Jurnal Ilmiah jurutera
Journal of Applied Engineering
ISSN 2356-5438

Sprinkler Irrigation System Planning for Horticulture Agriculture at Universitas Samudra Through Hydraulic Simulation and Operational Investment Cost Optimization

Andri wahyudi [1], Nasruddin A.Abdullah[2], Muhammad Amin[3], Fazri Amir[4]

[1,2,3,4] *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Samudra, Langsa 24416, Indonesia*

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:
Dikirim 1 Februari 2025
Direvisi dari 27 April 2025
Diterima 23 Mei 2025
Dipublikasi 30 Juni 2025

***Keywoard's*:**
Sprinkler irrigation, irrigation hydraulic simulation, optimization of operational investment costs.

DOI:
doi.org/10.55377/jurutera.v12i01.10821

A B S T R A C T

The sprinkler irrigation system of horticultural agriculture at Universitas Samudra is able to increase the efficiency of water use when the climate change phenomenon hits. However, sprinkler irrigation requires quite high operational investment costs. The purpose of the planning is to obtain the design of the sprinkler irrigation network and optimize the operational investment costs of irrigation. The method used is hydraulic simulation of irrigation using variations in centrifugal and submersible transfer pump power and PVC pipe size. Furthermore, the results of the irrigation simulation were analyzed using the Taguchi method. The planning results show that the sprinkler irrigation network covers an area of 7,500 with an elevation of 6-8 meters above sea level. The water requirement for 53 sprinklers is 8.48 liters/second, and the total water requirement for horticultural plants is 2,063.2 per season. The use of a combination that can optimize the operational investment costs of irrigation is the use of centrifugal transfer pump power (0.6 kW), submersible transfer pump power (0.6 kW), and PVC pipe sizes of 1/2, 1, 1 1/2, and 2 inches. This combination produces an optimum water pressure prediction of 1.756 bars and produces an optimum electricity usage cost prediction per day of Rp. 30,350. By using centrifugal transfer pump power, submersible and low-capacity PVC pipe size makes it more cost-efficient compared to other combinations.

A B S T R A K

Sistem irigasi sprinkler pertanian hortikultura Universitas Samudra dinilai dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air saat fenomena perubahan iklim melanda. Namun, irigasi sprinkler membutuhkan biaya investasi operasional yang cukup tinggi. Tujuan perencanaan dilakukan untuk mendapatkan desain jaringan irigasi sprinkler dan pengoptimasian biaya investasi operasional irigasi. Metode yang digunakan adalah simulasi hidrolis irigasi melalui penggunaan variasi daya pompa transfer sentrifugal, submersibel dan ukuran pipa PVC. Selanjutnya, hasil simulasi irigasi dianalisis menggunakan metode Taguchi. Hasil perencanaan menunjukkan jaringan irigasi sprinkler mencakup lahan seluas 7.500 m^2 dengan elevasi 6 – 8 mdpl. Kebutuhan air pada 53 sprinkler 8,48 liter/detik dan kebutuhan total air tanaman hortikultura yaitu 2.063,2 m^3 per-musim. Penggunaan kombinasi yang dapat mengoptimasikan biaya investasi operasional irigasi adalah penggunaan daya pompa transfer sentrifugal 0,6 kwatt, daya pompa transfer submersible 0,6 kwatt, dan ukuran pipa PVC 1/2 ; 1 ; 1 1/2 ; 2 inch. Kombinasi tersebut, menghasilkan prediksi tekanan air optimum sebesar 1,756 bar dan menghasilkan prediksi biaya penggunaan listrik optimum per-harinya sebesar Rp. 30.349,9. Dengan penggunaan daya pompa transfer sentrifugal, submersibel dan ukuran pipa PVC berkapasitas rendah menjadikannya lebih efisien dalam biaya, dibandingkan dengan kombinasi lainnya.

© 2025 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

E-mail Coresponden : nasruddin@unsam.ac.id
© 2025 ISSN. 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

1. Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan salah satu hambatan terbesar yang dihadapi di berbagai sektor pertanian. Fenomena ini melibatkan pola cuaca tidak stabil seperti peningkatan suhu global, curah hujan yang tinggi, dan seringkali kekeringan ekstrem. Seiring dengan perubahan iklim seperti musim kemarau menimbulkan peningkatan suhu lingkungan yang menyebabkan penguapan dari tanah menuju tanaman menjadi lebih cepat, sehingga memerlukan lebih banyak air untuk menjaga kelembapan tanah (1). Lahan tanah pertanian yang memiliki pasokan dan kelembapan air yang rendah dapat menyebabkan tanaman tani mengalami keterhambatan pertumbuhan, penurunan kualitas buah dan kerusakan tanaman. Akibatnya, hasil produksi pertanian di masa mendatang menjadi tidak stabil akibat dari anomali perubahan iklim dan gejolak krisis pasokan air, sehingga dapat menjadi ancaman bagi keberlanjutan usaha tani (2).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka diperlukan sistem irigasi penyaluran air ke pertanian guna untuk mengontrol dan menghemat penggunaan air. Namun, penyaluran sumber daya air seperti sistem irigasi memerlukan biaya investasi yang mahal (3). Selain itu pembangunan sistem irigasi memiliki jangka waktu cukup lama, pada pembangunan sistem irigasi dan reservoir berskala besar memerlukan waktu 10 tahun (4). Maka perlu dilakukan pengembangan inovasi sistem irigasi dalam penghematan penggunaan air pertanian yang pembangunannya memerlukan biaya investasi yang tidak terlalu besar. Penerapan inovasi seperti sprinkler pada pertanian dapat meningkatkan efisiensi air, waktu dan tenaga. Sehingga, dinilai lebih efektif dibandingkan dengan jenis penyiraman lainnya (5). Sprinkler adalah alat bantu penyiraman tanaman dengan prinsip memberi tekanan pada air dalam pipa dan memacarkan air ke udara menyerupai butiran-butiran hujan. Penggunaan sprinkler dalam irigasi dapat menjadi salah satu alternatif dalam air dengan efisiensi yang cukup tinggi dari pada irigasi permukaan (*surface irrigation*) (6).

Berbeda dengan penelitian terdahulu. Penelitian ini, mengusulkan perencanaan sistem irigasi sprinkler pertanian hortikultura mencakup tujuan mendapatkan jaringan irigasi dan pengoptimasian biaya investasi operasional menggunakan metode Taguchi, melalui hasil simulasi hidrolis irigasi. Metode Taguchi merupakan metode pendekatan teknik statistik yang menekankan hasil penelitian, pengembangan dan perencanaan tangguh melalui desain eksperiment untuk mencegah terjadinya kegagalan atau pembengkakan biaya (7). Pengoptimasian berlangsung dengan melakukan perbandingan hasil simulasi penggunaan komponen irigasi meliputi variasi daya pompa transfer dan ukuran pipa PVC, dengan hasil pemilihan dapat mengoptimasikan biaya investasi operasional. Dengan demikian sistem irigasi sprinkler pertanian hortikultura Universitas Samudra dapat berjalan secara optimal, baik dari segi kinerja dan biaya operasional.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian mengambil studi kasus pada lahan tidak tergarap di wilayah Universitas Samudra, dengan perencanaan berlangsung di Fakultas Sains dan Teknologi dari bulan Maret s.d Juni. Melibatkan pencarian jurnal penelitian terdahulu, simulasi hidrolis dan pengoptimasian biaya investasi operasional irigasi.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a. Pementaan *Virtual Google earth*, digunakan untuk mempermudah dalam mengetahui luas ukuran lahan dan elevasi irigasi sprinkler Universitas Samudra. Pada aplikasi *Goole earth* terdapat beberapa tools seperti skala jarak, koordinat lintang, koordinat bujur, serta elevasi suatu tempat. Selain perspektif geografis bumi, *Goole earth* juga memiliki fitur alat yang dapat mengukur jarak antar lokasi berbeda (8).

b. Simulasi Aliran Epanet 2.2, digunakan untuk menggambarkan simulasi hidrolis irigasi sprinkler dan mengetahui data hasil simulasi. Aplikasi ini mampu menganalisis aliran air dalam pipa, kondisi tekanan air pada berbagai titik (*node*), dan mengamati konsentrasi bahan kimia selama pengaliran dalam pipa berlangsung. Selain itu, aplikasi Epanet 2.2 dapat melihat usia air (*water age*) dan juga mensimulasikan sumber air (9).

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a. Data pengukuran lahan pertanian.
b. Data hasil simulasi tekanan air sprinkler pada irigasi.
c. Data hasil simulasi biaya penggunaan listrik per-hari.

2.3 Perencanaan Mendapatkan Nilai Simulasi Hidrolis Irigasi

Pada perencanaan irigasi sprinkler melalui Epanet 2.2, perlu dilakukan serangkaian tahapan persiapan sebelum model tersebut dapat dipakai. Tahapan ini mencakup pemilihan program model, pengumpulan data, pengecekan data, kalibrasi data, dan sebagainya. Sedangkan untuk mendapatkan nilai simulasi hidrolis seperti besaran *pressure, flow, velocity, head, kapasitas pompa, demand patterns, unit headloss*, konsumsi listrik dan biaya penggunaan listrik irigasi. Maka terdapat beberapa hal yang harus ditentukan, yaitu:

a. Mengetahui spesifikasi sprinkler yang digunakan pada irigasi pertanian hortikultura. Spesifikasi mencakup tekanan air sebesar 1.5 sampai 3 bar, debit aliran 0.16 sampai 0,27 liter/detik dan radius semprot 5 meter.

b. Menentukan kapasitas pompa transfer irigasi, pompa merupakan peralatan mekanis yang berperan menaikkan fluida ke tempat lebih tinggi (10). Dalam menentukan variasi daya pompa pada penelitian sistem irigasi sprinkler, menerapkan daya pompa kurang dari 1,2 kwatt. Hal tersebut dilakukan, guna memperhatikan spesifikasi sprinkler dan efisiensi biaya operasional dengan menyesuaikan daya pompa berkebutuhan umum pada irigasi.

c. Menentukan pola konsumsi air irigasi, yakni dengan mengetahui konsumsi air dari keseluruhan unit sprinkler melalui simulasi hidrolis. Direncanakan irigasi sprinkler dibagi menjadi empat cabang jaringan yang masing-masing memiliki jumlah sprinkler dan konsumsi air yang berbeda-beda. Simulasi penyiraman lahan dilakukan secara bergilir dengan status hidup dan mati di setiap cabang jaringan irigasi setiap 1 menit penyiraman pada masing-masing cabang irigasi.

d. Mengetahui elevasi lahan irigasi sprinkler, yakni menggunakan bantuan aplikasi pemetaan *virtual google earth*, langkah yang dilakukan untuk mengetahui nilai elevasi lahan irigasi yaitu dengan melakukan pengklikan di tampilan titik-titik wilayah lahan irigasi. Hasil besaran elevasi muncul ketika pengklikan terhadap lahan selesai.

e. Menentukan jenis dan variasi ukuran pipa, yakni dengan pemilihan pipa yang mampu menahan tekanan air, memiliki dinding tebal, beban yang ringan, dan terbuat dari material yang tidak beracun. Jenis pipa yang memiliki kemampuan keandalan material dan kecocokan ukuran yang sesuai yaitu pipa jenis PVC (*Polyvynil Chloride*) kelas AW.

f. Menentukan kapasitas toren, untuk menentukan kapasitas toren maka perlu mengetahui besaran nilai simulasi konsumsi air yang digunakan oleh keseluruhan unit sprinkler di cabang jaringan dengan lama penyiraman 1 menit. Penggunaan toren selama waktu itu, memungkinkan volume air toren mengalami status keadaan kosong yang sebabkan *output* air yang tidak seimbang. Sehingga perlu dilakukan *intake* aliran air ke toren melalui pompa submersible yang membawa air dari *reservoir* (sumber air). Intake aliran air juga harus menyesuaikan kapasitas toren air yang digunakan dan pola simulasi konsumsi, sehingga menciptakan keseimbangan antara *intake* dan *output.*

g. Menentukan sistem jaringan perpipaan, yakni dengan menerapkan persamaan Darcy-Waisbach dalam simulasi aliran Epanet 2.2. Guna mempermudah mendapatkan nilai keseimbangan aliran yang dibutuhkan. Koefisien kekasaran pipa Darcy-Waisbach disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Koefisien kekasaran pipa Darcy-Waisbach (mm) (11).

No	Material	Nilai ε (mm)
1	Kuningan, timah, gelas, semen yang diaduk secara sentrifugal	0,0015
2	Baja yang diperdagangkan atau besi tempa, pipa baja yang di las	0,046
3	*Polyvinil Cloride* (PVC)	0,05
4	Besi cor diaspal	0,12
5	Besi berlapis seng (galvanisir)	0,15
6	Besi cor	0,26
7	Papan dari kayu	0,18 – 0,9
8	Beton	0,3 – 3,0

2.4 Kebutuhan Air Tanaman Hortikultura

Mengetahui kebutuhan air tanaman hortikultura seperti sawi, bawang merah, cabai, dan jagung merupakan hal yang penting dilakukan agar tanaman dapat tumbuh dan berbuah secara berkualitas. Pada umumnya, besar kebutuhan air tanaman hortikultura dihitung per-musim, mulai dari tahap pembibitan, pembungaan dan pembuahan. Jenis tanaman hortikultura dengan kebutuhan air per-musimnya disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kebutuhan air tanaman (Luas 1.000 m^2) (12).

No	Jenis Tanaman	Kebutuhan air (m^3)
1	Sawi (*Brassica juncea*)	258
2	Bawang merah (*Allium cepa*)	166
3	Cabai (*Capsicum annuum*)	436
4	Jagung (*Zea mays. L*)	500

2.5 Perencanaan Optimasi Biaya Investasi Operasional Irigasi Dengan Metode Taguchi

Dalam penelitian ini, pengoptimasian biaya investasi sistem irigasi sprinkler menggunakan metode Taguchi, salah-satunya pengoptimasian biaya investasi melalui hasil simulasi hidrolis irigasi sprinkler dan perbandingan rata-rata respon. Metode Taguchi merupakan metode pendekatan teknik yang menekankan hasil penelitian dan pengembangan (R&D) serta perancangan yang tangguh dalam mengurangi terjadinya cacat, kegagalan, atau pembengkakan biaya (7).

Pengoptimasian biaya investasi di penelitian ini, berlangsung dengan membandingkan hasil simulasi hidrolis irigasi dari penggunaan variasi daya pompa transfer dan variasi ukuran jaringan pipa PVC, dengan perbandingan menggunakan rata-rata respon metode Taguchi dari setiap penggunaan variasi daya pompa transfer sentrifugal, daya pompa submersibel dan ukuran pipa PVC. Pengoptimasian biaya investasi tercapai apabila penggunaan komponen irigasi seperti daya pompa transfer sentrifugal, daya pompa transfer submersibel dan ukuran pipa PVC berkapasitas rendah, dapat menyesuaikan tekanan yang dibutukan irigasi sprinkler dan keluaran nominal biaya penggunaan listrik per-kWhnya rendah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil jaringan irigasi sprinkler pertanian hortikultura

Diperoleh hasil jaringan irigasi sprinkler melalui epanet 2.2 menggunakan bantuan pemetaan *virtual google earth*. Hasil menunjukkan luas lahan digunakan irigasi sprinkler pertanian hortikultura sebesar 7.500 m^2dengan dengan lahan terletak pada bujur $4^\circ\ 26'\ 39{,}8''$ N dan $97^\circ\ 58'\ 24{,}6''$ E. Penggunaan komponen irigasi sprinkler meliputi pompa transfer sentrifugal, pompa transfer submersibel, toren, sumber air, sprinkler dan jaringan pipa, dan disertai tanaman hortikultura seperti sawi, bawang merah, cabai dan jagung. Perencanaan jaringan irigasi sprinkler lahan hortikultura disajikan pada **Gambar 1**.

Berdasarkan data yang diperoleh dari pemetaan *virtual google earth*, didapatkan bentuk elevasi yang bervariasi dari titik terendah yaitu 6 mdpl dan titik tertinggi 8 mdpl di irigasi pertanian hortikultura universitas samudra. Pada komponen jaringan irigasi seperti toren, pompa transfer sentrifugal, jaringan pipa utama, sub-utama, lateral berada di titik elevasi 7 mdpl dan sprinkler berada di titik elevasi 8 mdpl. Sedangkan, jaringan perpipaan PVC didapatkan jaringan pipa irigasi dengan memiliki panjang total keseluruhan 790 meter, terdiri atas jaringan pipa utama, sub-utama dan lateral.

Pada permintaan debit air sprinkler yaitu menyesuaikan data spesifikasi sprinkler yang digunakan. Debit permintaan air (*base demand*) sprinkler yaitu 0,16 liter/detik dengan total sprinkler sejumlah 53 unit. Toren irigasi menggunakan kapasitas 2.000 liter dengan memiliki ukuran 1,44 meter, *initial level* 1,64 meter, *maximum water* 1,64 meter dan *minimum water* level 0 meter.



Gambar 1. *Layout* perencanaan irigasi sprinkler melalui Epanet 2.2.

3.2 Analisis Total Kebutuhan Air Irigasi Sprinkler

Perencanaan sistem irigasi menggunakan 53 unit sprinkler secara keseluruhan, dengan masing-masing empat cabang memiliki jumlah sprinkler berbeda dan penyiraman selama satu menit secara bergilir. Kebutuhan debit air setiap cabang irigasi sprinkler sebagai berikut:

a. Cabang irigasi 1 terdiri 18 sprinkler = 2,88 liter/detik

b. Cabang irigasi 2 terdiri 15 sprinkler = 2,4 liter/detik

c. Cabang irigasi 3 terdiri 11 sprinkler = 1,76 liter/detik

d. Cabang irigasi 4 terdiri 8 sprinkler = 1,28 liter/detik

Maka total debit air 53 sprinkler yaitu 8,48 liter/detik.

3.3 Analisis Total Kebutuhan Debit Air Tanaman Hortikultura

Analisis total kebutuhan debit air dapat dihitung dengan mengetahui permintaan air pada jenis tanamanan hortikultura per-musim, meliputi permintaan air tanaman sawi, bawang merah, cabai, dan jagung. Pada irigasi sprinkler pertanian hortikultura, lahan yang digunakan penanaman dan terjangkau radius penyiraman jaringan sprinkler hanya seluas 4.600 m^2 dari total luas lahan. Diperoleh keseluruhan total permintaan air tanaman hortikultura irigasi sprinkler Universitas Samudra yaitu sebesar 2.063,2 m^3 per musim. Detail kebutuhan air tanaman hortikultura Universitas Samudra disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Kebutuhan total air tanaman hortikultura.

No	Jenis Tanaman	Luas lahan penanaman (m^2)	Kebutuhan air per-musim (m^3)			Keseluruhan kebutuhan air (m^3)
			Bulan ke-1	Bulan ke-2	Bulan ke-3	
1	Sawi (*Brassica juncea*)	300	77,4	-	-	77,4
2	Bawang merah (*Allium cepa*)	300	19,92	29,88	-	49,8
3	Cabai (*Capsicum annuum*)	1.000	109	152,6	174,4	436
4	Jagung (*Zea mays. L*)	3.000	450	600	450	1500
Total		**4.600**	**656,32**	**782,48**	**624,4**	**2063,2**

3.4 Perhitungan Metode Taguchi Terhadap Hasil Data Simulasi Perbandingan (Output)

1. Pemilihan Level Faktor dan Matriks *Orthogonal Array*

Pemilihan kapasitas pompa transfer dan ukuran pipa PVC (level faktor) yang digunakan untuk perbandingan dalam optimasi biaya investasi operasional sajikan pada **Tabel 4.** Sedangkan perhitungan metode Taguchi terhadap hasil data perbandingan, sebelumnya harus ditentukan terlebih dahulu matriks *orthogonal array* dari jumlah beberapa pengujian simulasi faktor dan level faktor. Matriks orthogonal array disajikan pada **Tabel 5**.

Berdasarkan tabel diatas, matriks *orthogonal array* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Ortogonal Array* $L_9(3^3)$ yang terdiri dari 3 faktor yaitu pompa transfer sentrifugal, pompa transfer submersibel, dan ukuran pipa PVC dengan masing-masing faktor memiliki 3 jumlah level faktor. Pengujian simulasi aliran irigasi dilaksanakan yakni sebanyak 9 kali dari beberapa faktor dan level faktor yang diketahui secara randomisasi (pengacakan urutan percobaan), sehingga pengujian lebih valid dan terhindar dari sifat bias.

Tabel 4. Variasi daya pompa transfer dan ukuran pipa PVC (level faktor).

Level faktor	Faktor		
	Daya pompa sentrifugal (kwatt)	Daya pompa submersible (kwatt)	Ukuran pipa PVC (inch)
1	1,1	1	(1)(2)(2 1/2)(3)
2	0,6	0,6	(1/2)(1)(1 1/2)(2)
3	0,8	0,8	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)

Tabel 5. Matriks *orthogonal array.*

No. Exp.	Faktor		
	Daya pompa sentrifugal (kwatt)	Daya pompa submersible (kwatt)	Ukuran pipa PVC (inch)
1	1,1	1	(1)(2)(2 1/2)(3)
2	1,1	0,6	(1/2)(1)(1 1/2)(2)
3	1,1	0,8	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)
4	0,6	1	(1/2)(1)(1 1/2)(2)
5	0,6	0,6	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)
6	0,6	0,8	(1)(2)(2 1/2)(3)
7	0,8	1	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)
8	0,8	0,6	(1)(2)(2 1/2)(3)
9	0,8	0,8	(1/2)(1)(1 1/2)(2)

2. Perhitungan metode Taguchi terhadap hasil simulasi

a). Keluaran hasil simulasi tekanan air

Didapatkan hasil data simulasi tekanan air pada masing-masing sprinkler pada program epanet 2.2, dari variasi jenis pompa transfer dan ukuran pipa PVC. Sistem pensimulasian aliran dilakukan secara bergilir pada 4 cabang irigasi dengan lama penyiraman 1 menit. Data tekanan air diambil dari rata-rata tekanan pada jumlah sprinkler setiap cabang irigasi, yakni irigasi cabang 1 (18 springkler), irigasi cabang 2 (15 sprinkler), irigasi cabang 3 (11 sprinkler) dan irigasi cabang 4 (8 sprinkler). Untuk melihat data hasil simulasi tekanan air sprinkler disajikan pada **Tabel 6**.

Dalam perhitungan metode Taguchi, melalui hasil simulasi rata-rata respon tekanan air sprinkler. Faktor berpengaruh siginfikan dalam menghasilkan besaran tekanan air irigasi sprinkler yaitu terdapat pada faktor daya

pompa transfer sentrifugal dan ukuran pipa PVC sedangkan faktor yang tidak signifikan terdapat pada daya pompa transfer submersible. Rangking rata-rata respon tekanan air dari faktor berdasarkan delta disajikan pada **Tabel 7**.

Penggunaan kombinasi level faktor kondisi optimum diambil dari nilai rata-rata respon terbaik terendah yaitu lebih kecil lebih baik (*smaller is better*) dengan memperhatikan faktor yang berpengaruh signifikan. Sedangkan level faktor tidak signifikan, maka dipilih faktor dengan level faktor berkapasitas rendah, namun tetap memperhatikan keluaran hasil tekanan air yang sesuai dengan spesifikasi sprinkler yang dapat diterima dari kombinasi level faktor tersebut. Dari tabel respon rata-rata kombinasi level faktor optimum yaitu:

1. Daya pompa transfer sentrifugal 0,6 kwatt (Memiliki nilai perbandingan selisih yang siginifikan terhadap level faktor)
2. Ukuran pipa PVC 1/2 ; 1 ; 1 1/2 ; 2 inch (Memiliki nilai perbandingan selisih yang siginifikan terhadap level faktor)
3. Daya pompa transfer submersibel 0,6 kwatt (Memiliki nilai perbandingan selisih yang tidak siginifikan terhadap level faktor)

Penggunaan kombinasi level faktor optimum dari daya pompa transfer sentrifugal 0,6 kwatt, ukuran pipa PVC 1/2 ; 1 ; 1 1/2 ; 2 inch dan daya pompa transfer sentrifugal 0,6 kwatt menghasilkan prediksi besaran tekanan air sprinkler sesuai spesifikasi sprinkler yaitu sebesar 1,756 bar

Tabel 6. Keluaran hasil simulasi tekanan air.

No Exp.	Faktor			Tekanan air sprinkler (bar)				Rata-rata tekanan air
	Daya pompa sentrifugal (kwatt)	Daya pompa submersible (kwatt)	Ukuran pipa PVC (inch)	Irigasi (1) 18 sprinkler	Irigasi (2) 15 sprinkler	Irigasi (3) 11 sprinkler	Irigasi (4) 8 sprinkler	
1	1,1	1	(1)(2)(2 1/2)(3)	3,37	4,24	5,16	5,63	4,60
2	1,1	0,6	(1/2)(1)(1 1/2)(2)	3,3	3,82	3,7	4,2	3,76
3	1,1	0,8	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)	3,36	4,14	4,84	5,27	4,40
4	0,6	1	(1/2)(1)(1 1/2)(2)	1,68	2,01	1,67	2,07	1,86
5	0,6	0,6	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)	1,74	2,33	2,81	3,13	2,50
6	0,6	0,8	(1)(2)(2 1/2)(3)	1,76	2,43	3,13	3,49	2,70
7	0,8	1	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)	2,35	3	3,54	3,89	3,20
8	0,8	0,6	(1)(2)(2 1/2)(3)	2,36	3,09	3,86	4,25	3,39
9	0,8	0,8	(1/2)(1)(1 1/2)(2)	2,29	2,67	2,4	2,83	2,55

Tabel 7. Rata-rata respon tekanan air dari faktor.

Level	**Daya pompa sentrifugal (kwatt)**	**Daya pompa submersible (kwatt)**	**Ukuran pipa PVC (inch)**
1	4,253	3,218	3,564
2	2,354	3,216	2,720
3	3,044	3,218	3,367
Delta	1,898	0,002	0,844
Ranking	1	3	2

b). Keluaran Hasil Simulasi Biaya Penggunaan Listrik Per-Hari.

Didapatkan hasil data biaya penggunaan listrik per-hari irigasi sprinkler dari simulasi variasi daya pompa transfer dan ukuran pipa PVC. Hasil simulasi data biaya listrik per-hari disajikan pada **Tabel 8**. Dalam perhitungan metode Taguchi, melalui hasil simulasi rata-rata respon biaya penggunaan listrik. faktor berpengaruh siginfikan dalam biaya penggunaan listrik irigasi sprinkler yaitu hanya terdapat pada faktor daya pompa transfer sentrifugal sedangkan faktor tidak berpengaruh signifikan terdapat pada ukuran pipa PVC dan daya pompa transfer submersible. Rangking rata-rata respon biaya penggunaan listrik dari faktor berdasarkan delta disajikan pada **Tabel 9**.

Penggunaan kombinasi level faktor kondisi optimum diambil dari nilai rata-rata respon terbaik terendah yaitu lebih kecil lebih baik (*smaller is better*) dengan memperhatikan faktor yang berpengaruh signifikan. Sedangkan level faktor tidak signifikan, maka dipilih faktor dengan level faktor berkapasitas rendah. Dari tabel respon rata-rata kombinasi level faktor optimum yaitu:

1. Daya pompa transfer sentrifugal 0,6 kwatt (Memiliki nilai perbandingan selisih yang siginifikan terhadap level faktor).
2. Daya pompa transfer submersibel 0,6 kwatt (Memiliki nilai perbandingan selisih yang tidak siginifikan terhadap level faktor)
3. Ukuran pipa PVC 1/2 ; 1 ; 1 1/2 ; 2 inch (Memiliki nilai perbandingan selisih yang siginifikan terhadap level faktor)

Penggunaan kombinasi level faktor optimum dari daya pompa transfer sentrifugal 0,6 kwatt, ukuran pipa PVC 1/2 ; 1 ; 1 1/2 ; 2 inch dan daya pompa transfer sentrifugal 0,6 kwatt menghasilkan prediksi biaya penggunaan listrik irigasi yaitu sebesar Rp. 30.350.

Tabel 8. Keluaran hasil simulasi biaya penggunaan listrik per hari.

No Exp.	Faktor			Biaya penggunaan listrik per-hari (Rp)
	Daya pompa sentrifugal (kwatt)	Daya pompa submersible (kwatt)	Ukuran pipa PVC (inch)	
1	1,1	1	(1)(2)(2 1/2)(3)	46.959,85
2	1,1	0,6	(1/2)(1)(1 1/2)(2)	47.336,34
3	1,1	0,8	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)	46.864,65
4	0,6	1	(1/2)(1)(1 1/2)(2)	30.111,47
5	0,6	0,6	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)	30.227,84
6	0,6	0,8	(1)(2)(2 1/2)(3)	29.825,88
7	0,8	1	(3/4)(1 1/4)(2)(2 1/2)	36.216,61
8	0,8	0,6	(1)(2)(2 1/2)(3)	36.440,8
9	0,8	0,8	(1/2)(1)(1 1/2)(2)	36.257,51

Tabel 9. Rata-rata respon biaya penggunaan listrik dari faktor

Level	**Daya pompa sentrifugal (kwatt)**	**Daya pompa submersible (kwatt)**	**Ukuran pipa PVC (inch)**
1	47.054	37.763	37.742
2	30.055	38.002	37.902
3	36.305	37.649	37.770
Delta	16.999	352	160
Ranking	1	2	3

c). Pengoptimasian Biaya Investasi Operasional Irigasi Sprinkler Terhadap Hasil Perhitungan Taguchi

Berdasarkan perhitungan rata-rata respon metode Taguchi dalam mengoptimasikan biaya investasi operasional melalui penggunaan faktor dan level faktor daya pompa transfer sentrifugal, submersible dan ukuran pipa PVC. Didapatkan faktor dan level faktor yang berpengaruh signifikan terhadap tekanan air (bar) sprinkler dan biaya penggunaan listrik (Rp) per-harinya. Faktor berpengaruh siginifikan terhadap tekanan air (bar) sprinkler yaitu pompa transfer sentrifugal dan ukuran pipa PVC, sedangkan faktor berpengaruh terhadap biaya penggunaan listrik (Rp) per-harinya yaitu hanya pada pompa transfer sentrifugal . Dengan demikian, dilakukan pemilihan level faktor signifikan berkapasitas rendah dengan rata-rata respon terbaik terendah "lebih kecil lebih baik" (*smaller is better*) guna untuk mengoptimasikan biaya investasi operasional.

Dengan demikian, didapatkan kombinasi penggunaan daya pompa transfer sentrifugal, submersible dan ukuran pipa PVC yang dapat mengoptimasikan biaya investasi operasional irigasi sprinkler pertanian hortikultura adalah penggunaan daya pompa transfer sentrifugal 0,6 kwatt, daya pompa transfer submersible 0,6 kwatt, dan ukuran pipa pvc 1/2 ; 1 ; 1 1/2 ; 2 inch. Kombinasi ini, menghasilkan prediksi tekanan air optimum sebesar 1,756 bar dan prediksi optimum biaya penggunaan listrik per-harinya sebesar Rp 30.350. Kombinasi tersebut, memberikan kinerja optimal terhadap tekanan air sprinkler dan biaya penggunaan listrik. Dengan penggunaan daya pompa transfer sentrifugal, submersibel dan ukuran pipa PVC berkapasitas rendah menjadikannya lebih efisien dalam biaya dibandingkan dengan kombinasi lainnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Jaringan irigasi sprinkler pertanian hortikultura Universitas Samudra mencakup lahan seluas 7.500 m^2, dengan elevasi lahan yang dimiliki 6 – 8 mdpl. Irigasi terdiri beberapa komponen seperti sumber air, toren, jaringan pipa PVC, jaringan sprinkler, pompa transfer sentrifugal dan submersible. Terdapat 53 unit sprinkler dengan total debit 8,48 liter/detik. Terdapat tanaman hortikultura meliputi tanaman sawi, bawang merah, cabai, jagung dengan permintaan air total keseluruhan tanaman yaitu 2.063,2 m^3 per- musim.
2. Berdasarkan perhitungan rata -rata respon metode Taguchi dari hasil simulasi aliran program Epanet 2.2. Penggunaan kombinasi yang dapat mengoptimasikan biaya investasi operasional irigasi sprinkler adalah penggunaan daya pompa transfer sentrifugal 0,6 kwatt, daya pompa transfer submersible 0,6 kwatt, dan ukuran pipa PVC 1/2 ; 1 ; 1 1/2 ; 2 inch. Kombinasi tersebut, menghasilkan prediksi tekanan air optimum sebesar 1,756 bar dan menghasilkan prediksi biaya penggunaan listrik optimum per-harinya sebesar Rp. 30.350 Dengan penggunaan daya pompa transfer sentrifugal, submersibel dan ukuran pipa PVC berkapasitas rendah menjadikannya lebih efisien dalam biaya dibandingkan dengan kombinasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Musiake K, Oki T, Kanae S, Agata Y. Global Water Resources Assessment and Future Projections. :4–6.
2. Haryati U. Suplemental irrigation technology for climate change adaptation on upland agriculture. J Sumderdaya Lahan. 2014;8(1):43–57.
3. Andriyani CN. Analisis Biaya Budidaya Paprika Hidroponik Lembang. Karya Ilm Mhs. 2018;2(2):1–8.
4. Pasandra E. Reformasi Irigasi dalam Kerangka Pengelolaan Terpadu Sumberdaya Air. Anal Kebijak Pertan. 2005;3(3):217–35.
5. Tani PK. Amal Ilmiah : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat. 2024;6(1):31–41.
6. Tusi A, Lanya B. Rancangan Irigasi Sprinkler Portable Tanaman Pakchoy. J Irig. 2016;11(1):43.
7. Teknologi DM, Desain F, Dan K, Digital B. Peningkatan Kualitas Produk Pupuk Npk Kelapa Sawit Di PT . XYZ Dengan Menggunakan Metode Statistical Process Control Dan Taguchi Experiment Sawit Di PT . XYZ Dengan Menggunakan Metode. 2020.
8. Islami N. Bagaimana Google Earth Mengukur Jarak. J Geliga Sains J Pendidik Fis. 2017;5(1):41.

9. Nelwan F, Wuisan EM, Tanudjaja L. Perencanaan Jaringan Air Bersih Desa Kima Bajo Kecamatan Wori. J Sipil Statik. 2013;1(10):678–84.

10. Yana KL, Dantes KR, Wigraha NA. Rancang Bangun Mesin Pompa Air Dengan Sistem Recharging. J Pendidik Tek Mesin Undiksha. 2017;5(2).

11. Ridwan D, Rahmandani D. Analisis Hidrolika Jaringan Irigasi Pipa Bertekanan (Studi Kasus Di Desa Cikurubuk Buah Dua Sumedang). J Tek Hidraul. 2015;6(1):13–26.

12. Agung M, Aneng S, Yuliastuti H. Hortikultura Hortikultura [Internet]. 2023. 76 p. Available from: Pertania Press