

Perancangan Keputusan *Cut Off* Baterai ROV menggunakan Metode *Decision Tree*

Talitha Amalia Zhafirah¹, Agus Khumaidi², Zindhu Maulana Ahmad Putra³, Dwi Sasmita Aji Pambudi⁴, Ryan Yudha Adhitya⁵, Didik Sukoco⁶

e-mail: ¹talithaamalia@student.ppns.ac.id, ²aguskhumaidi@ppns.ac.id, ³zindhu@ppns.ac.id,
⁴dwi.sasmita@ppns.ac.id, ⁵ryanyudhadhitya@ppns.ac.id, ⁶didikskc@ppns.ac.id

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, Sukolilo, Surabaya, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 15 Mei 2024

Direvisi 27 Mei 2024

Diterbitkan 31 Mei 2024

Kata kunci:

ROV

sensor INA219

Decision Tree

ABSTRAK

Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi transportasi bawah air telah berkembang pesat, ditandai dengan munculnya berbagai jenis kendaraan bawah air yang semakin canggih, termasuk *Remotely Operated Vehicle* (ROV). ROV menggunakan baterai sebagai sumber energi karena sifatnya yang portabel dan efisien. Baterai ROV memerlukan sistem proteksi bayerai yang efisien untuk mencegah kerusakan serta memperpanjang masa pakai baterai. Dengan ini, metode decision tree diterapkan dalam perancangan keputusan cut off baterai ROV. Pengambilan keputusan ditentukan oleh nilai arus dan tegangan yang dibaca oleh sensor INA219. Dalam decision tree, nilai gain terbesar dijadikan node utama atau root node. Dalam penelitian ini nilai gain yang diperoleh sama besar akibat dataset yang seimbang, data pertama dengan nilai gain -12.56 dipilih sebagai root node berdasarkan prinsip Occam's Razor untuk kesederhanaan. Sehingga nilai dari sensor 1 akan dijadikan node utama atau *root node*. Perancangan keputusan cut off baterai ROV menggunakan metode decision tree memberikan hasil yang efektif dan efisien dalam pengendalian daya baterai ROV.

ABSTRACT

In recent decades, underwater transportation technology has developed rapidly, marked by the emergence of various types of increasingly sophisticated underwater vehicles, including Remotely Operated Vehicles (ROVs). ROVs use batteries as an energy source because of their portable and efficient nature. ROV batteries require an efficient battery protection system to prevent damage and extend battery life. With this, the decision tree method is applied in designing the ROV battery cut-off decision. Decision making is determined by the current and voltage values read by the INA219 sensor. In the decision tree, the largest gain value is used as the main node or root node. In this study, the gain value obtained was the same due to the balanced dataset, the first data with a gain value of -12.56 was chosen as the root node based on the Occam's Razor principle for simplicity. So that the value of sensor 1 will be used as the main node or root node. Designing the ROV battery cut-off decision using the decision tree method provides effective and efficient results in controlling ROV battery power.

Penulis Korespondensi:

Talitha Amalia Zhafirah

Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Sukolilo, Surabaya, Indonesia, 60111.

Email: talithaamalia@student.ppns.ac.id

Nomor HP/WA aktif: +62 813-5731-4690



1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi transportasi bawah air telah mengalami perkembangan yang pesat[1]. Hal ini ditandai dengan kemunculan berbagai jenis kendaraan bawah air yang semakin canggih, seperti *Remotely Operated Vehicle* (ROV). ROV adalah kendaraan yang dikendalikan dari jarak jauh dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk eksplorasi laut dalam, investigasi ilmiah, serta pemeliharaan dan perbaikan infrastruktur bawah air[2]. Kemajuan ini tidak terlepas dari penerapan teknologi tinggi, seperti navigasi otomatis dan sistem komunikasi yang terintegrasi.

ROV menggunakan baterai sebagai sumber energinya karena sifat baterai yang portabel, memungkinkan penggunaannya di lingkungan yang sulit dijangkau oleh kabel listrik konvensional. Jenis baterai yang sering digunakan adalah *lithium-ion* karena keunggulannya dalam hal efisiensi energi, densitas daya tinggi, tidak adanya efek memori, dan masa pakai yang relatif lama. Namun, baterai *lithium-ion* juga memiliki kelemahan, yaitu rentan terhadap kondisi overcharge dan overheat yang dapat menyebabkan kerusakan atau bahkan kebakaran[3].

Untuk meningkatkan efisiensi pada sistem proteksi baterai, maka metode *decision tree* diterapkan dalam perancangan keputusan *cut off*. Metode ini sangat cocok untuk aplikasi manajemen energi baterai karena kemampuannya dalam mengeliminasi data yang tidak relevan dan memecah masalah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, sehingga memudahkan dalam pengambilan keputusan yang tepat[4].

Manfaat utama dari penggunaan *decision tree* pada sistem *cut-off* otomatis adalah kemampuannya untuk memecah proses pengambilan keputusan yang kompleks menjadi lebih sederhana dan terstruktur[5]. *Decision tree* bekerja dengan cara mengeliminasi data yang tidak relevan dan memecah masalah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, sehingga memudahkan dalam pengambilan keputusan yang tepat[6].

Dengan menggunakan *decision tree*, mikrokontroler yang mengendalikan sistem proteksi baterai dapat memantau berbagai parameter secara *real-time* dan melakukan evaluasi cepat untuk menentukan kondisi baterai. Jika terdeteksi kondisi yang berisiko, seperti *overcharge* atau *overheating*, sistem akan secara otomatis memutuskan aliran listrik untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keamanan dan umur pakai baterai, tetapi juga memastikan operasi ROV tetap efisien dan andal di lingkungan bawah air yang menantang[7].

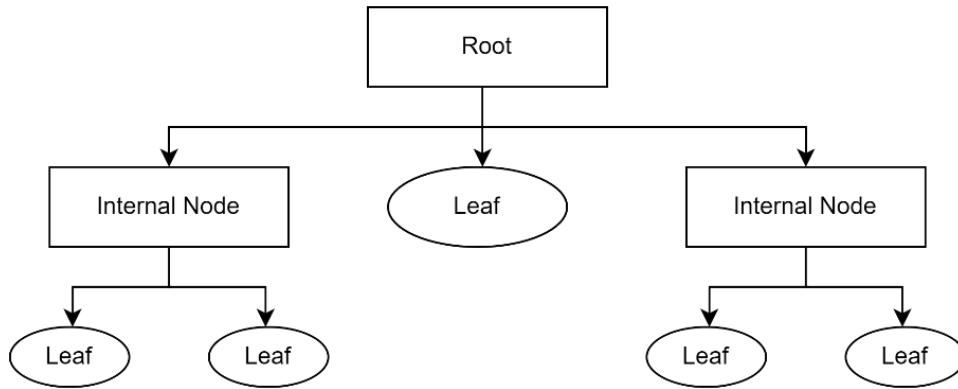
Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan keamanan dan efisiensi operasional ROV. Sistem ini tidak hanya melindungi baterai dari kerusakan tetapi juga memperpanjang masa pakainya, sehingga mendukung operasi ROV yang lebih andal dan aman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mendeteksi dan mencegah masalah pada baterai, mengurangi risiko kerusakan, dan memperpanjang masa pakai baterai, yang pada akhirnya meningkatkan kinerja dan keselamatan operasional ROV.

2. METODE PENELITIAN

2.1 *Decision Tree*

Decision tree atau pohon keputusan adalah diagram berbentuk pohon, dimana melalui serangkaian klasifikasi kumpulan data dipecah menjadi beberapa subset[8]. Sebuah model *decision tree* (pohon keputusan) terdiri dari sekelompok aturan yang digunakan untuk mempartisi suatu populasi besar menjadi kelompok yang lebih kecil, dengan mempertimbangkan variabel tujuan tertentu. Pada umumnya, variabel tujuan ini dikategorikan dalam model pohon keputusan dengan lebih menekankan pada probabilitas setiap catatan terhadap kategori tersebut, sehingga dapat mengklasifikasikan catatan tersebut dengan menempatkannya dalam satu kelas pada pohon keputusan. *Decision Tree* dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1: Decision Tree

Pada penelitian ini, algoritma yang digunakan pada adalah algoritma C4.5 dimana pada algoritma ini kita perlu mendapatkan nilai *entropy* dan *gain* untuk menentukan pohon keputusan[9]. Adapun rumus untuk mencari nilai *entropy* dan *gain* adalah sebagai berikut

$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^n -p_i \log_2(p_i) \tag{1}$$

Dimana :

- S : Himpunan kasus
- n : Jumlah partisi atribut S
- p_i : Jumlah proporsi dari total atribut (S_i) terhadap total keseluruhan (S)

$$Gain(S,A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * Entropy(S_i)$$

(2)

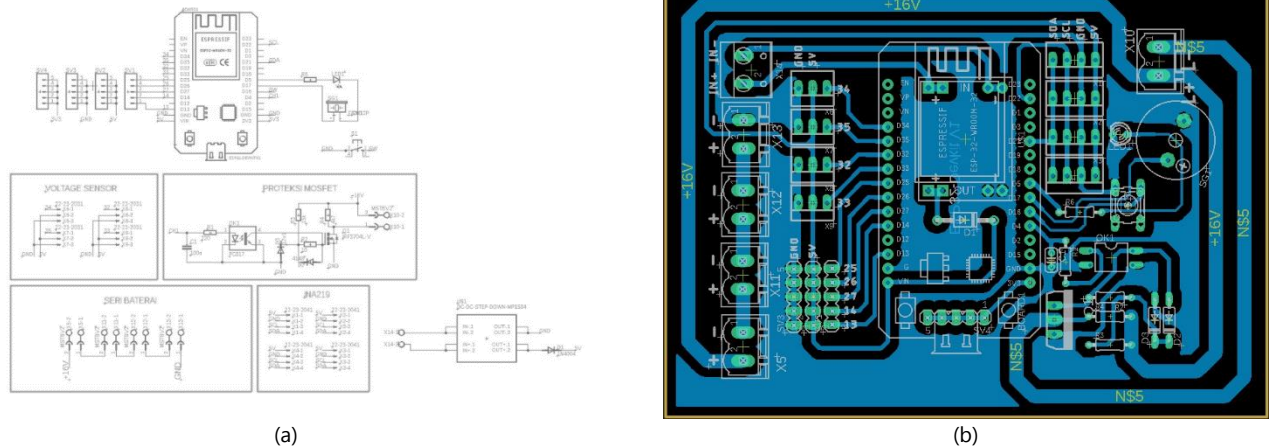
Dimana :

- S : Himpunan kasus
- A : Atribut
- n : Jumlah partisi atribut A
- $|S_i|$: Jumlah kasus pada partisi ke-i
- $|S|$: Jumlah kasus dalam S

2.1 Sistem Cut Off

Sistem cut off pada penelitian ini menggunakan optocoupler PC817 dan mosfet IRF3205 untuk mengendalikan aliran daya pada robot. Proses ini melibatkan beberapa komponen yaitu sensor INA219 untuk mengukur arus dan tegangan baterai, serta ESP32 yang bertindak sebagai kontrol utama. ESP32 mengolah data nilai arus dan tegangan untuk memutuskan kapan harus mengaktifkan sistem cut off. Ketika ESP32 memberikan sinyal kontrol untuk mengaktifkan LED pada optocoupler, cahaya yang dihasilkan akan menyalakan fototransistor di dalam optocoupler. Selanjutnya, arus yang mengalir melalui fototransistor digunakan untuk memicu gate mosfet IRF3205 melalui sebuah resistor pull-up[10]. Hal ini memungkinkan mosfet untuk mengaktifkan atau menonaktifkan beban yang terhubung sesuai dengan perintah ESP32. Desain skematik dan hasil *routing* PCB *mainboard* sistem *cut off* diperlihatkan dalam Gambar 2.





Gambar 2: (a) Skematik PCB mainboard sistem *cut off*, (b) Visual Routing PCB *mainboard* sistem *cut off*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Dataset Pengambilan Keputusan

Dalam hal ini dataset digunakan untuk mengetahui kemungkinan kondisi baterai ROV yang selanjutnya dicari nilai entropy dan gain pada semua kemungkinan untuk dijadikan sebuah pohon keputusan. Pada penelitian ini terdapat dua kondisi yaitu *charge* dan *discharge* yang akan menggunakan metode *decision tree* dalam pengambilan keputusannya. Kemungkinan kondisi yang terjadi pada saat baterai dalam keadaan *charge* ditunjukkan pada Tabel I. dan keadaan *discharge* pada Tabel II.

TABEL I : Kemungkinan Kondisi Baterai dalam Keadaan Charge

| No. | Sensor Arus dan Tegangan 1 | Sensor Arus dan Tegangan 2 | Sensor Arus dan Tegangan 3 | Sensor Arus dan Tegangan 4 | Keputusan |
|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|
| 1 | Penuh | Penuh | Penuh | Penuh | <i>Cut Off</i> |
| 2 | Penuh | Penuh | Penuh | Belum Penuh | <i>Charge</i> |
| 3 | Penuh | Penuh | Belum Penuh | Penuh | <i>Charge</i> |
| 4 | Penuh | Penuh | Belum Penuh | Belum Penuh | <i>Charge</i> |
| 5 | Penuh | Belum Penuh | Penuh | Penuh | <i>Charge</i> |
| 6 | Penuh | Belum Penuh | Penuh | Belum Penuh | <i>Charge</i> |
| 7 | Penuh | Belum Penuh | Belum Penuh | Penuh | <i>Charge</i> |
| 8 | Penuh | Belum Penuh | Belum Penuh | Belum Penuh | <i>Charge</i> |
| 9 | Belum Penuh | Penuh | Penuh | Penuh | <i>Charge</i> |
| 10 | Belum Penuh | Penuh | Penuh | Belum Penuh | <i>Charge</i> |
| 11 | Belum Penuh | Penuh | Belum Penuh | Penuh | <i>Charge</i> |
| 12 | Belum Penuh | Penuh | Belum Penuh | Belum Penuh | <i>Charge</i> |
| 13 | Belum Penuh | Belum Penuh | Penuh | Penuh | <i>Charge</i> |
| 14 | Belum Penuh | Belum Penuh | Penuh | Belum Penuh | <i>Charge</i> |
| 15 | Belum Penuh | Belum Penuh | Belum Penuh | Penuh | <i>Charge</i> |
| 16 | Belum Penuh | Belum Penuh | Belum Penuh | Belum Penuh | <i>Charge</i> |



TABEL II : Kemungkinan Kondisi Baterai dalam Keadaan Discharge

| No | Sensor Arus dan Tegangan 1 | Sensor Arus dan Tegangan 2 | Sensor Arus dan Tegangan 3 | Sensor Arus dan Tegangan 4 | Keputusan |
|----|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------|
| 1 | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | Connect |
| 2 | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | Cut Off |
| 3 | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | Cut Off |
| 4 | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | Cut Off |
| 5 | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | Cut Off |
| 6 | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | Cut Off |
| 7 | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | Cut Off |
| 8 | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | Cut Off |
| 9 | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | Cut Off |
| 10 | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | Cut Off |
| 11 | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | Cut Off |
| 12 | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | Cut Off |
| 13 | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | Cut Off |
| 14 | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | Cut Off |
| 15 | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | Cut Off |
| 16 | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | Cut Off |

3.2 Hasil Perhitungan Entropy dan Gain

Setelah mendapatkan dataset dari pengambilan keputusan dalam keadaan *charge* dan *discharge*, maka tahap selanjutnya yaitu menghitung *entropy* dan *gain* untuk dijadikan pohon keputusan.

- a. Perhitungan keadaan charge

TABEL III : Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node 1 Charge

| | Jumlah Kasus | Charge | Cut Off | Entropy | Gain |
|-----------------------------------|--------------|--------|---------|---------|--------|
| TOTAL | 16 | 15 | 1 | 0.34 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 1 | | | | | -12.56 |
| Penuh | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| Belum Penuh | 8 | 8 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 2 | | | | | -12.56 |
| Penuh | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| Belum Penuh | 8 | 8 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 3 | | | | | -12.56 |
| Penuh | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| Belum Penuh | 8 | 8 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 4 | | | | | -12.56 |
| Penuh | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| Belum Penuh | 8 | 8 | 0 | 0.00 | |

Hasil nilai *gain* terbesar akan dijadikan *node* utama atau *root node*. Dalam penelitian ini, nilai *gain* yang diperoleh memiliki besaran yang sama, yang diakibatkan oleh dataset yang seimbang. Oleh karena itu, penulis memutuskan untuk mengambil data pertama sebagai *node* utama atau *root node*. Pemilihan ini didasarkan pada prinsip bahwa ketika dua atau lebih nilai *gain* memiliki nilai yang identik, penggunaan data pertama sebagai *node* utama adalah metode yang sederhana dan langsung. Prinsip ini juga sesuai dengan prinsip Occam's Razor, yang menyatakan bahwa di antara beberapa hipotesis yang sama-sama dapat menjelaskan data, hipotesis yang paling sederhana harus dipilih [11]



Data pertama yang dijadikan sebagai *node* utama yaitu Sensor Arus dan Tegangan 1. Dan untuk mendapatkan *node* berikutnya kita perlu melihat nilai *entropy* dari atribut penuh dan belum penuh. Karena hasil *entropy* dari atribut belum penuh adalah 0, maka perhitungan selesai dan keputusan diambil. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan pada atribut penuh untuk menentukan *node* selanjutnya. Perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV : Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node 2.1 Charge

| | Jumlah Kasus | CHARGE | CUT OFF | Entropy | Gain |
|---|--------------|--------|---------|---------|-------|
| Sensor Arus dan Tegangan 1 Penuh | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 2 | | | | | -5.43 |
| Penuh | 4 | 3 | 1 | 0.81 | |
| Belum Penuh | 4 | 4 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 3 | | | | | -5.43 |
| Penuh | 4 | 3 | 1 | 0.81 | |
| Belum Penuh | 4 | 4 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 4 | | | | | -5.43 |
| Penuh | 4 | 3 | 1 | 0.81 | |
| Belum Penuh | 4 | 4 | 0 | 0.00 | |

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel IV masih didapatkan nilai gain yang memiliki besaran yang sama. Oleh karena itu *node* selanjutnya untuk pohon keputusan adalah Sensor Arus dan Tegangan 2. Karena hasil *entropy* dari atribut belum penuh adalah 0, maka perhitungan selesai dan keputusan diambil. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan pada atribut penuh untuk menentukan *node* selanjutnya. Perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V : Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node 3.1 Charge

| | Jumlah Kasus | CHARGE | CUT OFF | Entropy | Gain |
|---|--------------|--------|---------|---------|-------|
| Sensor Arus dan Tegangan 1 dan 2 Penuh | 4 | 3 | 1 | 0.81 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 3 | | | | | -1.65 |
| Penuh | 2 | 1 | 1 | 1.00 | |
| Belum Penuh | 2 | 2 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 4 | | | | | -1.65 |
| Penuh | 2 | 1 | 1 | 1.00 | |
| Belum Penuh | 2 | 2 | 0 | 0.00 | |

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel V masih didapatkan nilai *gain* yang memiliki besaran yang sama. Oleh karena itu *node* selanjutnya untuk pohon keputusan adalah Sensor Arus dan Tegangan 3. Karena hasil *entropy* dari atribut belum penuh adalah 0, maka perhitungan selesai dan keputusan diambil. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan pada atribut penuh untuk menentukan *node* selanjutnya. Perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel VI.

TABEL VI : Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node 4.1 Charge

| | Jumlah Kasus | CHARGE | CUT OFF | Entropy | Gain |
|--|--------------|--------|---------|---------|------|
| Sensor Arus dan Tegangan 1, 2 dan 3 Penuh | 2 | 1 | 1 | 1.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 4 | | | | | 1.00 |
| Penuh | 1 | 0 | 1 | 0.00 | |
| Belum Penuh | 1 | 1 | 0 | 0.00 | |

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel VI hasil *entropy* dari kedua atribut adalah 0, maka perhitungan selesai dan keputusan diambil. Berikut adalah salah satu contoh perhitungan manual pada nilai *entropy* dan *gain*:
Entropy:



$$\text{Entropy Total} = \left(\frac{-15}{16} * 2\log \frac{15}{16}\right) + \left(\frac{-1}{16} * 2\log \frac{1}{16}\right) = 0.34$$

Sensor Arus dan tegangan 1:

$$\text{Entropy Sensor Penuh} = \left(\frac{-7}{8} * 2\log \frac{7}{8}\right) + \left(\frac{-1}{8} * 2\log \frac{1}{8}\right) = 0.54$$

$$\text{Entropy Sensor Belum Penuh} = \left(\frac{-8}{8} * 2\log \frac{8}{8}\right) + \left(\frac{-0}{8} * 2\log \frac{0}{8}\right) = 0$$

$$\text{Gain Sensor Arus dan Tegangan 1} = 0.34 - \left(\left(\frac{8}{16} * 0.54\right) + \left(\frac{8}{16} * 0\right)\right) = -12.56$$

Sensor Arus dan tegangan 2:

$$\text{Entropy Sensor Penuh} = \left(\frac{-7}{8} * 2\log \frac{7}{8}\right) + \left(\frac{-1}{8} * 2\log \frac{1}{8}\right) = 0.54$$

$$\text{Entropy Sensor Belum Penuh} = \left(\frac{-8}{8} * 2\log \frac{8}{8}\right) + \left(\frac{-0}{8} * 2\log \frac{0}{8}\right) = 0$$

$$\text{Gain Sensor Arus dan Tegangan 2} = 0.34 - \left(\left(\frac{8}{16} * 0.54\right) + \left(\frac{8}{16} * 0\right)\right) = -12.56$$

Sensor Arus dan tegangan 3:

$$\text{Entropy Sensor Penuh} = \left(\frac{-7}{8} * 2\log \frac{7}{8}\right) + \left(\frac{-1}{8} * 2\log \frac{1}{8}\right) = 0.54$$

$$\text{Entropy Sensor Belum Penuh} = \left(\frac{-8}{8} * 2\log \frac{8}{8}\right) + \left(\frac{-0}{8} * 2\log \frac{0}{8}\right) = 0$$

$$\text{Gain Sensor Arus dan Tegangan 3} = 0.34 - \left(\left(\frac{8}{16} * 0.54\right) + \left(\frac{8}{16} * 0\right)\right) = -12.56$$

Sensor Arus dan tegangan 4:

$$\text{Entropy Sensor Penuh} = \left(\frac{-7}{8} * 2\log \frac{7}{8}\right) + \left(\frac{-1}{8} * 2\log \frac{1}{8}\right) = 0.54$$

$$\text{Entropy Sensor Belum Penuh} = \left(\frac{-8}{8} * 2\log \frac{8}{8}\right) + \left(\frac{-0}{8} * 2\log \frac{0}{8}\right) = 0$$

$$\text{Gain Sensor Arus dan Tegangan 4} = 0.34 - \left(\left(\frac{8}{16} * 0.54\right) + \left(\frac{8}{16} * 0\right)\right) = -12.56$$

b. Perhitungan keadaan discharge

Hasil dari perhitungan dataset keadaan *discharge* Tabel tidak jauh berbeda dengan perhitungan dataset kondisi charge. Adapun hasil dari perhitungan dataset keadaan *discharge* ditunjukkan pada Tabel VII – Tabel X serta dibuktikan dengan perhitungan manual.

TABEL VII : Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node 1 Discharge

| | Jumlah Kasus | CUT OFF | CONNECT | Entropy | Gain |
|-----------------------------------|--------------|---------|---------|---------|--------|
| TOTAL | 16 | 15 | 1 | 0.34 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 1 | | | | | -12.56 |
| I ≤ 20A V > 2,8V | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| I > 20A V ≤ 2,8V | 8 | 8 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 2 | | | | | -12.56 |
| I ≤ 20A V > 2,8V | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| I > 20A V ≤ 2,8V | 8 | 8 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 3 | | | | | -12.56 |
| I ≤ 20A V > 2,8V | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| I > 20A V ≤ 2,8V | 8 | 8 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 4 | | | | | -12.56 |
| I ≤ 20A V > 2,8V | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| I > 20A V ≤ 2,8V | 8 | 8 | 0 | 0.00 | |



TABEL VIII : Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node 2.1 Discharge

| | Jumlah Kasus | CUT OFF | CONNECT | Entropy | Gain |
|---|--------------|---------|---------|---------|-----------|
| Sensor Arus dan Tegangan 1 ($I \leq 20A \parallel V > 2,8V$) | 8 | 7 | 1 | 0.54 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 2 | | | | | - 5.43 |
| $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | 4 | 3 | 1 | 0.81 | |
| $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | 4 | 4 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 3 | | | | | - 5.43 |
| $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | 4 | 3 | 1 | 0.81 | |
| $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | 4 | 4 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 4 | | | | | - 5.43 |
| $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | 4 | 3 | 1 | 0.81 | |
| $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | 4 | 4 | 0 | 0.00 | |

TABEL IX : Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node 3.1 Discharge

| | Jumlah Kasus | CUT OFF | CONNECT | Entropy | Gain |
|---|--------------|---------|---------|---------|-----------|
| Sensor Arus dan Tegangan 1 DAN 2 ($I \leq 20A \parallel V > 2,8V$) | 4 | 3 | 1 | 0.81 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 3 | | | | | - 1.65 |
| $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | 2 | 1 | 1 | 1.00 | |
| $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | 2 | 2 | 0 | 0.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 4 | | | | | - 1.65 |
| $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | 2 | 1 | 1 | 1.00 | |
| $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | 2 | 2 | 0 | 0.00 | |



TABEL X : Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node 4.1 Discharge

| | Jumlah Kasus | CUT OFF | CONNECT | Entropy | Gain |
|---|--------------|---------|---------|---------|------|
| Sensor Arus dan Tegangan 1, 2 DAN 3 (I≤20A V>2,8V) | 2 | 1 | 1 | 1.00 | |
| Sensor Arus dan Tegangan 4 | | | | | 1.00 |
| I≤20A V>2,8V | 1 | 0 | 1 | 0.00 | |
| I>20A V≤2,8V | 1 | 1 | 0 | 0.00 | |

Setelah perhitungan selesai dan keputusan dapat diambil. Berikut adalah salah satu contoh perhitungan manual pada nilai entropy dan gain:

Entropy:

$$\text{Entropy Total} = \left(\frac{-15}{16} * 2\log \frac{15}{16}\right) + \left(\frac{-1}{16} * 2\log \frac{1}{16}\right) = 0.34$$

Sensor Arus dan tegangan 1:

$$\text{Entropy Sensor } I \leq 20A \parallel V > 2,8V = \left(\frac{-7}{8} * 2\log \frac{7}{8}\right) + \left(\frac{-1}{8} * 2\log \frac{1}{8}\right) = 0.54$$

$$\text{Entropy Sensor } I > 20A \parallel V \leq 2,8V = \left(\frac{-8}{8} * 2\log \frac{8}{8}\right) + \left(\frac{-0}{8} * 2\log \frac{0}{8}\right) = 0$$

$$\text{Gain Sensor Arus dan Tegangan 1} = 0.34 - \left(\left(\frac{8}{16} * 0.54\right) + \left(\frac{8}{16} * 0\right)\right) = -12.56$$

Sensor Arus dan tegangan 2:

$$\text{Entropy Sensor } I \leq 20A \parallel V > 2,8V = \left(\frac{-7}{8} * 2\log \frac{7}{8}\right) + \left(\frac{-1}{8} * 2\log \frac{1}{8}\right) = 0.54$$

$$\text{Entropy Sensor } I > 20A \parallel V \leq 2,8V = \left(\frac{-8}{8} * 2\log \frac{8}{8}\right) + \left(\frac{-0}{8} * 2\log \frac{0}{8}\right) = 0$$

$$\text{Gain Sensor Arus dan Tegangan 2} = 0.34 - \left(\left(\frac{8}{16} * 0.54\right) + \left(\frac{8}{16} * 0\right)\right) = -12.56$$

Sensor Arus dan tegangan 3:

$$\text{Entropy Sensor } I \leq 20A \parallel V > 2,8V = \left(\frac{-7}{8} * 2\log \frac{7}{8}\right) + \left(\frac{-1}{8} * 2\log \frac{1}{8}\right) = 0.54$$

$$\text{Entropy Sensor } I > 20A \parallel V \leq 2,8V = \left(\frac{-8}{8} * 2\log \frac{8}{8}\right) + \left(\frac{-0}{8} * 2\log \frac{0}{8}\right) = 0$$

$$\text{Gain Sensor Arus dan Tegangan 3} = 0.34 - \left(\left(\frac{8}{16} * 0.54\right) + \left(\frac{8}{16} * 0\right)\right) = -12.56$$

Sensor Arus dan tegangan 4:

$$\text{Entropy Sensor } I \leq 20A \parallel V > 2,8V = \left(\frac{-7}{8} * 2\log \frac{7}{8}\right) + \left(\frac{-1}{8} * 2\log \frac{1}{8}\right) = 0.54$$

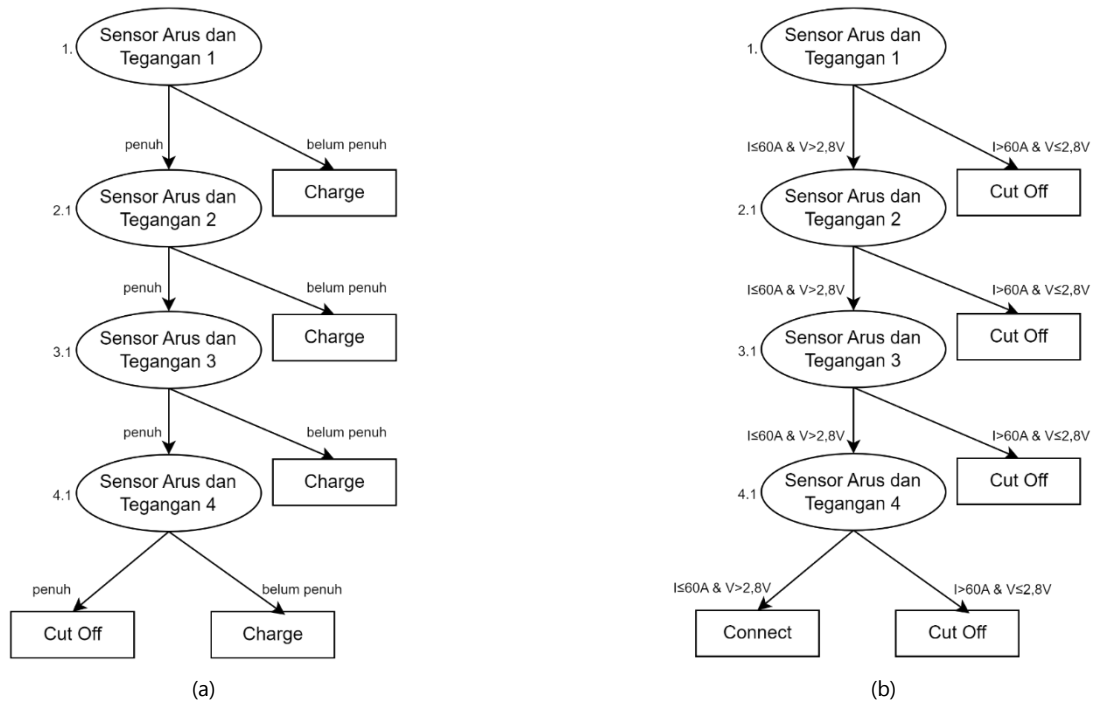
$$\text{Entropy Sensor } I > 20A \parallel V \leq 2,8V = \left(\frac{-8}{8} * 2\log \frac{8}{8}\right) + \left(\frac{-0}{8} * 2\log \frac{0}{8}\right) = 0$$

$$\text{Gain Sensor Arus dan Tegangan 4} = 0.34 - \left(\left(\frac{8}{16} * 0.54\right) + \left(\frac{8}{16} * 0\right)\right) = -12.56$$



3.3 Menentukan Pohon Keputusan

Setelah urutan node teratas hingga terendah 2 kondisi baterai didapatkan dari perhitungan pada Tabel III – Tabel X diketahui, maka akan terbentuk pohon keputusan yang akan digunakan dalam penelitian ini sebagai metode dalam menentukan keputusan sesuai dengan aturan yang sesuai dengan pohon keputusan tersebut.



Gambar 3 : (a) Pohon Keputusan kondisi Charge, (b) Pohon Keputusan kondisi Discharge

3.4 Rules Decision Tree

Setelah pohon keputusan dibuat maka langkah berikutnya yaitu mengubah data pohon keputusan atau *decision tree* menjadi aturan keputusan (*rules*). Aturan keputusan atau *rules* kondisi *charge* ditunjukkan pada Tabel XI dan kondisi *discharge* ditunjukkan pada Tabel XII

TABEL XI : Rules Decision Tree kondisi *Charge*

| Aturan | Kondisi | Keputusan |
|--------|---|----------------|
| 1 | Kapasitas baterai belum penuh seluruhnya | <i>Charge</i> |
| 2 | Kapasitas seluruh baterai dalam kondisi penuh | <i>Cut Off</i> |

TABEL XII : Rules Decision Tree kondisi *discharge*

| Aturan | Kondisi | Keputusan |
|--------|---------------------------------|----------------|
| 1 | $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ | <i>Cut Off</i> |
| 2 | $I \leq 20A \parallel V > 2,8V$ | <i>Connect</i> |





Gambar 4 : Tampilan Aplikasi Monitoring Baterai ROV

Dari dataset yang ditampilkan pada Tabel XI dan Tabel XII menunjukkan semua kemungkinan yang akan terjadi pada baterai ROV dalam kondisi charge maupun discharge. Didapatkan 2 aturan pada tiap kondisi dari proses perhitungan *entropy* dan *gain* yang digunakan sebagai acuan cut off baterai ROV dalam penelitian ini. Dapat kita lihat pada Gambar 6 yaitu tampilan dari aplikasi monitoring pada salah satu kondisi baterai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tahapan analisis dan pembahasan, secara garis besar perancangan pengambilan keputusan menggunakan metode *decision tree* didapatkan hasil yang efektif dan efisien. Hasil pada penelitian ini disimpulkan bahwa Rangkaian *cut off* dengan optocoupler PC817 dan mosfet IRF3205 efektif dalam efisiensi pengendalian daya baterai ROV. Dalam penelitian ini, nilai *gain* terbesar dijadikan *node* utama atau *root node*, dan karena nilai *gain* yang diperoleh sama besar akibat dataset yang seimbang, penulis memilih data pertama dengan nilai gain -12.56 sebagai root node berdasarkan prinsip Occam's Razor untuk kesederhanaan. Node 2.1 dari tiap kondisi adalah sensor arus dan tegangan 2 karena hasil *entropy* dan atribut dari belum penuh kondisi *charge* dan $I > 20A \parallel V \leq 2,8V$ pada kondisi *discharge* adalah 0 maka perhitungan selesai dan dapat diambil keputusan. Dari *decision tree* yang terbentuk maka dapat diambil keputusan cut off lebih efektif dan efisien

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Kristiyanti, K. Kundori, and R. Hermawati, "Membangun sumber daya manusia dan teknologi informasi sebagai dasar kejayaan maritim di Indonesia," *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim*, vol. 23, no. 2, pp. 109–122, 2023.



- [2] E. Mulyana, N. U. Adiningsih, and C. A. Fauzi, "Rancang Bangun Robot Bawah Air Menggunakan Sistem Ballast Berbasis Rov (Remotely Operated Vehicle) Dengan Frekuensi 433 Mhz," *TELKA-Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol*, vol. 2, no. 2, pp. 126–137, 2016.
- [3] N. Adelina, "RANCANG BANGUN PROTOTIPE WIRELESS BATTERY CONDITION MONITORING PADA BATERAI DI BAWAH AIR BERBASIS IOT," 2022.
- [4] M. Q. Syahputra, D. R. Akbi, and D. Risqiwati, "Deteksi Dan Mitigasi Serangan DDoS Pada Software Defined Network Menggunakan Algoritma Decision Tree," *Jurnal Repositor*, vol. 2, no. 11, 2020.
- [5] R. Pangestu and A. Solichin, "Klasifikasi Serangan Jaringan Menggunakan Metode Decision Tree Berbasis Website," in *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, 2022, pp. 614–620.
- [6] M. Maryam and H. W. Ariono, "Sistem Pakar Pengklasifikasi Stadium Kanker Serviks Berbasis Mobile Menggunakan Metode Decision Tree," *Jurnal Kajian Ilmiah*, vol. 22, no. 3, pp. 267–278, 2022.
- [7] Y. N. Hilal, P. Muliandhi, and E. N. Ardina, "Analisa Balancing Bms (Battery Management System) Pada Pengisian Baterai Lithium-Ion Tipe Inr 18650 Dengan Metode Cut Off," *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, vol. 14, no. 2, pp. 367–374, 2023.
- [8] M. Namazkhan, C. Albers, and L. Steg, "A decision tree method for explaining household gas consumption: The role of building characteristics, socio-demographic variables, psychological factors and household behaviour," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 119, p. 109542, 2020.
- [9] L. N. Rani, "Klasifikasi Nasabah Menggunakan Algoritma C4. 5 Sebagai Dasar Pemberian Kredit," *Jurnal Inovtek Polbeng Seri Informatika*, vol. 1, no. 2, pp. 126–132, 2016.
- [10] S. S. ODO, "DESIGN AND CONSTRUCTION OF INTERNET OF THINGS BASED 1000VA POWER INVERTER SYSTEM".
- [11] Eddy Roflin, Iche Andriyani Liberty, and Pariyana, *POPULASI, SAMPEL, VARIABEL dalam Penelitian Kedokteran*, vol. 1. Pekalongan: PT. Nasya Expanding Management, 2021.

