

PEMANFAATAN SINYAL PUTARAN GENERATOR DARI DCS UNTUK PENGGANTIAN SPEED RELAY ELEKTRO MEKANIK PADA SISTEM EKSITASI GENERATOR HIDRO

MUSTAQIMUL HADI¹, FIKRI WAHYUDI², HERRIS YAMASHIKA³

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat^{1,2,3}

Email: dhy.rastavra@gmail.com¹, wahyudifikri570@gmail.com², herrisyamashika@umsb.ac.id³

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v9i1.7621>

Abstract: *The Maninjau Hydroelectric Power Plant (HEPP) faces technical challenges in its generator excitation system due to failures in the Type 13 electromechanical speed relay, a critical component in the excitation start-up sequence. This relay has not only lost accuracy but is also obsolete and difficult to procure in the market. Its malfunction poses the risk of excitation sequence failure, which may lead to damage in the Automatic Voltage Regulator (AVR), voltage meter disturbances, and even complete unit start-up failure. This study aims to replace the function of the electromechanical speed relay with a system utilizing generator rotational speed signals available through the Distributed Control System (DCS). The Root Cause Problem Solving (RCPS) method, field observation, and priority matrix analysis were employed to evaluate the most optimal replacement alternative. The results indicate that using a 24VDC relay based on signals from the Speed Sensor Gear (SSG) and digital signals from the DCS provides the best solution. The new system enables a more precise excitation process, easier installation, improved safety, as well as real-time monitoring and full integration with digital control systems. The implemented modification demonstrates that the excitation system becomes more reliable and efficient, effectively overcoming the previously frequent excitation sequence failures. Furthermore, the system is considered more economical and universal, while ensuring compatibility with future developments in digital-based power plant technology. Overall, this research makes a significant contribution to the modernization of hydroelectric control systems, in line with the sustainable and technology-driven development of national power infrastructure.*

Keywords: *Speed Relay, DCS, Excitation System, Hydroelectric Power Plant, Generator Rotational Speed, Control Modernization.*

Abstrak: Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Maninjau menghadapi tantangan teknis dalam sistem eksitasi generator akibat kerusakan pada speed relay elektromekanik tipe 13 yang berperan penting dalam urutan start-up eksitasi. Komponen ini tidak hanya mengalami penurunan akurasi, tetapi juga telah usang (obsolet) dan sulit diperoleh di pasaran. Kegagalan pada relay ini berisiko menimbulkan excitation sequence failure, yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem Automatic Voltage Regulator (AVR), gangguan pada voltage meter, bahkan kegagalan start unit secara menyeluruh. Penelitian ini bertujuan untuk mengganti fungsi speed relay elektromekanik dengan sistem berbasis sinyal kecepatan putaran generator yang tersedia melalui Distributed Control System (DCS). Metode Root Cause Problem Solving (RCPS), observasi lapangan, dan analisis matrix prioritas digunakan untuk mengevaluasi alternatif pengganti yang paling optimal. Hasil studi menunjukkan bahwa penggunaan relay 24VDC berbasis sinyal dari sensor Speed Sensor Gear (SSG) dan sinyal digital dari DCS menjadi solusi terbaik. Sistem baru ini memungkinkan proses eksitasi dilakukan lebih presisi, mudah dipasang, lebih aman, serta mendukung pemantauan real-time dan integrasi sistem kontrol digital secara menyeluruh. Implementasi modifikasi menunjukkan bahwa sistem eksitasi menjadi lebih andal dan efisien, serta mampu mengatasi excitation sequence failure yang sebelumnya sering terjadi. Sistem ini juga dinilai lebih ekonomis dan universal, serta kompatibel dengan pengembangan teknologi pembangkit berbasis digital ke depan. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam modernisasi sistem kontrol PLTA, sejalan

dengan arah pembangunan infrastruktur kelistrikan nasional yang berkelanjutan dan berbasis teknologi digital.

Kata Kunci: Speed Relay, DCS, Sistem Eksitasi, PLTA, Kecepatan Putaran Generator, Modernisasi Kontrol.

A. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Maninjau merupakan salah satu unit vital dalam sistem kelistrikan interkoneksi Sumatera yang dikelola oleh PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Bukittinggi. Berlokasi di Jorong Lubuak Sao, Kabupaten Agam, Sumatera Barat, PLTA ini telah beroperasi sejak tahun 1983 dengan kapasitas daya terpasang sebesar 68 MW. Energi potensial yang dimanfaatkan berasal dari Danau Maninjau yang terletak pada elevasi 464 meter di atas permukaan laut dengan luas permukaan mencapai 94 km². Aliran air dari danau tersebut dialirkan melalui terowongan *headrace* sepanjang 4,3 km menuju turbin, dan energi listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan melalui jaringan transmisi 150 kV setelah melalui *transformator step-up* bertegangan 10,5/150 kV.

Dalam sistem pembangkitan tenaga listrik, keandalan operasional menjadi parameter utama yang menentukan kontinuitas dan stabilitas penyaluran energi. Salah satu komponen penting dalam menjaga keandalan tersebut adalah sistem kontrol dan proteksi, termasuk di dalamnya *speed control relay*. Komponen ini berfungsi sebagai saklar elektromekanik yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk mengatur urutan start-up sistem eksitasi pada generator. Kinerja yang presisi dari relay ini sangat menentukan keberhasilan proses inisiasi pembangkitan, terutama dalam sistem eksitasi yang mengatur pembentukan medan magnet pada rotor generator.

Namun demikian, berdasarkan hasil observasi operasional di PLTA Maninjau, telah terjadi beberapa gangguan kritis, salah satunya adalah *Excitation Sequence Failure* yang secara spesifik disebabkan oleh kerusakan pada *speed relay* elektromekanik 13, yang berperan dalam urutan eksitasi. Kerusakan ini diperparah oleh fakta bahwa jenis relay yang digunakan telah obsolet (tidak lagi diproduksi), serta memiliki tingkat akurasi yang semakin menurun seiring waktu. Kondisi ini meningkatkan risiko kegagalan start unit PLTA, yang dalam dokumen *Profil Risiko UPK Bukittinggi tahun 2021* tercatat sebagai risiko dengan ID 3.16, berdampak langsung pada risiko induk *Failure to Start Unit* (ID 3), yang diklasifikasikan pada tingkat risiko tinggi.

PLTA Maninjau memanfaatkan tiga jenis *speed relay* pada sistem kontrol dan proteksi unit pembangkit, yaitu: *Relay 12* sebagai *overspeed relay*, *Relay 13* sebagai *excitation relay*, dan *Relay 14* sebagai *breaking relay*. Ketiga relay ini terintegrasi dalam sistem wiring kontrol yang berfungsi untuk mengatur urutan start-up dan shutdown unit pembangkit, serta sebagai sistem pengaman terhadap kondisi operasi abnormal.

Pada saat proses *start-up*, ketika putaran *Permanent Magnet Generator* (PMG) mencapai 80% dari nilai nominal, tegangan output sebesar 102 VAC dihasilkan, kemudian dikonversi menjadi 17 VDC melalui *rectifier box*. Tegangan ini menjadi input sensor untuk *Relay 13*, yang selanjutnya akan mengaktifkan *Relay 13X* melalui kontak bantu (anak kontak), sehingga memicu proses eksitasi generator.

Sementara itu, pada saat proses *shutdown*, *Relay 14* akan aktif saat putaran PMG menurun hingga mencapai 30%, menghasilkan tegangan output sebesar 6,3 VDC. Tegangan ini akan mengenergisasi *Relay 14*, yang kemudian mengaktifkan *Relay 75S (Breaking Relay)* hingga unit benar-benar berhenti beroperasi. Adapun proteksi terhadap kondisi *overspeed* dikendalikan oleh *Relay 12*, yang bekerja pada 130% dari kecepatan nominal. Pada kondisi ini, PMG menghasilkan tegangan sebesar 28,35 VDC yang akan mengaktifkan *Relay 12* dan selanjutnya mengaktifkan sistem *Quick Stop (86-2)*, sehingga turbin dan generator akan trip dari sistem dengan memutus *Circuit Breaker* 150 kV.

B. Metodologi Penelitian

Berdasarkan identifikasi permasalahan yang ada, maka peneliti menggunakan RCPS (*Root Cause Problem Solving*) sebagai penyelesaian yang akan dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. RCPS

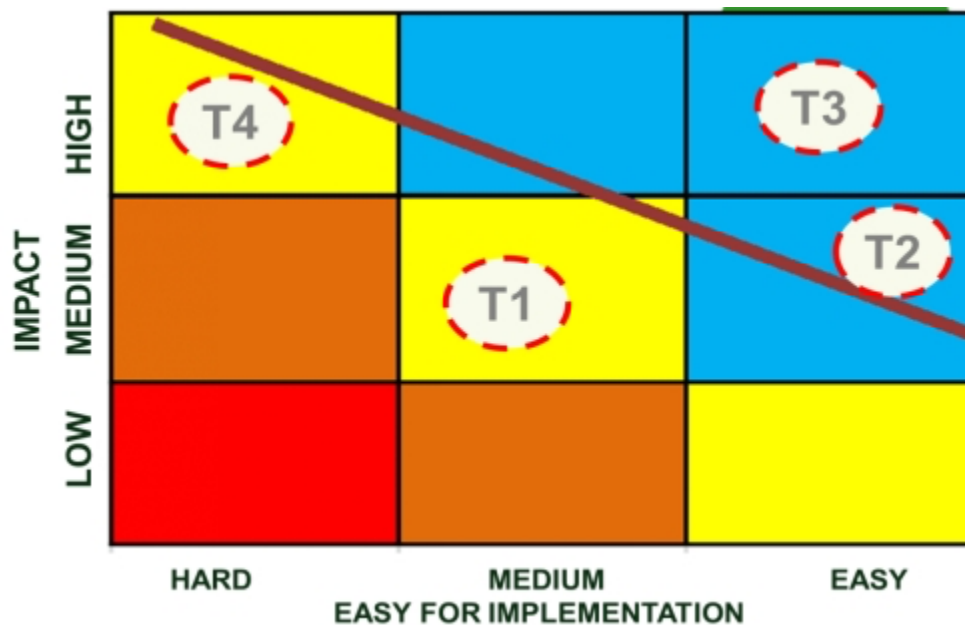
Dari RCPS diatas, terdapat kesimpulan bahwa kegagalan sequence eksitasi dikarenakan kerusakan relay eksitasi sehingga didapatkan tindakan penanggulangan yang memungkinkan yaitu dengan penggantian *speed relay*. Terdapat dua tipe relay yang bisa digunakan yaitu *voltage sensor/relay* tegangan dan relay 24VDC. Untuk menentukan jenis relay yang cocok dalam mengatasi permasalahan tersebut maka dibuatlah tabel perbandingan dan matrix prioritas yang ditinjau dari berbagai sudut pandang antara lain sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan Relay

	RELAY 13	SENSOR VOLTAGE	RELAY 24VDC
Sensor Speed	PMG	PMG	PMG & SSG
Harga	Mahal	Mahal	Ekonomis
Fungsi	PARTIAL Equipment	PARTIAL Equipment	UNIVERSAL Equipment
Ketersediaan	Obsolete	Tersedia	Tersedia
Sistem Kontrol	Elektromekanik	Numerik	Dcs
Penggantian	Difficult Replacement	Easy Replacement	Easy Replacement
Safety Factor	Kurang	Kurang	Baik

Gambar 2. Relay 13, *Sensor Voltage*, & Relay 24VDC

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode matrix prioritas dalam menentukan tingkatan tindakan penyelesaian berdasarkan proses implementasi dan dampak yang akan terjadi jika tindakan tersebut dilakukan sehingga didapatkan tindakan yang tepat dalam suatu permasalahan yang ada.



Gambar 3. Matrix Prioritas

Setelah dilakukan analisa perbandingan menggunakan RCPS, observasi lapangan, dan metode matrix prioritas, peneliti menyimpulkan bahwa penggunaan *relay 24VDC* lebih baik untuk diaplikasikan pada pemanfaatan sinyal putaran generator dari DSC untuk penggantian *speed relay* elektro mekanik pada sistem eksitasi *generator hydro* guna mendukung keandalan sistem eksitasi pada operasional unit saat ini. Oleh karena itu, proses implementasi tindakan modifikasi ini harus segera dilaksanakan mengingat jika terjadi kegagalan di sisi eksitasi dapat menyebabkan trip unit pembangkit.

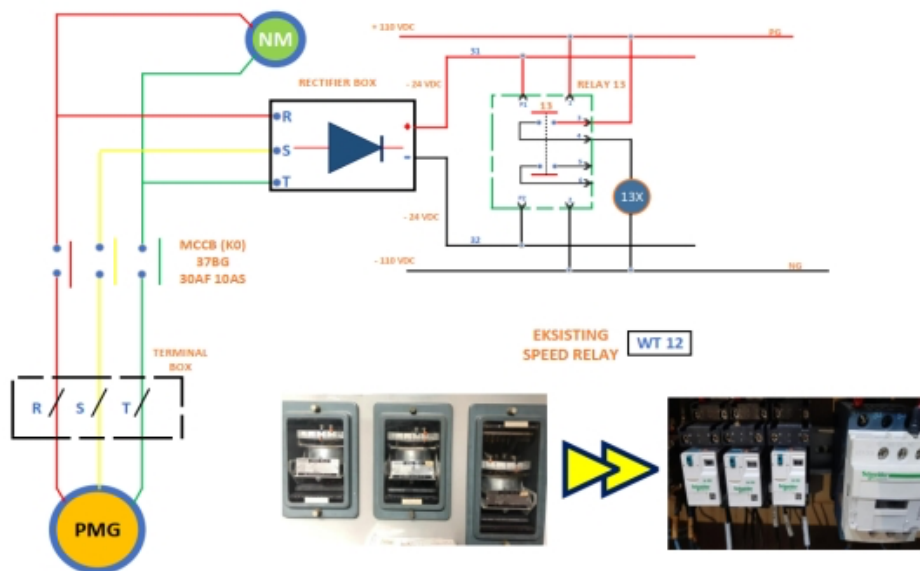
C. Pembahasan dan Analisa

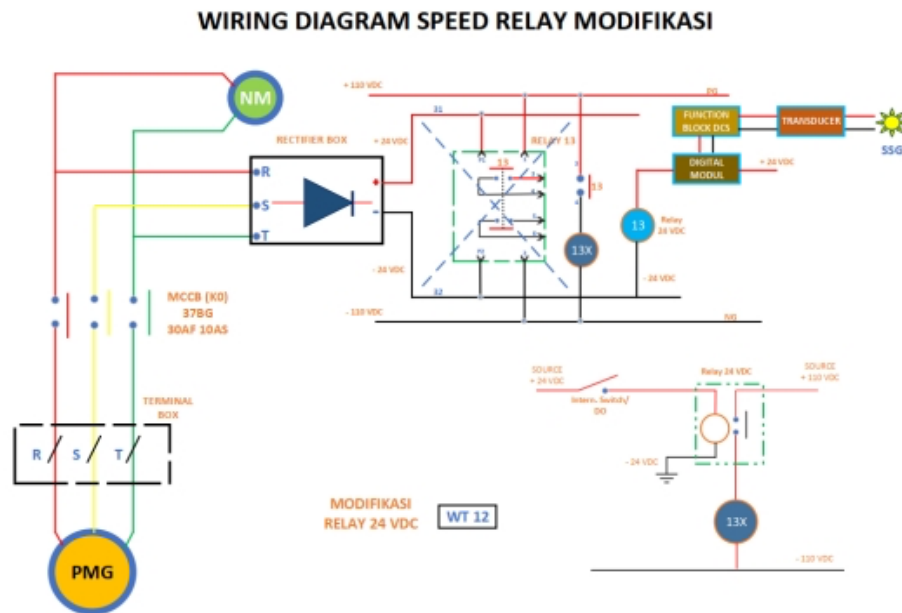
Pada saat start up unit, apabila putaran turbin mencapai 80% dari putaran nominal maka *sensor speed gear* (SSG) akan mengeluarkan sinyal berupa pulse yang mana sinyal tersebut akan di konversi menjadi satuan mili ampere di *transducer*, *output* transducer akan menjadi AI pada sistem DCS. Apabila telah mencapai nilai yg telah disetting maka DCS akan memberikan sinyal digital output 24VDC untuk meng-*energize* relay K2 yang mana anak kontaknya akan meng-*energize* relay 13X untuk sistem eksitasi. Selain sensing putaran turbin dari SSG, sistem modifikasi ini tetap bisa mengambil sensing dari PMG seperti halnya relay 13.

Prinsip kerja relay lainnya akan sama halnya, akan tetapi hanya berbeda pada settingan putaran turbinnya, yaitu 30% dari putaran nominal proses stop unit untuk relay 14 (*Breaking Sistem*) dan 130% dari putaran nominal untuk relay 12 (*Overspeed Relay*).

Hasil modifikasi relay 13 (eksisting) menggunakan pemanfaatan sinyal putaran generator dari DCS untuk penggantian *speed relay* elektro mekanik pada sistem eksitasi generator hydro, seperti yang terlihat pada gambar berikut.

WIRING DIAGRAM SPEED RELAY EKSISTING





Gambar 4. Wiring Modifikasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengimplementasian sistem berbasis pemanfaatan sinyal putaran generator dari *Distributed Control System* (DCS) sebagai pengganti *speed relay* elektromekanik pada sistem eksitasi generator hydro memberikan sejumlah manfaat signifikan. Pertama, dari sisi teknis, proses pemasangan dan pelepasan komponen relay 24VDC menjadi jauh lebih mudah dan efisien dibandingkan dengan sistem sebelumnya. Kedua, dari segi keamanan operasional, sistem baru menunjukkan peningkatan nilai *safety factor*, di mana keandalan dan kestabilan proses eksitasi menjadi lebih terjamin dibandingkan penggunaan *Relay 13* yang telah usang. Ketiga, sistem kontrol eksitasi kini telah sepenuhnya terintegrasi ke dalam platform DCS, memungkinkan pemantauan dan pengendalian secara *real-time*, serta kompatibel dengan pengembangan sistem berbasis digital di masa depan. Terakhir, sistem ini telah didukung oleh penggunaan sensor kecepatan berakurasi tinggi (*Speed Sensor Gear/SSG*), yang meningkatkan presisi dalam pengambilan keputusan pada proses eksitasi, sekaligus memperkuat stabilitas kerja unit pembangkit secara keseluruhan.

D. Penutup

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi sistem pengganti *speed relay* elektromekanik dengan memanfaatkan sinyal putaran generator dari *Distributed Control System* (DCS), dapat disimpulkan bahwa modifikasi ini berhasil memberikan peningkatan signifikan terhadap keandalan sistem eksitasi pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA).

Pertama, penggunaan *speed relay* 24 VDC terbukti efektif dan kompatibel dengan sistem eksitasi yang dikendalikan oleh DCS. Integrasi ini memungkinkan respon yang lebih presisi terhadap perubahan kecepatan putar generator, serta menyederhanakan proses instalasi dan pemeliharaan. Kedua, sistem *start-up sequence* unit berhasil dipulihkan ke kondisi operasional yang normal, menunjukkan bahwa modifikasi ini mampu mengatasi permasalahan *excitation sequence failure* yang sebelumnya terjadi.

Ketiga, material yang digunakan dalam implementasi sistem ini bersifat ekonomis, mudah diperoleh, dan memiliki karakteristik universal, sehingga dapat diadopsi secara luas pada berbagai peralatan sistem kontrol lainnya. Keempat, sistem ini telah berhasil mengintegrasikan teknologi kontrol modern berbasis DCS dengan dukungan sensor kecepatan berakurasi tinggi (SSG), sehingga

mampu mengoptimalkan performa sistem eksitasi secara keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis digital tidak hanya menjadi solusi teknis terhadap keterbatasan perangkat elektromekanik yang telah usang, tetapi juga menjadi langkah strategis dalam peningkatan efisiensi dan keandalan sistem pembangkit tenaga listrik berbasis hidro.

Daftar Pustaka

- [1] Toshiba Corporation. "Operation dan Maintenance Manual". Maninjau Hydroelectric Power Station, Vol 1, 1983 : 1-4.
 - [2] Toshiba Corporation. "Operation dan Maintenance Manual". Maninjau Hydroelectric Power Station, Vol 2, 1983 : 16-17.
- www.inovasipln.co.id