

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Frekuensi pada jaringan transmisi PT PLN (Persero) merupakan parameter penting dalam menilai kualitas sistem tenaga listrik karena berfungsi sebagai indikator kesehatan sistem serta sebagai margin pemulihan kestabilan transien. Penyimpangan frekuensi menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara daya pembangkitan dan beban, yang apabila tidak dikendalikan dengan baik dapat menyebabkan gangguan stabilitas bahkan pemadaman sistem secara luas. Oleh karena itu, pengendalian frekuensi dilakukan secara ketat oleh operator sistem baik pada kondisi operasi normal maupun kondisi gangguan.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 20 Tahun 2020 tentang Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (Grid Code), khususnya pada klausul CC 4.4.2.9 mengenai Automatic Generation Control (AGC), seluruh pusat pembangkit dengan kapasitas terpasang lebih dari 5 MW diwajibkan untuk dilengkapi dengan sistem AGC. Ketentuan ini berlaku pula bagi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) sebagai bagian dari sistem interkoneksi tenaga listrik nasional. Dengan diterapkannya ketentuan tersebut, PLTP dituntut untuk mampu berpartisipasi aktif dalam pengaturan frekuensi sistem secara otomatis. [1]

Automatic Generation Control (AGC) merupakan sistem pengendalian sekunder yang berfungsi mengatur perubahan daya keluaran generator secara otomatis untuk menjaga kestabilan frekuensi jaringan. Berbeda dengan mode pengoperasian konvensional pada PLTP yang menggunakan power control mode,

di mana perubahan beban dilakukan secara manual oleh operator Central Control Room dengan mempertimbangkan kondisi parameter proses dari sisi hulu hingga hilir, pengoperasian AGC dilakukan secara otomatis berdasarkan perintah sistem kendali jaringan. Pada mode konvensional, apabila terdeteksi kondisi abnormal pada parameter pembangkitan, operator dapat menyesuaikan laju perubahan beban untuk menghindari gangguan operasi yang dapat menyebabkan unit trip. Namun, pada pengoperasian AGC, perubahan beban dapat terjadi lebih cepat dan tidak secara langsung dikendalikan oleh operator. [2]

Karakteristik sistem panas bumi, khususnya pada reservoir yang didominasi cairan (*liquid-dominated*), menyebabkan penerapan AGC memiliki tantangan tersendiri. Perubahan daya keluaran turbin yang cepat akibat respons governor dapat menimbulkan efek tekanan balik (*backpressure*) pada sistem produksi uap. Tekanan balik tersebut dapat memengaruhi tekanan separator dan selanjutnya berdampak pada kinerja sumur produksi. Apabila pengaturan parameter kendali AGC tidak sesuai, kondisi ini berpotensi menurunkan stabilitas operasi pembangkit, mengganggu sistem produksi panas bumi, serta memengaruhi keberlanjutan operasi sumur.

Oleh karena itu, penerapan sistem AGC pada PLTP memerlukan pengaturan parameter kendali yang tepat agar perubahan beban dapat direspons dengan aman oleh sistem pembangkitan maupun sistem produksi panas bumi. Beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan meliputi *ramp rate up*, *ramp rate down*, serta batasan nilai *high limit* dan *low limit* keluaran daya pembangkit. Pengaturan parameter tersebut diharapkan mampu menghasilkan respons perubahan beban yang mendekati karakteristik pengoperasian manual (*power control mode*), namun

tetap memenuhi tuntutan regulasi *grid code* dalam menjaga kestabilan frekuensi sistem. [3]

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu penelitian untuk menganalisis dampak penerapan Automatic Generation Control terhadap sistem pembangkit listrik tenaga panas bumi serta menentukan nilai pengaturan parameter kendali yang sesuai. Penelitian ini menjadi penting dan mendesak mengingat implementasi AGC bersifat wajib berdasarkan regulasi yang berlaku, sementara karakteristik PLTP memiliki perbedaan signifikan dibandingkan dengan pembangkit konvensional. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis dalam penerapan AGC pada PLTP agar kestabilan sistem tenaga listrik tetap terjaga tanpa mengganggu keandalan sistem produksi panas bumi.

1.2. Pengembangan Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian yang dijadikan referensi oleh peneliti:

Tabel 1. 1 Jurnal Penelitian Terdahulu

No	Judul, Author, Tahun	Tahun	Hasil penelitian	Pembaharuan
1.	Automatic Generation Control Strategies in Conventional and Modern Power Systems: A Comprehensive Overview, A. Ullah, 2021	2021	Penelitian ini mengkaji berbagai strategi pengendalian AGC berbasis optimisasi dan kontrol adaptif untuk meningkatkan stabilitas frekuensi dan	Penelitian ini mengembangkan kajian AGC dengan pendekatan terintegrasi pada PLTP, termasuk analisis waktu

			mempercepat respons sistem terhadap perubahan beban pada sistem tenaga terintegrasi..	respon sistem uap (± 289 detik), batas perubahan daya dari sisi tekanan kepala sumur ($\pm 0,5$ MW), serta penentuan ramp rate operasional 0,167 MW/menit berbasis karakteristik reservoir dua fasa.
2	Implementasi Kontrol Frekuensi Sistem Menggunakan Metode Automatic Generation Control (AGC) pada PLTA Saguling, H. A. Mahendra, 2025	2025	Menunjukkan bahwa implementasi AGC pada PLTA mampu menjaga stabilitas frekuensi dan mengikuti perubahan setpoint secara	Penelitian ini tidak hanya mengevaluasi respons kontrol, tetapi juga menganalisis keterbatasan fisik sistem produksi panas

			responsif tanpa overshoot signifikan.	bumi, termasuk batas tekanan kepala sumur dan rentang perubahan daya aman ($\pm 0,5$ MW), yang tidak terdapat pada pembangkit hidro.
3.	Pengaruh Sistem Pengaplikasian Automatic Generation Control (AGC) Terhadap Sistem Kelistrikan, Samurizal, Nur Afandi, A., Land Sitanggan, M. 2025.	2025	Menganalisis dampak penerapan AGC terhadap kestabilan frekuensi sistem interkoneksi dan menunjukkan peningkatan performa regulasi daya aktif. [4]	Penelitian ini mengkaji implementasi AGC pada level unit PLTP secara terintegrasi antara sistem kontrol dan dinamika produksi uap, termasuk analisis transport delay dan

				penyesuaian ramp rate operasional sebesar 0,167 MW/menit.
--	--	--	--	---

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik respons pembangkit listrik tenaga panas bumi terhadap perubahan beban pada saat dioperasikan menggunakan sistem Automatic Generation Control (AGC)?
2. Bagaimana pengaruh penerapan AGC terhadap sistem produksi panas bumi, khususnya tekanan separator dan kinerja sumur produksi?
3. Bagaimana pengaturan parameter AGC, meliputi ramp rate, high limit, dan low limit, yang sesuai untuk sistem pembangkit panas bumi agar perubahan beban dapat berlangsung stabil?

1.4. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis respons sistem pembangkit panas bumi terhadap perubahan beban pada penerapan Automatic Generation Control (AGC).
2. Mengevaluasi pengaruh penerapan AGC terhadap sistem produksi panas bumi, baik dari aspek mekanikal dan sistem geothermal.

3. Menentukan nilai pengaturan parameter AGC yang sesuai untuk sistem pembangkit panas bumi agar kestabilan operasi pembangkit dan sistem tenaga listrik dapat terjaga.

1.5. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada analisa penerapan Automatic Generation Control (AGC) pada sistem pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP).
2. Analisa mencakup pengaruh penerapan AGC terhadap respons perubahan beban pembangkit dan keterkaitannya dengan sistem produksi panas bumi.
3. Parameter yang dianalisis meliputi ramp rate up, ramp rate down, serta batas high limit dan low limit daya keluaran pembangkit.

1.6. Metode Penelitian

Penulisan penelitian ini menggunakan beberapa metode penelitian, yaitu:

1.7. Analisa Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis data operasional dan pengujian sistem. Data yang digunakan berupa data historis operasi pembangkit panas bumi yang diperoleh dari sistem monitoring dan Distributed Control System (DCS). Tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Mempelajari teori sistem tenaga listrik, konsep Automatic Generation Control (AGC), serta karakteristik sistem pembangkit panas bumi sebagai dasar analisis.

2. Pengumpulan data

Mengumpulkan data operasional pembangkit yang meliputi perubahan beban, tekanan separator, bukaan katup utama (main control valve), serta parameter pendukung lainnya yang relevan dengan penerapan AGC.

3. Analisa data

Melakukan pengolahan dan evaluasi data untuk mengetahui karakteristik respons sistem pembangkit terhadap penerapan AGC.

4. Evaluasi & Kesimpulan

Menentukan nilai parameter ramp rate, high limit, dan low limit yang sesuai berdasarkan hasil analisis agar perubahan beban dapat berlangsung stabil dan merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan memberikan rekomendasi terkait penerapan AGC pada sistem pembangkit panas bumi.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan hasil penelitian ini ialah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, pembaharuan penelitian, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori

Berisi landasan teori dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan Automatic Generation Control (AGC) dan sistem pembangkit panas bumi.

BAB III Metode Penelitian

Berisi uraian mengenai objek penelitian, sumber dan jenis data, tahapan penelitian, serta metode analisis yang digunakan.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini dibahas mengenai hasil analisis dan pembahasan penerapan AGC pada sistem pembangkit panas bumi.

BAB V Penutup

Bab ini berisi simpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian yang bisa dikembangkan dari penelitian ini.

