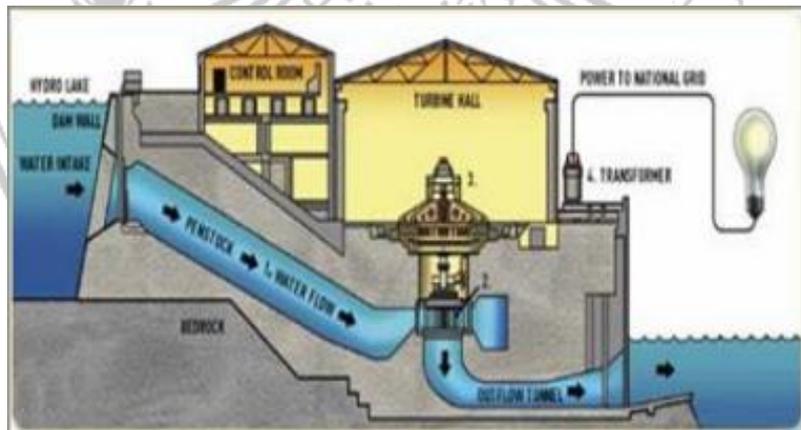


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 PLTMH (Pembangkit Listrik Mikro Hidro)

Air ialah komponen utama pada PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) yang berfungsi menggerakkan turbin dan generator. Pembangkit listrik tenaga mikro hidro, dengan kisaran daya yang berpotensi hasilkan mulai dari 5 kilowatt sampai 50 kilowatt. Pada PLTMH, tahap perubahan energi kinetik ke dalam bentuk (kecepatan dan tekanan air) dipakai guna memutar turbin air dan generator oleh sebab itu menghasilkan energi listrik. Secara teknis pembangkit listrik tenaga air skala kecil mencakup tiga elemen pokok yakni untuk sumber energi utamanya itu air, turbin, dan generator. Sirkulasi air dengan kekuatan tertentu disuplai pada puncak tertentu lewat pipa cepat yang mengarah ruang kontrol listrik (pembangkit listrik). Pada ruang kontrol listrik, air akan berdampak pada turbin oleh karena itu menimbulkan energi mekanik meliputi putaran poros turbin. Berputarnya poros turbin menyebabkan generator berputar juga, dengan begitu dapat menghasilkan energi listrik. Diagramnya merujuk pada gambar 2.1 berikut [1].



Gambar 2. 1 Skema PLTMH

Untuk bisa mendapatkan debit air ( $Q$ ) dan ketinggian air terjun ( $H$ ) maka perlu melakukan membendung aliran sungai, setelah itu air yang terkumpul dialirkan lewat kanal melaju ke bak air. Kolam yang menenangkan dikaitkan dengan pipa air cepat dan di bagian bawahnya terpasangkan turbin air. Adanya tekanan udara ( $P$ ) hasilnya turbin air dapat berputar, dan putaran

turbin tersebut dimanfaatkan untuk memutar generator. Pasca mendapatkan putaran terus menerus, generator nantinya menimbulkan tegangan ini akan dialirkan ke konsumen mengalir dengan perantara kabel distribusi (JTM atau JTR). Penentuan intensitas dan ketinggian debit pada PLTMH sangat penting dalam menghitung energi potensial listrik. Aliran variabel “dinyatakan” sebagai jumlah rata-rata bulan kering per bulan. Ini berarti mencari daerah yang bulan keringnya sedikit atau tidak ada sama sekali. Sama seperti mengukur aliran udara sungai (Q), pada dasarnya ada banyak metode untuk mengukur aliran udara. Untuk sistem konversi energi atmosfer skala besar, perhitungan aliran mampu memakan waktu sepanjang dekade. Dalam kasus sistem konversi tenaga air skala kecil, periode perhitungan mungkin lebih singkat, contohnya hanya untuk siklus cuaca yang beragam. (WIBAWA, U.2006). Derajat kemiringan digambarkan dengan indikator diagram kemiringan: bertambah curam suatu daerah, potensi semakin besar ketinggian jatuh yang mencapai standar untuk PLTMH. Gambar 2.2 di bawah ini merupakan pengukuran ketinggian pembangkit listrik tenaga mikro hidro [8].



Gambar 2. 2 Pengukuran Tinggi PLTMH

Perbedaan pembangkit listrik tenaga air dengan pembangkit listrik tenaga air kecil terletak di daya pendorong turbin. Pembangkit listrik tenaga air menerapkan lebih banyak sumber daya dibandingkan pembangkit listrik tenaga air skala kecil.

Perkiraan potensi yang mampu dibangkitkan PLTMH dapat dihitung menerapkan rumus seperti dibawah ini:

$$P = 9,8 \times H \times Q \times \eta_{\text{turbin}} \times \eta_{\text{generator}} \quad (2.1)$$

Dimana

$H$  adalah ketinggian dari ujung jatuhnya air (m)

$Q$  adalah debit air ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

## 2.2 Turbin Air

Turbin hidrolik mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik dikonversi oleh generator menjadi energi listrik. Sesuai dasar pengoperasian turbin, turbin mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik. Aliran air yang memiliki energi potensial bakal diproyeksikan ke sudu-sudu turbin lewat nosel. Perputaran sudu-sudu akan mengakibatkan poros turbin bergerak dan setelah itu putaran poros turbin akan dilanjutkan ke generator untuk dikonversi menjadi tenaga listrik [3].

## 2.3 Generator

Generator adalah suatu mesin listrik berputar yang fungsinya mengubah daya putaran (mekanik) menjadi daya listrik yang mengalir. Tekanan air yang menggerakkan turbin menciptakan energi rotasi dengan menghubungkan turbin ke bagian rotor. Selanjutnya berlangsung proses elektromagnetik antara stator dan poros rotor. Pembangkitan Energi Listrik Motor AC jenis ini disebut motor sinkron karena rotor-rotornya berputar bersama-sama [3].

Berikutnya untuk model matematika generator yang berikutnya hendak diimplementasikan pada pengamatan ini, hendak dipaparkan melalui persamaan berikut:

$$G_P(s) = \frac{\Delta F(s)}{\Delta P_G(s) - \Delta P_L(s)} = \frac{K_g}{T_g s + 1} \quad (2.2)$$

$$\text{Dengan, } K_g = \frac{1}{D} = 1 / \frac{\partial P_L}{\partial F} \quad (2.3)$$

$$T_g = \frac{2H}{f^2 D} \quad (2.4)$$

Dimana :  $\Delta P_L = \text{Step function load disturbance}$

$K_g = \text{Generator gain constant}$

$T_g = \text{Generator time constant}$

$H = \text{inertia constant}$

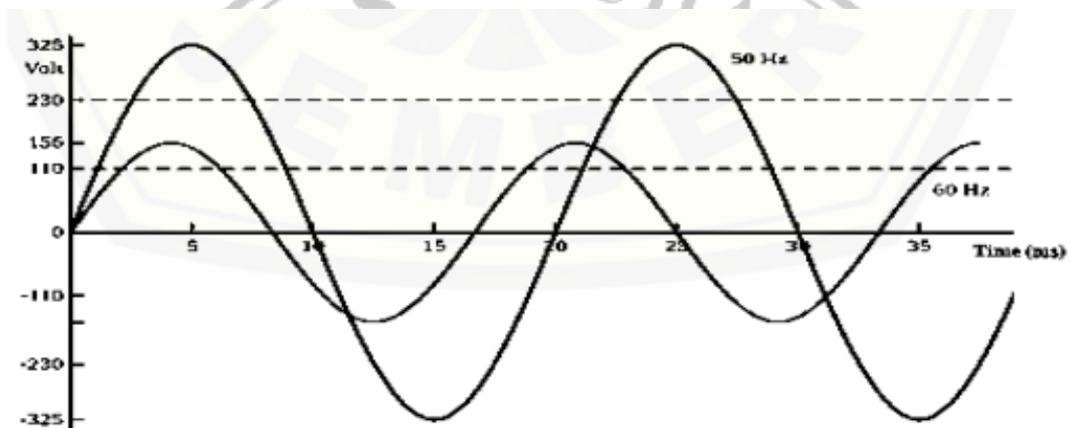
$f = \text{Frekuensi (Hz)}$

## 2.4 Motor Servo

Motor servo dikenal sebagai elemen utama yang berperan menjadi aktuator atau pemacu guide vane. mengontrol aliran air yang masuk ke turbin sehingga nantinya beban bisa disesuaikan dengan perubahan beban yang terjadi.

## 2.5 Kestabilan Frekuensi

Frekuensi sesungguhnya adalah keandalan tegangan yang dihasilkan oleh generator. Badan yang memajemen kualitas terkait dengan kestabilan tegangan (tegangan nyata +5%, - 10% dan batas deviasi frekuensi (1%) yakni PLN.



Gambar 2. 3 Frekuensi Listrik pada frekuensi 50 Hz dan 60 Hz

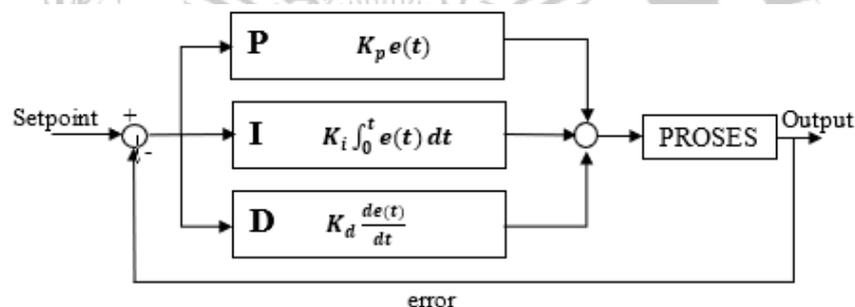
Nilai frekuensi yang disebut adalah 50Hz yang berarti tegangan yang dihasilkan oleh generator yang besarnya dipengaruhi oleh waktu dan nilainya berubah-ubah secara terus menerus. Artinya, nilainya berubah hingga 50 siklus per detik. Frekuensi yang digunakan dalam Frekuensi. Generator sistem PLTMH kompatibel dengan frekuensi yang digunakan pada sistem atau peralatan kelistrikan Indonesia ( $\pm 50\text{Hz}$ ). Sebab, produsen genset dan turbin tentu mempunyai keterbatasan. Dan tentu saja, mendefinisikan dan menciptakan prinsip-prinsip 50 Hz dan 60 Hz memerlukan banyak percobaan dan kesalahan, dengan mempertimbangkan secara spesifik masing-masing prinsip, tetapi dari sudut pandang ini, hal ini jelas merupakan kesuksesan besar. Memberikan keamanan dan efektivitas proses dengan harga terjangkau. Setelah standarisasi, 50 Hz untuk eropa dan 60 Hz untuk amerika serikat. Semua peralatan listrik harus dirancang dengan mempertimbangkan aturan-aturan tersebut [2].

Kecepatan putaran generator sangat berdampak pada frekuensi dan tegangan yang dihasilkan oleh generator. Pada saat yang sama, kecepatan generator dipengaruhi oleh tegangan sumber listrik. Tegangan listrik juga dipengaruhi oleh beban listrik. Pada malam hari (setelah jam 11 malam), 90% rumah tangga tidak mendapatkan aliran listrik, sehingga menyebabkan sedikit penurunan pembangkit listrik tenaga air. Hal ini membuat roda berputar lebih cepat. Oleh karena itu, nilai frekuensinya meningkat. Selain itu, jika frekuensinya terlalu tinggi dapat merusak produk elektronik yang digunakan di rumah [6].

## 2.6 Kendali PID

PID (Proportional Integral Derivative) merupakan suatu teknik kendali seringkali dipakai dalam rekayasa kendali, dimana kendali PID mencakup tiga jenis kendali gabungan diantaranya (Proportional, Integral dan Derivative) dimana parameter tersebut mampu menilai kualitas umpan balik dari kendali tersebut.

Kendali PID dapat beroperasi dengan sistem umpan balik untuk memperbaiki kesalahan antara nilai kesalahan pengukuran dan nilai deviasi. Secara umum sistem



Gambar 2. 4 Diagram Blok Kendali PID

kendali PID bisa dipakai secara bersama-sama maupun terpisah oleh sebab itu masing-masing kendali mempunyai keunggulan tersendiri antara lain kendali proporsional yang dapat mempercepat waktu naik, kendali integral yang dapat mereduksi Error dan kendali diferensial yang dapat mengurangi overshoot maupun undershoot [10].

## 2.7 Kendali Fuzzy

Seiring berkembangnya teknologi, metode tradisional yang menggunakan rumus numerik tidak lagi diperlukan untuk mencapai hasil yang diinginkan dalam sistem saat ini. Namun kecerdasan manusia juga dapat digunakan untuk mengendalikan sesuatu dalam bentuk beberapa aturan, seperti aturan “jika – maka”.

Proses pengendaliannya menggunakan pendekatan vertikal. Sistem kendali sering diimplementasikan sebagai pengontrol logika fuzzy. Sistem yang tidak memerlukan variabel dalam sistem proses terkendali telah ditingkatkan dalam bidang rekayasa kendali sistem nonlinier dan dinamis [11].

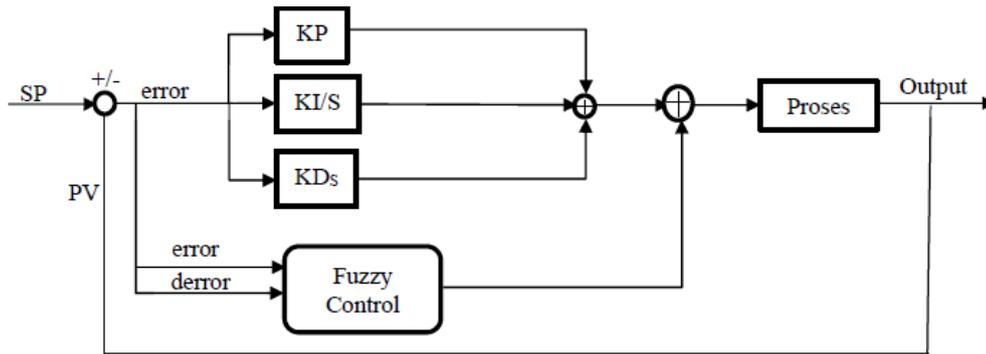


Gambar 2. 5 Diagram Blok Kendali Fuzzy

## 2.8 Pengendali Fuzzy PID

Beberapa faktor yang digunakan untuk mengontrol sistem kelistrikan yaitu sensitivitas, kecepatan respon, stabilitas, dan akurasi. Di pengujian yang membutuhkan struktur pengendalian dengan informasi hasil yang cepat dan akurat, penggunaan operasi pengendalian PID dapat dianggap tidak dapat diterima. Memang jika menggunakan operasi kontrol PID, hasilnya kurang ideal, karena jika regulator diatur ke level yang terlalu responsif, maka overshoot/undershoot berikutnya akan lebih lancar, sehingga dinamika berikutnya akan lebih tinggi, meskipun dengan asumsi regulator diatur ke tingkat yang kurang sensitif, akan terjadi kondisi overshoot/undershoot. Bagian bawah dapat dikurangi tetapi perlu waktu lebih lama, yang akan memunculkan permasalahan pada siklus modern. Untuk mengatasi masalah tersebut maka digunakan sistem kendali gabungan, khususnya pengontrol PID yang dipadukan dengan sistem kendali logika fuzzy. Dengan pengontrol PID selaku pengontrol pokok, sementara pengontrol logika fuzzy membantu pemulihan nilai overshoot/undershoot sekaligus mempercepat waktu pemulihan dan menstabilkan respons sistem akibat pembuatan pengontrol PID. kemudian diagram blok PID – Pengontrol Fuzzy ditampilkan seperti gambar di bawah ini [11].

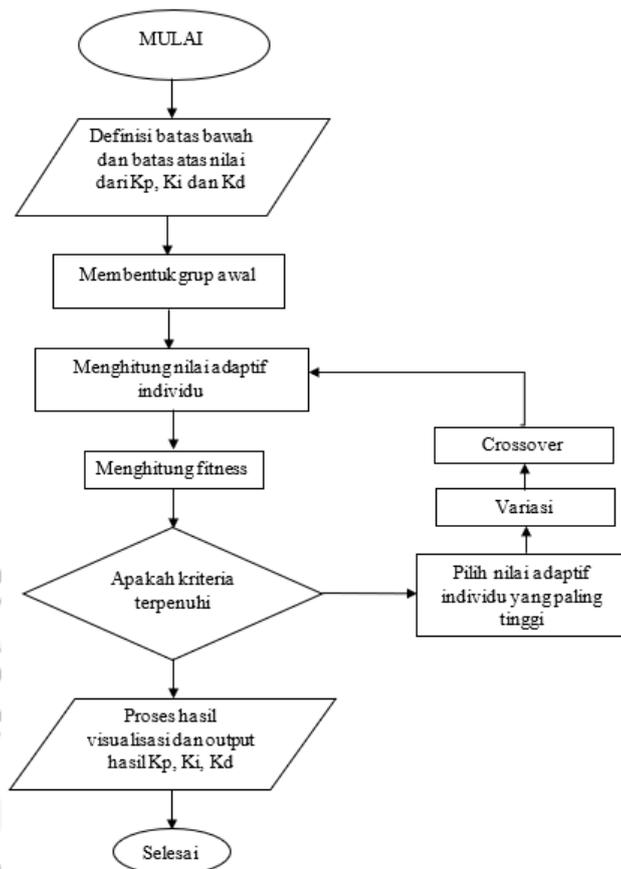
Dua input yang digunakan adalah error dan de\_error (delta error) dan outputnya adalah PID ( $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$ ).



Gambar 2. 6 Diagram Blok Pengendalian Fuzzy PID

## 2.9 Differential Evolution (DE)

Fase pemrosesan menggunakan algoritma cerdas untuk mengoptimalkan pemodelan yang dibuat pada fase sebelumnya. Penggunaan algoritma cerdas semakin berkembang, dan mempublikasikan pencapaian penting di bidang kecerdasan buatan, seperti metode algoritma logika fuzzy (Fahmizal Fahmizal, 2018) dan jaringan syaraf tiruan (Sucipto Sucipto, 2018). Teori algoritma evolusioner adalah bagian dari komputasi evolusioner. Algoritma evolusi awal melestarikan struktur populasi. Mereka berevolusi menurut aturan seleksi, mutasi, reuni dan kelangsungan hidup. Ini sering disebut operator genetika. Lingkungan umum diperlukan untuk mempertimbangkan kesehatan dan kinerja setiap individu dalam populasi. Individu yang paling cocok dengan lingkungan ini sering kali dipilih untuk dikawinkan atau dikawinkan sedarah. Rekombinasi dan mutasi mengubah individu tersebut menjadi individu yang lebih baik [13]

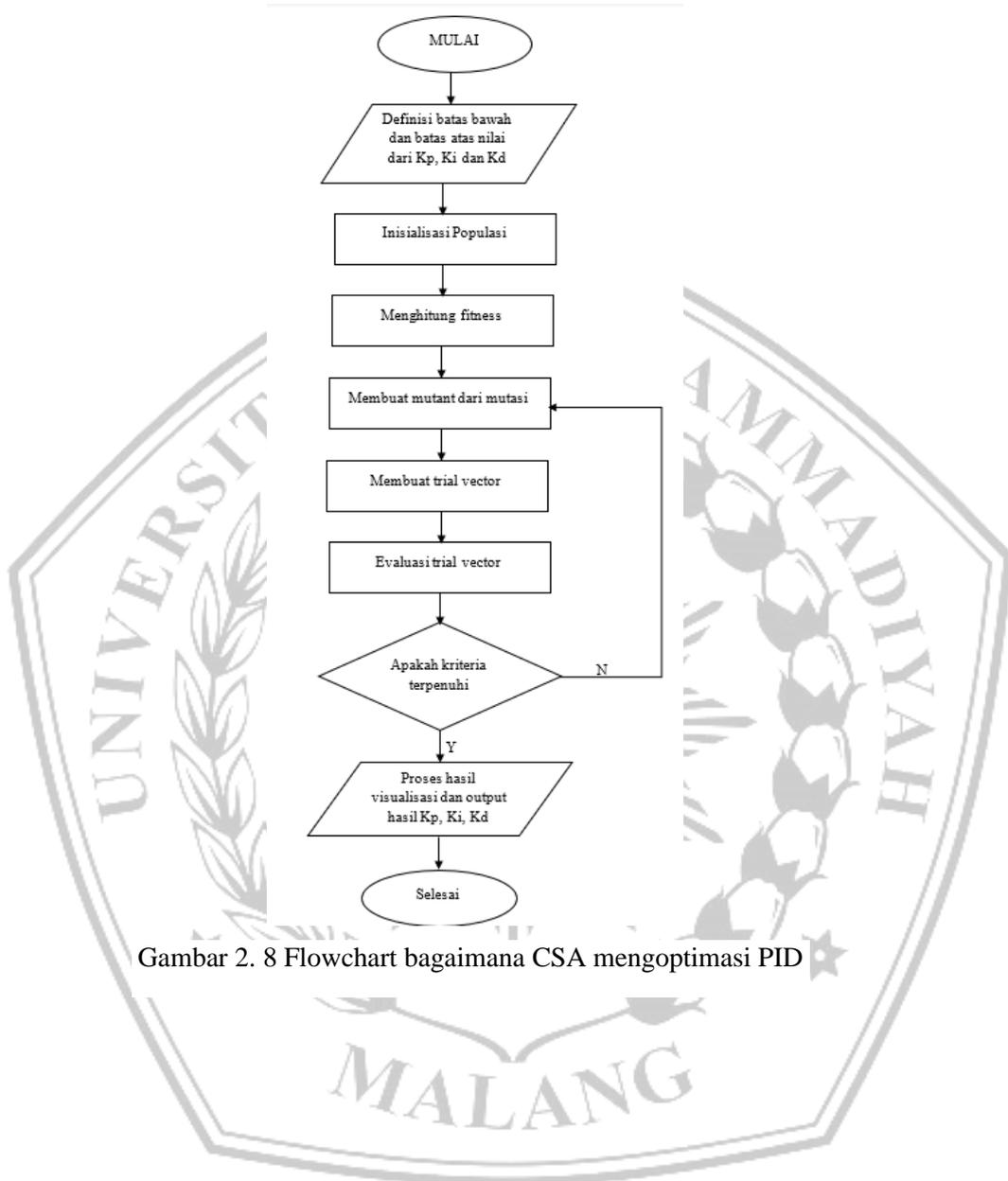


Gambar 2. 7 Flowchart bagaimana DE mengoptimasi PID

## 2.10 Cuckoo Search Algorithm (CSA)

Algoritma pencarian cuckoo (CSA) merupakan metode cerdas (kecerdasan buatan) dengan teknik optimasi dengan melakukan simulasi perkembangbiakan cuckoo dengan berbagai cara yang beragam dan unik. Di antara sekian banyak jenis burung cuckoo, 59 diantaranya diketahui merupakan burung cuckoo parasit, yaitu menggunakan sarang burung yang spesiesnya tak sama untuk menetas telurnya. Justru sesekali burung cuckoo bertelur di sarang burung cuckoo lainnya. Beberapa jenis burung cuckoo membuang telur induk aslinya ke dalam sarang untuk meningkatkan peluang menetas. Mungkin akan berkonflik antara burung inang dan burung cuckoo ketika burung cuckoo bertelur, maka burung inang menyingkirkan telur burung inangnya atau bahkan keluar dari sarangnya dan membangun sarang yang teranyar. Tingkah laku parasit lainnya ialah ketika burung cuckoo berkembang, telurnya sering kali

berkembang lebih dulu dibandingkan telur burung inangnya. Telur yang belum berkembang dieliminasi dari sarangnya supaya burung cuckoo yang masih muda mendapat lebih banyak makanan [14].



Gambar 2. 8 Flowchart bagaimana CSA mengoptimasi PID