

ALAT PROTEKSI DAN PENDETEKSI GANGGUAN TEGANGAN DENGAN *DECISION TREE* PADA SHORE CONNECTION

Ii Munadhif¹⁾, Havid Febri Mutaqin²⁾, dan Annas Singgih Setiyoko³⁾

¹ Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

^{2,3} Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: iimunadhif@ppns.ac.id

Abstract

Ships as sea transportation have power plants that cause several problems, the primary problem is air and noise pollution, which can be overcome by making a shore connection, the secondary problem is a technical problem from the shore connection itself. This study discusses the utility of electricity high-satisfactory monitoring, over and below-voltage safety, phase failure safety, and safety from grounding failure onshore connection. Power high-satisfactory has monitored the usage of the decision tree technique in order that an electricity screen is received in keeping with IEEE rules, particularly: quick period rms variation—which incorporates sag, swell, and interruption voltage—and lengthy period rms variation—which incorporates sustained-interruption, Undervoltage, and overvoltage. The manipulation technique is accomplished with a relay that triggers UVT and secures the community from interference. The results obtained from this study are, that the relay can secure the Shore connection from earth leakage interference with a current value of 10% ICT which is 40A with an average trip time duration of 0.465s. Securing from OverVoltage with a voltage value of more than 242V, UnderVoltage with a voltage value of 22-198 V, can also protect against single-phase or two-phase failures.

Keywords: Decission Tree, Shore connection, Voltage, Sag, rms variation

PENDAHULUAN

Pada era modern ini, listrik menjadi salah satu kebutuhan primer. Listrik dapat dibangkitkan menggunakan tenaga uap dengan total daya yang dihasilkan per 2020 adalah 35.220 MW. Kemudian tenaga mesin dengan total daya 20.537 MW (Agung, 2020). Kapal sebagai kendaraan transportasi juga tidak luput dengan kebutuhan listrik. Jumlah kapal di Indonesia semakin banyak. Tercatat jumlah kunjungan kapal di pelabuhan Indonesia pada tahun 2019 naik 10,97% dibandingkan dengan periode 2018 dan mencapai 895,53 ribu unit kapal (BPS, 2019).

Banyaknya kapal yang melakukan bongkar muat dan berlayar di lautan membuat emisi akibat kendaraan laut meningkat. Menurut *Fourth IMO GHG Study* (IMO, 2020), emisi kendaraan laut termasuk karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitrogen oksida (N₂O) yang dinyatakan dalam CO₂e adalah sebesar 1076 juta ton pada tahun 2018, mengalami peningkatan sebesar 9,6% dari tahun 2012 yang nilainya sebesar 977

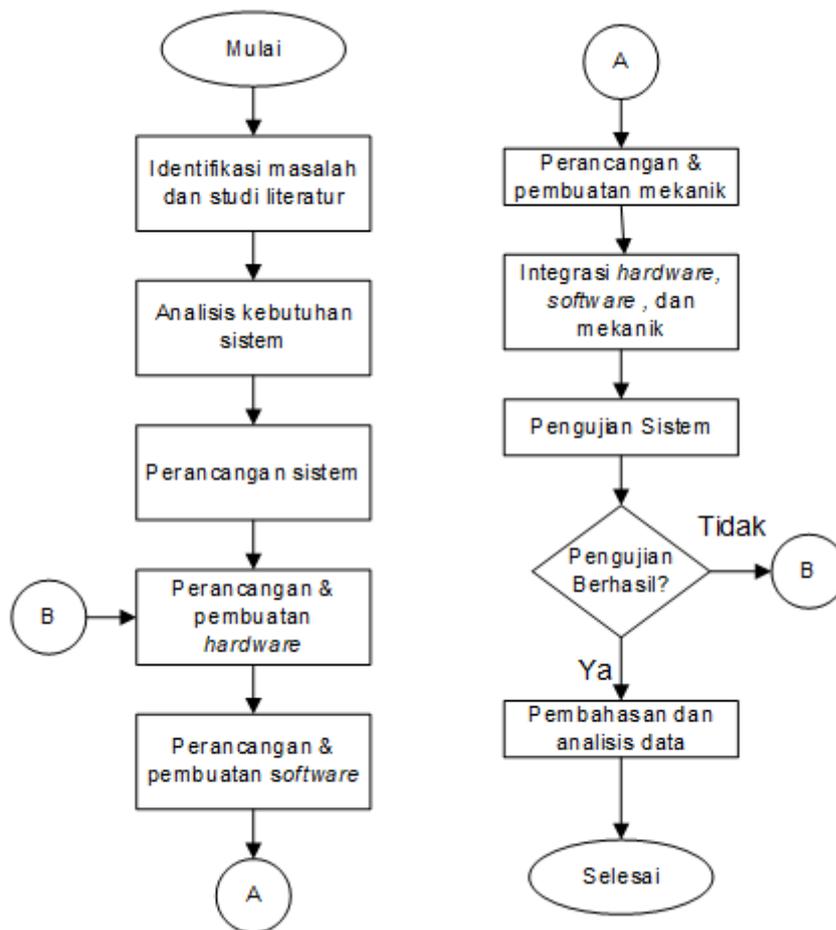
juta ton. Salah satu cara untuk menyuplai energi listrik pada kapal tanpa emisi adalah *shore connection* atau penyuplaian energi dari darat menuju kapal ketika kapal sandar. Penggunaan *shore connection* ini cukup membantu mengurangi emisi gas hasil pembakaran kapal dikarenakan pada saat *shore connection* mesin kapal dalam kondisi mati.

Sistem *shore connection* ini harus memberikan daya yang berkualitas dan proteksi yang aman. Tenaga listrik yang mengalami penurunan dan kenaikan tegangan menjadi salah satu permasalahan yang terjadi pada *shore connection*. Selain itu permasalahan lain seperti kegagalan sistem *grounding* yang mengakibatkan adanya tegangan pada badan kapal sehingga menjadi potensi *hazard* di lapangan kerja.

Permasalahan yang mengakibatkan menurunnya kualitas daya listrik perlu dianalisis dan selanjutnya dilakukan perbaikan daya listrik. Proteksi daya akibat kegagalan daya listrik harus dilakukan agar tidak merusak peralatan pada kapal sekaligus mengurangi resiko *hazard* pada saat jam kerja. Oleh karena itu diperlukan pengenalan jenis gangguan tegangan pada *shore connection*, gangguan tegangan yang diteliti adalah dua jenis gangguan yaitu *short duration rms variation* meliputi *sag*, *swell*, dan *interruption voltage*. Gangguan *long duration rms variation* meliputi *sustained interruption*, *under-voltage*, dan *over-voltage*. Proteksi yang diteliti adalah proteksi terhadap tegangan *over/under*, proteksi gagal fasa, dan proteksi gagal pentanahan.

METODE PENELITIAN

Diagram alur penelitian ditunjukkan pada gambar 1. Tahapannya dimulai dengan identifikasi masalah dan studi literatur. Analisis kebutuhan sistem terkait penggunaan masukan, keluaran, pengendali, dan perangkat elektronik lain yang menunjang. Kemudian pembuatan desain dan perancangan sistem serta perancangan dan pembuatan *software*, *hardware* dan mekanik. Kemudian integrasi *hardware*, *software*, dan mekanik yang dilanjutkan pengujian sistem. Setelah itu, dilakukan pengujian alat terkait keberhasilan atau tidak. Jika berhasil maka dilanjutkan analisis data dan pembahasan. Jika tidak berhasil maka kembali lagi dengan dilakukannya perancangan dan pembuatan *hardware*.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

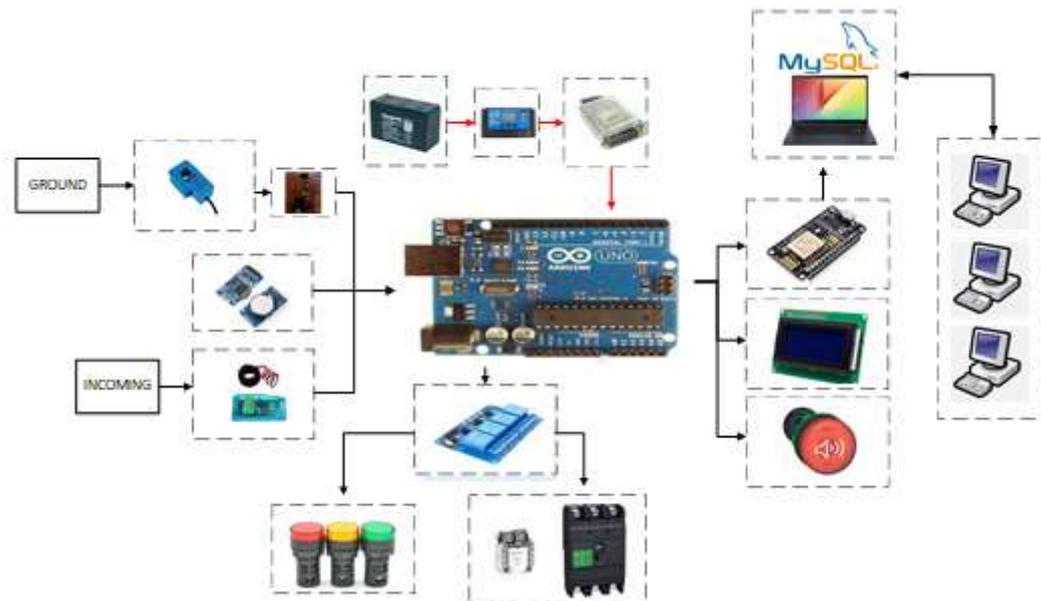
a. Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem penelitian ini memiliki masukan dari tiga sensor yaitu PZEM 004T, SCT013, dan RTC. Metode pengenalan jenis gangguan yang digunakan adalah *decision tree*. Keluaran berupa pengenalan jenis gangguan tegangan yang disajikan dalam layar monitor dan *relay* sebagai pengaman. Kendali yang digunakan adalah UVT yang ditrigger oleh *relay* modul empat *channel*. Data sensor dan RTC akan dikirim ke database lokal yaitu MySQL.

b. Perancangan dan pembuatan *hardware*

Gambar 2 menunjukkan perancangan dan pembuatan *hardware*. Pada bagian ini terdiri dari susunan perangkat elektronik yang membentuk *hardware shore connection*. Sensor PZEM digunakan untuk mengukur tegangan listrik, SCT013 untuk mengukur arus listrik, dan RTC untuk mengukur waktu. *Relay* sebagai *output* pengaman terdiri dari *over-voltage relay*, *under-voltage relay*, *ground fault relay*, dan *phase failure relay*.

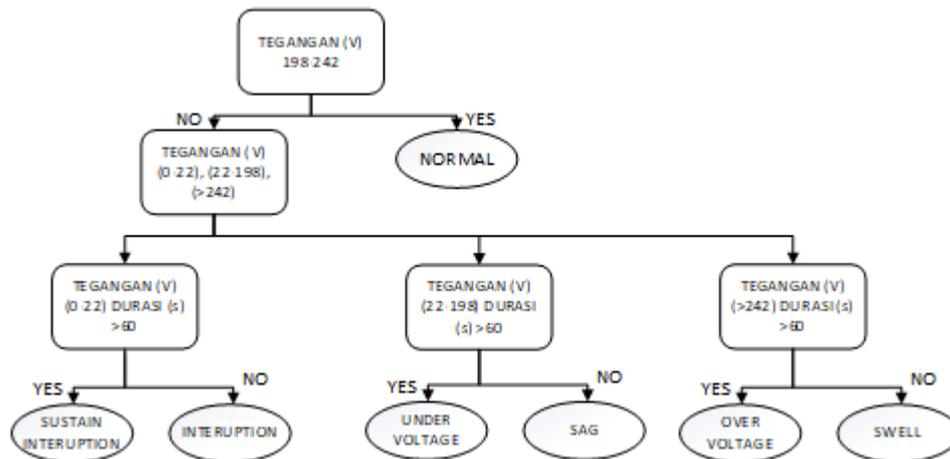
Selain itu *output* lainnya adalah *Realtime Monitoring* berbasis Web yang dihubungkan dengan ESP8266, Led indikator, Buzzer, dan data yang dimasukkan kedalam database MySQL juga ditampilkan pada LED 20x4 (waktu, tegangan L-N, arus, kondisi). Aktuator *relay* akan terhubung dengan *Under Voltage Trip* (UVT) atau Shunt Trip yang akan dipasang built in pada MCCB panel *Shore connection*.



Gambar 2. Perancangan *hardware*

c. Perancangan dan pembuatan *software*

Perancangan dan pembuatan *software* meliputi pemrograman Arduino IDE dan interface realtime berbasis WEB. Penyimpanan data ke dalam MySQL dengan XAMPP dan VSCode. *User interface* akan ditampilkan melalui WEB dengan tampilan yang akan dirancang sesuai kebutuhan data yang akan dimuat. Pada program arduino terdapat metode pengenalan jenis gangguan tegangan menggunakan *decision tree*. Masukan metode meliputi besaran tegangan dan waktu pembacaan tegangan. Sedangkan keluaran meliputi tujuh kondisi yaitu normal, sustain interruption, interruption, *under voltage*, *sag*, *over voltage*, dan *swell*. Gambar 3 menunjukkan perancangan *decision tree* pada proses pengenalan jenis gangguan.



Gambar 3. Perancangan *decision tree*

Apabila tegangan bernilai 198-242 V maka disebut tegangan normal. Apabila tegangan bernilai 0-22 V dan durasi <60 s maka disebut tegangan interruption. Apabila tegangan bernilai 0-22 V dan durasi >60 s maka disebut tegangan sustain interruption. Apabila tegangan bernilai 22-198 V dan durasi <60 s maka disebut tegangan sag. Apabila tegangan bernilai 22-198 V dan durasi >60 s maka disebut tegangan *under voltage*. Apabila tegangan bernilai >242 V dan durasi <60 s maka disebut tegangan *swell*. Apabila tegangan bernilai >242 V dan durasi >60 s maka disebut tegangan *over voltage*.

d. Perancangan dan pembuatan mekanik



Gambar 4. Posisi penempatan komponen elektronik

Gambar 4 menunjukkan posisi penempatan peralatan elektronik pada panel kontrol. Pada tahap perancangan dan pembuatan mekanik, mula-mula membuat rancangan panel menggunakan *software* autocad. Kemudian dilakukan pengukuran dan perhitungan dimensi komponen yang dibutuhkan. Komponen listrik seperti MCCB, CT, MCB, *Fuse*, Pilotlamp, dan komponen kontrol lainnya ditempatkan pada panel kontrol. Kemudian diwiring pada cable duct.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan beberapa macam pengujian terhadap sistem *shore connection* yaitu pengujian metode *decision tree* untuk mengetahui kualitas tegangan atau pengenalan jenis gangguan tegangan, pengujian kegagalan fasa untuk menguji sistem proteksi, dan pengujian kegagalan pentanahan untuk menguji sistem proteksi.

a. Pengujian Metode

Pengujian metode *decision tree* dilakukan dengan menggunakan regulator catu daya tiga fasa yang memiliki variabel kontrol berupa tegangan. Kualitas tegangan yang diberikan *shore connection* harus memiliki kondisi normal atau tegangan 198-242 volt pada setiap fasa. Hasil pengujian metode ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1
Pengujian Metode *Decision tree*

| No | Tegangan 3 fasa | | | Waktu (S) | Kondisi |
|----|-----------------|--------|--------|-----------|------------------------------|
| | V1 (V) | V2 (V) | V3 (V) | | |
| 1 | 218 | 219 | 222 | 0 | Normal |
| 2 | 182 | 186,1 | 188,3 | 31 | <i>Sag</i> |
| 3 | 184,1 | 185,3 | 187 | 57 | <i>Sag</i> |
| 4 | 183 | 184,5 | 186 | 62 | <i>Undervoltage</i> |
| 5 | 222,3 | 225,1 | 228 | 0 | Normal |
| 6 | 244,5 | 248,7 | 252 | 24 | <i>Swell</i> |
| 7 | 244,7 | 248,2 | 252,3 | 66 | <i>Overvoltage</i> |
| 8 | 218,4 | 220 | 221,6 | 0 | Normal |
| 9 | 218,1 | 220,3 | 4,65 | 40 | <i>Interruption</i> |
| 10 | 218,7 | 220,5 | 4,7 | 80 | <i>Sustain- Interruption</i> |

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan memberikan variasi tegangan pada setiap fasa dan pembacaan waktu. Kemampuan *decision tree* dalam mengenali jenis

gangguan tegangan sesuai dengan perencanaan. Ketika kondisi menunjukkan gangguan dan kondisi normal, LCD pada panel kontrol menunjukkan keterangan kondisi tersebut.

b. Pengujian Kegagalan Fasa

Pengujian kegagalan fasa dilakukan dengan menghilangkan salah satu tegangan pada fasa R/S/T atau dua fasa sekaligus untuk mengetahui kemampuan *relay* interupsi dalam memutus suply tegangan ke beban. Hasil pengujian kegagalan fasa ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2
Pengujian Kegagalan Fasa

| No | Tegangan | | | Respon <i>Relay</i> Interupsi | Keterangan |
|----|----------|--------|--------|-------------------------------------|--------------------|
| | V1 (V) | V2 (V) | V3 (V) | | |
| 1 | 224 | 226,4 | 227,8 | <i>LOW</i> | Tidak memutus arus |
| 2 | 223,4 | 0,7 | 229,7 | <i>HIGH</i> | Memutus arus |
| 3 | 0,6 | 0,3 | 203,8 | <i>HIGH</i> | Memutus arus |
| 4 | 1,5 | 210,1 | 215,1 | <i>HIGH</i> | Memutus arus |

Pada pengujian pertama, tegangan pada fasa RST normal sehingga *relay* interupsi bernilai *LOW* atau tidak memutus arus. Pada pengujian kedua, ketiga, dan keempat, salah satu fasa mengalami pemutusan tegangan dari sumber menuju beban sehingga *relay* interupsi bernilai *HIGH* atau memutus arus.

c. Pengujian Kegagalan Pentanahan

Pada pengujian kegagalan pentanahan, perhitungan arus bumi sesuai referensi adalah 10% dari ICT. Pada panel menggunakan arus maksimum ICT 400A sehingga arus saat terjadi gangguan pentanahan adalah 40A. Pada pengujian ini jaringan netral memiliki arus sehingga arus tersebut dapat diketahui nilainya. Hasil pengujian kegagalan pentanahan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3
Pengujian Kegagalan Pentanahan

| No | <i>I Ground</i> (A) | <i>Setpoint</i> Trip (A) | Respon <i>Relay</i> Pentanahan | Waktu Respon (S) |
|----|------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| 1 | 2,7 | 2,5 | <i>HIGH</i> | 0,3 |
| 2 | 2,63 | 2,5 | <i>HIGH</i> | 0,33 |
| 3 | 2,7 | 2,5 | <i>HIGH</i> | 0,4 |
| 4 | 2,65 | 2,5 | <i>HIGH</i> | 0,54 |
| 5 | 2,68 | 2,5 | <i>HIGH</i> | 0,44 |

Setpoint arus sebagai batas aman pada arus pentanahan adalah sebesar 2,5 A dikarenakan arus maksimal beban adalah 2,7 A. Beban yang digunakan adalah 9 bola lampu (100W, 60W, dan 40W) masing-masing tiga buah. Hasil pembacaan arus pada fasa netral memiliki nilai lebih dari 2,5 A sehingga *relay* pentanahan bernilai *HIGH* atau memutus arus. Waktu dalam memutus arus sangat cepat yaitu 0,3 detik pada pengujian pertama dan 0,54 detik pada pengujian keempat.

SIMPULAN

Alat proteksi dan pendeteksi gangguan tegangan dengan *decision tree* mampu mengenali jenis gangguan tegangan yang meliputi *sustain interruption*, *interruption*, *under voltage*, *sag*, *over voltage*, dan *swell* sesuai perancangan. Pada pengujian kegagalan fasa, *relay* mampu memutus seluruh arus ke beban saat terjadi pemutusan salah satu fasa atau dua fasa. Pada pengujian kegagalan pentanahan, *relay* mampu memutus arus dalam waktu 0,3 detik saat arus *ground* 2,7 A dan waktu 0,54 detik saat arus *ground* 2,65 A.

DAFTAR PUSTAKA

- Pribadi, Agung. (2020). *Hingga Juni 2020, Kapasitas Pembangkit di Indonesia 71 GW*. Retrieved from <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/hingga-juni-2020-kapasitas-pembangkit-di-indonesia-71-gw>.
- IMO. (2020). *Fourth IMO Greenhouse Gas Study*. Published in 2021 by the INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION 4 Albert Embankment, London SE1 7SR.
- BPS. (2019). *Statistik Transportasi Laut*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Transmission and Distribution Commite. (2009). *Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality IEEE std. 1159-2009* : IEEE.
- Putra, A. P. (2016). *Perencanaan Shore Power Connection pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Untuk Mewujudkan Pelabuhan Hijau (Greenport)*. Tugas Akhir: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aryaguna, A. A., Anggriawan, D. O. & Suhariningsih (2021). *Identifikasi Jenis Gangguan Pada Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Artificial Neural Network*. Vol. 3 No.1. p 27-35.