

Perancangan dan Simulasi Pengendalian *Governing Isochronous* pada PLTP Darajat

Ricky Rofi¹, Ignatius Riyadi Mardiyanto², Sri Utami³

¹ Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung
Email: ricky.rofi.tptl17@polban.ac.id

² Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung
Email: Ignatius.Mardiyanto@polban.ac.id

³ Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung
E-mail: sri.utami@polban.ac.id

ABSTRAK

Governor merupakan komponen pengatur aliran fluida dengan mengontrol throttle turbin uap sehingga putaran turbin dapat dipertahankan pada nilai 3000 rpm. Governor memiliki dua jenis kontrol yakni droop dan isochronous. Perbedaan keduanya adalah respon terhadap perubahan beban. Pada tugas akhir ini dilakukan simulasi dan perancangan kendali isochronous dengan mengacu pada peraturan Permen ESDM No.3 Tahun 2007 bahwa kontrol generator berjenis free governing system. Hasil simulasi didapatkan desain governor isochronous beberapa mode operasi. Yakni pertama mode simulasi start-up didapatkan nilai maximum overshoot sebesar 1,0018 pu, settling time (ts) berada pada nilai 1487 detik dan variabel proses stabil pada nilai 3003 rpm., ketika sistem dioperasikan mode droop stabil pada nilai 3153 rpm. Kedua mode simulasi sinkronisasi, nilai OS adalah 1,008 pu dan error keadaan tunak berada pada rentang 50,418 - 49,25 Hz, sedangkan ketika sistem dioperasikan dalam keadaan droop, rentang frekuensi 51,26 - 47,85 Hz. Ketiga, mode simulasi pembebanan didapatkan bahwa sistem mengalami rentang ayunan nilai 1,0003 - 0,9997 pu, sedangkan saat sistem dioperasikan secara droop sistem akan berosilasi di atas set pointnya yakni pada kisaran nilai 1,0009 - 1.0001 pu. Percobaan ini menunjukkan penggunaan kendali governor secara isochronous dengan kendali PID sangat disarankan jika dibandingkan dioperasikan secara droop.

Kata Kunci

Turbin Uap, Isochronous control, Droop control.

1. PENDAHULUAN

Merujuk buku rencana usaha penyediaan tenaga listrik tahun 2019-2028 (RUPTL) proyeksi rata-rata pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik Indonesia adalah sebesar 6,42%, Besarnya pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik ini akan berpengaruh terhadap penambahan beban dan frekuensi sistem transmisi. Oleh karena itu, sistem pengendali pada sistem pembangkit tersebut harus mengatur kembali parameter pengendalinya guna mempertahankan kestabilan sistem. Salah satu komponen kendali frekuensi pada sistem pembangkit thermal adalah adanya *governing control system*.

Governor adalah alat yang digunakan untuk mengatur aliran fluida dengan mengendalikan bukaan katup pada sebuah sistem proses sebelum menuju ke turbin uap, agar kecepatan putaran turbin dapat tetap dijaga pada nilai *set-point* yang dikehendaki (3000 rpm), pengaruh kecepatan ini akan berdampak langsung terhadap frekuensi listrik yang dibangkitkan.

Berdasarkan Permen ESDM No.03 tahun 2007 tentang aturan jaringan sistem tenaga listrik Jawa-Madura-Bali, frekuensi nominal adalah 50 Hz, diusahakan untuk tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz, dan selama waktu keadaan darurat (*emergency*) dan gangguan, frekuensi sistem diizinkan turun hingga 47,5

Hz atau naik hingga 52,0 Hz sebelum unit pembangkit diizinkan keluar dari operasi. Salah satu permasalahan dalam jaringan Jawa-Madura-Bali adalah terjadinya penurunan dan kenaikan frekuensi sistem dengan cepat atau disebut *generation load mismatch*.

Oleh sebab itu negara melalui peraturan Permen ESDM No.03 tahun 2007 tentang operasi kendali menginstruksikan pembangkit untuk menerapkan sistem pengendalian *free governing mode operation* (FGMO) atau *isochronous governor* sebagai regulator primer dimana sekarnag pada umumnya *governor* masih diterapkan secara *regulated governing mode operation* (RGMO) dengan nilai *droop* sebesar 5%, sehingga masih sangat tergantung pada *automatic generation control* (AGC) sebagai regulator sekunder frekuensinya.

Pada jurnal ini penulis bertujuan untuk merancang *regulator primer governing control system* berkarakteristik *isochronous governor* untuk pembangkit dengan turbin uap, dimana penulis melakukan studi kasus dan pengambilan data di-unit pembangkit PLTP Darajat 55 MW yang telah menggunakan jenis pengendali *governor Mitsubishi digital electrical hyrdolic control* (DEHC).

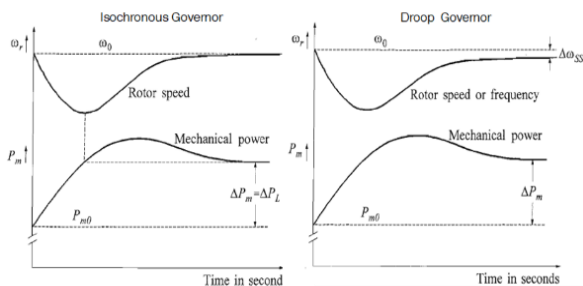
2. DASAR TEORI

2.1. Respon Sistem Jaringan

Beban atau *load* pada jaringan tidaklah bernilai tetap tetapi akan bervariasi sesuai dengan kebutuhan atau permintaan konsumen. Adanya perbedaan beban yang terus-menerus antara pembangkitan dan permintaan dalam jaringan akan menyebabkan perbedaan variasi frekuensi dan memerlukan penyesuaian terus-menerus oleh *operator* yang apabila tidak maka frekuensi pada jaringan akan beresilasi yang merupakan indikasi kualitas sistem yang buruk dan dapat menimbulkan kegagalan (*fault*) pada sistem.

2.2. Governor

Governor merupakan *primary regulator* frekuensi yang berfungsi untuk mengatur putaran dari sebuah turbin dengan cara mengatur jumlah masuknya aliran *fluida* uap menuju ke turbin melalui bukaan katup (*valve*), untuk menentukan besarnya bukaan katup maka *governor* akan mendapatkan sinyal masukan berupa daya setting (P_{ref}), daya aktual keluaran generator (P), frekuensi (f) maupun putaran turbin (ω). Fungsi utama pengaturan putaran ini adalah untuk menjaga kestabilan sistem secara keseluruhan terhadap adanya variasi beban atau gangguan pada sistem.



Gambar 1. Grafik Respon Droop dan Isochronous Governor.

Terdapat dua mode operasi *governor*, yaitu *droop* dan *isochronous*. Pada mode *droop*, *governor* sudah memiliki nilai set point daya mekanik (P_m) yang besarnya sesuai dengan rating generator atau menurut kebutuhan, dengan adanya *fixed setting* ini, keluaran daya listrik dari generator nilainya tetap dan adanya perubahan beban akan mengakibatkan perubahan putaran turbin dimana daya beban akan berbanding terbalik dengan frekuensi. Sedangkan pada mode *isochronous*, putaran *governor* ditentukan berdasarkan kebutuhan daya listrik sistem pada saat itu (*real time*) kemudian *governor* akan menyesuaikan nilai *output* daya mekanik (P_m) turbin supaya sesuai dengan daya listrik yang dibutuhkan sistem. Pada saat terjadi perubahan beban, *governor* akan menentukan *setting point* yang baru sesuai dengan nilai aktual beban sehingga dengan pengaturan ini diharapkan frekuensi listrik generator tetap berada di dalam nilai nominalnya dan generator tidak mengalami *out of synchronization*.

2.3. Load Frequency Control

Load frequency control atau di singkat LFC merupakan *secondary regulator* frekuensi yang digunakan pada industri pembangkitan dimana LFC berperan dalam mengurangi nilai *error* frekuensi seminimum mungkin. Pada saat sejumlah pembangkit menyuplai beban bersama-sama LFC akan beroperasi secara otomatis dan dikendalikan oleh komputer di *master station* kemudian apabila terjadi perbedaan frekuensi pada jaringan, *master station* akan mengirimkan sinyal yang setelah sampai di unit pembangkit akan diatur oleh sebuah peralatan yang disebut *load coordinator* yang langsung berhubungan dengan peralatan kendali unit pembangkit.

Perbedaan dari *regulator primer* (*Governor*) dan *regulator sekunder* (LFC) adalah pada sifat respon nya, pada *regulator primer* mempunyai sifat:

- Merespon dengan cepat terjadinya *generation load mismatch*
- Masih terdapat *steady state error* atau deviasi frekuensi
- Mengakibatkan perubahan aliran daya.

Sedangkan pada *regulator sekunder* mempunyai sifat:

- Mengembalikan frekuensi ke nilai nominalnya
- Akan secara otomatis mengembalikan *power interchange* antar area.

2.4. Valve

Katup (*valve*) adalah komponen yang memiliki fungsi untuk mengatur, mengarahkan, dan mengontrol aliran *fluida* dengan cara membuka atau menutup jalan aliran *fluida*.

2.5. Sistem Kendali

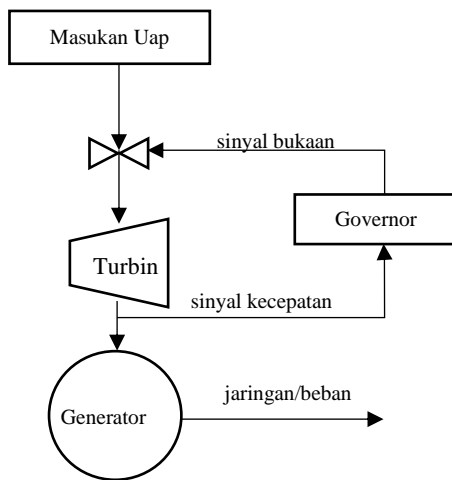
Sistem kendali adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama untuk mencapai sasaran tertentu baik pada gejala yang abstrak maupun dinamis untuk menyatakan sistem fisik, biologi, ekonomi, dan sebagainya, pada sistem kendali terdapat proses yaitu suatu operasi yang sengaja dibuat dan berlangsung secara kontinyu yang terdiri dari beberapa aksi atau perubahan yang dikendalikan, yang diarahkan secara sistematis menuju ke suatu hasil atau keadaan akhir tertentu.

Suatu sistem kendali dikatakan stabil jika keluarannya tetap pada nilai tertentu dalam jangka waktu yang ditetapkan setelah diberi masukan (Tarmukan, 1995). Disamping itu suatu sistem kendali harus mempunyai kestabilan relatif yang baik, kecepatan respon harus cukup cepat dan sistem menunjukkan peredaman yang baik. Suatu sistem kontrol juga harus mampu memperkecil nilai *error* sampai nol atau sampai pada suatu nilai batas yang dapat ditoleransi. Dalam melakukan pengendalian terdapat empat langkah yang harus dilakukan yaitu mengukur yang dilakukan oleh elemen pengukuran, membandingkan dilakukan oleh elemen pembanding, menghitung dilakukan oleh elemen

kendali dan mengoreksi yang dilakukan oleh elemen koreksi.

3. METODE PENELITIAN

Pada pembangkit listrik yang menggunakan komponen turbin dan fluida sebagai penggerak generatormya, umumnya dilengkapi dengan suatu *governor*. Dimana hal yang dikendalikan oleh *governor* adalah aliran fluida yang menuju ke arah turbin dengan jalan mengatuh bukaan katup (0-100%), dengan cara ini tenaga yang dibutuhkan untuk memutar turbin yang dikopel (disabungkan) dengan generator dapat dikendalikan.



Gambar 2. Skema Kendali

Governor akan menginstruksikan pembukaan atau penutupan katup ketika terjadi *error steady state* (Ess) antara nilai *setpoint* (SP) dengan nilai aktualnya, besar nilai *setpoint* pada *governor* diatur pada nilai 3000 rpm dimana berdasarkan persamaan kecepatan sinkron medan magnet, putaran akan menghasilkan frekuensi sebesar 50 Hz, pembacaan nilai kecepatan ini akan dilakukan oleh sensor dan nilai *error steady state* diketahui dari elemen pembanding pada *governor*, secara sederhana prinsip kerjanya *governor* akan menginstruksikan katup untuk membuka dan menambah kapasitas uap ketika putaran/frekuensi turun dari nilai *setpoint* atau sebaliknya akan menutup untuk mengurangi kapasitas uap ketika putaran/frekuensi naik dari nilai *setpoint* nya.

3.1. Pemodelan Governor

Pada pemodelan governor terdiri dari block kendali PID, blok fungsi *pivot servo* dan block diagram *gate valve*.

Block fungsi pivot adalah block yang menunjukkan besaran waktu siklus tipikal (T_p) untuk katup dua solenoida hidraulik dari kondisi (*ON-OFF-ON*) dimana untuk katup yang dioperasikan solenoida DC adalah 35 hingga 70 milidetik, dan 25 hingga 60 milidetik untuk solenoida AC, dengan rata rata waktu siklus selama 50

milidetik. Dari pernyataan di atas didapatkan bentuk transfer fungsi dari block pivot servo adalah:

$$\frac{1}{(T_p(s)+1)} = \frac{1}{(0,05(s)+1)} \quad (1)$$

Sedangkan block fungsi *gate valve hidraulik* dari suatu *governor* dimana didapatkan waktu yang dibutuhkan oleh suatu katup untuk membuka sebesar 63,2%, dan didapatkan waktu selama 0,2 detik. Sehingga didapatkan bentuk transfer fungsi dari block *gate valve* adalah:

$$\frac{1}{(T_g(s)+1)} = \frac{1}{(0,2(s)+1)} \quad (2)$$

3.2. Pemodelan Turbin Uap

Pemodelan sistem turbin uap, diasumsikan sebagai *steam vesel* dimana menggunakan persamaan keseimbangan mssa :

$$Q_i - Q_o = V \frac{d\rho_o}{dt} = \frac{dW}{dt} \quad (3)$$

Data operasi pembangkit diketahui bahwa masa uap yang mengalir adalah sebesar 379 t/h dimana nilai *base* nya seharusnya 380 t/h sehingga didapatkan besar nilai W_i adalah 0,997 pu, sedangkan nilai $v\rho_o$ didapatkan sebesar 1 pu.

Sehingga bentuk persamaan dari turbin uap dinyatakan dalam bentuk:

$$\frac{\Delta v(s)}{\Delta E(s)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{0,997}(s)+1\right)} \quad (4)$$

3.3. Pemodelan Generator

Pemodelan sistem generator, diasumsikan sebagai block fungsi yang ketika terjadi penambahan daya beban dampaknya akan terlihat pada perubahan frekuensi.

$$\frac{60}{\left(\frac{120Ek_s}{N_s}\right)s+D} = \frac{\Delta N(s)}{\Delta P_G(s)-\Delta P_L(s)} \quad (5)$$

Apabila nilai damping factor bernilai 1 pu dan didapatkan nilai Eks sebesar 0,981 pu dan kecepatan sudut sebesar 1,001 pu maka didapatkan bentuk fungsi alih generator sebesar:

$$\frac{\Delta N(s)}{\Delta P_G(s)-\Delta P_L(s)} = \frac{60}{117,6 s+1} \quad (6)$$

3.4. Tuning Ziegler-Nichols

Prosedur *tuning* dilakukan dengan cara menggunakan metode Ziegler-Nichols osilasi, dimana sistem dibuat pada kondisi loop tertutup dan nilai parameter integrator dan diferensiator di atur pada nilai nol, kemudian nilai gain proporsional dinaikkan bertahap sampai dengan mengakibatkan reaksi sistem berosilasi, besar nilai penguatan proportional pada saat sistem mencapai kondisi *sustain oscillation* disebut dengan nilai *ultimate gain* sedangkan nilai periode dari *sustained oscillation* disebut *ultimate period*. Adapun bentuk persamaan yang digunakan adalah

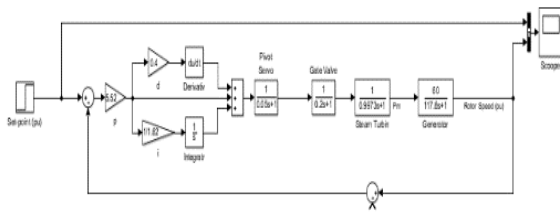
$$K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) dt + T_d \frac{d}{dt} e(t) \right) \quad (7)$$

Dari simulasi didapatkan sistem mengalami *sustain oscillation* Pada Nilai K_u 9,193 dan P_u 3,23s. Sehingga dengan menggunakan tabel penentuan parameter K_p , T_i dan T_d didapatkan parameter kendali PID pada Tabel 1 berikut.

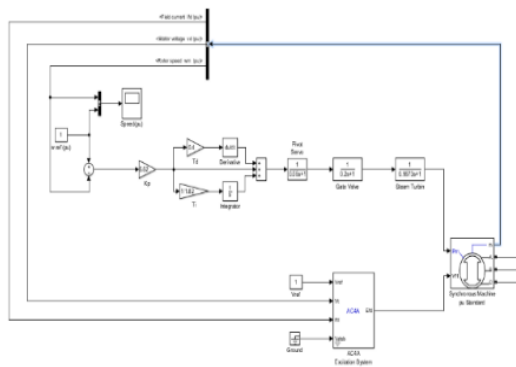
Tabel 1. Parameter Kendali

5,52	PI	PID
K_p	4.14	5.52
T_i	2.69	1.62
T_d		0.4

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Block Sistem Kondisi *Start-Up*



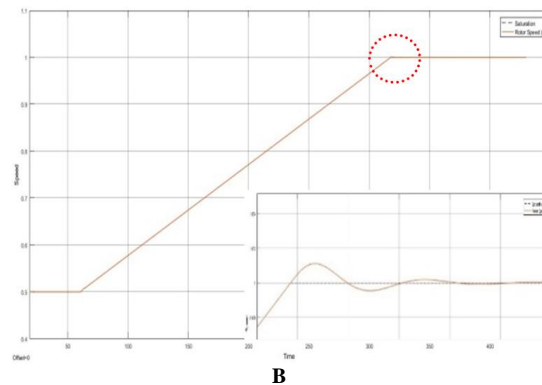
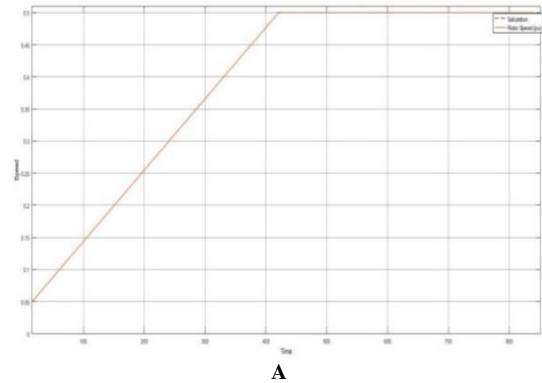
Gambar 4. Block Sistem Kondisi Berbeban

4.1. Kondisi *Start-Up*

Simulasi yang coba dimodelkan merupakan mode *cold-start* dengan turbin telah berhenti lebih dari 8 jam, mode terdiri dari 3 tahapan berikut.

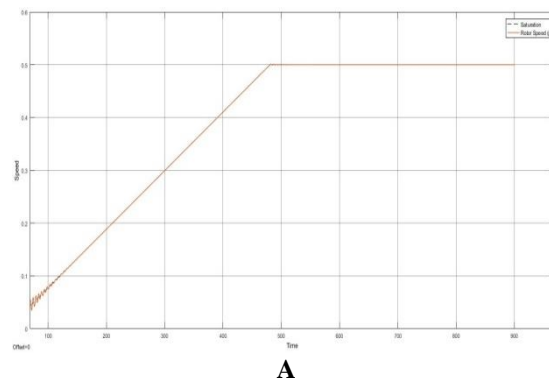
- Tahap pertama : kecepatan turbin yang telah diputar oleh motor sehingga menimbulkan turning speed sebesar 5 rpm, kemudian kecepatan akan dinaikan secara perlahan menuju 100 rpm, dengan akselerasi 15 rpm permenit
- Tahap kedua: setelah kecepatan turbin mencapai kecepatan 100 rpm kecepatan akan dinaikan kembali secara perlahan menuju 1500 rpm, dengan akselerasi 200 rpm permenit, kemudian kecepatan ditahan pada kecepatan 1500 rpm selama 7 menit. Ini dimaksudkan sebagai warming-up sistem pelumasan bantalan pada komponen gerak turbin generator, sehingga vibrasi tidak terlalu tinggi.

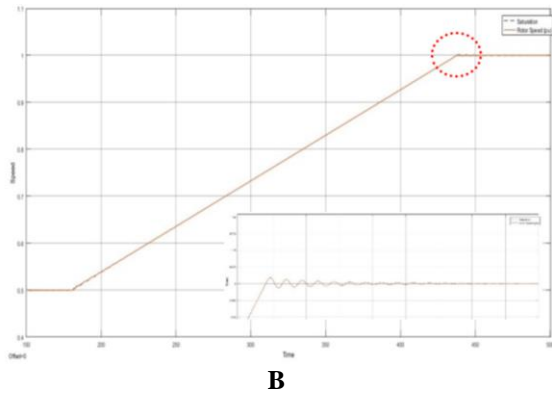
- Tahap ketiga: setelah kecepatan turbin mencapai kecepatan 1500 rpm kecepatan akan dinaikan kembali secara perlahan menuju 3000 rpm, dengan kecepatan 350 rpm/menit, kemudian kecepatan ditahan pada kecepatan 3000 rpm selama 2 menit sebelum dilakukan proses sinkronisasi.



Gambar 5. Kurva Karakteristik *Start-up* Sistem Rancangan Kendali PID

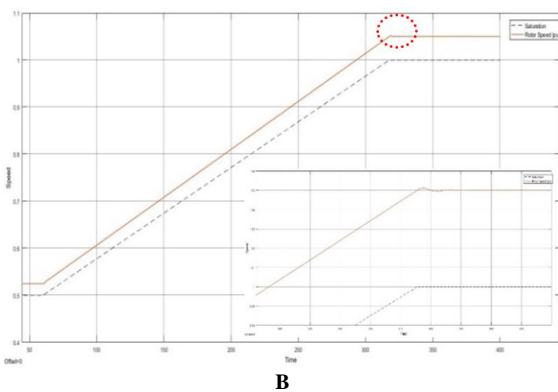
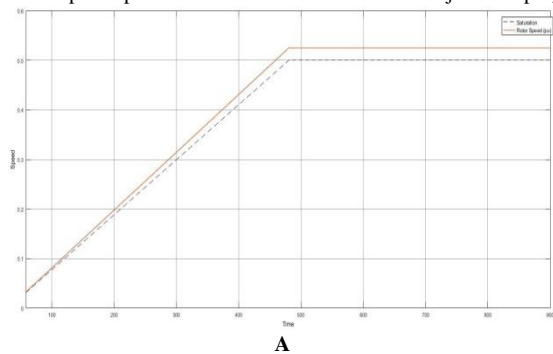
(A.tahap kecepatan turbin dinaikan dari 100 menuju 1500 rpm, B.Tahap kecepatan turbin dinaikan dari 1500 Menuju 3000 rpm)





Gambar 6. Kurva Karakteristik *Start-up* Sistem Rancangan Kendali PI

(A.tahap kecepatan turbin dinaikan dari 100 menuju 1500 rpm, B.Tahap kecepatan turbin dinaikan dari 1500 Menuju 3000 rpm)



Gambar 7. Kurva Karakteristik *Start-up* Sistem *Droop*

(A.tahap kecepatan turbin dinaikan dari 100 menuju 1500 rpm, B.Tahap kecepatan turbin dinaikan dari 1500 Menuju 3000 rpm)

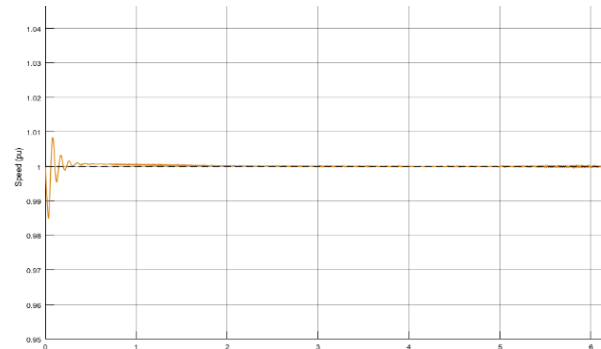
Dari hasil simulasi *start-up isochronous governor* yang dikendalikan menggunakan sistem kendali PID, didapatkan bahwa nilai *peak* sistem ketika *start-up* berada pada nilai 1,001 pu atau sekitar 3003 rpm dan nilai *valley* pada nilai 0,99 pu atau sekitar 2970 rpm, dari simulasi di dapatkan bahwa sistem membutuhkan waktu 1487 detik untuk mencapai keadaan stabil pada nilai 1 pu. Sedangkan ketika *isochronous governor* dikendalikan menggunakan sistem kendali PI didapatkan bahwa nilai *peak* sistem ketika *start-up* berada pada nilai 1,0018 pu atau sekitar 3005,4 rpm dan nilai *valley* pada nilai 0,98 pu atau sekitar 2940 rpm, dari simulasi didapatkan bahwa sistem membutuhkan waktu 1560 detik untuk mencapai keadaan stabil pada nilai 1 pu

Ketika sistem rancangan *isochronous governor* dibandingkan dengan sistem *droop governor* dengan penambahan nilai *permanent droop* sebesar 5% didapatkan hasil nilai *peak* sistem yang dioperasikan secara mode *droop* ketika *start-up* berada pada nilai 1,0512 pu atau sekitar 3153 rpm dan nilai *valley* pada nilai 1,049 pu atau sekitar 3147 rpm dan membutuhkan waktu selama 1490 detik untuk mencapai nilai yang stabil pada nilai 1,049 pu.

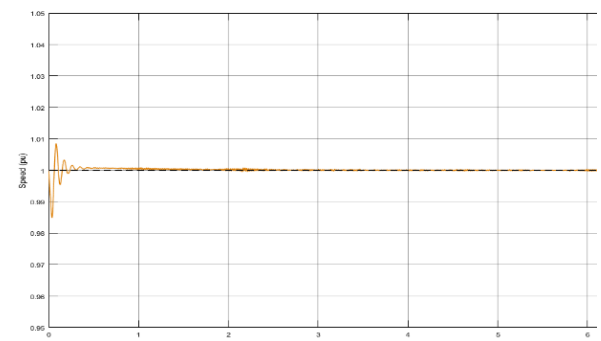
Dari kurva diatas didapatkan bahwa nilai ketika kondisi *COLD mode* saat turbin diputar dengan kecepatan 1500 rpm nilainya tidak boleh ± 30 rpm dimana dari hasil simulasi pada mode *isochronous* didapatkan nilai kecepatan stabil pada kisaran 1501 rpm sedangkan pada mode *droop* didapatkan kecepatan stabil pada nilai 1530 rpm.

4.2. Kondisi Sinkronisasi

Proses ini disimulasikan dengan menginputkan block fungsi beban 3 fasa yang di hubungkan pada jaringan, dengan nilai tegangan medan diatur pada nilai 1 pu untuk proses *exitasi*. Respon sistem yang diharapkan adalah nilai kurva kecepatan sistem memiliki *maximum overshoot* kurang dari 1,05 pu dan *maximum undershoot* pada nilai kurang dari 0,95 kemudian sistem beresilasi stabil pada rentang 0,99 pu - 1,01 pu.



Gambar 8. Kurva Karakteristik *Isochronous Governor* Kendali PID

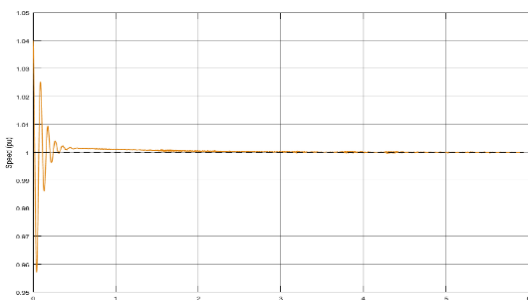


Gambar 9. Kurva Karakteristik *Isochronous Governor* Kendali PI

Dari hasil simulasi *isochronous governor* yang dikendalikan menggunakan sistem kendali PID, ketika sistem dihubungkan ke jaringan didapatkan bahwa nilai

peak sistem ketika sinkronisasi berada pada nilai 1,00836 pu atau sekitar 3025.1 rpm dan nilai *valley* sebesar 0,9849 pu atau sekitar 2954,7 rpm. Apabila perubahan 6 rpm dapat menyebabkan perubahan frekuensi sebesar 0,1 Hz, maka jangkauan perubahan frekuensi dari sistem yang dirancang berada pada kisaran 50,418 - 49,25 Hz dimana didapatkan sistem akan mencapai kondisi yang stabil pada detik ke 3,3. Sedangkan hasil simulasi *isochronous governor* yang dikendalikan menggunakan sistem kendali PI, ketika sistem dihubungkan ke jaringan didapatkan bahwa nilai *peak* sistem ketika sinkronisasi berada pada nilai 1,00853 pu atau sekitar 3025.6 rpm dan nilai *valley* sebesar 0,985 pu atau sekitar 2954,7 rpm, maka jangkauan perubahan frekuensi dari sistem yang dikendalikan dengan kontrol PI berada pada kisaran 50,42 - 49,25 Hz dimana didapatkan sistem akan mencapai kondisi yang stabil pada detik ke 2,8.

Dari dua jenis kendali diatas diketahui sudah sesuai dengan Permen ESDM No.03 tahun 2007 tentang aturan jaringan sistem tenaga listrik Jawa-Madura-Bali, dimana frekuensi nominal operasi pembangkit harus bernilai 50 Hz, dan diusahakan untuk tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz.

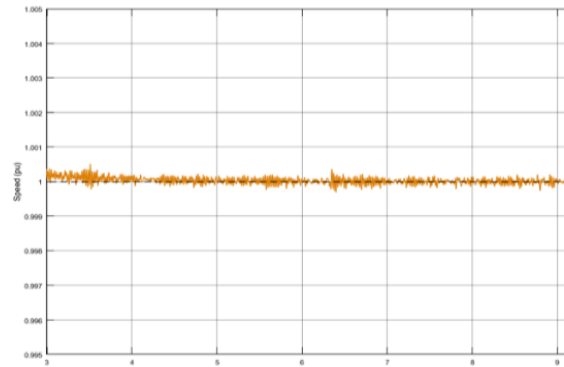


Gambar 10. Kurva Karakteristik *Droop Governor*

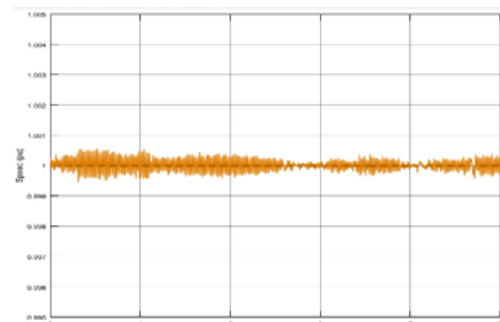
Ketika sistem rancangan dibandingkan dengan sistem *droop governor* dengan nilai *permanent droop* sebesar 4% didapatkan hasil nilai *peak* sistem yang dioperasikan secara *droop* ketika sinkronisasi berada pada nilai 1,0252 pu atau sekitar 3075,6 rpm dan nilai *valley* pada nilai 0,957 pu atau sekitar 2871 rpm dimana jangkauan perubahan frekuensi dari sistem *droop governor* berada pada kisaran 51,26 - 47,85 Hz dan membutuhkan waktu selama 2 detik untuk mencapai nilai stabil di nilai *setpoint* nya.

4.3. Kondisi Terbebani

Hal yang coba disimulasikan adalah melakukan perubahan beban dari kondisi *steady state* 55 MW menjadi 53,8 MW dengan melepaskan block fungsi beban 3 fasa sebesar 1,2 MW secara mendadak pada saat iterasi memasuki waktu 4 detik dari jaringan. Adapun respon sistem yang diharapkan adalah sistem beresilasi pada kisaran 0,99 - 1,01 pu.

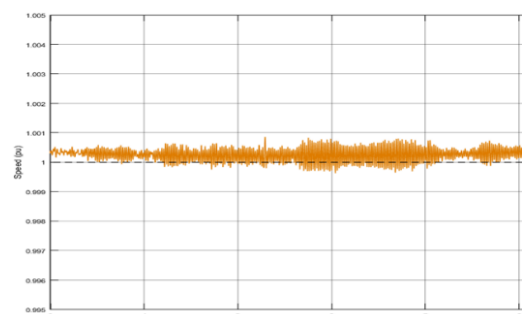


Gambar 11. Kurva Karakteristik Perubahan Beban Sistem Rancangan Kendali PID



Gambar 12. Kurva Karakteristik Perubahan Beban Sistem Rancangan Kendali PI

Ketika sistem rancangan *isochronous governor* dengan kendali PID diuji dengan skenario pelepasan beban pada detik ke 4 sebesar 1,2 MW didapatkan sistem mengalami kenaikan kecepatan sebesar 0,0003 pu, dan beresilasi pada kisaran 1,0003 pu - 0,9997pu. Sedangkan apabila rancangan *isochronous governor* dengan kendali PI diuji dengan skenario pelepasan beban pada detik ke 4 sebesar 1,2 MW didapatkan sistem mengalami kenaikan kecepatan sebesar 0,0002 pu, dan berayun di kisaran 1,0004 pu - 0,9996 pu..



Gambar 13. Kurva Karakteristik Perubahan Beban dengan Sistem *Droop*

Sedangkan apabila sistem *governor* disimulasikan dengan metode *droop* didapatkan kenaikan kecepatan sebesar 0,0004 pu, kemudian sistem akan beresilasi pada kisaran 1,0009 pu - 1,0001 pu.

Perbedaan hasil ini disebabkan sistem *isochronous governor* selalu berusaha untuk menyesuaikan kembali

ke-nilai *setpoint* nya dengan melakukan penyesuaian output daya keluaran pembangkit, sedangkan sistem *droop* akan mencoba mempertahankan *output* daya keluaran pembangkit sehingga terjadi pergeseran kecepatan dari nilai *setpoint* nya. Dari kurva di atas diketahui bahwa sistem ketika terhubung ke jaringan dapat dikatakan stabil dan handal ketika terjadi gangguan perubahan beban dengan pergeseran kecepatan sekitar 0,9 rpm.

5. KESIMPULAN

Hasil rancangan dan simulasi sistem kendali *isochronous governor* lebih baik ketika melakukan proses *start-up* dan sinkronisasi dibandingkan sistem *governor* yang di operasikan secara *droop*, serta sistem kendali *isochronous governor* dapat dengan handal dioperasikan saat proses pembebanan dan saat terjadi gangguan. Kelemahan kendali *governor type droop* akan berayun dengan sedikit bergeser dari nilai *setpoint*nya, sedangkan kendali *isochronous* berayun disekitar *set point*.

Dari hasil simulasi perancangan sistem *isochronous governor* didapatkan karakteristik berikut.

- Pada saat simulasi *start-up* adalah

Parameter	PI	PID
<i>Max. overshoot (OS), pu</i>	1,0018	1,008
<i>Settling time (ts), second</i>	1560	1487
Proses <i>variable (PV), rpm</i>	3000	3001

- Pada simulasi sinkronisasi adalah

Parameter	PI	PID
<i>Max. overshoot (OS), pu</i>	1,00853	1,00836
<i>Error steady state (E_{ss}), Hz</i>	50,42-49,25	50,418-49,25

- Pada saat simulasi pembebanan adalah

Parameter	PI	PID
Kenaikkan Kecepatan, <i>pu</i>	0,0002	0,0003
Stabil (<i>sustain osilation</i>), <i>pu</i>	1,0004-0,9996	1,0003-0,9997

Saran yang penulis berikan setelah melakukan penulisan penelitian ini adalah, penggunaan kendali *governor* secara *isochronous* dengan kendali PID sangat disarankan untuk dapat digunakan pada proses *start-up* dan proses *sinkronisasi* dibandingkan dengan sistem

governor yang dioperasikan secara *droop* untuk memperoleh kinerja sistem yg lebih handal dan efisien.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung dan seluruh panitia IRWNS POLBAN atas bantuan publikasi dan masukkan dan sarannya.

6. REFERENSI

- [1] F. Gunterus, Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses, Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 1997.
- [2] O. K, Teknik Kontrol Otomatik, Jakarta: Erlangga, 1996.
- [3] E. Kreyzig, *Introductory Functional Analysis with Application*, Canada: John Wiley and Sons, Inc, 1978.
- [4] Patriandari, Analisis Pengoperasian *Speed Droop Governor* Sebagai Pengaturan Frekuensi Pada Sistem Kelistrikan PLTU Gresik, p.1-6.
- [5] P. Kundur, *Power System Stability and Control*, New York: Mc.Graw Hill, Inc, 1994.
- [6] P. N. V. K. Xavier dan S. Muthukumar, *Frequency Regulation by Free Governor Mode of Operation In Power Station*, p.5, 2010.
- [7] Republik Indonesia.2007, Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor: 03 Tahun 2007 Tentang Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Jawa-Madura-Bali, Jakarta: Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- [8] Tarmuka, Teknik Pengaturan Otomatis, Bandung: Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, 1995.