

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan prosedur pengumpulan data, perlu memiliki sistem pemantauan otomatis yang mengumpulkan data dari tempat budi daya ikan, terutama untuk mencatat kondisi terkini yang terjadi pada tempat budi daya ikan. Penelitian dilakukan untuk merancang sistem pemantauan kualitas air secara *on-line* yang dikendalikan dari jarak jauh untuk budidaya ikan di Cina menggunakan teknologi komunikasi nirkabel CDMA. Karena data yang terdeteksi dapat memberi perincian kondisi terkini kualitas air tempat budi daya ikan, dengan sistem ini memungkinkan untuk memonitoring kualitas air secara *real time*. Pemantauan kualitas air memainkan peran penting dalam manajemen pertanian ikan secara modern (Zhu, 2009).

Penelitian yang mengusulkan monitoring dan pengontrolan berbasis aturan *fuzzy* dengan kekuatan kontrol yang dapat disesuaikan untuk berbagai sistem dengan gangguan yang tidak pasti atau gangguan yang tidak terduga. Sistem tersebut memberikan input kontrol yang fleksibel berdasarkan dinamika kesalahan sistem, dan input tersebut memenuhi kondisi sinkronisasi yang stabil secara asimptotik. Dalam hal ini, turunan kesalahan selalu memiliki tanda-tanda yang berlawanan dengan keadaan kesalahan. Selanjutnya, sistem yang diusulkan menyesuaikan input kontrol dengan tepat melalui aturan *fuzzy if-then* yang dibangun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *fuzzy rule based* layak digunakan karena meningkatkan efektivitas sistem (Li dan Hernández, 2019).

Penelitian yang membahas prinsip kontrol sistem *variable air volume* (VAV) dan menganalisis proses kontrol tekanan statis, mengusulkan *rule-based fuzzy control method* (RBFCM) untuk reset tekanan statis menggunakan model Mamdani yang sudah dikembangkan dengan metode *functioning fuzzy subset inference* (FFSI). Hasil menunjukkan metode RBFCM yang diusulkan memiliki kontrol kinerja yang lebih baik dan potensi penghematan energi lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional, RBFCM yang diusulkan memiliki

pasokan tekanan udara yang lebih rendah, dan menghemat 14% dan 16% konsumsi listrik kipas masing-masing pada musim dingin dan musim panas. Selanjutnya, RBFCM yang diusulkan dengan domain optimal sebenarnya telah menghemat konsumsi suplai listrik kipas minimum 33%. Ini menunjukkan bahwa RBFCM yang diusulkan memiliki potensi penghematan energi yang luar biasa jika domain dapat ditentukan secara optimal (Li dkk., 2019). Sistem berbasis aturan *fuzzy* telah terbukti efektif dalam memantau efisiensi dan mendiagnosis kondisi dari kondisi yang tidak pasti. Menggunakan sistem berbasis aturan dengan logika *fuzzy* dapat mempercepat penanganan inferensi sehingga dapat meningkatkan efisiensi (Suryono dkk., 2019).

Real-time interactions memaksa untuk memproses data baru secara terus menerus. Namun demikian, sensor terus mengumpulkan data dalam jumlah besar dari lingkungan sekitar yang dipasangkan sensor dan biasanya dengan kecepatan data tinggi. Oleh karena itu, dalam skenario data yang sangat dinamis dan waktu nyata berubah sangat cepat dan data yang dipertukarkan dari IoT ke *cloud* mungkin tidak akurat karena latensi tinggi selama interaksi. *Fog computing* dianggap cocok untuk aplikasi yang membutuhkan *real time*, *latency* rendah, dan waktu respon yang tinggi (Awad dkk., 2019). Aplikasi IoT berbasis *fog network* terdiri dari satu atau beberapa *fog nodes* di tepi jaringan yang terhubung ke *cloud* dan jaringan perangkat IoT di bawahnya. *Fog nodes* bertanggung jawab atas permintaan routing untuk perangkat IoT dan mengumpulkan serta menggabungkan data dari perangkat tersebut. Data ini kemudian ditransmisikan ke *cloud*, yang menyediakan sumber daya (komputasi dan penyimpanan) untuk menyimpan dan menganalisis data yang dikumpulkan (Wen dkk., 2017).

Aplikasi IoT berbasis *fog network* terdiri dari satu atau beberapa *fog nodes* di tepi jaringan yang terhubung ke *cloud* dan jaringan perangkat IoT di bawahnya. *Fog nodes* bertanggung jawab atas permintaan routing untuk perangkat IoT dan mengumpulkan serta menggabungkan data dari perangkat tersebut. Data ini kemudian ditransmisikan ke *cloud*, yang menyediakan sumber daya (komputasi dan penyimpanan) untuk menyimpan dan menganalisis data yang dikumpulkan (Viejo dan Sánchez, 2019). Saat ini, ada sejumlah besar penelitian yang berfokus

pada komunikasi antar perangkat yang berbeda atau antar *fog nodes*, menjaga keamanan dan privasi data yang disimpan dan yang dipertukarkan, mengurangi ukuran data yang dikirim, atau dimana dan bagaimana informasi harus diproses untuk memenuhi daya tanggap yang diperlukan oleh aplikasi IoT (Bellavista dkk., 2019).

Penelitian yang mengusulkan skema identifikasi dan resolusi wajah berbasis jaringan *fog*, di mana node kabut hanya mentransmisikan pengidentifikasi wajah ke *cloud*. Dibandingkan dengan skema berbasis jaringan *cloud* yang perlu mentransmisikan gambar wajah mentah ke *cloud*, *fog computing* dapat secara efektif mengurangi jumlah transmisi jaringan dan menghemat bandwidth. Penerapan model jaringan *fog* ke bidang identifikasi wajah telah dilakukan dan menunjukkan bahwa waktu respons sistem jauh lebih baik dibandingkan dengan jaringan *cloud*. Selain itu, dalam beberapa skenario aplikasi, pengambilan keputusan direalisasikan secara lokal di *fog nodes*. Dengan cara ini, model jaringan *fog* menghemat bandwidth secara efektif. Keuntungan ini akan menjadi semakin signifikan seiring dengan meningkatnya jumlah data di era *big data* saat ini (Hu dkk., 2017).

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Fuzzy rule base

Fuzzy rule base yaitu *fuzzy statement* yang berbentuk pernyataan IF-THEN. Dalam *fuzzy* terdapat proses *fuzzifikasi* yaitu proses mengubah *input numeric* menjadi *fuzzy input*. Proses berikutnya dalam *fuzzy* yaitu membuat aturan (*rule base*). Aturan ini terdiri dari sekumpulan aturan berbasis logika *fuzzy* yang menyatakan kondisi. Proses penyusunan *rule based* atau aturan berpengaruh pada presisi model, karena akan menentukan pada tahap pengambilan keputusan yang didasarkan rancangan dari *rule base*. Aturan jika-maka (*If-then rule*) yang digabungkan dengan logika operasi OR dan atau AND (Elkano dkk., 2018).

Di antara sistem pendukung keputusan ini, sistem berbasis aturan telah menjadi salah satu pendekatan yang paling berguna untuk memodelkan dan menganalisis masalah keputusan menggunakan berbagai jenis pengetahuan.

Sistem berbasis aturan tradisional biasanya mengadopsi aturan IF-THEN sederhana untuk mewakili pengetahuan, dalam bentuk “JIKA bukan Y, maka pasti X”. Aturan tersebut berarti bahwa “X” diyakini benar dengan probabilitas 100% jika bukan “Y” (Yang dkk., 2018).

Dalam kombinasi Fuzzy Logic dengan *rule based systems* atau disebut *Fuzzy rule based System* memungkinkan penggunaan aturan linguistik untuk menilai hubungan antara keluaran dengan parameter masukan dari sistem yang dibangun. Salah satu formula untuk merepresentasikannya dalam sistem berbasis aturan fuzzy adalah dengan menggunakan:

$$\text{IF premise THEN conclusion} \quad (1)$$

Formula IF-THEN disebut sebagai formula berbasis aturan yang jika menggunakan aturan *fuzzy*, maka aturan tersebut dapat ditulis sebagai:

$$\text{IF X is A THEN Y is B} \quad (2)$$

Di mana “A” dan “B” yaitu *set fuzzy*. Pada contoh di atas premisnya yaitu "X is A" dan kesimpulan yaitu "Y is B".

Derajat keanggotaan yaitu kurva yang menunjukkan pemetaan titik masukan data ke dalam nilai keanggotaan (fungsi keanggotaan) yang mempunyai interval jarak antara 0 sampai dengan 1. Fungsi keanggotaan fuzzy memiliki beberapa jenis, salah satunya adalah representasi kurva segitiga.

$$\mu_{[x,a,b]} = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ or } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (3)$$

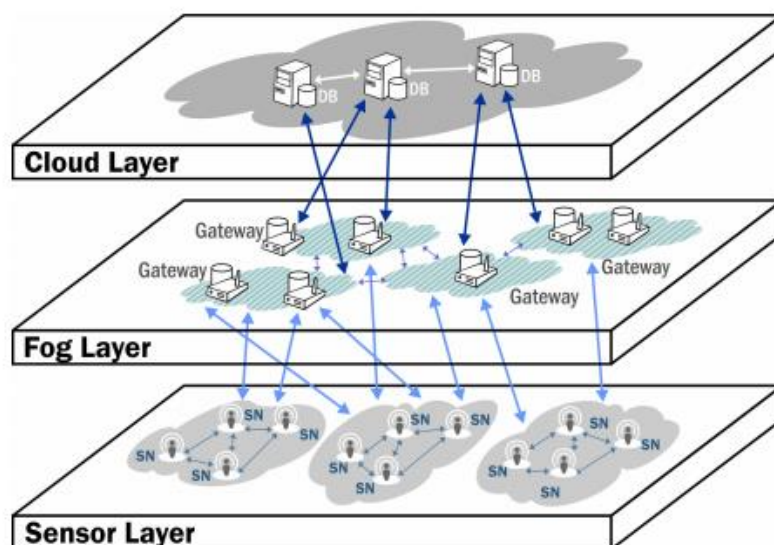
Variabel a merupakan nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan nol, variabel b merupakan nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan satu, variabel c merupakan nilai domain terbesar yang memiliki

derajat keanggotaan nol dan variabel x merupakan nilai input yang dikonversi menjadi nilai *fuzzy*.

Sistem berbasis aturan juga dikenal sebagai sistem pakar adalah sebuah konstruksi kecerdasan buatan yang umumnya menggunakan model *fuzzy*. Sistem berbasis aturan menggunakan aturan sebagai cara merepresentasikan pengetahuan untuk digunakan dalam sistem. Definisi sistem berbasis aturan hampir seluruhnya sama pada sistem pakar, yang merupakan sistem yang meniru penalaran ahli dalam memecahkan masalah (Grosan & Abraham, 2015).

2.2.2. Jaringan *Fog*

Jaringan *fog* merupakan layanan yang menyediakan layanan komputasi, penyimpanan, dan jaringan diantara node akhir pada *internet of things* (IoT) dan *traditional cloud* (Bonomi dkk., 2017). Berbeda dengan *cloud*, yang lebih tersentralisasi, jaringan *fog* menargetkan layanan dan aplikasi dengan penyebaran didistribusikan secara luas. Jaringan *fog* bertujuan untuk memberikan streaming dengan kualitas yang tinggi ke node seluler, seperti kendaraan yang bergerak, melalui *proxy* dan titik akses yang diposisikan sesuai dengan kebutuhan seperti di sepanjang jalur jalan raya (Ahmad dkk., 2016). Arsitektur Jaringan *fog* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 1 Arsitektur jaringan *fog*.

Arsitektur Jaringan *fog* terdiri dari tiga lapisan berikut:

- a. Lapisan terminal: Ini adalah lapisan yang paling dekat dengan pengguna akhir dan lingkungan fisik. Lapisan terdiri dari berbagai perangkat IoT, misalnya, sensor, ponsel, dan sebagainya. Sensor digunakan sebagai perangkat penginderaan yang cerdas, perangkat ini diletakan pada tempat yang strategis, sensor berperan untuk merasakan data dari objek atau peristiwa fisik dari objek dan mengirimkan data tersebut ke lapisan di atasnya untuk diproses dan disimpan.
- b. Lapisan kabut: Lapisan ini terletak di tepi jaringan. Lapisan *fog* terdiri dari sejumlah besar *fog nodes*, yang umumnya berupa *routers*, *gateways*, *switchers*, *access points*, *base stations* dll. *Fog nodes* ini didistribusikan umumnya antara perangkat akhir dan *cloud*, misalnya, kafe, pusat perbelanjaan, terminal bus, jalan-jalan, taman dll. *Fog nodes* bisa statis di lokasi yang tetap, atau bergerak pada pembawa yang bergerak. Perangkat akhir dapat dengan mudah terhubung dengan *fog nodes* untuk mendapatkan layanan. *Fog nodes* memiliki kemampuan untuk menghitung, mengirim dan menyimpan sementara data yang diterima dari sensor.
- c. Lapisan awan: lapisan *cloud computing* terdiri dari beberapa server dan perangkat penyimpanan berperforma tinggi, dan menyediakan berbagai layanan aplikasi, seperti rumah pintar, transportasi pintar, pabrik pintar, dll. *Cloud computing* memiliki kemampuan komputasi dan penyimpanan yang kuat untuk mendukung analisis perhitungan yang besar dan menyimpan sejumlah besar data secara permanen (Misra dan Sarkar, 2016).

Karakteristik dari Jaringan *fog* meliputi sebagai berikut:

- a. *Latency* rendah and interaksi *real-time*: *fog nodes* di tepi jaringan secara lokal memperoleh data yang dihasilkan oleh sensor kemudian memproses dan menyimpan data di *local area network*. Hal ini secara signifikan mengurangi pergerakan data di Internet dan menyediakan layanan yang cepat berkualitas

tinggi. Oleh karena itu, ini memungkinkan latensi rendah dan memenuhi permintaan interaksi *real-time*, terutama untuk aplikasi yang sensitif terhadap latensi atau waktu.

- b. Menghemat *bandwidth*: jaringan *fog* memperluas kemampuan komputasi dan penyimpanan ke tepi jaringan untuk melakukan pemrosesan dan penyimpanan data. Beberapa tugas perhitungan, misalnya, preprocessing data, penghapusan redundansi, pembersihan dan penyaringan data informasi yang berharga, dilakukan secara lokal pada jaringan *fog*. Hanya sebagian dari data yang berguna yang dikirimkan ke *cloud*, juga sebagian besar data tidak perlu dikirim melalui Internet (Hudak, 2017).
- c. *Support for mobility*: Dalam skenario jaringan *fog*, ada berbagai perangkat seluler (mis, Ponsel pintar, kendaraan, dan jam tangan pintar) sehingga mobilitas pada lapisan terminal sering terjadi, sementara ada juga beberapa yang tetap statis, seperti kamera lalu lintas. Demikian pula, *fog nodes* pada *fog layer* juga bisa menjadi platform yang bersifat *mobile* atau statis. Misal dapat digunakan di bandara dan kedai kopi, atau pada kendaraan bergerak seperti kereta api (Luan dkk., 2015).

2.2.3. Kualitas air

Kualitas air mengacu pada karakteristik kimia, fisik, biologis dan radiologis air. Hal tersebut adalah ukuran kondisi air terhadap persyaratan satu atau lebih spesies biotik dan atau untuk tujuan memenuhi kebutuhan manusia. Hal tersebut yang paling sering digunakan sebagai standar paling umum untuk menilai kualitas air. Parameter umum pengukuran kualitas air adalah oksigen terlarut (DO), permintaan oksigen kimia (COD), permintaan oksigen biokimia (BOD), pH, suhu, kekeruhan, konduktivitas listrik (EC), total amonia nitrogen (TAN), dan ketinggian air (Li dan Liu, 2019).

Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan beberapa macam permasalahan, di antaranya adalah: rendahnya oksigen terlarut dapat mempengaruhi pernafasan, kejenuhan pada gas terlarut dapat menyebabkan penyakit gelembung gas, menimbulkan parasit ikan yang menyebabkan penyakit, air yang keruh menyebabkan cahaya yang buruk yang akhirnya menghasilkan proses fotosintesis dan produksi oksigen yang rendah sehingga dapat mempengaruhi ikan secara langsung yaitu menyumbat insang dan merusak jarak pandang, suhu yang berfluktuasi mempengaruhi konversi makanan, produksi oksigen maupun produksi amonia beracun, karbon dioksida yang sangat larut dapat mengganggu pernafasan, dan amonia tak terionisasi di atas nilai optimal dapat mempengaruhi kerentanan ikan terhadap penyakit tidak menular (Ngueku, 2014).

a) Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut dihirup oleh ikan dan zooplankton dan diperlukan untuk kelangsungan hidup mereka. Fluktuasi oksigen terlarut adalah peristiwa yang biasanya dapat terjadi dalam sistem akuakultur. DO dianggap sebagai parameter kualitas yang paling kritis, karena ikan dalam konsentrasi oksigen terlarut rendah lebih rentan terhadap penyakit.

Jika dalam suatu kolam memiliki DO yang melebihi konsentrasi DO pada umumnya, maka hal tersebut dapat menyebabkan kejenuhan pada ikan dan dapat berakibat kematian terutama bagi ikan yang sedang dalam pemeliharaan bibit di kolam pembibitan. Sedangkan air yang kekurangan DO juga dapat membuat ikan-ikan yang ada mati. Untuk itu, hal-hal yang perlu dilakukan jika kadar DO tidak memenuhi syarat umum adalah dengan menghindari penggunaan pupuk yang berlebihan, mengontrol tanaman air dan pengelolaan biomassa fitoplankton, menggunakan aerator pada kolam, menghindari jumlah ikan yang terlalu banyak, memberikan air panas yang dialirkan lewat pipa secara perlahan jika konsentrasi DO terlalu tinggi. Tanda-tanda bagi ikan yang kekurangan DO dapat dilihat dari ikan yang berenang di bagian permukaan air dengan gerakan berenang yang lambat dan melemah (Bhatnagar, 2013).

b) Suhu

Suhu adalah kuantitas fisik yang mengekspresikan persepsi subyektif antara panas dan dingin. Suhu diukur dengan termometer, secara historis dikalibrasi dalam berbagai skala suhu dan satuan pengukuran. Pengukuran yang paling umum digunakan adalah skala Celsius, dilambangkan dalam °C (*Celcius*), °F (*Fahrenheit*) dan skala Kelvin. Suhu penting dalam akuakultur karena yang memengaruhi respirasi hewan dan tumbuhan di dalam air dan kemudian lebih lanjut mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan hewan maupun tanaman dalam akuakultur.

Suhu yang kurang atau melebihi optimal suhu, maka dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan dan juga kematian dapat terjadi jika terpapar pada suhu yang ekstrem (Devi, 2017). Suhu yang tinggi juga dapat meningkatkan laju aktivitas biokimia mikro biota, laju pernapasan tanaman, dan juga dapat meningkatkan kebutuhan oksigen. Selain itu, dapat pula menyebabkan penurunan kelarutan oksigen dan meningkatkan kadar amonia dalam air. Untuk mengatasi berbagai macam persoalan dari suhu air ini, maka dapat dilakukan penggantian air, penanaman pohon atau membuat naungan buatan selama musim panas untuk mengurasi suhu yang naik, selain itu penggunaan aerator dapat mencegah terjadinya es pada suhu yang dingin (Bhatnagar, 2013).

c) pH (Potensial hidrogen)

Potensial hidrogen adalah ukuran konsentrasi ion hidrogen dari larutan. Pengukuran pH akan mengungkapkan jika larutan bersifat asam atau basa. Jika larutan tersebut memiliki jumlah molekul asam dan basa yang sama, pH dianggap netral. Skala pH bersifat logaritmik dan ada dalam kisaran 0,0 sampai 14,0. pH 7,0 dianggap netral, sementara kurang dari 7,0 mengindikasikan bahwa larutan bersifat asam, sementara lebih besar dari 7,0 menunjukkan larutan bersifat basa. Beberapa zat yang ekstrim bisa mencetak lebih rendah dari 0 atau lebih besar dari 14, tetapi kebanyakan jatuh dalam skala ini. Para penggemar akuakultur sangat bergantung pada pengukuran pH yang tepat, karena terkait untuk menjaga ikan tetap sehat (Li dan Liu, 2019). Selama siang hari, alga dan tanaman air

menghilangkan karbon dioksida dari proses fotosintesis dan dengan itu pH akan meningkat. Namun ketika malam hari, pH akan menurun karena pada malam hari terjadi proses respirasi pada ikan, tanaman maupun organisme air lainnya. Untuk mengatasi perubahan pada pH tersebut, maka dapat meningkatkan konsentrasi alkalin pada air (Stone, 2013). Selain itu, penambahan gipsum atau pupuk organik yang berasal dari hewan atau semacamnya dapat meningkatkan konsentrasi pH, sedangkan untuk menurunkannya maka dapat menggunakan kapur (Bhatnagar, 2013).