



RANCANG BANGUN DAN EVALUASI KINERJA IRIGASI MIKRO DI PULAU HARUKU, MALUKU

DESIGN AND PERFORMANCE EVALUATION OF MICRO-IRRIGATION IN HARUKU ISLAND, MALUKU

Oleh:

**Dadan Rahmandani¹⁾ ✉, Hanhan A. Sofiyuddin¹⁾, Ratna Adiana²⁾,
Abid Hendri Indarta¹⁾, Hayatuddin Tuasikal³⁾**

¹⁾Balai Teknik Irigasi, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PUPR
Alamat: Jl. Cut Metia Kotak Pos 147 Bekasi-17113

²⁾Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PUPR
Alamat: Jl. Ir. H. Juanda No. 193, Bandung-40135

³⁾Balai Wilayah Sungai Maluku, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PUPR
Alamat: Jl. Mr. Chr. Soplani, Kota Ambon, Maluku

Korespondensi Penulis, email: ✉dadanrahmandani@gmail.com; telp: +62-82111255137

Naskah ini diterima pada 16 Desember 2019; revisi pada 29 April 2020;
disetujui untuk dipublikasikan pada 25 September 2020

ABSTRACT

The development of irrigated agricultural land on small islands faces many obstacles due to the very limited water availability. The development of irrigated land is often constrained by the relatively high need for water for agricultural land, resulting in competition with domestic water needs. Thus, the development of irrigated land needs to be carried out by applying water-efficient irrigation technologies such as micro irrigation. The research was conducted to test and identify the impact of applying micro irrigation technology on small islands. The research was conducted conditions in Haruku Island, Central Maluku through testing the application and measurement of network performance. The results of the application showed that network installation, irrigation operations, fertilization work, pest control and weeding on the application of micro irrigation were easier and faster. Conventional irrigation using watering pot requires a long time and a lot of labor to meet the water needs of plants. Thus, at the research location, water needs could not be fulfilled by nearly 47% of the period during the growing season and crop production was not optimal. Another case with micro irrigation where water can be given at the right volume and time. Soil moisture can be maintained at optimum levels through short irrigation intervals and of longer duration. From the socio-economic aspect, there is a good performance in the economic aspect of the farmers, which is shown by an increase in income and being able to set aside a portion of their income for savings. Meanwhile, from the social aspect, the application of micro irrigation technology is required by farmers on Haruku Island. These results indicate that micro irrigation could be an alternative technology to support the management of water resources in small islands, especially on Haruku Island.

Keywords: *water saving irrigation, micro irrigation, Haruku Island, irrigation network, performance*

ABSTRAK

Pengembangan lahan pertanian beririgasi di pulau-pulau kecil banyak mengalami kendala karena ketersediaan air yang sangat terbatas. Pengembangan lahan beririgasi sering terkendala kebutuhan air untuk lahan pertanian yang relatif tinggi sehingga terjadi kompetisi penggunaan air dengan kebutuhan domestik. Dengan demikian, pengembangan lahan beririgasi perlu dilakukan dengan menerapkan teknologi irigasi hemat air seperti irigasi mikro. Penelitian dilakukan untuk mengujicoba dan mengidentifikasi dampak penerapan teknologi irigasi mikro di pulau kecil. Penelitian dilakukan di Pulau Haruku, Maluku Tengah melalui uji coba penerapan dan pengukuran kondisi kinerja jaringan. Hasil uji penerapan menunjukkan bahwa pemasangan jaringan, operasi irigasi, pekerjaan pemupukan, pemberantasan hama, dan penyiangan pada penerapan irigasi mikro lebih mudah dan lebih cepat. Irigasi konvensional dengan sistem kocor memerlukan waktu yang lama dan tenaga kerja yang banyak untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Dengan demikian di lokasi penelitian, kebutuhan air tidak dapat dipenuhi hampir 47% periode selama musim tanam dan produksi tanaman tidak optimal. Lain halnya dengan irigasi mikro dimana pemberian air dapat dilakukan pada volume dan waktu yang tepat. Lengan tanah dapat dipertahankan pada kadar yang optimum melalui interval irigasi yang pendek dan durasi yang lebih lama. Dari aspek sosial ekonomi, terjadi performa yang baik pada aspek ekonomi para petani yang ditunjukkan dengan kenaikan penghasilan serta dapat menyisihkan sebagian penghasilannya untuk ditabung. Sedangkan dari aspek sosial, penerapan teknologi irigasi mikro sangat dibutuhkan oleh petani di Pulau Haruku. Hasil tersebut menunjukkan bahwa irigasi mikro dapat menjadi alternatif teknologi untuk mendukung pengelolaan sumber daya air di pulau kecil khususnya di Pulau Haruku.

Kata kunci: *irigasi hemat air, irigasi mikro, Pulau Haruku, jaringan irigasi, kinerja*

I. LATAR BELAKANG

Maluku merupakan salah satu provinsi yang wilayah daratannya didominasi oleh pulau-pulau kecil. Jumlah pulau di Provinsi Maluku berdasarkan identifikasi citra satelit dari LAPAN mencapai 1.412 buah (Titaley, 2006). Kondisi geografis kepulauan merupakan tantangan besar untuk memenuhi kebutuhan pangan, khususnya pada wilayah pulau-pulau kecil yang relatif sulit dijangkau. Kondisi unik pulau kecil memerlukan strategi khusus agar mampu mencukupi kebutuhan pangan secara berkesinambungan.

Kondisi saat ini, sebagian besar kebutuhan pangan untuk wilayah pulau-pulau kecil bergantung pada wilayah lain yang dipenuhi dari pulau induknya. Sistem ketahanan pangan seperti ini sangat berisiko karena pada saat-saat tertentu suatu wilayah pulau kecil dapat terisolasi dari wilayah luar karena kondisi cuaca dan laut serta kondisi infrastruktur transportasi yang tidak memungkinkan untuk pelayaran selama rentang waktu tertentu. Kondisi demikian sangat berpengaruh terhadap kelancaran distribusi bahan pangan. Untuk itu diperlukan upaya untuk meningkatkan kapasitas produksi pangan sendiri di wilayah pulau-pulau kecil (Sumedi, 2014).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah meningkatkan kemampuan penyediaan pangan secara mandiri dengan memanfaatkan dan mengoptimalkan sumber pangan lokal seperti jagung, ubi-ubian, singkong, sagu, dan sebagainya sesuai dengan potensi setiap daerah. Kartasasmita (2005) mengatakan bahwa dalam konteks desentralisasi dan otonomi daerah adalah dengan membuka peluang keberlangsungan ketahanan pangan nasional dengan berbagai keunikan dan keanekaragaman hayati dan budaya lokalnya. Dengan demikian, ketahanan pangan nasional sangat ditentukan oleh ketahanan pangan di daerah termasuk pengembangan pangan di pulau-pulau kecil.

Membangun ketahanan pangan di wilayah pulau-pulau kecil merupakan suatu tantangan karena kondisi sumber daya pertanian umumnya terbatas, baik lahan maupun sumber daya air. Pemanfaatan lahan di pulau kecil untuk pertanian sering banyak menjumpai kendala karena lahan di pulau kecil memiliki kondisi agro ekosistem yang berbeda dan beragam. Kondisi lahan di pulau kecil umumnya dicirikan oleh: (i) kondisi tanah porous, (ii) peka terhadap erosi bila tanahnya tidak tertutup vegetasi, (iii) tingkat kesuburan tanahnya rendah, (iv) ketersediaan air terbatas, dan (v) lapisan olah tanah di bawahnya memiliki kelembaban yang sangat rendah (Nikijuluw &

Dietrieck, 2013). Di daerah ini, peningkatan kapasitas petani terhadap input, fasilitas modal, dan pasar (Aminah, 2015). Dengan demikian, pengembangan pertanian di pulau kecil perlu didukung metode irigasi yang tepat untuk menjamin kontinuitas produksi pertanian serta pengelolaan irigasi berkelanjutan yang dapat meningkatkan produktivitas lahan di pulau kecil. Sumber air yang jauh dari lahan pertanian harus dapat disalurkan tanpa mengalami kebocoran, rembesan dan kehilangan air lainnya yang tidak dapat dimanfaatkan lagi.

Irigasi mikro dapat menjadi pilihan untuk meningkatkan produktivitas lahan di pulau kecil. Sistem irigasi ini mengaplikasikan air di sekitar zona perakaran tanaman dan merupakan salah satu teknologi irigasi bertekanan rendah dengan efisiensi irigasi sangat tinggi (Howell, 2003; Irmak, Odhiambo, Kranz, & Eisenhauer, 2011; Rahmandani, Setianingwulan, & Ridwan, 2011; Sapei, 2006). Irigasi mikro cocok diterapkan pada lahan dimana ketersediaan airnya terbatas, lahan berpasir, berbatu atau sukar diratakan (Balai Irigasi, 2011). Irigasi mikro saat ini banyak dipakai, terutama di negara-negara maju yang menyadari nilai air untuk kehidupan berhubung sangat hemat pemakaian airnya sesuai kebutuhan tanaman. Irigasi mikro saat ini sangat populer tidak hanya diterapkan pada daerah kering tetapi juga di daerah perkotaan dan daerah-daerah basah dimana air bernilai mahal (Prastowo, 2010a).

Penelitian terkait irigasi tetes sudah banyak dilakukan. Cukup banyak literatur mengulas prosedur desain hidrolika jaringan irigasi tetes (Phocaidis, 2007; Prastowo, 2010b; Rahmandani *et al.*, 2011). Desain jaringan pun banyak dimodifikasi baik menyesuaikan dengan kondisi tanaman (Ekaputra, Yanti, Saputra, & Irsyad, 2016; Wijayanto, 2018; Yanto, Tusi, & Triyono, 2014), menggunakan bahan hemat biaya (Ridwan, 2013), ataupun dengan mengintegrasikan teknologi terkini (Chandra, Triyono, & Kadir, 2015; Joubert, Ridwan, & Pratiwi, 2017). Namun demikian, belum terdapat kajian penerapan di pulau kecil dengan kondisi lahan sempit, sumber air dan manusia sangat terbatas, serta kondisi sosial ekonomi yang kurang memungkinkan untuk penerapan teknologi. Kondisi tersebut memerlukan pendekatan desain dan tertentu agar dapat menghasilkan nilai manfaat yang tinggi. Studi kasus penerapan dapat menjadi bahan bagi pemangku kebijakan untuk memutuskan teknologi yang tepat diterapkan di pulau-pulau kecil.

Penelitian dilakukan bertujuan untuk mengetahui kinerja penerapan teknologi irigasi mikro di Pulau Haruku yang merupakan salah satu pulau kecil dengan kondisi lahan dan air terbatas. Penelitian ini dilakukan melalui uji coba penerapan irigasi mikro pada skala hamparan petani. Penerapan irigasi mikro ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk pengelolaan irigasi di pulau kecil, khususnya di Pulau Haruku.

II. METODOLOGI

2.1 Gambaran Lokasi Penerapan

Pulau Haruku merupakan pulau kecil di Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Letaknya di antara Pulau Ambon dan Saparua (Gambar 1). Pulau Haruku adalah juga nama kecamatan yang membawahi 11 negeri dengan luas wilayah ± 473 km². Pulau Haruku termasuk daerah yang beriklim iklim laut tropis dengan musim hujan rata-rata pada bulan Mei sampai Juli setiap tahun dan mempunyai tipe iklim E (kering). Pada musim kemarau suhu udara relatif rendah (20°C – 30°C) pada siang hari dan di bawah 20°C pada malam hari. Jumlah curah hujan rata-rata 1.038 mm per tahun dengan jumlah hari hujan 77 hari (Titaley, 2006).

Jenis tanah pada lahan uji coba penerapan irigasi mikro dikategorikan sebagai pasir berlempung dengan kadar pasir 58%, debu 26% dan liat 16%. Tanah berpasir mempunyai pori-pori tanah yang besar sehingga mengakibatkan laju infiltrasi tinggi dan tidak dapat menahan air dengan baik. Selain itu, tanah di lokasi penerapan irigasi mikro memiliki kadar garam yang cukup tinggi sebagai dampak dari kombinasi tingginya evapotranspirasi akibat suhu yang tinggi dan tingginya infiltrasi akibat tanah yang terlalu porous (Haryati, 2014).

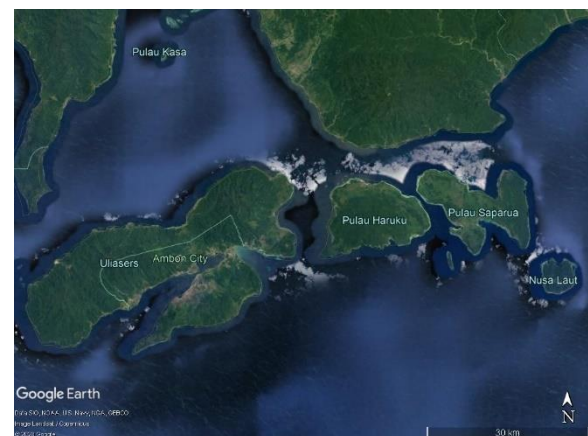
Pada umumnya komoditas tanaman palawija yang diusahakan oleh masyarakat Pulau Haruku selain cabai adalah, kacang tanah, kangkung, tomat, pare, ubi, bawang dan tanaman palawija lainnya. Kondisi pertanian dan kelembagaan yang ada, rata-rata petani di sekitar Pulau Haruku sudah mampu melakukan budidaya tanaman, dan didukung dengan pasar yang tetap meskipun masih bersifat lokal.

Sebelum adanya penerapan sistem irigasi mikro, petani di Pulau Haruku memanfaatkan sistem

irigasi konvensional untuk memenuhi kebutuhan pertaniannya. Penggunaan sistem irigasi ini dinilai tidak efektif dan efisien karena membutuhkan banyak tenaga dan banyak air terbuang, sehingga air irigasi tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Penelitian dilakukan melalui uji coba penerapan irigasi mikro (tetes dan *mini sprinkler*) pada skala hamparan petani. Desain jaringan irigasi mikro mengacu pada kebutuhan air tanaman dan tekanan operasi yang harus dipenuhi. Sementara uji coba penerapan dilakukan di 4 (empat) lokasi yang terletak di 3 (tiga) desa di Pulau Haruku, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku yang mempunyai lahan berpasir (porous) dengan ketersediaan air terbatas.

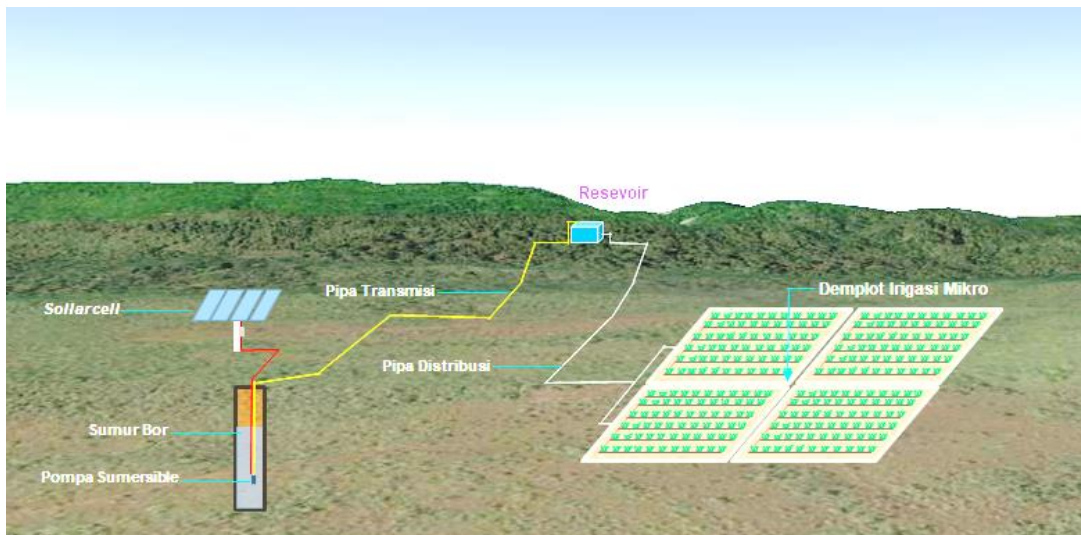
2.2 Desain Blok Irigasi Tetes

Sistem pendistribusian air pada jaringan irigasi mikro dirancang dengan sistem pendistribusian semi gravitasi, dimana air diambil dari sumber air kemudian diangkat dengan bantuan pompa *submersible* bertenaga *solar cell* menuju bak penampung (*reservoir*). Selanjutnya air dialirkan secara gravitasi menuju lahan melalui pipa utama, pipa manifold, pipa lateral dan ditetaskan/curahkan melalui *emitter* langsung menuju daerah perakaran. Sumber air irigasi tetes berasal dari air tanah dan air permukaan. Air tanah diambil dari sumur bor yang telah dibangun oleh BWS Maluku sebelumnya. Konsep desain jaringan irigasi mikro dengan sumber utama air tanah (tipe-1) ditampilkan pada Gambar 2. Konsep desain jaringan irigasi mikro dengan sumber utama air permukaan (tipe-2) ditampilkan pada Gambar 3.

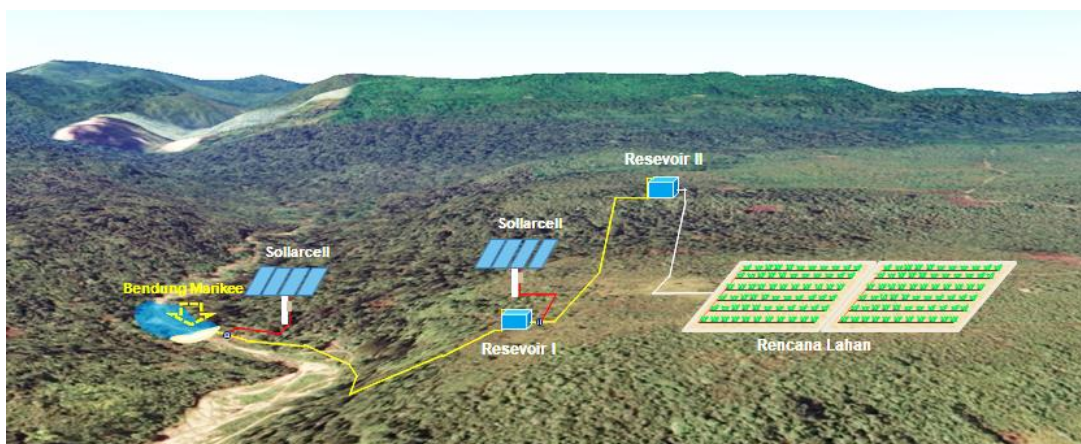


Sumber: Citra Google Earth

Gambar 1 Peta Pulau Haruku



Gambar 2 Konsep Desain Jaringan Irigasi Mikro dengan Sumber Air Sumur Bor (Tipe-1)



Gambar 3 Konsep Desain Jaringan Irigasi Mikro dengan Sumber Air Permukaan (Tipe-2)

Untuk mempermudah sistem operasi, lahan dibagi menjadi beberapa blok irigasi disesuaikan dengan luasan garapan masing-masing petani (15 m x 15 m), seperti tampak pada Gambar 4. Sistem pemasangan jaringan pipa utama sampai dengan pipa sub utama dipasang secara permanen (*fixed*), ditanam di bawah permukaan tanah pada kedalaman galian rata-rata 50-70 cm. Sedangkan, pipa manifold dan pipa lateral sampai ke penetes (*emitter*) dirancang berupa jaringan irigasi lahan terbuka (*outdoor*) dengan sistem pemberian air di atas permukaan (*surface*).

Komponen irigasi tetes yang digunakan terdiri dari unit utama, jaringan pipa utama, pipa sub utama/pembagi (*manifold*), pipa lateral, alat penetes (*emitter*) dan komponen pelengkap (*air vent*, katup/*ball valve*, dan lain-lain). Unit utama jaringan irigasi tetes terdiri dari pompa *submersible* bertenaga *solar cell*, sistem fertigasi, katup/kran pengatur aliran, *water meter* dan filter

utama. Pipa utama menggunakan pipa galvanis dan pipa PVC dengan diameter 4 s.d. 2 inci. Pipa PVC yang digunakan merupakan PVC tipe AW yang mampu menahan tekanan sampai dengan 8 kg/cm². Pipa galvanis dipergunakan pada jaringan pipa utama yang tidak memungkinkan ditanam.

Sementara itu, pipa pembagi (*manifold*) didesain berupa modular (sistem bongkar pasang) dengan panjang satu unitnya adalah 1,5 m (Gambar 5). Sambungan antar modul menggunakan *water connector*. Jaringan pipa *manifold* diletakkan searah melintang di atas bedengan atau lahan yang akan ditanami. Pipa *manifold* menggunakan pipa PVC tipe AW dengan diameter 1,5 inci.

Masing-masing blok irigasi dilengkapi dengan *ball valve* dan *air vent* seperti terlihat pada Gambar 6. *Ball valve* berfungsi untuk mengatur aliran air dan *air vent* berfungsi untuk mengeluarkan udara yang terperangkap di jaringan perpipaan.

3,5 m menyesuaikan dengan spesifikasi pencurah, tipe pencurah dan kecepatan angin pada lokasi lahan penerapan jaringan irigasi *mini sprinkler* (Gambar 9).

Sistem sambungan antara pipa riser ke pipa lateral dan pipa pembagi masih sama dengan cara penyambungan pada jaringan irigasi tetes. Pipa disambung menggunakan sistem *knock down*, pipa lateral disambung dengan konektor (*take off*) kemudian masukkan ke dalam pipa pembagi/manifold yang telah dilubangi dan dilengkapi dengan *grommet* yang berfungsi sebagai *seal* guna menghindari kebocoran pada sambungan antara pipa lateral dan pipa manifold/pembagi. Informasi detail gambar desain blok irigasi (*sub-unit*) irigasi *mini sprinkler* beserta gambar potongannya dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Tipe pencurah yang digunakan adalah *gyronet* dengan debit 120 LPH. Pipa lateral menggunakan pipa dengan jenis bahan *Low Density Polyethylene* (LDPE) dengan diameter 20 mm dan ketebalan 0,9 mm. Sedangkan pipa manifold menggunakan pipa dengan jenis bahan PVC tipe AW berdiamter 1,5 inchi dan mampu menahan tekanan sampai dengan 8 kg/cm².

Operasi pemberian air dilakukan berdasarkan kebutuhan air untuk tanaman pada setiap fase pertumbuhannya. Apabila kapasitas pemompaan terbatas, maka dilakukan giliran pemberian air. Pemberian air pada tanaman mengacu pada jenis dan umur atau periode tumbuh tanaman serta jenis tanahnya.

Pemberian air pada tanaman dilakukan apabila kelembapan yang tersedia (*available moisture*)

pada zona perakaran tersisa 25%. Kelembapan tanah ini berkurang setiap saat melalui proses evapotranspirasi. Pada kelembapan tanah tertentu apabila tanaman mulai layu kondisi tersebut mencapai titik layu permanen. Selisih antara kapasitas lapang dengan titik layu permanen disebut kelembapan atau jumlah air yang tersedia bagi tanaman. Interval pemberian air dapat dihitung dari 75% kelembapan yang tersedia pada zona perakaran dibagi dengan evaporasi tanaman setiap harinya.

Kinerja jaringan irigasi mikro yang telah diterapkan diketahui dengan cara melakukan uji teknis secara langsung di lapangan. Uji teknis yang dilakukan meliputi: (i) uji debit dan tekanan; (ii) uji keseragaman tetesan/curahan; dan (iii) uji luas dan kedalaman pembasahan. Tekanan operasi diamati dari alat pengukur tekanan (*pressure gauge*) yang dipasang pada masing-masing blok irigasi. Sedangkan, debit dan keseragaman tetesan/curahan diketahui dari volume tetesan/curahan air pada masing-masing aplikator yang ditampung menggunakan gelas plastik (*collector*).

Hasil tampungan kemudian diukur dan dihitung berdasarkan persamaan:

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n x_i} \right)$$

Keterangan:

CU = koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*)

\bar{x} = nilai rata-rata debit pengamatan (liter/jam)

n = jumlah total pengamatan

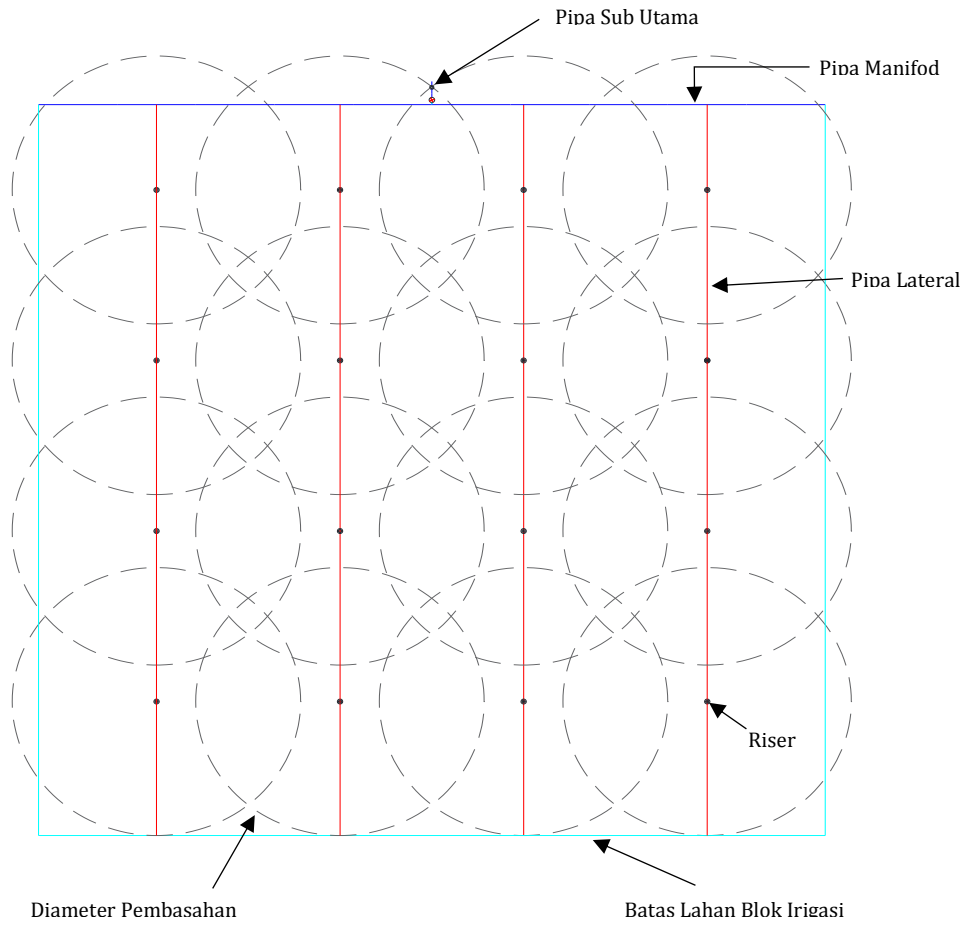
x_i = nilai masing-masing debit pengamatan (liter/jam)



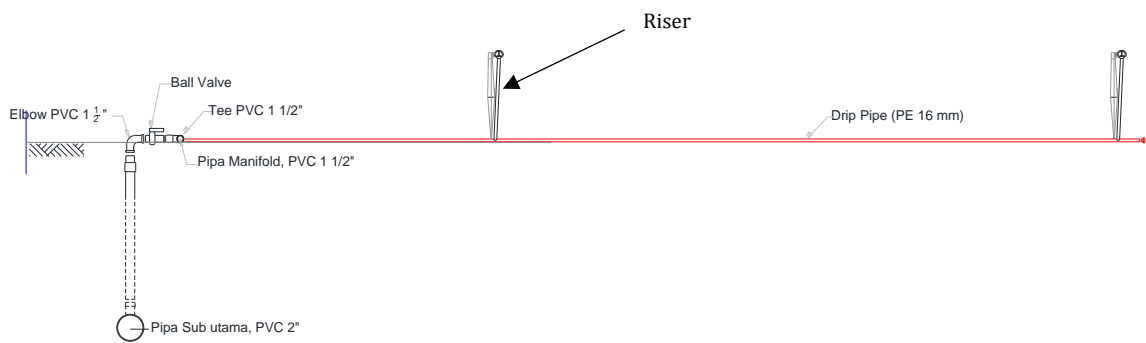
Gambar 7 Pipa Lateral dan Penetes



Gambar 8 Sistem Sambungan Pipa Lateral ke Pipa Manifold



Gambar 9 Desain Blok Irigasi *Mini Sprinkler*



Gambar 10 Potongan Melintang Desain Blok Irigasi *Mini sprinkler*



Gambar 11 Potongan Memanjang Desain Blok Irigasi *Mini Sprinkler*

Tingkat keseragaman tetesan kemudian diklasifikasikan sesuai dengan kriteria menurut ASAE dalam (Sapei, 2006) sebagai berikut:

- a. Sangat Baik: nilai CU (94 - 100) %
- b. Baik: nilai CU (81 - 87) %
- c. Cukup Baik: nilai CU (68 - 75) %
- d. Kurang Bagus: nilai CU (56 - 62) %
- e. Tidak Layak: nilai CU < 50 %

Selain kinerja teknis, untuk mengetahui dampak sosial penerapan irigasi mikro di Pulau Haruku dilakukan evaluasi tentang dampak keberhasilan penerapan irigasi mikro secara sosial ekonomi. Metode dilakukan melalui pemantauan lapangan dan wawancara dengan petani pengguna teknologi jaringan irigasi di 4 (empat) lokasi di 3 (tiga) desa di Pulau Haruku.

Wawancara yang dilakukan meliputi: (1) nama desa tempat penggarap pertanian, (2) nama dan usia responden/petani, (3) jumlah orang dan atau Kelompok Tani (KT) penggarap pertanian, (4) luas lahan garapan, (5) jenis tanaman pertanian yang dihasilkan, (6) pendapatan petani per musim tanam sebelum dan sesudah penerapan irigasi mikro.

Keberterimaan, manfaat dan dampak yang dirasakan masyarakat pemanfaat teknologi irigasi mikro dievaluasi terhadap aspek usaha tani, aspek sosial dan aspek ekonomi sebagai berikut:

a. Budidaya

Parameter yang digunakan mengetahui pengaruh pada aspek ini adalah :

- (1) Kesuburan tanaman
- (2) Jumlah musim tanam per tahun

b. Sosial

Parameter yang digunakan mengetahui pengaruh pada aspek ini adalah :

- (1) Kelemahan penerapan irigasi mikro, yaitu:
(a) kurangnya bimbingan dan panduan dalam penerapan irigasi mikro; (b) kurangnya kontrol terus menerus terhadap peralatan, dan (c) apabila peralatan terkait irigasi mikro rusak, sulit mencari gantinya;
- (2) Ancaman penerapan irigasi mikro, yaitu: (a) musim kemarau yang ekstrim; (b) tidak lancar untuk mendapatkan pupuk; (c) tidak lancar untuk mendapatkan bibit tanaman; dan (d) hama tanaman.

c. Ekonomi

Parameter yang digunakan mengetahui pengaruh pada aspek ini adalah :

- (1) Peningkatkan pendapatan petani dari penerapan irigasi mikro dalam setiap musim tanam, yaitu: (a) sebelum penerapan; (b) sesudah penerapan; dan (c) besarnya peningkatan pendapatan dengan membandingkan antara pendapatan sebelum dan sesudah penerapan;
- (2) Unsur ekonomi, yaitu: (a) menambah penghasilan; dan (b) bisa menabung.

III. HASIL PEMBAHASAN

3.1. Kinerja Jaringan

Hasil pengamatan di lapangan desain jaringan tipe-1 dan tipe-2 pada umumnya menunjukkan kinerja baik dan mampu mengalirkan air dari sumber air sampai ke lahan pertanian. Namun demikian, penerapan desain tipe-2 (jaringan irigasi mikro dengan sumber air permukaan) perlu memperhatikan desain bangunan *intake* pengambilan. Bangunan *intake* pengambilan perlu dirancang sedemikian rupa sehingga material pasir (sedimen) dan material lainnya tidak masuk ke jaringan perpipaan. Masuknya material sedimen dapat mengakibatkan penyumbatan pada pompa, jaringan pipa dan bahkan dapat menyumbat pada komponen *emitter*, walaupun pada jaringan pipa utama sudah dilengkapi komponen filter.

Berdasarkan hasil uji teknis di lapangan, diketahui bahwa jaringan irigasi mikro yang telah diterapkan di Pulau Haruku menunjukkan kinerja baik. Pada tekanan operasi 1 bar, rata-rata debit air yang keluar dari *emitter* berkisar antara 1,4–1,6 liter/jam, sedangkan sistem irigasi *mini sprinkler* pada tekanan 1,5 bar debit air yang keluar dari pencurah rata-rata 110-120 liter/jam. Hasil tersebut berdasarkan perhitungan masih memenuhi kebutuhan air tanaman dan dapat mempertahankan kadar lengas tanah yang optimal di lapangan.

Begitu pula, hasil analisis keseragaman menunjukkan bahwa tetesan/curahan pada masing-masing aplikator cukup seragam rata-rata di atas 90 % untuk irigasi tetes, dan rata-rata di atas 84 % untuk irigasi *mini sprinkler*.

Irigasi tetes memberikan nilai keseragaman lebih tinggi dibandingkan dengan irigasi *mini sprinkler*. Hal tersebut dikarenakan nilai keseragaman sistem irigasi *mini sprinkler* sangat dipengaruhi oleh kondisi angin. Makin tinggi kecepatan angin di lokasi penerapan irigasi *mini sprinkler*, keseragaman penyebaran air akan semakin turun. Sementara itu, sistem irigasi tetes tidak terlalu terpengaruh dengan kecepatan angin. Yang penting adalah bila tekanan operasi minimal 0,5 bar dapat terpenuhi akan memberikan

keseragaman yang tinggi. Secara umum, nilai keseragaman dapat menggambarkan kinerja efisiensi pemberian air pada suatu sistem jaringan irigasi mikro. Semakin tinggi nilai keseragaman tetesan/curahan suatu sistem jaringan irigasi mikro, maka efisiensi pemberian air juga akan semakin tinggi.

Selain debit dan tekanan, kinerja jaringan irigasi mikro juga dapat diukur dari luas dan kedalaman pembasahan. Luas dan kedalaman pembasahan yang dihasilkan harus sesuai dengan kedalaman dan lebar perakaran tanaman yang dibudidayakan. Luas dan kedalaman pembasahan yang tidak sesuai dengan lebar dan kedalaman perakaran tanaman akan menghambat pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, jaringan irigasi mikro yang telah diterapkan di lapangan harus di uji pemenuhan terhadap luas dan kedalaman pembasahan. Luas dan kedalaman pembasahan diketahui dengan cara pengukuran langsung pada masing-masing blok irigasi, baik irigasi tetes maupun irigasi *mini sprinkler*. Gambar 12 menampilkan dokumentasi uji luas dan kedalaman pembasahan irigasi tetes, sementara Gambar 13 menampilkan dokumentasi uji luas pembasahan irigasi *mini sprinkler*.

Hasil pengamatan lebar pembasahan di lapangan pada penetes dengan debit 1,4 liter/jam dalam waktu operasi pemberian air 40 menit menghasilkan lebar pembasahan bervariasi antara 30 cm sampai dengan 40 cm dan kedalaman pembasahan antara 50 cm sampai dengan 60 cm. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa lebar dan kedalaman

pembasahan sudah sesuai untuk tanaman dengan akar dangkal seperti cabe, kacang tanah, jagung dan lain-lain (Phocaidis, 2007).

Sementara itu hasil uji lebar dan kedalaman pembasahan sistem irigasi *mini sprinkler* dapat diketahui bahwa radius pembasahan pada tekanan 1,5 bar dan debit keluaran 110 liter/menit adalah sebesar 4,5 m. Sedangkan untuk mencapai kedalaman air sekitar 50 cm (untuk memenuhi tanaman dengan akar dangkal) diperlukan waktu operasi sprinkler kurang lebih 70 menit atau sekitar 1 jam 10 menit.

Pada dasarnya, lebar dan kedalaman pembasahan tergantung kepada laju dan volume pemberian air serta tekstur, struktur, kemiringan dan lapisan-lapisan tanah. Semakin tinggi debit tetesan/curahan akan lebih menghasilkan luas areal pembasahan yang lebih besar. Begitu pula, dengan tekstur tanah, semakin kasar teksturnya maka luas pembasahan semakin kecil tetapi pembasahannya semakin dalam (Haridjaja, Baskoro, & Setianingsih, 2013).

Pergerakan air arah horizontal pada irigasi tetes sangat terbatas terutama pada jenis tanah berpasir. Seperti halnya jenis tanah di lokasi penelitian yang mempunyai tekstur kasar (berpasir). Pada tanah berpasir, walaupun pergerakan arah vertikal masih terus berlangsung, pergerakan air arah horizontal akan mencapai suatu jarak maksimum tertentu. Umumnya daerah yang terbasahkan cenderung langsing apabila dibandingkan dengan jenis tanah yang mempunyai tekstur halus.

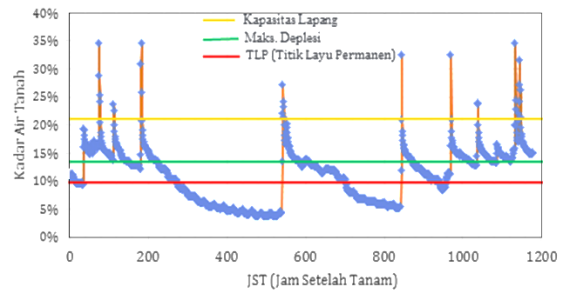


Gambar 12 Pengukuran Luas dan Kedalaman Pembasahan Irigasi Tetes

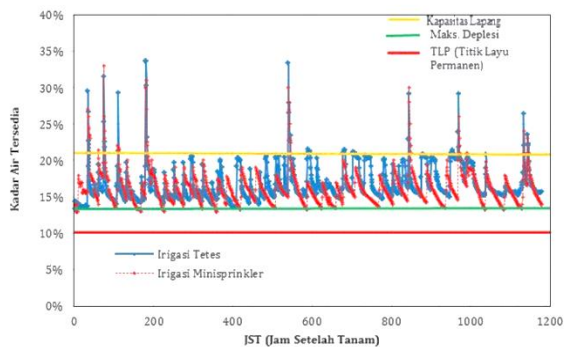


Gambar 13 Pengukuran Luas dan Kedalaman Pembasahan Irigasi *Mini Sprinkler*

Hasil pemantauan fluktuasi lengas tanah pemberian air irigasi tetes dan irigasi *mini sprinkler* selama 50 hari setelah tanam (HST) atau sekitar 1.200 jam setelah tanam (JST) ditampilkan pada Gambar 14 dan dokumentasi pertumbuhan tanaman pemberian air dengan irigasi tetes ditampilkan pada Gambar 15. Sedangkan, hasil pemantauan fluktuasi lengas tanah pemberian air secara konvensional ditampilkan pada Gambar 16 dan dokumentasi pertumbuhan tanaman pemberian air dengan irigasi konvensional ditampilkan pada Gambar 17.



Gambar 16 Grafik Fluktuasi Lengas Tanah Pemberian Air Irigasi Konvensional



Gambar 14 Grafik Fluktuasi Lengas Tanah Pemberian Air Irigasi Tetes dan Irigasi *Mini Sprinkler*



Gambar 17 Pertumbuhan Tanaman Pemberian Air dengan Irigasi Konvensional



Gambar 15 Pertumbuhan Tanaman Pemberian Air dengan Irigasi Mikro

Berdasarkan hasil pemantauan fluktuasi lengas tanah, pemberian air irigasi tetes dan irigasi *mini sprinkler* (Gambar 14) diketahui bahwa lengas tanah hampir selalu berada diantara zona kapasitas lapang dan zona depleksi. Hal ini berbeda dengan hasil pemantauan fluktuasi lengas tanah pemberian air irigasi konvensional/irigasi kocor (Gambar 16), dimana tercatat lengas tanah sering terjadi melewati zona depleksi (hampir 47% periode selama musim) dan bahkan melewati zona titik layu permanen. Hal ini menggambarkan bahwa pada pemberian air irigasi konvensional sering terjadi kekurangan air.

Pada dasarnya, kadar lengas tanah merupakan kandungan air yang terdapat di dalam pori tanah. Sebagian besar air yang diperlukan oleh tanaman berasal dari tanah sementara itu kebutuhan air tiap-tiap tanaman berbeda-beda. Pemahaman

terhadap kadar lengas tanah sangat penting dalam pertanian karena melalui proses pengaturan lengas ini dapat dikontrol pula serapan hara dan pernapasan akar-akar tanaman yang selanjutnya berpengaruh pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Nakayama & Bucks, 1986). Berdasarkan pemahaman tersebut, tujuan irigasi adalah memberikan air untuk memenuhi kebutuhan tanaman, maka pada dasarnya irigasi diberikan pada saat lengas tanah kurang untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Kemampuan tanah dalam menahan air disebut kapasitas menahan air (*water holding capacity*) dan dinyatakan oleh gaya yang diperlukan untuk memisahkan air dari tanah. Umumnya, gaya ini dinyatakan dengan pF, yakni logaritma dari tekanan air (cm). Banyaknya air dalam tanah pada suatu keadaan tertentu, umumnya disebut tetapan kelembaban tanah dan digunakan untuk menentukan sifat menahan air dari tanah (Sosrodarsono & Takeda, 2006). Kelembaban tanah tinggi terjadi akibat kandungan air setempat yang tinggi. Air di dalam tanah tergantung pada keadaan tekstur dan struktur. Semakin halus tekstur tanah, maka semakin besar air yang dapat diikat oleh tanah. Sebaliknya, semakin kasar ukuran tanah, maka semakin kecil air yang dapat diikat oleh tanah.

Lahan uji coba penerapan irigasi mikro mempunyai tanah berpasir yang mempunyai porositas tinggi sehingga tidak dapat menahan air dengan baik. Dengan demikian, jenis tanah seperti ini memerlukan pasokan air dengan interval yang pendek untuk menjaga kadar air optimum, serta volume yang sedikit untuk mencegah keluarnya air dari zona perakaran (perkolasi). Penerapan irigasi konvensional dengan sistem kocor pada lahan porous tentu saja akan menjadi tidak efektif dan efisien, disamping memerlukan volume air yang besar juga frekuensi operasi irigasi yang sering (minimal 1 hari 2 kali penyiraman). Hal ini yang terjadi pada penerapan irigasi konvensional dengan sistem kocor di Pulau Haruku, tanaman lebih sering kekurangan air dikarenakan interval irigasi yang diberikan melebihi interval irigasi maksimum, sebagai akibat tenaga operasi penyiraman tidak sebanding dengan luasan irigasi yang disiram. Disamping hal tersebut, penerapan irigasi konvensional dengan sistem kocor memerlukan volume air yang besar, sehingga sumber air yang ada seringkali tidak cukup memenuhi kebutuhan air tanaman dengan sistem ini. Hal tersebut menyebabkan pengembangan pertanian di Pulau Haruku belum berkembang.

Hal tersebut berbeda dengan penerapan irigasi tetes dan *mini sprinkler*, operasi irigasi pada

sistem ini lebih mudah (buka-tutup kran), sehingga tidak memerlukan banyak tenaga. Lebih lanjut, khusus sistem irigasi tetes dapat diset memberikan irigasi secara kontinyu (terus menerus) dengan debit yang rendah (sesuai laju evapotranspirasi), sehingga dapat mencegah kekurangan air bagi tanaman akibat fluktuasi lengas tanah. Selain hal tersebut sistem irigasi ini juga dapat menghemat air irigasi, sehingga dengan ketersediaan air terbatas seperti di Pulau Haruku, masih dapat mengairi lahan lebih luas dibanding irigasi konvensional dengan sistem kocor.

Pada penerapan irigasi mikro di Pulau Haruku, terlihat bahwa lengas tanah pada pemberian air irigasi *mini sprinkler* sangat berfluktuatif apabila dibanding pemberian irigasi tetes (Gambar 14), hal ini dimungkinkan karena interval pemberian air irigasi terlalu lebar (satu hari satu kali penyiraman), sehingga lengas tanah lebih dahulu menyentuh zona deplesi sebelum dilakukan irigasi. Berdasarkan hasil tersebut, maka interval pemberian air irigasi minisprinkler pada kasus ini sebaiknya diperpendek, semisal satu hari dilakukan dua kali penyiraman (siang dan sore hari).

Berbeda dengan irigasi *mini sprinkler*, lengas tanah pemberian irigasi tetes berfluktuatif namun masih diatas zona depleksinya. Berdasarkan hasil tersebut, apabila dilihat dari efektivitas dan efisiensi pemberian air pemberian irigasi tetes menunjukan tipe irigasi yang paling sesuai apabila diterapkan pada lahan porous. Sistem irigasi ini selain dapat diset memberikan air secara kontinyu atau terputus-putus, juga dapat memberikan air langsung pada daerah yang membutuhkan (zona perakaran tanaman), sehingga pemberian dan air lebih efektif dan efisien dibanding irigasi *mini sprinkler* dan irigasi konvensional dengan sistem kocor.

Sementara itu, penerapan irigasi *mini sprinkler* juga masih layak usahakan di lahan porous seperti di Pulau Haruku, hanya saja beberapa faktor pembatas seperti kecepatan angin dan interval irigasi maksimum harus menjadi perhatian. Kecepatan angin menyebabkan pola sebaran air menjadi tidak merata, sehingga operasi irigasi harus dilakukan lebih lama untuk mencapai keseragaman yang diharapkan. Dengan demikian volume air yang dicurahkan menjadi banyak, disamping kehilangan-kehilangan lain seperti penguapan dan intersepsi dimana air dapat tertahan di daun dan batang tanaman sebelum jatuh ke zona perakaran tanaman. Sementara interval irigasi maksimum harus diperhitungkan

sesuai dengan jenis tanah dan tanaman, untuk menghindari fluktuasi lengas tanah yang tinggi.

3.2. Dampak Sosial dan Ekonomi

Petani di Pulau Haruku mulai merasakan dampak penerapan irigasi mikro. Petani di Pulau Haruku tidak lagi susah payah mengangkut dan memberikan air irigasi ke tanaman secara manual. Dengan penerapan irigasi mikro, petani di Pulau Haruku lebih mudah pengoperasian irigasi (membuka dan menutup kran) sehingga tenaga kerja yang diperlukan menjadi berkurang. Penghematan tenaga kerja pada pekerjaan pemupukan, pemberantasan hama dan penyiangan juga dapat dikurangi. Hal positif lainnya terjadi pada pendapatan petani. Berdasarkan hasil wawancara umumnya pendapatan petani mengalami peningkatan menjadi antara Rp2.500.000–Rp5.000.000/bulan. Petani Kailolo Bawah 1 ada yang mendapat pemasukan sebesar Rp8.000.000/ bulan dan di Kabauw mendapat pemasukan mencapai Rp22.500.000/bulan.

Evaluasi teknis yang sudah dilakukan pada empat desa terhadap penerapan teknologi irigasi mikro, meunjukkan keberterimaan masyarakat petani sebagai berikut: (1) kriteria tanaman lebih subur, dari 5 (lima) responden desa diperoleh sebanyak 3 desa (60%) yang menyetujui kriteria tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi irigasi hemat air, terdapat ada sumber air untuk pertumbuhan tanaman, selanjutnya ada peningkatan hasil panen yang menunjang ekonomi petani; (2) kriteria peningkatan pola tanam menjadi 3-4 kali setahun, dari 5 (lima) responden desa diperoleh seluruh responden sebanyak 5 (lima) desa (100%) telah dapat meningkatkan pola tanam. Namun demikian perlu dukungan kelembagaan seperti dibentuknya koperasi untuk mendukung kebutuhan dasar pertanian, dan peralatan, serta menjadi pasar penjual hasil pertanian. Aspek teknis ini sangat mendukung perekonomian petani yang ditunjukkan dengan peningkatan pendapatan, kemampuan menambah penghasilan, dan menabung.

Berdasarkan hasil evaluasi aspek sosial penerapan mikro di Pulau Haruku dapat dijabarkan keberterimaan masyarakat petani yang menerapkan teknologi irigasi mikro di Pulau Haruku dari aspek sosial, sebagai berikut:

a. Kriteria tidak diperolehnya bimbingan dan panduan, dari 5 (lima) responden desa diperoleh sebanyak 2 (dua) desa (40%) yang menyetujui kriteria tersebut. Masyarakat pengguna sebanyak 60% tidak terlalu memperlakukan, karena masyarakat

tidak merasa kesulitan dalam menerapkan irigasi mikro, ini menunjukkan daya tangkap kuat dari masyarakat petani untuk teknologi tersebut.

- b. Kriteria peralatan yang terus menerus perlu dikontrol, dari 5 (lima) responden desa diperoleh sebanyak 2 (dua) desa (40%) yang menyetujui kriteria tersebut. Masyarakat pengguna sebanyak 60% tidak terlalu memperlakukan, karena masyarakat secara spontan mengontrol peralatan irigasi mikro agar tetap berfungsi untuk mengairi pertanian, ini merupakan indikasi sikap masyarakat petani yang memahami pemeliharaan alat secara spontan yang harus dilakukan rutin
- c. Kriteria Kemarau Ekstrim, dari lima responden desa diperoleh sebanyak 1 (satu) desa (20%) yang menyetujui kriteria tersebut. Kemarau ekstrim pada umumnya terkait dengan ketersediaan air bagi pertanian, namun karena mereka terbiasa di wilayah Arid Area yang memiliki curah hujan minim, kemarau tidak merupakan permasalahan.
- d. Kriteria tidak lancar pupuk, dari 5 (lima) responden diperoleh sebanyak 2 (dua) desa (40%) yang menyetujui kriteria tersebut. Masyarakat petani pengguna irigasi mikro sebanyak 60% tidak terlalu memperlakukan, karena masyarakat petani tersebut merasa bahwa pada tahap awal dengan tumbuhnya tanaman pertanian sudah merupakan keberhasilan dari pemanfaatan irigasi mikro.
- e. Kriteria tidak lancar bibit tanaman, dari 5 (lima) responden diperoleh sebanyak 4 (empat) desa (80%) yang menyetujui kriteria tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa bibit tanaman merupakan kebutuhan penting dari penerapan irigasi mikro, yang perlu dikelola melalui pembentukan kelembagaan petani, antara lain bisa berupa koperasi.
- f. Kriteria hama tanaman, dari 5 (lima) responden diperoleh sebanyak 3 (tiga) desa (60%) yang menyetujui kriteria tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa hama tanaman dapat mempengaruhi produksi pertanian dari penerapan irigasi mikro, diperlukan sosialisasi pembunuh hama yang ramah lingkungan dan tidak menggunakan bahan kimia.

Evaluasi aspek ekonomi terhadap keberterimaan masyarakat petani dalam kaitannya dengan

penerapan irigasi mikro pada 4 (empat) desa di Pulau Haruku adalah sebagai berikut:

- a. Kriteria peningkatan pendapatan petani per musim tanam, dari (5) lima responden desa diperoleh: peningkatan pendapatan minimal sebesar 67%, maksimal 433 % dan rerata 239 %. Hal ini menunjukkan tujuan penerapan irigasi mikro telah berhasil meningkatkan pendapatan petani. Namun untuk peningkatan ekonomi minimal perlu pengkajian dari aspek sosial, baik berupa bimbingan teknis peningkatan pengetahuan mengenai penggunaan teknologi irigasi mikro, maupun pengetahuan pertanian yang dapat meningkatkan pengetahuan petani untuk mendorong peningkatan produksi maupun ekonomi.
- b. Kriteria unsur ekonomi, yang terdiri dari menambah penghasilan dan bisa menabung, dari 5 (lima) responden desa diperoleh: sebesar 100 % dapat menambah penghasilan dan sebesar 80% bisa menabung. Hal ini menunjukkan tujuan penerapan irigasi mikro dari unsur ekonomi telah berhasil. Lebih lanjut perlu dukungan kelembagaan dengan dibentuknya koperasi yang dapat lebih jauh meningkatkan keamanan petani dalam pengadaan sarana peralatan irigasi mikro bila terjadi kerusakan, menjadi sarana untuk pengadaan pupuk dan bibit tanaman, serta pasar untuk penjualan produksi pertanian.

IV. KESIMPULAN

Penerapan irigasi mikro di Pulau Haruku masih pada tahap pengkajian awal, namun demikian, petani di Pulau Haruku mulai merasakan dampak penerapan irigasi mikro. Hasil uji penerapan menunjukkan bahwa pemasangan jaringan irigasi, operasi irigasi, pemupukan, pemberantasan hama, dan penyiangan pada penerapan irigasi mikro lebih mudah dan lebih cepat. Desain modular dengan dimensi blok kecil sesuai dengan kondisi budidaya petani setempat. Desain ini pun menghasilkan kinerja jaringan yang baik.

Irigasi konvensional dengan sistem kocor memerlukan waktu yang lama dan tenaga kerja yang banyak untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Dengan demikian, di lokasi penelitian, kebutuhan airnya tidak dapat dipenuhi hampir 47% periode selama musim tanam dan produksi tanamannya pun tidak optimal. Dengan irigasi mikro, pemberian air dapat dilakukan pada volume dan waktu yang tepat. Lengan tanah dapat dipertahankan pada kadar yang optimum melalui interval irigasi yang pendek dan dengan durasi yang lebih lama.

Dari aspek sosial ekonomi, terjadi performa yang baik pada aspek ekonomi para petani yang ditunjukkan dengan kenaikan penghasilan serta dapat menyisihkan sebagian penghasilannya untuk ditabung. Sedangkan dari aspek sosial, penerapan teknologi irigasi mikro di Pulau Haruku sangat dibutuhkan oleh petani di Pulau Haruku. Hasil tersebut menunjukkan bahwa irigasi mikro dapat menjadi alternatif teknologi untuk mendukung pengelolaan sumber daya air di pulau kecil, khususnya di Pulau Haruku.

Penerapan irigasi mikro di Pulau Haruku perlu dukungan pihak terkait, meliputi BWS Maluku, Dinas Pertanian Kabupaten Maluku Tengah, Penyuluh Pertanian Pulau Haruku, Perangkat Desa dan Masyarakat Petani Pulau Haruku guna mendukung keberhasilan dalam penerapan dan penggunaan teknologi ini. Selain itu, dengan terbatasnya sumber daya air, perlu disusun pola pengaturan pembagian air irigasi agar tidak terjadi konflik pembagian air antar petani.

Beberapa komponen jaringan penerapan irigasi mikro di Pulau Haruku masih menggunakan bahan impor. Untuk mendukung pengembangan dan keberlanjutan penerapan jaringan irigasi mikro perlu dipertimbangkan adanya pengembangan bahan jaringan yang dapat memudahkan petani untuk mendapatkan bahan jaringan dengan harga terjangkau dan kemudahan dalam ketersediaan bahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Litbang Irigasi yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Balai Wilayah Sungai Maluku dan seluruh masyarakat di Kecamatan Pulau Haruku, terutama kepada petani penggarap atas kerjasama dan informasi yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, S. (2015). Pengembangan kapasitas petani kecil lahan kering untuk mewujudkan ketahanan pangan. *Jurnal Bina Praja*, 7(3), 197-210. <https://doi.org/10.21787/jbp.07.2015.197-209>
- Balai Irigasi. (2011). *Laporan Interim Pengkajian Efisiensi Penggunaan Air Irigasi Air Tanah (Irigasi Mikro)*. Bekasi, Indonesia: Balai Irigasi, Puslitbang SDA, Balitbang, Kementerian PU.
- Chandra, H., Triyono, S., & Kadir, M. Z. (2015). Rancang bangun dan uji kinerja sistem kontrol otomatis pada irigasi tetes menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(4), 235-244.

- Ekaputra, E. G., Yanti, D., Saputra, D., & Irsyad, F. (2016). Rancang bangun sistem irigasi tetes untuk budidaya cabai (*Capsicum annum* L.) dalam greenhouse di Nagari Biaro, Kecamatan Ampek Angkek, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. *Jurnal Irigasi*, 11(2), 103-112. <http://dx.doi.org/10.31028/ji.v11.i2.103-112>
- Haridjaja, O., Baskoro, D. P. T., & Setianingsih, M. (2013). Perbedaan nilai kadar air kapasitas lapang berdasarkan Metode Alhricks, Drainase Bebas, dan Pressure Plate pada berbagai tekstur tanah dan hubungannya dengan pertumbuhan bunga matahari (*Helianthus annuus* L.). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 15(2), 52-59. <https://doi.org/10.29244/jitl.15.2.52-59>
- Haryati, U. (2014). Teknologi irigasi suplemen untuk adaptasi perubahan iklim pada pertanian lahan kering. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 8(1), 43-57. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v8n1.2014.%p>
- Howell, T. A. (2003). Irrigation efficiency. Dalam B. A. Stewart & T. A. Howell (Ed.), *Encyclopedia of Water Science* (hlm. 467-472). New York, USA: Marcel Dekker.
- Irmak, S., Odhiambo, L. O., Kranz, W. L., & Eisenhauer, D. E. (2011). Irrigation efficiency and uniformity, and crop water use efficiency. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*, 451.
- Joubert, M. D., Ridwan, D., & Pratiwi, R. M. (2017). Kinerja jaringan irigasi air tanah pada irigasi hemat air berbasis pompa air tenaga surya. *Jurnal Irigasi*, 11(2), 125-132. <http://dx.doi.org/10.31028/ji.v11.i2.125-132>
- Kartasmita, G. (2005). Ketahanan pangan dan ketahanan bangsa. Dipresentasikan pada Pengembangan Ketahanan Pangan Berbasis Kearifan Lokal, Bandung, Indonesia.
- Nakayama, F. S., & Bucks, D. A. (Ed.). (1986). *Trickle Irrigation for Crop Production: Design, Operation, and Management*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Publisher.
- Nikijuluw, V. P. H., & Dietrich, G. G. (2013). Kapasitas dan potensi pulau kecil sebagai kawasan mandiri pangan. Dalam E. Pasandaran, E. E. Ananto, K. Suradisastra, N. S. Saad, B. Irawan, H. Soeparno, & A. Hendriadi (Ed.), *Membangun Kemandirian Pangan Pulau-Pulau Kecil dan Wilayah Perbatasan* (hlm. 21-36). Jakarta, Indonesia: IAARD Press.
- Phocaidis, A. (2007). *Handbook on Pressurized Irrigation Techniques*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Prastowo. (2010a). *Irigasi Tetes Teori dan Aplikasi*. Bogor, Indonesia: IPB Press.
- Prastowo. (2010b). *Manual Rancangan Hidrolika Sub-unit Irigasi Tetes*. Bogor: IPB Press.
- Rahmandani, D., Setianingwulan, I. S., & Ridwan, D. (2011). *Irigasi Mikro, Alternatif Teknologi pada Lahan Kering*. Bandung: Puslitbang Sumber Daya Air.
- Ridwan, D. (2013). Model jaringan irigasi tetes berbasis bahan lokal untuk pertanian lahan sempit. *Jurnal Irigasi*, 8(2), 90-98.
- Sapei, A. (2006). Irigasi Tetes (Drip/Trickle Irrigation). Diperoleh dari <http://asepsapei.staff.ipb.ac.id/files/2011/01/irigasi-tetes1.pdf>
- Sosrodarsono, S., & Takeda. (2006). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Pramita.
- Sumedi. (2014). *Membangun Kemandirian Pangan Pulau-Pulau Kecil dan Wilayah Perbatasan*. IAARD Press: Jakarta.
- Titaley, P. A. (2006). Kebijakan revitalisasi pertanian di Maluku. Dipresentasikan pada Lokakarya Sagu: "Sagu dalam Revitalisasi Pertanian Maluku," Ambon.
- Wijayanto, I. W., Danar Susilo. (2018). Implementasi teknologi irigasi tetes pada budidaya tanaman buah naga. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 6(1), 1-8.
- Yanto, H., Tusi, A., & Triyono, S. (2014). Aplikasi sistem irigasi tetes pada tanaman kembang kol (*Brassica Oleracea* Var. *Botrytis* L. Subvar. *Cauliflora* DC) dalam green house. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(2), 141-154.