PERENCANAAN INSTALASI PEMIPAAN PADA *PROTOTYPE SMART INTEGRATED AQUACULTURE GREEN HOUSE* POLTEKAD

Mochammad Firdaus Aridani[1)] Akhmad Ali Imron[2)]
[1)2)]Politeknik Angkatan Darat
E - mail : firdausaridani@gmail.com

PERENCANAAN INSTALASI PEMIPAAN

Abstract: *Food security is one of the strategic issues in national development, especially amidst the challenges of climate change, population growth, and limited agricultural land. An integrated farming system that is land-saving and water-efficient is an important solution in answering these challenges. This study aims to design an effective and efficient piping system in the Smart Aquaponic Green House as part of integrated modern agricultural technology. This system combines hydroponic plant cultivation techniques with fish farming in a closed ecosystem. The focus of the research is on the design of the piping system, including the calculation of discharge requirements, headloss, pressure drop, and minimum pump specifications. The method used is an experimental approach with literature studies and field data collection. The results of this study indicate that the right piping system design is able to maintain the efficiency of water circulation and support optimal plant and fish growth. This research is expected to be a contribution to the development of sustainable and integrated smart agricultural technology.*

Abstrak: Ketahanan pangan merupakan salah satu isu strategis dalam pembangunan nasional, terutama di tengah tantangan perubahan iklim, pertumbuhan populasi, dan keterbatasan lahan pertanian. Sistem pertanian terpadu yang hemat lahan dan efisien air menjadi solusi penting dalam menjawab tantangan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemipaan yang efektif dan efisien pada *Smart Aquaponic Green House* sebagai bagian dari teknologi pertanian modern yang terintegrasi. Sistem ini menggabungkan teknik budidaya tanaman secara hidroponik

dengan pemeliharaan ikan dalam satu ekosistem tertutup. Fokus penelitian terletak pada perancangan sistem pemipaan, mencakup perhitungan kebutuhan debit, *headloss*, *pressure drop*, serta spesifikasi pompa minimum. Metode yang digunakan adalah pendekatan eksperimen dengan studi literatur dan pengumpulan data lapangan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa desain sistem pemipaan yang tepat mampu menjaga efisiensi sirkulasi air dan mendukung pertumbuhan tanaman serta ikan secara optimal. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi dalam pengembangan teknologi pertanian cerdas yang berkelanjutan dan terintegrasi.

***Kata kunci**: Aquaponik, Smart Green House, Sistem Pemipaan, Headloss, Ketahanan Pangan*

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan salah satu prioritas pembangunan nasional yang berkelanjutan. Ketersediaan pangan yang cukup, aman, dan bergizi merupakan hak setiap warga negara dan menjadi indikator penting dalam menilai stabilitas ekonomi dan sosial suatu negara. Namun, tantangan besar muncul dari perubahan iklim, urbanisasi yang cepat, keterbatasan lahan pertanian, serta krisis air yang semakin meluas. Oleh karena itu, diperlukan sistem pertanian baru yang tidak hanya produktif tetapi juga efisien dan ramah lingkungan.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk menjawab tantangan tersebut, termasuk pengembangan sistem hidroponik dan akuaponik secara terpisah. Sistem hidroponik memungkinkan budidaya tanaman tanpa tanah, sedangkan akuaponik mengintegrasikan budidaya ikan dengan tanaman dalam satu sistem. Meskipun efektif, sebagian besar sistem yang ada masih bersifat konvensional dan belum sepenuhnya otomatis atau terintegrasi dalam pengelolaan air dan nutrisi secara efisien. Permasalahan umum dalam sistem tersebut adalah tingginya konsumsi energi, kurangnya kontrol sirkulasi air, dan risiko kegagalan

sirkulasi akibat desain instalasi yang kurang optimal.

Untuk menjawab tantangan tersebut, penulis mengusulkan sistem *Smart Aquaponic Green House*, yaitu sistem pertanian berbasis teknologi cerdas yang menggabungkan akuaponik dengan automasi berbasis sensor dan desain pemipaan yang terukur. Sistem ini dirancang agar mampu mengatur sirkulasi air, nutrisi, dan suhu secara otomatis, serta meminimalisasi intervensi manual. Salah satu komponen vital dalam sistem ini adalah desain pemipaan, karena sistem distribusi air yang efisien sangat mempengaruhi kinerja keseluruhan ekosistem *aquaponic*.

Fokus penelitian ini adalah merancang instalasi sistem pemipaan yang optimal dalam *Smart Aquaponic Green House*. Desain pemipaan harus mempertimbangkan berbagai parameter teknis seperti kebutuhan debit, panjang dan diameter pipa, jenis sambungan, *headloss* (kerugian energi akibat gesekan dan perubahan arah aliran), *pressure drop*, hingga kapasitas pompa minimum. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem pertanian modern berbasis teknologi yang dapat diterapkan pada skala rumah tangga maupun industri kecil menengah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental untuk menganalisis performa sistem pemipaan yang dirancang dalam Smart Aquaponic Green House. Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian terapan, karena bertujuan untuk memberikan solusi konkret terhadap permasalahan distribusi air dalam sistem aquaponik berbasis green house.

Desain penelitian ini mencakup tiga variabel utama. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konfigurasi sistem pemipaan yang meliputi diameter pipa, jenis sambungan, dan panjang total pipa. Variabel terikat adalah efisiensi sirkulasi air dalam sistem, yang diukur melalui debit aktual dan stabilitas aliran. Variabel kontrol mencakup spesifikasi air (massa jenis dan viskositas), temperatur lingkungan, serta tekanan atmosfer yang diasumsikan konstan sepanjang proses eksperimen.

Metode pengumpulan data dilakukan melalui dua tahap. Pertama,

pengumpulan data sekunder dari studi literatur yang relevan terkait dengan sistem pemipaan, aquaponik, dan perhitungan headloss maupun pressure drop. Literatur diperoleh dari jurnal ilmiah, buku teknik pemipaan, serta dokumen pedoman teknis dari lembaga pertanian dan teknik sipil. Kedua, dilakukan perancangan sistem pemipaan menggunakan diagram alir eksperimen (flowchart), yang mencakup pemetaan posisi pompa, sambungan L dan T, reducer, serta jalur distribusi air menuju pipa hidroponik. Perhitungan teknis seperti kebutuhan debit, kecepatan aliran, dan headloss dilakukan menggunakan rumus-rumus hidrolika berikut :

1) *Head Loss Minor*, merupakan kehilangan tekanan yang disebabkan oleh aksesoris perpipaan seperti sambungan, katup dan netpot. Dengan demikian untuk mengetahui nilai dari *head loss minor* yang terjadi pada istalasi pemipaan digunakan persamaan sebagai berikut :

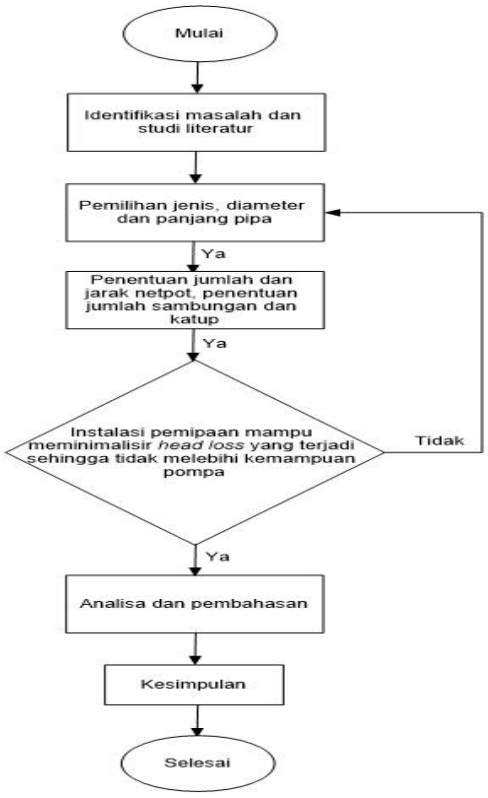
$$hl = \mathrm{k}\, x\, \frac{V^2}{2_g}$$

2) *Head Loss Major*

Head loss major adalah kerugian tekanan pada aliran air di dalam pipa yang disebabkan oleh gesekan antara air dengan dinding dalam pipa, pada diameter pipa yang sama. *Head loss Mayor* pada aliran di dalam pipa dapat dicari dengan dua formula yaitu *Formula Darcy- Waisbach* dan *FormulaHazen-Williams*. Untuk mendapatkan nilai *head loss major* digunakan persamaan berikut:

$$hl = f\ x\, \frac{L}{D}\, x\, \frac{V^2}{2_g}$$

Dalam tahap analisis data, seluruh perhitungan dilakukan dalam tiga kali pengulangan untuk meminimalisir kesalahan pengukuran. Setiap pengujian menghasilkan nilai *headloss*, *pressure drop*, dan rekomendasi spesifikasi pompa. Data yang terkumpul kemudian diolah menggunakan perangkat sensor untuk mempermudah analisis grafik performa sistem. Dengan pendekatan ini, hasil penelitian diharapkan dapat menggambarkan performa sistem secara kuantitatif dan mendukung desain sistem pemipaan yang efisien dan aplikatif. Pembuatan rancang bangun kecepatan fluida air dan menganalisa head losses pada circulating air akan mengikuti diagram alur penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian dari desain instalasi pemipaan pada *Smart Aquaponic Green House* meliputi beberapa perencanaan perhitungan dari rumus-rumus yang akan diolah oleh peneliti berdasarkan metode penelitian yang digunakan. Sehingga diharapka instalasi pemipaan dapat memenuhi kebutuhan irigasi. Instalasi pemipaan ini dirancang untuk mengoptimalkan mekanisme pengairan bagi tanaman dan mengalirkan air menuju ke kolam ikan sebagai *aerator* untuk ikan yang ada di dalam kolam. Adapun hasil perhitungan yang didapatkan pada penelitian tentang desain instalasi pemipaan pada *smart aquaponic greenhouse*.

PEMBAHASAN

Proses pengambilan data debit yang diperlukan untuk mekanisme irigasi pada pipa hidroponik dilakukan dengan pengujian sebagai berikut :

1. Diameter (D) pipa 4 *Inch* = 0,1016 m
2. Panjang pipa (L) = 8,2 m untuk 4 alira
3. Waktu (t) = 60 s
4. Ketinggian air (h) dalam pipa 6,5 mm = 0,0065 m

    a. Luas penampang (A) pipa yang terisi air

$$A = r^2 . \text{Cos}^{-1}\left(\frac{r - h}{r}\right) - (r - h) . \sqrt{2rh - h^2}$$

$$\theta = \text{Cos}^{-1}\left(\frac{r - h}{r}\right)$$

$$= \text{Cos}^{-1}\left(\frac{0{,}0508\ \text{m} - 0{,}0065\ \text{m}}{0{,}0508\ \text{m}}\right)$$

$$= \text{Cos}^{-1}\ (0{,}872\ \text{m}) = 0{,}513\ \text{rad}$$

$$A = (0{,}0508\text{m})^2 . 0{,}513 - (0{,}0508\text{m} - 0{,}0065\text{m}) . \sqrt{2 . 0{,}0508\text{m} . 0{,}0065\text{m} - (0{,}0065\text{m})^2}$$

$$A = 0{,}00258\text{m}^2 . 0{,}513 - 0{,}0443\text{m} . \sqrt{0{,}00066\text{m} - 0{,}00004225\text{m}}$$

$$A = 0{,}00132\text{m}^2 - 0{,}00443\text{m} . \sqrt{0{,}00061\text{m}}$$

$$A = 0{,}00132\text{m}^2 - 0{,}0443\text{m} . 0{,}0248\text{m}$$

$$A = 0{,}00132\text{m}^2 - 0{,}00115\text{m}^2 = 0{,}000201\text{m}^2$$

b. Volume yang dibutuhkan (V)

$$V = A . L$$

$$V = 0{,}000201\ \text{m}^2 . 8{,}2\ \text{m}$$

$$= 0{,}00165\ \text{m}^3$$

c. Debit yang dibutuhkan (Q)

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0{,}00165\ \text{m}^3}{60\ s} = 0{,}000275\ \text{m}^3/\text{s}$$

d. Kecepatan aliran (v)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0{,}000275\ \text{m}^3/\text{s}}{0{,}00201\ \text{m}^2} = 0{,}136\ \text{m/s}$$

4.2.3 Perencanaan Pada Pipa 1 *Inch*

Perhitungan debit di dalam sistem pemipaan menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Diameter (D) pipa 1 *Inch* = 0,0254 m
2. Panjang pipa (L) = 3,3 m
3. Waktu (t) = 60 s

a. Luas penampang (A) pipa

$$A = \frac{\pi . D^2}{4}$$

$$A = \frac{3{,}14 . (0{,}0254\ \text{m})^2}{4} = 0{,}0005\ \text{m}^2$$

b. Volume yang dibutuhkan (V)

$$V = A . L$$

$$V = 0{,}0005\ m^2 \,.\, 3{,}3\ m$$

$$= 0{,}00165\ m^3$$

c. Debit yang dibutuhkan (Q)

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0{,}00165\ m^3}{60\ s} = 0{,}000275\ m^3/s$$

d. Kecepatan aliran (v)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0{,}000275\ m^3/s}{0{,}0005\ m^2} = 0{,}55\ m/s$$

4.2.4 Bilangan *Reynold* dan *firction factor* (f)

Nilai bilangan *Reynold* merupakan penentu sifat dari aliran air yang berlangsung di dalam sistem pemipaan, nilai tersebut didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$Re = \frac{v \,.\, D}{\mu}$$

Dimana :

Re = Bilangan *Reynolds*

v = Kecepatan aliran (m/s)

D = Diameter pipa (m)

μ = Viskositas air (0,000001 m^2/s)

1. Bilangan *Reynolds* pipa 1 *Inch*

$$Re = \frac{0{,}55\ m/s \,.\, 0{,}0254\ m}{0{,}000001\ m^2/s}$$

$$= 13.970 \text{ (Turbulen)}$$

2. erhitungan *friction factor* (f) pipa 1 *Inch*

$$f = \frac{0{,}25}{\left[\text{Log}_{10}\left(\frac{\epsilon}{3{,}7 \,.\, D} + \frac{5{,}74}{Re^{0{,}9}}\right)\right]^2}$$

$$f = \frac{0{,}25}{\left[\text{Log}_{10}\left(\frac{0{,}0000015\ m}{3{,}7 \,.\, 0{,}1016\ m} + \frac{5{,}74}{13970^{0{,}9}}\right)\right]^2}$$

$$= 0{,}0293$$

3. Bilangan *Reynold* pipa 4 *Inch*

$$Re = \frac{v \,.\, D}{\mu}$$

a. Hitung sudut θ

$$\theta = 2 \,.\, \text{Cos}^{-1}\left(\frac{r - h}{r}\right)$$

$$= 2 \,.\, 0{,}513\ rad$$

$$= 1{,}026\ rad$$

b. Hitung perimeter basah (P)

$$P = 2r \cdot \theta$$

$$= 2 \cdot 0{,}0508m \cdot 1{,}026$$

$$= 0{,}104\ m$$

c. Hitung jari – jari hidrolis (Rh)

$$Rh = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{0{,}000201m^2}{0{,}104m} = 0{,}0019\ m$$

$$Dh = 2 \cdot Rh$$

$$= 2 \cdot 0{,}0019m = 0{,}0038m$$

Maka untuk nilai bilangan *Reynold*-nya sebagai berikut :

$$Re = \frac{0{,}136m/s \cdot 0{,}0038m}{0{,}000001m^2/s}$$

$$= 516 \text{ (Laminar)}$$

4. Perhitungan *friction factor* (f) pipa 4 *Inch*

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$f = \frac{64}{516} = 0{,}124$$

4.2.5 *Head Losses Mayor*

Pada pengambilai nilai *head losses mayor* berdasarkan besarnya nilai gesekan air yang mengalir pada dinding pipa dengan menggunakan rumus berikut :

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

hf = kerugian *head* karena gesekan (m)

f = factor gesekan

D = diameter dalam pipa (m)

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran rata-rata fluida dalam pipa

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

1. Pipa 1 *Inch* dengan panjang pipa 3,3 m

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$hf_1 = 0{,}0293 \times \frac{3{,}3\ m}{0{,}0254\ m} \times \frac{(0{,}55\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81 m/s^2}$$

$$= 0{,}057m$$

2. Pipa 4 *Inch* dengan Panjang pipa 8,2 m

$$hf = f \times \frac{L}{Dh} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$hf_4 = 0{,}124 \times \frac{8{,}2\ m}{0{,}0038\ m} \times \frac{(0{,}136\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81 m/s^2}$$

$$= 0{,}24\ m$$

4.2.6 *Headloss Minor*

Pengambilan nilai *Headloss Minor* berdasarkan jumlah sambungan yang terdapat pada system pemipaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$hl_{minor} = \Sigma k \times \frac{V^2}{2_g}$$

Dimana :

hl_{minor} = kerugian *head* karena gesekan (m)

Σk = koefisien resisten

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s^2)

1. Total koefisien (Σk)

(3 x *elbow* 1 *Inch*) + (2 x *elbow* 4 *Inch*) + (3 x *tee* 4 *Inch*) + (2 x *convergent*)

Σk =

(3 x 1,5)+(2 x 0,2)+(3 x 2)+(2 x 0,5) = 11,9

2. hl_{minor} 1 *Inch* = $\Sigma k \times \frac{V^2}{2_g}$

$$hl_{minor} = (4{,}5+0{,}5) \times \frac{(0{,}55\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}$$

= 0,075 m

3. hl_{minor} 4 *Inch* = $\Sigma k \times \frac{V^2}{2_g}$

$$hl_{minor} = (6+0{,}4) \times \frac{(0{,}136\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}$$

= 0,0057 m

4.2.7 *Headloss Total*

Headloss Total merupakan jumlah keseluruhan *Headloss* yang terdapat pada instalasi pemipaan selama proses irigasi berlangsung, nilai *Headloss Total* dapat diketahui dengan menggunakan rumus berikut :

$$hl_{Total} = hl_{minor} + hf_1 + hf_4 + hf_{elevasi}$$

hl_{Total} = 0,0807m + 0,057m + 0,24m + 1,38m

= 1,75 m

PENUTUP

Beberapa keterbatasan dalam penelitian ini meliputi pengujian yang terbatas pada kondisi ketersediaan lahan, durasi pengujian jangka panjang yang masih perlu dikembangkan, dan variasi kondisi lingkungan yang perlu dieksplorasi lebih lanjut. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk fokus pada pengembangan jenis pipa. panjang pipa, jumlah netpot.

DAFTAR PUSTAKA

Riwu, D. B. N., Adoe, D. G. H., & Membubu, S. (2020). *Pengaruh Variasi Jarak Antara Katup Limbah*

Dengan Katup Penghantar Terhadap Efisiensi Pompa Hidram Pvc 2 Inchi Pararel (Vol. 5, Issue 1).

Afandi, D., Fatayat, N., & Teknik Mesin dan Industri, J. (2023). Analisis Head Loss Pada Sistem Perpipaan Irigasi Tetes (Drip Irrigation) untuk Penyiraman Tanaman. *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, *9*(1).

Alkindi, H., Santosa, H., & Sutoyo, E. (2023). Analisis Head Losses Pada

Kurniasih, D., & Umar, M. (2022). Pengaruh Implementasi Kebijakan Kawasan Perbatasan Indonesia-Malaysia Terhadap Efektivitas Ketahanan Wilayah di Kabupaten

Kusnendi, F. S., Fadillah, R., Hadisugelar, D., Pratama, A. J., & Hapsari, D. P. (2022). Respon Jenis Gully Hidroponik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (Lactuca Sativa L.) Di Perbatasan Ri-Rdtl. *Jurnal*

Muhammadiyah Mataram Mataram, U., Faisal, M., Macklin Pareira, B., Dwiratna, S., Amaru, K., & Kunci, K. (n.d.). *Seminar Nasional LPPM UMMAT Analisis Perbandingan Kecepatan Aliran Pada Sistem Hidroponik DFT (Deep Flow*

Rita Supiana, Herman Suheri, & Mulat Isnaini. (2022). Pengaruh Diameter Pipa Dan Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil

Circulating Fluida Air Dalam Dua Jenis Pipa. In *Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* (Vol. 9, Issue 1).

Andiewati, S., Oliveira, M. S., & Soares, D. C. D. C. (2023). Budidaya Tanaman Kangkung Dan Ikan Nila Dengan Sistem Akuaponik Deep Flew Technique Sebagai Ketahanan Pangan Di Wilayah Perbatasan Republik Indonesia-Republik Demokratik Timor Leste. *Jurnal Abdi Insani*, *10*(1), 401–410. https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v10i1.907Wilson, P. (2021). "Optimization of Omni-Wheel Performance Through Material Selectio

Nunukan Provinsi Kalimantan Utara. *Jurnal Ketahanan Nasional*, *28*(1), 1. https://doi.org/10.22146/jkn.73004Wilson, P. (2021). "Optimization of Omni-Wheel Performance Through Material Selectio

Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture), *6*(2), 132–144. https://doi.org/10.35760/jpp.2022.v6i2.6549Wilson, P. (2021). "Optimization of Omni-Wheel Performance Through Material Selectio

Technique) Menggunakan Pipa Luas Penampang Kecil dengan Pipa Luas Penampang Besar Terhadap Produktivitas Tanaman Strawberry (Fragaria sp.).Wilson, P. (2021). "Optimization of Omni-Wheel Performance Through Material Selectio

Tanaman Selada Hijau (Lactuca sativa L.) Pada Sistem Hidroponik Vertikal. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, *1*(1), 66–75.