



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN
ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654
JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>



Efisiensi Teknologi Irigasi Sprinkler Di Lahan Kelompok Tani Kecamatan Tarakan Utara, Kota Tarakan

Sudirman Sirait^{1*}, Dwi Santoso¹, Nurnita Sari¹, Sendi Hatta¹, Hendris²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian
Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

²Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian
Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

*Email : sudirsirait@gmail.com

Abstrak

Pemberian air irigasi secara konvensional di lahan usaha tani menyebabkan penurunan nilai efisiensi air irigasi. Hal ini dapat mengakibatkan kehilangan air irigasi dan pemberian air irigasi yang tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. Penerapan teknologi irigasi sprinkler mampu meningkatkan efisiensi dan produktivitas air irigasi untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penerapan teknologi irigasi sprinkler pada lahan pertanian di Kecamatan Tarakan Utara Kota Tarakan. Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan yaitu analisa tanah lahan percobaan, koefisiensi keseragaman (CU) irigasi sprinkler, distribusi keseragaman (DU) irigasi sprinkler, efisiensi penyimpanan (Es) dan efisiensi penggunaan (Eap) irigasi sprinkler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah lahan percobaan memiliki tekstur lempung berpasir. Efisiensi penerapan irigasi sprinkler tergolong dalam kondisi baik dengan nilai CU 89,18%, DU 82,79%, Es 75%, Eap 68%.

Kata kunci : Distribusi keseragaman, efisiensi irigasi, efisiensi penggunaan, efisiensi penyimpanan, koefisiensi keseragaman.

The Efficiency Sprinkler Irrigation Technology On Agricultural Land In North Tarakan District, Tarakan City

Sudirman Sirait^{1*}, Nurnita Sari¹, Dwi Santoso¹, Sendi Hatta¹, Hendris²

¹Study Program of Agroteknologi, Faculty of Agriculture
Borneo Tarakan University, Indonesia

²Study Program of Agribisnis, Faculty of Agriculture
Borneo Tarakan University, Indonesia

*Email : sudirsirait@gmail.com

Abstract

Provision of irrigation water conventionally on farmland. causes a decrease in the efficiency of irrigation water. This can result in loss of irrigation water and this is not suitable for crop needs. The application of sprinkler irrigation technology can increase irrigation efficiency and water productivity to meet plant needs. This study aimed to determine the efficiency of the application of sprinkler irrigation technology on agricultural land in North Tarakan District, Tarakan City. This research consisted of several stages, namely the soil analysis of experimental land, analysis of uniform coefficient (CU), analysis of the uniform distribution (DU), analysis of storage efficiency (Es), and efficiency of use (Eap). The results showed that the experimental land had a sandy loam texture. The efficiency of the application of sprinkler irrigation was in good condition with the value of CU 89.18%, DU 82.79%, Es 75%, and Eap 68%.

Keywords : irrigation efficiency, storage efficiency, uniform coefficient, uniform distribution, use efficiency.

PENDAHULUAN

Air yang diberikan pada lahan pertanian tergantung pada kondisi iklim, jenis tanaman, jenis tanah dan cara pemberian air (Wirosoedarmo, 2019). Setiap tanaman memiliki kebutuhan air yang berbeda-beda untuk pertumbuhannya. Tanpa air tanaman tidak dapat tumbuh, namun terlalu banyak air tidak baik pula bagi pertumbuhan tanaman. Pemberian air pada tanaman dapat dilakukan dengan berbagai metode atau cara tergantung pada sumber air yang ada, tenaga kerja, biaya, tanaman yang diusahakan dan kondisi lahan (Direktorat Pengolahan Air, 2010). Pada sektor pertanian kebutuhan air merupakan salah satu faktor pembatas yang menentukan kuantitas dan kualitas produktivitas tanaman. Tata kelola air di lahan pertanian yang kurang tepat dan pemberian air tanaman secara manual dapat menyebabkan inefisiensi air irigasi. Oleh karena itu sangat diperlukan suatu upaya untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air tanaman.

Kegiatan pertanian di Kota Tarakan sebagian besar masih dilakukan secara konvensional dan kebutuhan air tanaman masih menerapkan sistem tadah hujan. Hal ini dapat menimbulkan ketidakpastian akan ketersediaan kebutuhan air untuk tanaman. Pertumbuhan dan produktivitas tanaman akan mengalami penurunan jika terjadi ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air tanaman (Muamar *et al.*, 2012; Sirait dan Maryati, 2018). Wijayanto *et al.* (2012) mengemukakan bahwa pertumbuhan tanaman jagung terhambat karena keterbatasan ketersediaan air untuk kegiatan penyiraman pada perlakuan 5 hari sekali. Kekurangan air tanaman dapat menyebabkan produktivitas dan pertumbuhannya tidak optimal baik pada fase generatif maupun vegetatif. Ketercukupan air tanaman sangat mempengaruhi distribusi asimilat dan laju fotosintesis. Jumlah air irigasi yang diberikan menentukan nilai kadar air tanah yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhannya.

Kekurangan dan kelebihan air pada tanaman yang diusahakan selama masa pertumbuhannya, dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang mengakibatkan tanaman dapat mengalami stres (Doorenbos dan Pruitt 1977). Molden *et al.* (2010) menjelaskan bahwa Produktivitas air secara fisik merupakan perbandingan antara jumlah air yang digunakan dengan *output* pertanian dari penggunaan air tersebut. Penambahan air maupun pengurangan air dilahan pertanian harus pada waktu yang tepat dan jumlah yang sesuai agar tidak menyebabkan kerusakan pada lahan itu maupun pada tanaman yang dibudidayakan (Wirosoedarmo, 2019). Efisiensi pemberian air untuk tanaman juga sangat dipengaruhi oleh tanah sebagai media tanam. Laju infiltrasi dan kemampuan tanah menahan air merupakan faktor utama yang mempengaruhi ketersediaan air untuk tanaman. Sehingga keseragaman pemberian air perlu diperhatikan untuk mengetahui nilai efisiensi irigasi dan nilai distribusi air irigasi yang diterima oleh tanah untuk memenuhi kebutuhan tanaman (Muammar *et al.* 2021; Khairiah, 2014).

Berdasarkan hasil penelitian Sirait dan Santoso (2019) mengemukakan bahwa salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan air dan meningkatkan produktivitas tanaman yaitu dapat dilakukan dengan penerapan teknologi irigasi sprinkler. Teknologi irigasi sprinkler mampu memberikan nilai efektivitas dan efisiensi yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Penerapan teknologi irigasi sprinkler dapat menyediakan kebutuhan air bagi tanaman dan dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Nilai keseragaman distribusi air irigasi sangat perlu diperhatikan untuk menentukan nilai efisiensi irigasi dilahan pertanian. Sehingga dapat diketahui perbandingan antara jumlah air yang bermanfaat bagi

tanaman dengan jumlah air yang tersedia atau yang diberikan dan distribusi air irigasi yang dapat diterima oleh tanah untuk memenuhi kebutuhan tanaman.

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian efisiensi teknologi irigasi sprinkler di lahan kelompok tani Kecamatan Tarakan Utara untuk meningkatkan efisiensi irigasi dan produktivitas tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi penerapan teknologi irigasi sprinkler pada lahan pertanian di Kecamatan Tarakan Utara Kota Tarakan. Penelitian ini dapat bermanfaat sebagai acuan dan informasi dalam upaya tata kelola air irigasi melalui penerapan teknologi irigasi sprinkler di lahan pertanian Kecamatan Tarakan Utara Kota Tarakan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jaringan irigasi sprinkler, *stopwatch*, gelas wadah, *soil moisture meter*, gelas ukur, meteran, penggaris, alat tulis, dan komputer. Adapun bahan yang digunakan yaitu plastik transparan, kertas label, karet gelang, dan kertas saring.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Analisa tanah lahan percobaan

Pengujian sifat tanah dilakukan dengan pengambilan sampel tanah menggunakan metode tidak terusik. Cara pengambilan sampel tanah adalah sebagai berikut :

- a) Membersihkan permukaan bagian tanah yang diambil dari tanaman dan batuan, kemudian meratakannya.
- b) Meletakkan pipa silinder perlahan-lahan dengan tekanan merata sampai masuk kedalam tanah sedalam tiga per empat bagian.
- c) Menggali tanah disekeliling sampel yang diambil dan mengambil pipa tersebut secara bersamaan dengan tanah dalam keadaan tetap utuh.
- d) Mengeratkan tanah dibagian sisi-sisi yang terbawa oleh pipa silinder dengan gergaji kecil, kemudian ditutup rapat dengan penutup yang telah disediakan.
- e) Kemudian tanah yang diambil dimasukan kedalam plastik transparan dan di analisis untuk mengetahui kadar air serta karakteristik tanah dan tekstur tanah. Selanjutnya dikelompokan berdasarkan kelas tekstur yang mengacu pada segitiga tekstur tanah.

2. Jaringan irigasi sprinkler

Jaringan irigasi sprinkler diaplikasikan pada lahan percobaan yang berukuran 20x30 m yang terdiri beberapa komponen utama yaitu pompa 5.0HP/3600 rpm, pipa utama 1 inci, pipa lateral ¾ inci, pipa riser ½ inci, dan 16 buah nozzle sprinkler *monar spray* ½ inci. Sistem pengaliran menggunakan tekanan pompa dengan tinggi *nozzle* sprinkler 2 m dan interval 4 m. Pengoperasian irigasi sprinkler dilakukan selama 10 menit dengan acuan telah membasahi seluruh daerah irigasi untuk menjaga dari kapasitas lapang.

3. Analisis koefisien keseragaman irigasi sprinkler

Koefisien keseragaman ditentukan melalui pengukuran di lapangan dengan menempatkan wadah pada titik-titik tertentu. Selama waktu operasi irigasi sprinkler, jumlah air yang ditampung dalam wadah diukur dengan gelas ukur dan kedalaman air dihitung dengan membagi volume air dengan luas mulut wadah. Analisis koefisiensi keseragaman dihitung menggunakan persamaan Christiansen :

$$Cu = 1.0 - \frac{\sum |xi - \bar{x}|}{\sum xi} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- Cu : Koefisien keseragaman (%).
- xi : Kedalaman air di wadah ke-1 (mm).
- \bar{x} : Rata-rata kedalaman air (mm).

4. Analisis distribusi keseragaman irigasi sprinkler

Efisiensi penyebaran dilakukan untuk menghasilkan pemberian air irigasi yang lebih efisien. Distribusi keseragaman dihitung dengan persamaan 2 (Merkley dan Allen, 2004):

$$Du = 100 - 1,59 \times (100 - Cu) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- Du : Distribusi keseragaman (%).
- Cu : Koefisien keseragaman (%).

5. Analisis efisiensi penyimpanan irigasi sprinkler

Penyimpanan air diperoleh dengan menghitung banyaknya jumlah air yang tersimpan di zona perakaran. Jumlah air tersebut didapatkan dengan cara menempatkan wadah pada kedalaman 30 cm di bawah nozzle sprinkler (outlet irigasi) dan mengukur air yang tertampung pada wadah. Nilai *Ws* ditentukan dengan cara menghitung banyaknya total air yang keluar dari setiap nozzle sprinkler selama waktu pengujian. Nilai efisiensi penyimpanan (*Es*) dihitung menggunakan persamaan 3 (Merkley dan Allen, 2004).

$$Es = \frac{Ws}{Wn} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

E_s : Efisiensi penyimpanan (%).

W_s : Jumlah air yang tersimpan dalam zona perakaran (ml).

W_n : Total air yang diaplikasikan (ml).

6. Analisis efisiensi penggunaan irigasi sprinkler

Air yang disemprotkan melalui nozzle sprinkler (outlet irigasi) akan hilang melalui evaporasi sehingga efisiensi penggunaan air irigasi (E_{ap}) dapat dihitung menggunakan persamaan 4 (Merkley dan Allen, 2004).

$$E_{ap} = C_u \times R_e \times O_e \dots\dots\dots (4)$$

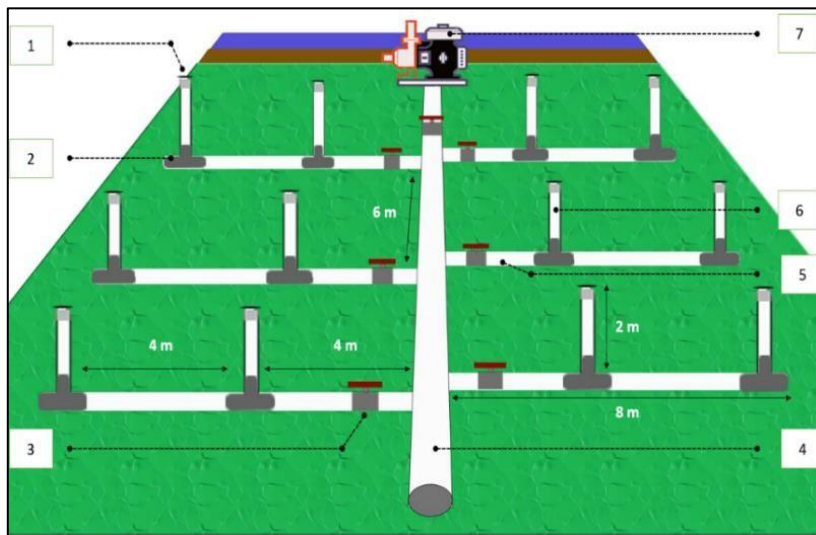
Keterangan:

E_{ap} : Efisiensi penggunaan (%).

C_u : Koefisien keseragaman (%).

R_e : Air yang tersimpan.

O_e : Kehilangan air dalam bentuk lain dan diasumsikan dengan nilai 1.



Gambar 1. Layout jaringan irigasi sprinkler.

Keterangan :

1. Nozzle sprinkler.
2. Konektor tee.
3. Valve/stop kran.
4. Pipa manifold 1 inchi.
5. Pipa lateral ¾ inchi.
6. Pipa riser ½ inchi.
7. Pompa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa tanah lahan percobaan

Analisa tanah lahan percobaan merupakan faktor yang sangat penting dalam pemberian jumlah air irigasi. Analisa tanah dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah yang merupakan salah satu faktor penentu dalam penyerapan air irigasi (Hardjowigeno, 2003). Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan yaitu dengan melakukan pengamatan berupa tekstur tanah, dan kadar air tanah. Hasil analisa tanah lahan percobaan dapat dilihat pada Table 1.

Tabel 1. Analisis sifat fisik tanah di lahan penelitian.

Sifat Fisik Tanah	Unit	Hasil Analisis	Keterangan
Tekstur Tanah			lempung berpasir
Pasir	%	60,05	
Debu	%	26,13	
Liat	%	13,81	
BO	%	25,60	
<i>Bulk density</i>	g/cm ³	1,48	kasar
<i>Particle density</i>	g/cm ³	1,98	
Ruang pori total	%	26,00	
Kapasitas Lapang	%	58,00	
Titik Layu Permanen	%	23,00	
Permeabilitas	cm/jam	1,20	agak lambat

Sumber : Hasil analisis laboratorium

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa lahan percobaan memiliki sifat fisik tanah lempung berpasir yang memiliki nilai persentase fraksi pasir 60,05 %, liat 13,88 %, dan debu 26,12%. Tanah lempung berpasir memiliki tekstur halus, gembur, dan drainase kurang baik yang disebabkan pada tanah bertekstur lempung berpasir terdapat ruang pori-pori yang dapat diisi oleh air tanah dan udara (Lingga, 1986). Hal ini menyebabkan tanah lahan percobaan memiliki daya pegang atau daya simpan air yang tinggi. Menurut Hakim (2013) menyatakan bahwa tekstur tanah yang halus dapat meningkatkan kapasitas air tersedia di dalam tanah dan terdapat bahan organik 25,6 % yang tergolong cukup tinggi dalam menyimpan air (Schjonning *et al.*, 2007). Sedangkan *bulk density* tanah lahan percobaan dikategorikan kasar dengan nilai 1,48 g/cm³. Tanah lahan percobaan memiliki permeabilitas agak lambat dalam meloloskan air yaitu 1,20 cm/jam. Nilai permeabilitas tanah menentukan tingkat laju infiltrasi pada lahan pertanian. Laju infiltrasi akan tinggi jika tanah memiliki nilai permeabilitas yang

tinggi dan sebaliknya laju infiltrasi akan semakin rendah jika nilai permeabilitas semakin rendah (Hardjowigeno, 2003).

2. Koefisiensi keseragaman dan distribusi keseragaman irigasi sprinkler

Koefisiensi keseragaman dan distribusi keseragaman irigasi sprinkler dihitung untuk menentukan nilai efisiensi jaringan irigasi dan distribusi air yang dapat diterima oleh tanaman. Menurut Khairiah (2014) bahwa derajat keseragaman pemakaian air merupakan penentu efisiensi irigasi dan besarnya air yang masuk ke dalam tanah tergantung pada perhitungan koefisiensi keseragaman dan keseragaman distribusi. Nilai koefisiensi keseragaman dan distribusi keseragaman dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai koefisiensi keseragaman dan distribusi keseragaman.

Wadah	Koefisiensi Keseragaman (%)	Distribusi Keseragaman (%)
Sprinkler 1	88,62	81,91
Sprinkler 2	85,63	77,15
Sprinkler 3	89,08	82,64
Sprinkler 4	89,08	82,64
Sprinkler 5	85,63	77,15
Sprinkler 6	86,99	79,31
Sprinkler 7	91,72	86,83
Sprinkler 8	91,72	86,83
Sprinkler 9	90,90	85,53
Sprinkler 10	91,19	85,99
Sprinkler 11	86,99	79,31
Sprinkler 12	86,84	79,08
Sprinkler 13	87,59	80,27
Sprinkler 14	91,97	87,23
Sprinkler 15	91,97	87,23
Sprinkler 16	90,90	85,53
Rata-rata	89,18	82,79

Tabel 2 menerangkan bahwa nilai koefisiensi keseragaman dan distribusi keseragaman tergolong tinggi dengan rata-rata persentasenya lebih besar dari 80% yaitu 89,18% dan 82,79%. Menurut Merkley dan Allen, (2004) dan Direktorat Pengolahan Air, (2010) bahwa nilai efisiensi keseragaman irigasi sprinkler lebih besar dari 80% tergolong tinggi atau keseragaman tergolong baik. Nilai koefisiensi keseragaman dan distribusi keseragaman yang tinggi menunjukkan sistem irigasi sprinkler tersebut efisien dalam pemberian air yang seragam (Wirosoedarmo, 2019).

3. Efisiensi penyimpanan irigasi sprinkler

Efisiensi penyimpanan irigasi sprinkler merupakan perbandingan antara jumlah air yang bermanfaat bagi tanaman dengan jumlah air yang diberikan dan dihitung dalam persen. Efisiensi penyimpanan irigasi sprinkler yang tinggi di pengaruhi oleh beberapa faktor seperti pengolahan tanah, tekstur tanah dan nilai permeabilitas tanah (Arianti, 2016). Tabel 3 menunjukkan hasil analisis nilai efisiensi penyimpanan irigasi sprinkler.

Tabel 3. Nilai efisiensi penyimpanan irigasi sprinkler.

Nozzle Sprinkler	Efisiensi Penyimpanan (%)
Sprinkler 1	67,67
Sprinkler 2	58,78
Sprinkler 3	71,42
Sprinkler 4	72,43
Sprinkler 5	59,78
Sprinkler 6	60,15
Sprinkler 7	87,18
Sprinkler 8	89,93
Sprinkler 9	85,71
Sprinkler 10	90,18
Sprinkler 11	61,66
Sprinkler 12	60,47
Sprinkler 13	63,77
Sprinkler 14	95,00
Sprinkler 15	95,00
Sprinkler 16	87,00
Rata-Rata	75,38

Berdasarkan hasil penelitian bahwa nilai rata-rata efisiensi penyimpanan air pada pengaplikasian irigasi sprinkler selama 10 menit sebesar 75,38% dan kemampuan tanah tergolong baik dalam menyimpan air irigasi. Nilai efisiensi penyimpanan yang diperoleh sesuai dengan kondisi fisik tanah lahan percobaan yang baik karena dilakukan pengolahan tanah yang efektif. Hakim (2003) menyatakan bahwa nilai kapasitas air tersedia dalam tanah akan meningkat pada tanah yang memiliki tekstur halus termasuk lempung berpasir.

4. Efisiensi penggunaan irigasi sprinkler

Efisiensi penggunaan irigasi *sprinkler* dihitung berdasarkan nilai koefisien keseragaman, air yang tersimpan, dan air yang hilang dalam bentuk lain. Menurut Triatmodjo

(2013) bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi penggunaan air irigasi adalah teknik pemberian air irigasi, persiapan dan pengolahan tanah, sifat fisika tanah, kelembaban tanah pada zona perakaran, operasional dan dimensi serta tata letak sistem irigasi, dan kondisi iklim. Tabel 4 menunjukkan nilai efisiensi penggunaan irigasi sprinkler.

Tabel 4. Nilai efisiensi penggunaan irigasi sprinkler.

Nozzle Sprinkler	efisiensi penggunaan (%)
Sprinkler 1	73,85
Sprinkler 2	45,19
Sprinkler 3	62,73
Sprinkler 4	63,63
Sprinkler 5	45,19
Sprinkler 6	51,46
Sprinkler 7	84,55
Sprinkler 8	87,99
Sprinkler 9	77,91
Sprinkler 10	83,14
Sprinkler 11	51,03
Sprinkler 12	53,11
Sprinkler 13	55,85
Sprinkler 14	91,97
Sprinkler 15	91,97
Sprinkler 16	81,90
Rata-Rata	68,84

Penggunaan irigasi sprinkler juga dipengaruhi oleh curah hujan selama pengujian untuk menjaga kondisi lengas tanah yang tercukupi dari curah hujan. Irigasi sprinkler dioperasikan selama tidak ada curah hujan untuk menghindari kehilangan air dalam bentuk lain. Suprianto, (1996) melaporkan bahwa ketersediaan air dalam tanah merupakan salah satu faktor yang menentukan pemberian air untuk mengurangi tingkat kehilangan air (air terbang). Penggunaan teknik pemberian air irigasi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air di lahan pertanian (Haryati *et al.* 2011).

KESIMPULAN

1. Lahan percobaan memiliki sifat fisik tanah lempung berpasir dengan nilai persentase fraksi pasir 60,05 %, liat 13,88 %, dan debu 26,12%.
2. Nilai koefisiensi keseragaman dan distribusi keseragaman tergolong tinggi dengan rata-rata persentasenya lebih besar dari 80% yaitu 89,18% dan 82,79%.
3. Nilai rata-rata efisiensi penyimpanan air pada pengaplikasian irigasi sprinkler selama 10 menit sebesar 75,38% dan kemampuan tanah tergolong baik dalam menyimpan air irigasi.
4. Nilai rata-rata efisiensi penggunaan irigasi sprinkler selama pengujian sebesar 68,84% dan pengoperasian irigasi sprinkler dipengaruhi oleh ketersediaan curah hujan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Direktorat Pemanfaatan Riset dan Inovasi pada Kementerian/Lembaga, Masyarakat, dan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah melalui Hibah Program Produk Teknologi yang Didiseminasikan kepada Masyarakat (PTDM) tahun anggaran 2021. Selain itu, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kelompok Tani Juata Laut, Kecamatan Tarakan Utara, Kota Tarakan sebagai mitra kegiatan PTDM dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Borneo Tarakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianti,V. 2016. Pola Pembahasan oleh Tetesan pada Beberapa Tekstur Tanah. *Jurnal Agri Techno*. 9(1) : 1-10.
- Direktorat Pengelolaan Air. 2010. Pedoman teknis rehabilitasi jaringan tingkat usahatani (JITUT) / jaringan irigasi desa (JIDES). Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan Air. Departemen Pertanian. Jakarta. Indonesia.
- Doorenbos J, Pruitt W. O. 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation And Drainage Paper No. 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Italy.
- Hakim. 2003. Dasar-dasar ilmu tanah. Pustaka Press. Universitas Lampung. Indonesia.
- Hardjowigeno, S. 2003. Klasifikasi tanah dan pedogenesis. Akademika Pressindo. Jakarta. Indonesia.
- Haryati, U., A. Abdurachman dan K. Subagyo. 2011. Efisiensi penggunaan air berbagai

- teknik irigasi untuk pertanaman cabai di lahan kering pada typic. Lampung. 23-46
- Khairiah, I. N. 2014. Evaluasi kinerja penggunaan air irigasi sprinkler studi kasus di Kabupaten Enrekang. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin. Makasar. Indonesia.
- Lingga, P. 1986. Petunjuk penggunaan pupuk. Penebar Swadaya. Jakarta. Indonesia.
- Merkley, G. P., Allen, Richard G., 2004. Sprinkler and trickle irrigation. Lecture Notes. Biological and Irrigation Engineering Department. Utah State University. Logan. Utah. United Stated.
- Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. A., Kijne, J. 2010. Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. *J. agricultural water management*. 97 (4) : 528-535.
- Muamar., Sugeng T., Ahmad T., Bustomi R. 2012. Analisis neraca air tanaman jagung (*zea mays L.*) di Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 1(1) : 1-10.
- Schjonning, P, L. J. Munkholm, S. Elmholt, J E. Olesen. 2007. Organic matter and soil tilth in arable farming: management makes a difference within 5-6 years. *Agriculture. Ecosystems and Environment* (122) : 157-172.
- Sirait, S., Dwi Santoso. 2019. Penerapan irigasi sprinkler otomatis bertenaga surya di Kelompok Tani Kecamatan Tarakan Utara Kota Tarakan. Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat. LPPM Universitas Borneo Tarakan. Tarakan. Indonesia.
- Sirait, S., Sri Maryati. 2018. Sistem kontrol irigasi sprinkler otomatis bertenaga surya di Kelompok Tani Kecamatan Meureubo Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Irigasi*, 13(1), 55,66.
- Supriyanto. N. 1996. Kajian pengukuran kapasitas lapang pada tanah-tanah tropika. Agr. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta. Indonesia.
- Triatmodjo B. 2013. Hidrologi Terapan. Cetakan Ketiga. Beta Offset. Yogyakarta. Indonesia.
- Wijayanto T., G. R. 2012. Respon fase pertumbuhan beberapa genotipe jagung lokal Sulawesi Tenggara terhadap kondisi kekurangan air. *Jurnal Agroteknologi*. 2(2) : 86-91.
- Wirosoedarmo, R. 2019. Teknik irigasi permukaan. UB Press. Malang. Indonesia.