno N, Heryani N. 2013. Teknologi konservasi tanah dan air untuk mencegah degradasi lahan pertanian berlereng. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 32(3) : 122-130.
- Suyamto. 2018. Penampilan beberapa galur kedelai pada cekaman kekeringan. *Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences*. 2(1): 37-43.
- Tollenaar M, Lee EA. 2011. Strategies for enhancing grain yield in maize. *Plant Breed Rev*. 34: 37-82.
- Toha HM, K Pirngadi K, Yuliardi I. 2006. Peningkatan produktivitas padi gogo sebagai tanaman sela hutan jati muda melalui pendekatan pengelolaan tanaman dan sumberdaya terpadu (PTT). *Laporan Tahunan 2005*. Balai Penelitian Tanaman Padi Sukamandi. 37 Hlm.
- Umarie I, Hazmi M, Oktarina. 2018. Penampilan sepuluh varietas kedelai yang ditumpangsarikan dengan tebu. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*. 20(2): 60-65
- Wahab MI, Satoto, Rahmini, Zarwazi LM, Suprihanto, Guswara A, Suharna. 2018. Deskripsi Varietas Unggul Baru Padi. *Badan Litbang Kementan*. 99 Hlm.
- Yusron M, Januwati MM, Pribadi ER. 2005. Budidaya tanaman sambiloto. *Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.