

Pemanfaatan Alat Sensor Tegangan Air dan Konduktivitas Listrik Tanah pada Observasi dan Seleksi Galur Tadah Hujan

Wage Ratna Rohaeni dan Untung Susanto

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

Jl. Raya 9 Sukamandi, Ciasem, Subang 41256

Email: wagebbpadi@gmail.com/untungsus2011@gmail.com

ABSTRAK

Seleksi dan observasi adalah tahapan kegiatan pemuliaan untuk memperoleh galur-galur terbaik untuk cekaman biotik dan abiotik. Pengujian cekaman kekeringan diperlukan kepastian kondisi kering pada skala lapang. Oleh sebab itu diperlukan aplikasi alat sensor atau alat ukur cekaman kekeringan. Irrrometer dan EM50 Decagon merupakan alat sensor tegangan air tanah dan konduktivitas listrik tanah yang berkaitan dengan cekaman kekeringan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tegangan air tanah dan mengobservasi galur pada set basah dan kering. Penelitian dilaksanakan pada MT1 2018 di Kebun Percobaan Sukamandi, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Subang, Jawa Barat. Sebanyak total 100 genotipe telah diujikan (termasuk cek Ciherang, Ciherang Sub-1, Inpari 10, Inpari 38, dan Inpari 43 GSR). Rancangan Acak Kelompok (RAK) 2 ulangan digunakan sebagai rancangan percobaan yang tersarang pada 2 kondisi yakni set basah (optimum) dan set kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat Irrrometer direkomendasikan diaplikasikan di kedalaman 45 cm dengan target tegangan air tanah > 50 kPa. Konduktivitas listrik mencapai -500 selama cekaman 1 bulan berlangsung. Cekaman kekeringan mulai terjadi H+15 setelah pemberhentian asupan air ke sawah. Cek terbaik di set kering dan konsisten memiliki produktivitas tinggi di dua set adalah Inpari 10. Diperoleh 7 galur yang memiliki konsistensi produktivitas tinggi baik pada kondisi set basah maupun set kering. Galur tersebut diantaranya: BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-5-1, BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-1-2, BP19978-JK-1-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-4-1, BP29337-2-CRB-0-SKI-0-7-PWK-1-SKI-3-3, BP20106c-SKI-1-2-7-1-PWK-2-SKI-1-4, BP19978-JK-1-IND-2-

SKI-0-PWK-3-SKI-3-2, dan BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-2-3.

Kata kunci: tegangan air tanah, konduktivitas listrik, tadah hujan, observasi, seleksi.

ABSTRACT

Selection and observation are the stages of breeding activities to obtain the best lines for biotic and abiotic stresses. Drought stress testing requires certainty of dry conditions on a field scale. Therefore we need the application of a damping stress sensor or measuring device. Irrrometer and EM50 Decagon are groundwater voltage and electrical conductivity sensors that are associated with drought stress. The research aims to determine the groundwater stress and observe the lines in wet and dry experiments. The study was conducted in the Wet Season of 2018 at the Sukamandi Experimental Garden, Indonesian Center for Rice Research, Subang, West Java. A total of 100 genotypes have been tested (including Ciherang check, Ciherang Sub-1, Inpari 10, Inpari 38, and Inpari 43 GSR). The research design used was the Randomized Design of the 2 nested groups, namely the wet set (optimum) and the dry set with 2 replications. The results showed that the Irrrometer is recommended to be applied at a depth of 45 Cm with a target groundwater voltage > 50 kPa. Electrical conductivity in drought-strained conditions reaches - 500 during a 1-month stress. Drought stress begins 15 days after stopping the intake of water into the fields. The best check on dry and consistently high productivity sets in two sets is Inpari 10 Layla. The test results obtained 7 lines that have high productivity consistency in both wet and dry sets. These lines include: BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-5-1, BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI- 1-2, BP19978-JK-1-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-4-1, BP29337-2-CRB-0-SKI-0-7-PWK-1-SKI-3- 3, BP20106c-SKI-1-2-7-1-PWK-2-SKI-1-4, BP19978-JK-1-IND-2-SKI-0-PWK-3-SKI-3-2, and BP19980 -JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-2-3.

Keywords: electrical conductivity, groundwater voltage, observation, rainfed, and selection.

PENDAHULUAN

Pengembangan varietas padi tadah hujan terus dilakukan oleh Badan Litbang Pertanian melalui Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Dalam mewujudkan Indonesia lumbung pangan dunia maka lahan tadah hujan yang hampir mencapai luas sebanyak 4 juta ha atau sekitar 49.3% dari total sawah (Sulaiman *et al.*, 2017) akan menjadi salah satu tumpuan untuk meningkatkan produksi padi nasional. Potensi tersebut harus dimaksimalkan dengan penanaman padi. Saat ini petani sawah tadah hujan mampu membudidayakan padi paling maksimal 2 kali dalam setahun. Petani masih terkendala pada pelaksanaan budidaya pada musim kering. Rata-rata petani tadah hujan akan memompa air setiap hari dari sumur pada saat mengalami kekeringan (musim kemarau).

Cekaman kekeringan sangat berdampak serius bagi pertumbuhan tanaman padi di fase generatif (Akram *et al.*, 2013). Cekaman ini dapat menurunkan hasil padi secara drastis (Ahadiyat *et al.*, 2014; Maisura *et al.*, 2014) dan juga kualitas gabah (Tao *et al.*, 2006). Kekurangan air akan mengganggu aktifitas fisiologis maupun morfologis, sehingga mengakibatkan terhentinya pertumbuhan (Siregar *et al.*, 2017). Mekanisme ketahanan tanaman terhadap kekeringan adalah dengan cara lolos dari kekeringan, ketahanan terhadap kekeringan dengan pengelakan, dan toleran kekeringan (Sujinah & Jamil, 2016). Cekaman -6.7 sampai -9.9 Bar (setara dengan -60 dan -99 kPa) mampu membedakan genotipe padi yang toleran maupun peka toleran cekaman kekeringan (Afa *et al.*, 2013; Widyastuti *et al.*, 2016). Penurunan efektivitas penggunaan air pada tanaman padi berbanding lurus dengan penurunan produksinya (Wang *et al.*, 2014). Interval pengeringan sawah > 3 hari dapat menurunkan hasil panen padi (Munawaroh *et al.*, 2016).

Pada proses perakitan varietas tadah hujan, dilakukan berbagai tahap kegiatan pemuliaan, diantaranya: hibridisasi, seleksi, observasi, uji daya hasil pendahuluan, uji daya hasil lanjutan, dan uji multi lokasi. Titik tumpu kegiatan pemuliaan adalah pada saat seleksi dan observasi. Perlu dilakukan pengujian untuk seleksi tersarang yakni untuk memperoleh galur-galur yang mampu beradaptasi pada kondisi stress kekeringan dan memiliki produktivitas yang tetap tinggi baik pada kondisi tercekam maupun optimum.

Pengujian cekaman kekeringan diperlukan kepastian kondisi kering pada skala lapang. Oleh sebab itu diperlukan aplikasi alat sensor atau alat ukur cekaman kekeringan. Irrrometer adalah alat ukur tegangan air tanah (*tensiometer*). Nilai dari tensiometer merupakan parameter kekuatan fisik sebenarnya menahan air di dalam tanah. Semakin tinggi nilai tensiometer menggambarkan kondisi tanah

yang semakin kering dan membutuhkan tenaga akar untuk menyerap air tanah. Alat ukur lainnya adalah EM50 Decagon. EM50 Decagon adalah alat sensor yang berfungsi untuk mengukur kadar air dan konduktivitas listrik dalam tanah. Alat ini ditanam diatas tanah dan kabel sensor dimasukkan kedalam tanah. Penelitian pengembangan sistem monitoring menggunakan Decagon EM 50 telah dilakukan oleh Chadirin *et al.* (2016). Konduktivitas listrik berkorelasi dengan tingkat salinitas dalam tanah (Nasyirah *et al.*, 2015). Alat ini akan merekam kadar air dalam satuan mS/cm (milisiemens per sentimeter). Alat ini dapat diatur untuk merekam setiap 1 jam sekali. Dengan aplikasi dua alat ini diharapkan dapat memperoleh gambaran cekaman kekeringan pada saat perlakuan kering dilapang dan pada saat setelah pemberian pengairan pasca cekaman kekeringan.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui tegangan air tanah dan mengobservasi karakter agronomi galur pada set basah dan kering.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian observasi dan seleksi tadah hujan dilaksanakan pada MT1 2018. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Sukamandi, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Subang, Jawa Barat.

Bahan Penelitian

Materi genetik yang digunakan adalah 100 galur yang ditujukan untuk lahan tadah hujan hasil seleksi pada musim sebelumnya. Varietas cek yang digunakan adalah cek tidak tahan kekeringan yakni Ciherang dan cek tahan kekeringan diantaranya Situ Bagendit, Inpari 10 Laeya, dan Inpari 43 Agritan GSR. Peralatan umum yang digunakan adalah sarpras budidaya padi. Peralatan khusus yang digunakan adalah irrometer-tensiometer model SR untuk mengetahui data suhu dan tingkat kekeringan yang terjadi dalam satuan kPa di dua kondisi (set kering dan set basah).

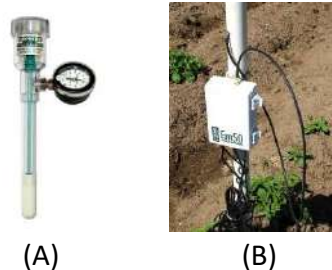
Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan menanam 100 galur dan 5 cek di 2 kondisi lahan. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) 2 ulangan di dua set (basah dan kering). Dua kondisi lahan percobaan yaitu set basah dan set kering. Set basah dikondisikan tersedia air sepanjang pertanaman padi. Set kering dikondisikan satu bulan diairi air, satu bulan dikeringkan dan

bulan terakhir diairi kembali sampai panen. Olah tanah yang digunakan adalah olah tanah bajak rotary yang dilakukan sebanyak dua kali. Jarak tanam 25 cm x 25 cm. Ukuran plot galur 5 baris x 20 baris. Label galur dengan menggunakan sebilah bambu ukuran lebar 5-6 cm dan panjang 60 cm. label untuk set kering diberi Kode K diikuti nomor lapang galur sedangkan set basah diberi kode B diikuti nomor lapang galur.

Perekaman data kondisi kadar air dalam tanah dilakukan dengan memasang alat Irrometer tensiometer model SR dan Decagon EM 50. Alat yang digunakan adalah Irrometer-tensiometer model SR dan EM50 Decagon. Irrometer akan mengukur tegangan air tanah (*tensiometer*) yang sebenarnya, yang menunjukkan upaya yang dibutuhkan oleh sistem akar untuk mengekstrak air dari tanah. Karena Irrometer adalah pengukuran potensi air tanah. Instrumen ini tidak terpengaruh oleh salinitas dan tidak memerlukan kalibrasi lokasi. Alat lain yang digunakan adalah EM50 Decagon. EM50 Decagon adalah alat sensor yang berfungsi untuk mengukur kadar air dan konduktivitas listrik dalam tanah. EM 50 adalah data logger mandiri yang dibangun untuk memberi daya, membaca, dan mencatat data dari lima sensor. Semua sensor Decagon bekerja dengan Em50 tidak perlu pemrograman. Em50 tidak membutuhkan enklosur atau sumber daya eksternal. Pengaturan kondisi pengukuran dilakukan dengan menghubungkan data logger EM 50 dengan komputer menggunakan software ECH2O utility. Interval pencatatan/perekaman data dilakukan setiap 60 menit.

Pengukuran tekanan kekeringan menggunakan irrometer dilakukan selama 1 bulan pada fase pengeringan. Pengukuran 1 bulan fase pengeringan dilakukan dengan menggunakan alat Irrometer dengan kedalam 30 cm dan 45 cm (Gambar 1a) untuk mengukur tegangan air tanah. EM50 Decagon untuk mengukur konduktivitas listrik secara harian (Gambar 1b). Pengaturan kondisi pengukuran dilakukan dengan menghubungkan data logger EM 50 dengan komputer menggunakan software ECH2O utility. Interval pencatatan/perekaman data dilakukan setiap 60 menit.



Gambar 1. Alat pengukur tingkat kekeringan tanah (A) Irrometer-Tensiometer model SR (B) EM50 Decagon.

Pengukuran Irrometer dan EM50 Decagon hanya dilakukan di set kering. Hal tersebut karena untuk mengetahui tegangan air tanah dan konduktivitas listrik akibat kekeringan.

Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap karakter vigor, PACP (*Phenotypic acceptability*), umur berbunga 50% (hss), umur masak fisiologi (hss), dan karakter agronomi (tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah hampa per malai, persentase pengisian bulir (seed set), bobot hasil per rumpun, bobot 1000 butir, bobot hasil konversi ton/ha, konduktivitas listrik dari alat decagon EM 50 dan nilai hasil pengukuran tegangan air dalam tanah menggunakan Irrometer..

Analisa data

Data hasil pengamatan terhadap karakter agronomi diolah dengan menggunakan software Cropstat dan Minitab 14. Analisa data yang dilakukan yakni analisis kurva sebaran normal, analisis varian pada masing-masing set kondisi. Uji lanjut dilakukan dengan menggunakan LSD 5%. Data hasil pengukuran irrometer dan EM50 Decagon dilakukan dengan menggunakan Ms. Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Tingkat Kekeringan dan Curah Hujan Curah Hujan Selama Pertanaman (Mei-September 2018)

Sepanjang periode pertanaman hanya 3 kali terjadi hujan. Hujan terjadi 2 kali pada bulan Mei (tanggal 19 Mei intensitas 26 mm, tanggal 24 Mei intensitas 341 mm) dan 1 kali pada bulan September (3 September dengan intensitas 17 mm). Berdasarkan hal tersebut, kondisi menunjukkan bahwa sepanjang pertanaman mengalami musim kemarau. Sehingga pengairan pada pertanaman hanya mengandalkan irigasi kebun. Dengan demikian pengaturan set kering dan set basah lebih mudah (Gambar 2).

Tegangan Air Tanah

Kadar air dalam tanah merupakan faktor penting bagi tumbuhan. Tegangan air tanah erat hubungannya dengan kadar air yang terkandung dalam tanah. Semakin tinggi tegangan air tanah maka semakin sedikit kandungan air dalam tanah.





Gambar 3. Grafik tegangan air tanah (kPa) dengan kedalam alat irrometer 30 cm dari permukaan tanah.



Gambar 4. Grafik tegangan air tanah (kPa) dengan kedalam alat irrometer 45 cm dari permukaan tanah.

45 cm terdeteksi mengalami penurunan tegangan air tanah secara drastis sampai bernilai nol. Hal tersebut mengartikan bahwa setelah turun hujan, air meresap dan tersedia di kedalaman 45 cm.

Dengan demikian pengukuran irrometer direkomendasikan dilakukan pada kedalam 45 cm dan pada jam 16.00 WIB. Hal tersebut untuk memastikan kondisi terkontrol kering dengan nilai tegangan air tanah konstan dengan rata-rata > 50 cb di kedalaman 45 cm dibawah permukaan air.



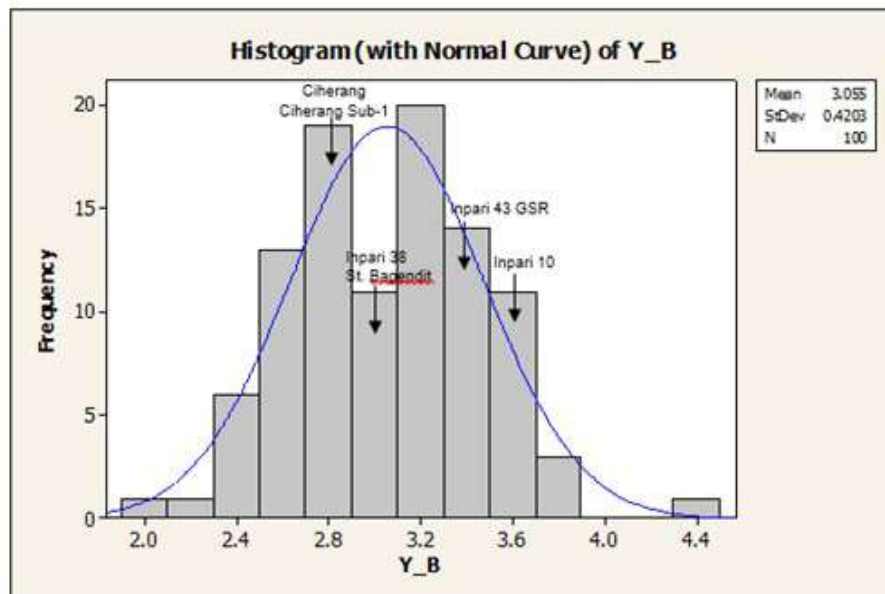
Gambar 5. Grafik konduktivitas listrik (mS/cm) dalam tanah selama cekaman kekeringan.

Konduktivitas Listrik Dalam Tanah

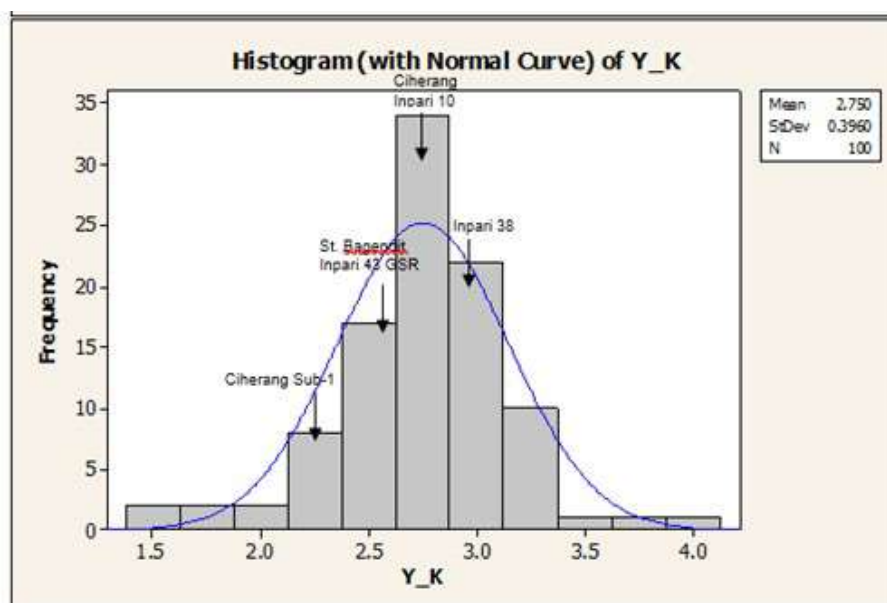
Nilai konduktivitas listrik yang semakin negatif mengartikan kadar air dalam tanah semakin berkurang. Fluktuasi konduktivitas listrik sangat dipengaruhi oleh proses hidrologi dalam tanah (Hirano *et al.*, 2014). Konduktivitas listrik dalam tanah masih menunjukkan nilai mendekati nol yang artinya tanah masih lembab dan mengandung unsur air. pada awal dimulai cekaman kering diaplikasikan. Nilai konduktivitas listrik mulai turun pada hari ke 15 setelah penyetopan irigasi. Artinya selama 15 hari awal setelah penyetopan, kondisi tanah masih lembab. Berdasarkan data grafik EM50 Decagon maka cekaman kering dimulai 15 hari setelah penyetopan irigasi ke dalam lahan set kering. Nilai kPa potensial tanah apda awal pengeringan adalah -15,7 Awal aplikasi pengeringan. Pengeringan selama sebulan mampu memberikan cekaman kering dengan nilai konduktivitas listrik tanah sebesar -500 mS/cm(Gambar 5). Terdapat korelasi nilai konduktivitas listrik tanah terhadap nilai pH. Semakin tinggi konduktivitas listrik maka pH semakin tinggi (Aminina *et al.*, 2019).

Kurva Sebaran Galur Berdasarkan Karakter Hasil dan Posisi Cek

Sebaran galur berdasarkan karakter hasil disajikan pada Gambar 6 dan 7. Terdapat perbedaan sebaran varietas cek di set basah dan kering. Cek terbaik di set basah dimiliki oleh Inpari 10 (3.58 ton/ha) sedangkan di set kering dimiliki



Gambar 6. Sebaran galur – galur tadah hujan dan posisi varietas cek berdasarkan karakter hasil di set basah.



Gambar 7. Sebaran galur – galur tadah hujan dan posisi varietas berdasarkan karakter hasil di set kering.

Tabel 1. Galur-galur terbaik pada kondisi set basah dan set kering serta lebih baik dari salah satu cek terbaik (data agronomis set basah).

No.	Genotipe	Hasil	T T	JA	Heading	JM	GI	GH	GT	SS	HSLRPNB1000B	UP
69	BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-5-1	4,47	106,20	14,00	68,00	15,33	117,02	57,86	174,89	0,66	46,21	26,50
65	BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-1-2	3,81	103,40	16,10	68,00	15,50	104,76	32,95	137,71	0,76	38,00	24,91
62	BP19978-JK-1-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-4-1	3,76	103,55	14,40	65,00	12,17	162,45	28,95	191,40	0,85	39,72	25,80
35	BP29337-2-CRB-0-SKI-0-7-PWK-1-SKI-3-3	3,70	101,60	11,70	69,50	13,67	154,07	29,14	183,22	0,85	42,20	24,85
37	BP20106c-SKI-1-2-7-1-PWK-2-SKI-1-4	3,66	103,50	12,15	68,00	12,50	158,80	24,60	183,40	0,86	44,22	25,71
64	BP19978-JK-1-IND-2-SKI-0-PWK-3-SKI-3-2	3,62	101,40	13,65	66,50	15,17	93,78	18,84	112,62	0,84	36,50	27,06
67	BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-2-3	3,62	99,90	11,75	66,50	15,00	93,36	31,43	124,79	0,75	36,68	24,88
100	Inpari 10	3,58	99,20	16,05	69,50	14,83	107,64	12,65	120,29	0,89	49,67	29,94
	Rerata	3,05	98,57	13,13	69,26	13,88	114,95	23,15	138,10	0,84	39,72	27,63
	SE (N = 2)	0,39	4,23	1,10	1,62	1,61	18,53	7,74	21,97	0,04	5,78	1,04
	LSD 5%	1,10	11,88	3,08	4,53	4,52	51,98	21,72	61,64	0,12	16,21	2,91
	CV (%)	18,10	6,10	11,80	3,30	16,40	22,80	47,30	22,50	7,40	20,60	5,30

Keterangan: Hasil ton/ha, TT = tinggi tanaman, JA = jumlah anakan, Heading = umur berbunga 100% (hss), JM = jumlah malai, GI = jumlah gabah isi, GH = jumlah gabah hampa, GT = jumlah gabah total, SS = seed set atau persentase gabah isi (%), HSLRPN = hasil per rumpun, B1000B = bobot 1000 butir, UP = umur panen (hss)

oleh Inpari 38. Namun demikian, Inpari 10 konsisten tinggi di dua set tersebut. Ciherang sub-1 memiliki produktivitas yang sama dengan Ciherang di set basah. Ciherang sub-1 memiliki produktivitas paling rendah ketika ditanam di set kering dan berbeda dengan Ciherang yang lebih adaptif di set tersebut. Hal tersebut meyakinkan bahwa Ciherang sub-1 kurang adaptif di kondisi kekeringan dan varietas ini dirakit untuk cekaman rendaman dengan periode tertentu.

Hasil observasi menunjukkan bahwa terdapat 7 galur terbaik dan lebih baik dari cek terbaik (Inpari 10; 3,58 ton/ha). Tujuh galur tersebut adalah BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-5-1, BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-1-2, BP19978-JK-1-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-4-1, BP29337-2-CRB-0-SKI-0-7-PWK-1-SKI-3-3, BP20106c-SKI-1-2-7-1-PWK-2-SKI-1-4, BP19978-JK-1-IND-2-SKI-0-PWK-3-SKI-3-2, dan BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-2-3. Tujuh galur tersebut berproduksi paling tinggi di set basah dan mampu tetap berproduksi lebih baik dari cek terbaik di set kekeringan. Tujuh galur tersebut merupakan irisan galur terbaik antaran set kering dan set basah. Ketujuh galur tersebut memiliki efektivitas penggunaan air yang cukup efisien pada saat terjadi cekaman kekurangan air. Kedepannya diperlukan uji lanjut terhadap tujuh galur tersebut.

KESIMPULAN

Pemanfaatan Irrometer dan Em50 Decagon telah diaplikasikan untuk mendeteksi tegangan air tanah dan konduktivitas listrik dalam tanah. Irrometer direkomendasikan diaplikasikan di kedalam 45 cm dengan target tegangan air tanah > 50 kPa. Konduktivitas listrik mencapai -500 mS/cm selama cekaman 1 bulan berlangsung. Cekaman kekeringan mulai terjadi 15 setelah pemberhentian asupan air ke sawah (H+15).

Cek terbaik di set kering dan konsisten memiliki produktivitas tinggi di dua set adalah Inpari 10. Diperoleh 7 galur yang memiliki konsistensi produktivitas tinggi baik pada kondisi set basah maupun set kering. Galur tersbut diantaranya: BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-5-1, BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-1-2, BP19978-JK-1-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-4-1, BP29337-2-CRB-0-SKI-0-7-PWK-1-SKI-3-3, BP20106c-SKI-1-2-7-1-PWK-2-SKI-1-4, BP19978-JK-1-IND-2-SKI-0-PWK-3-SKI-3-2, dan BP19980-JK-2-IND-2-SKI-0-PWK-1-SKI-2-3.

DAFTAR PUSTAKA

- Afa, L. O., Purwoko, B. S., Junaedi, A., Haridjaja, O., & Dewi, I. S. (2013). Deteksi Dini Toleransi Padi Hibrida terhadap Kekeringan menggunakan PEG 6000 Early Detection of Hybrid Rice Tolerance to Drought Using PEG 6000. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 41(1), 9-15.
- Ahadiyat, Y. R., Hidayat, P., & Susanto, U. (2014). Drought tolerance, phosphorus efficiency and yield characters of upland rice lines. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(1), 25–34. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i1.14417>
- Akram, H. M., Ali, A., Sattar, A., Rehman, H. S. U., & Bibi, A. (2013). Impact of water deficit stress on various physiological and agronomic traits of three Basmati rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(5), 1415–1423.
- Aminina, M., Sari, W., & Ivansyah, O. (2019). Hubungan Konduktivitas Listrik Tanah dengan Unsur Hara NPK dan pH Pada Lahan Pertanian Gambut. *Prisma Fisika*, 7(2), 55–62.
- Chadirin, Y., Saptomo, S. K., Rudiyanto, ., & Osawa, K. (2016). Environmental Biophysics and CO2 Emission in Bare Peatland for Sustainable Biomass Production. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(2), 146–151. <https://doi.org/10.18343/jipi.21.2.146>
- Hirano, T., Kusin, K., Limin, S., & Osaki, M. (2014). Carbon dioxide emissions through oxidative peat decomposition on a burnt tropical peatland. *Global Change Biology*, 20(2), 555–565. <https://doi.org/10.1111/gcb.12296>
- Maisura, Chozin, M. A., Lubis, I., Junaedi, A., & Ehara, H. (2014). Some physiological character responses of rice under drought conditions in paddy system. *J. ISSAAS*, 20(1), 104–114.
- Munawaroh, L., Sulistyono, E., & Lubis, I. (2016). Karakter Morfologi dan Fisiologi yang Berkaitan dengan Efisiensi Pemakaian Air pada Beberapa Varietas Padi Gogo. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 44(1), 1. <https://doi.org/10.24831/jai.v44i1.12470>
- Nasyirah, N., Kalsim, D., & Saptomo, S. (2015). Analysis of The Rate of Saline Soil Leaching by Using Subsurface Drainage. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 03(2), 1–8. <https://doi.org/10.19028/jtep.03.2.89-96>
- Siregar, S. R., Zuraida, & Zuyasna. (2017). Pengaruh kadar air kapasitas lapang terhadap pertumbuhan bebrapa genotipe m3 kedelai. *J. Floratek*, 12(1), 10–20. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Sujinah, & Jamil, A. (2016). Mekanisme Respon Tanaman Padi terhadap Cekaman Kekeringan dan Varietas Toleran. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1).
- Sulaiman, A. A., Simatupang, P., Las, I., Hermanto, Kariyasa, I. K., Syahyuti, Sumaryanto, S., Suwandi, & Subagyo, K. (2017). Sukses Swasembada Indonesia Menjadi Lumbung Pangan Dunia 2045 (T. Sudaryanto & Hermanto (eds.); 1st ed.). Perpustakaan Sekjen Kementan. <http://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/8623>
- Tao, H., Brueck, H., Dittert, K., Kreye, C., Lin, S., & Sattelmacher, B. (2006). Growth and yield formation of rice (*Oryza sativa* L.) in the water-saving ground cover rice production system (GCRPS). *Field Crops Research*, 95(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.019>
- Wang, W., Yu, Z., Zhang, W., Shao, Q., Zhang, Y., Luo, Y., Jiao, X., & Xu, J. (2014). Responses of rice yield, irrigation water requirement and water use efficiency to climate change in China: Historical simulation and future projections. *Agricultural Water Management*, 146, 249-261. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.08.019>
- Widyastuti, Y., Purwoko, B. S., & Yunus, D. M. (2016). Identifikasi Toleransi Kekeringan Tetua Padi Hibrida pada Fase Perkecambahan Menggunakan Polietilen Glikol (PEG) 6000. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 44(3), 235. <https://doi.org/10.24831/jai.v44i3.13784>