

# Desain Sistem Pemanfaatan Panas Bumi Untuk Kolam Budidaya Ikan Gurame

Fidya Varayesi<sup>1</sup>, Welly Prabata<sup>2</sup>,

Universitas Tanri Abeng<sup>1</sup>, Institut Teknologi Bandung<sup>2</sup>  
fidya.varayesi@tau.ac.id<sup>1</sup>

**Abstrak**—Dalam pemanfaatan langsung brine untuk budidaya ikan gurame perlu diketahui kondisi optimal desain dan operasi. Desain sistem pemanfaatan langsung untuk budidaya ikan mencakup proses dan peralatan pada tiga komponen yaitu desain kolam, sistem penukar panas (*heat exchanger*) dan pipa distribusi fluida geotermal maupun air permukaan. Sistem pemanfaatan langsung ini dilengkapi dengan unit pompa dan kolam pendingin sisa proses perpindahan panas. Unit pompa digunakan untuk mengalirkan air permukaan pada elevasi dibawah tempat budidaya, dibutuhkan beberapa peralatan dalam sistem budidaya ikan gurame seperti *double pipe heat exchanger*, pompa brine, pompa air. Energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur air permukaan dari temperatur 16°C hingga temperatur optimum 28°C sebesar 68,11 kW. Secara keekonomian proyek pemanfaatan brine untuk budidaya ikan gurame layak untuk dilakukan, dengan melihat NPV yang positif, IRR sebesar 41% dan POT selama 3 tahun.

**Index Terms**—Head loss, Budidaya gurame, Heat exchanger

## I. PENDAHULUAN

Desain sistem pembudidayaan ikan gurame bertujuan untuk menghitung jumlah energi yang dapat dihasilkan untuk pembudidayaan ikan gurame berdasarkan temperatur air yang diperlukan pada area yang memiliki suhu lebih rendah dari suhu udara normal, memperhitungkan kehilangan panas dan keekonomian yang diperlukan dalam pengembangan ikan gurame menggunakan *heat exchanger* tipe *shell and tube* dan menghitung head loss pada pompa untuk mengalirkan fluida ke area kolam, dan melakukan perhitungan pada beberapa tipe cladding untuk bahan pipa.

. Syahrizal dkk,2015, pernah melakukan pengembangan usaha perikanan dalam mengantisipasi penurunan hasil tangkapan dari perairan umum menggunakan pakan cacing sutra. Pendekatan pemahaman frekuensi pemberian pakan diharapkan dapat mengoptimalkan pemanfaatan pakan untuk pertumbuhan benih dan efisiensi pakan yang optimal, yang diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan, dari ikan gurame (Wibawa dkk,2018).

Dalam pemanfaatan langsung brine untuk budidaya ikan gurame perlu diketahui kondisi optimal desain dan operasi. Desain sistem pemanfaatan langsung untuk budidaya ikan mencakup proses dan peralatan pada tiga komponen desain kolam, sistem penukar panas (*heat exchanger*) dan pipa distribusi fluida geotermal maupun air permukaan. Sistem pemanfaatan langsung (*direct use*) ini dilengkapi dengan unit pompa dan kolam pendingin. Unit pompa digunakan untuk mengalirkan air permukaan pada elevasi dibawah tempat budidaya.

Sumber panas bumi dimanfaatkan untuk pemanfaatan langsung adalah fluida dalam fasa cair yang dinamakan brine. Brine diasumsikan berasal dari manifestasi panas bumi berupa mata air hangat terdekat dengan temperatur 50°C dan laju alir massa 1 kg/s. Lokasi sumber mata air hangat berjarak 220 meter dengan ketinggian 30 m dari lokasi pemanfaatan.

Kolam ikan untuk budidaya gurame diasumsikan berbentuk persegi panjang dengan ukuran 7 meter x 10 meter dengan kedalaman air 1.2 meter. Ukuran kolam tersebut digunakan untuk menyesuaikan jumlah ikan gurame sebanyak 2000 ekor.

Dinding dasar kolam didesain dengan campuran material semen dan pasir. Temperatur lapisan batuan disekitar kolam diasumsikan konstan sekitar 23°C.

Parameter utama dalam menentukan massa air panas adalah perubahan temperatur yang diharapkan dari temperatur air permukaan (T air) sebesar 16°C hingga temperatur optimum (T opt) budidaya ikan sebesar 28 °C.

A. Hukum Termodinamika I

Konservasi energi berhubungan dengan hukum Termodinamika I yang menyatakan tentang kekekalan energi dimana energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat berubah bentuk. Suatu energi memiliki kesetimbangan, dimana energi yang masuk sistem sama dengan energi yang keluar dari sistem tersebut (Bregman dkk,2002).

Pada sistem *steady*, laju alir massa yang masuk kedalam sistem harus sama dengan laju alir massa yang keluar, perubahan energi kinetik dan potensial diabaikan pada sistem tersebut. Energi yang terjadi pada sistem tersebut dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$q = m.Cp.\Delta T \dots \dots \dots (1)$$

keterangan:

- m = Laju alir massa fluida (kg/s)
- Cp =Kapasitas panas spesifik fluida (kJ/kg.K)
- ΔT =Perubahan temperatur pada fluida (°C)

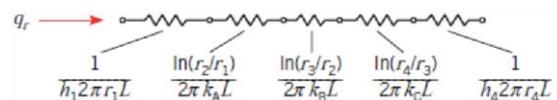
B. Perpindahan Panas

Aliran fluida dalam pipa merupakan salah satu parameter desain yang dipertimbangkan. Aliran terjadi pada pipa distribusi, kehilangan tekanan dalam pipa dapat dijelaskan dengan persamaan Bernoulli yang memiliki beberapa komponen yaitu energi kerja aliran yang dipengaruhi oleh gaya gesek (*head loss*), energi kinetik yang mempengaruhi akselerasi dan energi

potensial akibat perbedaan elevasi dan energi luar sistem berupa pompa.

Perpindahan panas merupakan energi panas (q) yang berpindah akibat adanya perbedaan temperatur, Energi panas bergerak dari area yang bertemperatur tinggi ke temperatur rendah. Perpindahan panas dibagi menjadi 3 yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi (Bregman dkk,2002)

Perpindahan panas dari fluida ke dinding pipa terjadi secara konveksi selanjutnya panas merambat pada permukaan pipa secara konduksi, panas meneruskan perambatan melewati insulator dan cladding/cover secara konduksi. Setelah melewati cover, panas merambat ke udara lingkungan sekitar secara konveksi. Profil perambatan temperatur dapat dianalogikan dengan menggunakan thermal circuit.



Gambar 1.Perhitungan Perambatan Panas Pada Pipa

C. Kehilangan Panas Pada Pipa

*Heat loss* atau kehilangan panas merupakan suatu fenomena yang pasti terjadi dalam aliran fluida temperatur tinggi dalam pipa. Tetapi hal ini diminimalisasi dengan penambahan insulator yang melapisi pipa air tersebut. Ketebalan insulator tergantung pada seberapa banyak *heat loss* yang terjadi dan jenis pipa itu sendiri. Berikut adalah skema perambatan panas dalam pipa ke dinding pipa dan perpindahan panas dari dinding pipa ke udara luar.

Untuk menghindari kehilangan panas yang berlebihan, pipa alir harus selalu diinsulasi. Material yang digunakan sebagai bahan insulasi beragam baik bentuk, ukuran, ketebalan, jenis material dan spesifikasi penggunaannya.

D. Head Loss

Aliran fluida dalam pipa merupakan salah satu parameter desain yang dipertimbangkan. Aliran terjadi pada pipa distribusi, kehilangan tekanan dalam pipa dapat dijelaskan dengan persamaan Bernoulli yang memiliki beberapa komponen yaitu energi kerja aliran yang dipengaruhi oleh gaya gesek (head loss), energi kinetik yang mempengaruhi akselerasi dan energi potensial akibat perbedaan elevasi dan energi luar sistem berupa pompa.

$$\frac{P1}{\rho l} + \frac{V1^2}{2} + gz1 + hp = \frac{P2}{\rho l} + \frac{V2^2}{2} + gz2 + hl$$

Dimana:

- P = Tekanan fluida (Pa)
- $\rho$  = Densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>)
- g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- V = kecepatan aliran fluida (m/s)
- z = Elevasi (m)
- hp = head pompa (m)
- hl = head loss (m)

Dalam menghitung daya pompa perlu memperhitungkan adanya efek kavitasi yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen pompa tersebut. Kavitasi disebabkan oleh penurunan tekanan aliran.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Peralatan

2.1.1 Perhitungan Heat loss Pada Pipa Brine

Pembuatan desain kolam dilakukan menurut pada perubahan jumlah tekanan berdasarkan ketinggian. Desain kolam dimulai dari pemantauan jenis ikan dan ketahanannya, Desain dilakukan pada pipa untuk menghitung kehilangan panas dan juga pada kolam. Ukuran kolam menyesuaikan dengan jumlah ikan untuk melihat tingkat kenyamanan ikan.

Pertimbangan dilakukan dari bahan pelapis pipa, yang dibedakan berdasarkan tingkat konduktivitas. Pemilihan galvanized karena temperatur brine tidak terlalu tinggi (50°C) dan tidak korosif sehingga tidak membutuhkan pipa dengan ketahanan temperatur yang tinggi dan

tahan korosif, disamping itu galvanized memiliki harga yang relatif lebih murah.

Pada kasus ini dipilih jenis insulasi glass wool, alasan pemilihan glass wool karena nilai konduktivitas thermalnya yang rendah, ketersediaan insulasi dipasaran banyak dan harganya yang relatif murah.

Tabel 2.1 Jenis Material Pipa

Parameter	Jenis Material		
	Carbon steel	Stainless steel	Galvanized Steel
Konduktivitas Panas	65,9	14,9	115,98

Jenis material terdiri dari carbon steel dengan konduktivitas panas 65,9, stainless steel dengan konduktivitas panas 14,9 dan galvanized steel dengan konduktivitas panas 115,98.

Data insulasi, terdiri dari aluminium Silica Fiber, Glass wool dan Foam Glass WF

Tabel 2.2 Data Insulasi Pipa

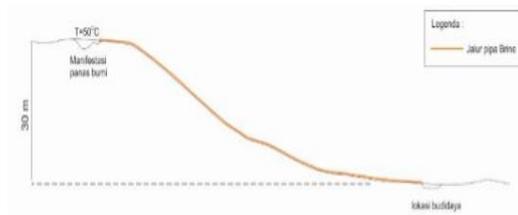
Insulation Data		
Parameter	Value	Unit
Aluminium Silica Fiber (64)	0,059	W/m.K
Glass Wool	0,046	W/m.K
Foam Glass WF	0,038	W/m.K

Data cladding terdiri dari aluminium sheet dan seng.

Tabel 2.3 Data Cladding

Cladding Data			
Parameter	Value		Unit
Material	Aluminium Sheet	Seng	-
Thermal Conductivity	200	116,89	W/m.K
Emissivity Coefficient	0,09	0,05	-
Foam Glass WF	0,038		W/m.K

A. Jalur Pipa Brine



Gambar 2. Penampang Pipa Brine

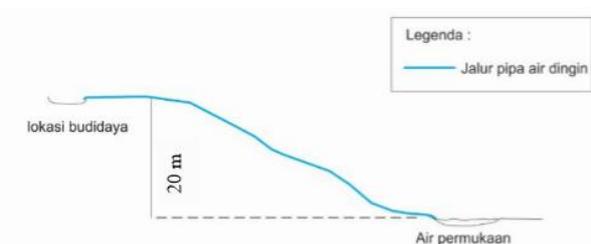
Asumsi jalur pipa brine dari lokasi manifestasi hingga lokasi budidaya seperti gambar diatas. Perbedaan tekanan dan head loss yang terjadi pada aliran pipa distribusi brine yang disajikan pada tabel berikut

Tabel 2.4 Perhitungan Head Loss Pada Pipa Brine

Parameter	satuan	nilai
Laju alir massa brine	Kg/s	1
Temperatur brine	°C	50
Densitas brine	Kg/m <sup>3</sup>	988.05
Diameter pipa	inch	2
Kecepatan brine	m/s	0.5
Panjang pipa brine	meter	220
Beda elevasi	meter	30

B. Jalur Pipa Air Dingin

Asumsi jalur pipa air dingin dari lokasi air permukaan hingga lokasi budidaya seperti gambar diatas. Berdasarkan teori perhitungan diatas didapatkan nilai perbedaan tekanan dan head loss yang terjadi pada aliran pipa distribusi brine yang disajikan pada tabel berikut



Gambar 3. Penampang Pipa Air Dingin

Tabel 2.5 Data Perhitungan Untuk Pipa Air Dingin

Parameter	satuan	nilai
Laju alir air dingin	Kg/s	1.36
Temperatur air	Deg C	16
Densitas air dingin	Kg/m <sup>3</sup>	997.73
Diameter pipa	inch	1.5
Kecepatan air dingin	m/s	1.03
Beda elevasi (Z2-Z1)	meter	20

C. Desain Heat Exchanger

Desain *heat exchanger* yang digunakan adalah desain dengan tipe *double pipe heat exchanger* dengan arah aliran *counter current flow*.

Tabel 2.6 Spesifikasi Double Pipe Heat Exchanger

Parameter	Satuan	Nilai	
		Hot side	Cold side
Jenis Pipa		Galvanized steel	Galvanized steel
Material fluida		Brine	Fresh Water
Temperatur masuk	degC	49,3	16
Temperatur Keluar	degC	33	28
Laju alir masuk	Kg/s	1	1,36
Diameter dalam	meter	0,053	0,041
Diameter luar	meter	0,060	0,048
Heat Transfer	kW	68,11	68,11
Pressure drop	bar	1,95	0,03
Length	meter	11,6	
Log mean Temperature different	degC	16,6	
Overall heat transfer coefficient	kW/K	4,56	
Overall heat transfer	kW	68,11	

Desain ini mengasumsikan bahwa fluida kerja panas bumi (brine) tidak bersifat korosif. Pada kasus ini digunakan pipa galvanized steel untuk kedua sisi (hot side dan cold side) dengan nilai

$k=115,98 \text{ W/m.K}$ , dan ketahanan pipa hingga temperatur 200 degC. Alasan pemilihan galvanized karena nilai konduktivitas yang tinggi, harganya yang relative lebih murah, selain itu dengan temperatur brine yang tidak terlalu tinggi (50°C) dan tidak korosi

#### D. Analisis Pressure drop

Nilai *pressure drop* sebesar (+0.78) bar pada sistem pipa brine, maka secara perhitungan sistem pipa brine tidak membutuhkan pompa namun kecepatan aliran brine akan berkurang, untuk mengatasi *pressure drop* pada heat exchanger.

Dari hasil perhitungan yang dihasilkan pada tabel 2.4, dari tinjauan sepanjang pipa dari sumber air permukaan (z1) hingga posisi sebelum masuk heat exchanger (z2) maka nilai DP sebesar (-2.73) bar, nilai delta pressure minus menandakan terjadi penurunan tekanan dari titik 1 hingga titik 2 penurunan terjadi karena adanya beda ketinggian dan adanya friksi pada pipa. Dari hasil perhitungan diatas penyebab utama penurunan tekanan pada pipa diakibatkan oleh beda elevasi pada ketinggian. Penurunan tekanan pada heat exchanger sebesar -0.03 bar, sehingga total *pressure drop* sebesar (-2.67)bar. Dengan nilai delta pressure sebesar (-2.67) bar maka sistem alir pipa air dingin membutuhkan pompa untuk mengalirkan air dingin.

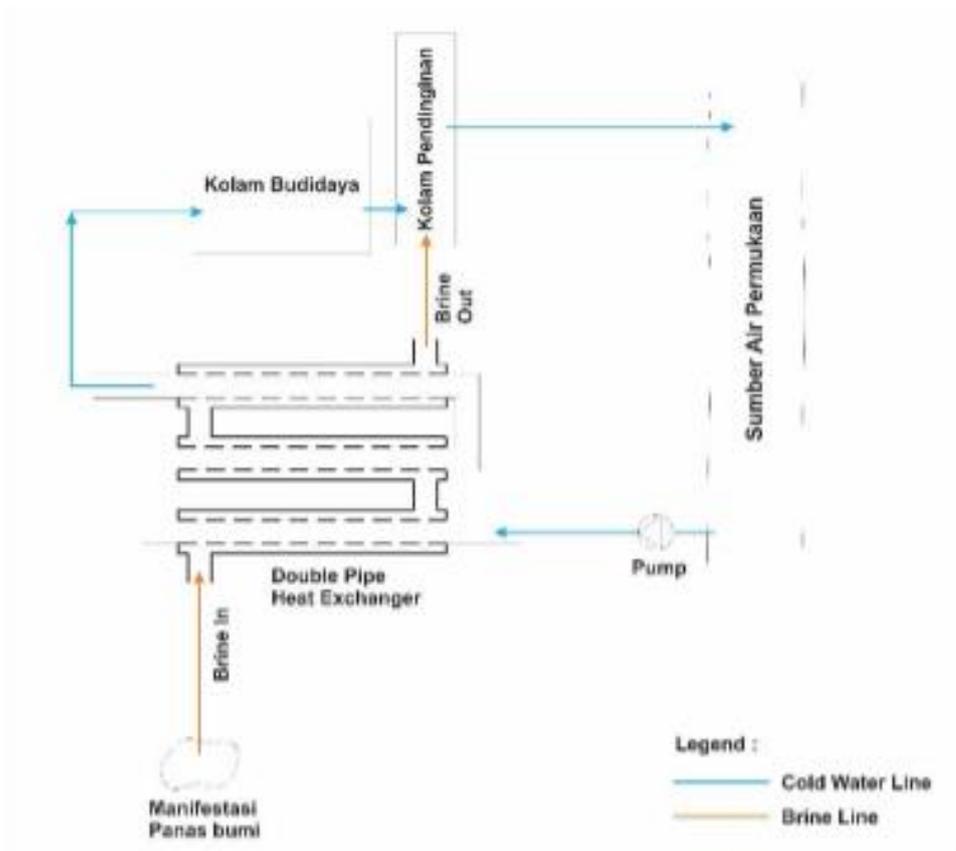
### III. SIMPULAN

1. Energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur air permukaan dari temperatur 16°C hingga temperatur optimum 28°C sebesar 68,11kW.
2. Dibutuhkan beberapa peralatan dalam sistem budidaya ikan gurame seperti *double pipe heat exchanger*, pompa brine, pompa air.

3. Secara keekonomian proyek pemanfaatan brine untuk budidaya ikan gurame layak untuk dilakukan, dengan melihat NPV yang positif, IRR sebesar 41% dan POT selama 3 tahun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bregman,T.L, Lavine,A.S, Incorpera F.P, Dewitt, D.P (2002), "Fundamentals of Heat and Mass Transfer," 7th Edition, John Wiley and Sons Inc, USA.
- [2] Syahrizal et.al,(2015).Pemeliharaan Ikan Gurami (*osphronemus gouramy Lac.*) Dalam Wadah Akuarium Diberi Pakan Cacing Sutra (*Tubifex sp*) Pada Strata Vertikal.Jurnal Ilmiah Universitas Jambi.
- [3] Wibawa,et.al (2018) Pemeliharaan Benih Ikan Gurame (*osphronemus gouramy*) Dengan Frekuensi Pemberian Pakan yang Berbeda.Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia.



Gambar 4. Deskripsi Skema Letak Kolam Dan Heat Exchanger