

Pengaruh Temperatur dan Nilai Berat Jenis Cairan Elektrolit Terhadap Tegangan Sel Baterai *Nickel Cadmium* 110 Vdc Gardu Induk Perawang Sistem 150 kV

Irvan Nurhadi¹ dan Liliana²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
e-mail: ipannurhadi070@gmail.com

Abstrak—Pada suatu sel baterai mengandung elektrolit yang memiliki temperatur dan berat jenis tertentu dan dapat berubah sewaktu-waktu. Kinerja sel baterai dapat dipengaruhi oleh temperatur cairan elektrolit, yang mempengaruhi nilai berat jenis cairan elektrolit dan kemudian mempengaruhi tegangan keluaran yang dihasilkan sel baterai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan sel pada baterai *Nickel Cadmium* akibat pengaruh dari temperatur dan nilai berat jenis cairan elektrolit baterai di gardu induk Perawang setelah dilakukannya pengujian. Penelitian ini menerapkan metode regresi linier sederhana dengan bantuan *software* minitab guna mengetahui seberapa besar pengaruh temperatur dan nilai berat jenis cairan elektrolit pada baterai terhadap tegangan tiap sel pada baterai *Nickel Cadmium* di gardu induk Perawang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan sel baterai yang dihasilkan sebesar 1,400 V hingga 1,483 V ketika temperatur dan nilai berat jenis elektrolit sebesar 27°C dan 1,23 gr/cm³. Sebaliknya, saat tegangan keluaran yang dihasilkan baterai sebesar 1,381 V hingga 1,397 V ketika temperatur dan nilai berat jenis elektrolit sebesar 28°C dan 1,21 gr/cm³. Hasil dari uji koefisien determinasi diperoleh bahwa besar pengaruh temperatur elektrolit terhadap tegangan keluaran sel adalah sebesar 44,22% dan besar pengaruh berat jenis cairan elektrolit terhadap tegangan keluaran sel sebesar 36,72%.

Kata kunci: Baterai 110 Vdc, Tegangan Baterai, Berat Jenis, Gardu Induk, Sumber DC.

Abstract— A battery cell contains an electrolyte that has a certain temperature and specific gravity and can change at any time. The performance of battery cells can be affected by the temperature of the electrolyte fluid, which affects the value of the specific gravity of the electrolyte fluid and then affects the output voltage generated by the battery cells. This study aims to determine the value of the cell voltage on the Nickel Cadmium battery due to the influence of temperature and the value of the specific gravity of the battery electrolyte fluid at the Perawang substation after testing. This study applies a simple linear regression method with the help of minitab software in order to determine how much influence the temperature and the specific gravity value of the electrolyte fluid in the battery have on the voltage of each cell on the Nickel Cadmium battery at the Perawang substation. The results showed that the resulting battery cell voltage was 1.400 V to 1.483 V when the temperature and the specific gravity value of the electrolyte were 27°C and 1.23 gr/cm³. On the other hand, when the output voltage produced by the battery is 1.381 V to 1.397 V when the temperature and the specific gravity value of the electrolyte are 28°C and 1.21 gr/cm³. The results of the coefficient of determination test showed that the effect of electrolyte temperature on the cell output voltage was 44.22 % and the specific gravity of the electrolyte fluid was 36.72 %.

Keywords: 110 Vdc Battery, Battery Voltage, Specific Gravity, Substation, DC Source.

I. PENDAHULUAN

Pada sistem pengiriman tenaga listrik tentunya bisa saja terjadinya suatu gangguan. Gangguan yang umumnya terjadi diantaranya kabel transmisi putus, kerusakan di generator, gangguan karena petir, korsleting, dan lain-lain[1]. Adanya banyak gangguan tersebut membutuhkan alat sistem proteksi yang sesuai dan bisa diandalkan. Sistem

proteksi ini diberikan supaya mencegah insiden kegagalan ditrafo yang menjadi sebab terganggunya pendistribusian listrik pada konsumen[2].

Gardu induk berfungsi sebagai pengkonversi arus tegangan tinggi dari tegangan tinggi satu ke tegangan tinggi lainnya, dan juga sebagai tempat proses pengontrolan, pengukuran dan pengaturan keamanan sistem energi listrik yang ada. Dalam pengoperasian tenaga listrik terdapat 2

jenis catu daya untuk pengendalian gardu induk, yakni catu daya *Direct Current* (DC) dan catu daya *Alternating Current* (AC)[3]. Salah satu komponen pendukungnya adalah sistem DC, fungsinya adalah menyediakan daya DC untuk peralatan proteksi, diantaranya motor penggerak Pemutus Tenaga (PMT) dan Pemisah (PMS). Sistem DC tersebut dapat memberi daya pada relai proteksi khusus, rangkaian kontrol, dan *interlocking* maka sistem ini sangat penting untuk pengoperasian gardu induk yang andal[4][5].

Pemutus Tenaga (PMT) berperan penting dalam menghubungkan, memutuskan, arus beban ataupun arus gangguan pada saluran transmisi, sedangkan pada Pemisah (PMS) adalah komponen yang salah satunya berupa pisau yang digunakan untuk memisahkan atau menyambung bagian bertegangan[6][7]. Sistem DC memegang peranan penting dalam mensuplai peralatan gardu induk diantaranya mensuplai daya bagi motor DC pada PMT dan PMS. Supaya terjaganya ketersediaan daya DC, maka haruslah ada cadangan catu daya yang tidak pernah terputus dalam sistem, sehingga penggunaan baterai sebagai sumber arus DC supaya menjaga kestabilan peralatan gardu induk sehingga dapat terus beroperasi dalam keadaan ketika terjadi gangguan[8].

Sumber utama daya DC adalah penyearah (*rectifier*), yang mentransformasi tegangan AC sebagai tegangan input menjadi tegangan DC. Kejadian paling umum dari daya AC ke penyearah adalah terjadinya gangguan, yaitu kehilangan tegangan, karena trafo Pemakaian Sendiri (PS) mati disebabkan gangguan pada saluran transmisi dan trafo daya, yang menyebabkan baterai beroperasi langsung menjadi *back-up* sumber DC untuk peralatan bantu gardu induk agar dapat terus beroperasi. Baterai haruslah dapat mensuplai daya ke peralatan walaupun dalam keadaan tanpa pengisian atau padam listrik, menyebabkan baterai menjadi salah satu komponen penunjang terpenting dari gardu induk[2][9].

Kualitas suatu baterai pada gardu induk dapat dilihat dari parameter - parameter yang dapat menunjukkan kemampuan baterai dalam mensuplai tegangan DC ke peralatan diantaranya adalah kapasitas, efisiensi, tegangan, temperatur, berat jenis baterai, selain itu kondisi baterai yang buruk dapat berpengaruh terhadap kinerja baterai bila kerap kali terjadinya *blackout* digardu induk[10].

Pada suatu sel baterai mengandung elektrolit yang memiliki temperatur dan nilai berat jenis tertentu dan dapat berubah sewaktu-waktu. Kinerja sel baterai dapat dipengaruhi oleh temperatur cairan elektrolit, yang mempengaruhi nilai berat jenis cairan elektrolit dan kemudian mempengaruhi tegangan keluaran yang dihasilkan sel baterai[11]. Untuk itu penggunaan baterai di gardu induk harus memperhatikan keandalan dari temperatur dan nilai berat jenis baterai yang digunakan.

Peranan baterai 110 Vdc di gardu induk sangatlah krusial, baterai perlu dipelihara secara berkala supaya dapat terus menjaga keandalan suplai DC. Sebab bila baterai tidak dijaga dengan baik maka menyebabkan suplai tegangan DC tidak maksimal. Bila baterai yang dipergunakan sebagai pemasok tegangan DC disistem proteksi juga tidak bekerja sebagai mana mestinya dengan baik, maka akan menyebabkan permasalahan yang jauh lebih besar di gardu induk[2].

Salah satu upaya yang dilakukan PLN menangani problem tersebut ialah melakukan pemeliharaan CBM

(*Condition Based Maintenance*) / inspeksi, supaya baterai 110 Vdc bisa menyuplai DC ke peralatan bantu saat keadaan darurat[12]. Namun selama ini belum dilakukannya pengujian temperatur dan nilai berat jenis elektrolit baterai padahal pengujian ini sangat penting karena temperatur dan nilai berat jenis yang tidak sesuai standar akan mengurangi tegangan keluaran baterai. Perlunya pengujian temperatur dan nilai berat jenis pada baterai ini supaya bisa mengetahui kualitas temperatur dan nilai berat jenis dari baterai yang sesungguhnya kemudian dapat memperhitungkan kinerja baterai untuk menyediakan suplai DC terus menerus ke gardu induk[13]. Parameter ini adalah salah satu parameter paling penting untuk memilih baterai dalam pengaplikasian tertentu[10].

Sebelumnya penelitian tentang temperatur dan nilai berat jenis baterai ini telah dilakukan menjadi penelitian tugas akhir. Pada penelitian[14] berhasil mengetahui adanya pengaruh dari nilai berat jenis dan temperatur terhadap tegangan keluaran melalui metode pengujian saja, namun penelitian tersebut belum meneliti seberapa besar pengaruh dari nilai berat jenis dan temperatur terhadap tegangan keluaran baterai di gardu induk tersebut. Kemudian pada penelitian[15] berhasil menunjukkan terdapatnya pengaruh suhu terhadap tegangan dan berat jenis elektrolit baterai asam kendaraan bermotor yakni baterai pada mobil dengan menerapkan metode regresi linear sederhana dengan bantuan SPSS (*Statistical Product and Service Solution*).

Model regresi linier sederhana adalah model yang menggambarkan hubungan linier antara dua variabel, dengan asumsi bahwa satu variabel mempengaruhi yang lain. Variabel yang mempengaruhi disebut variabel independen, dan variabel yang terpengaruh disebut variabel dependen[16]. Dalam menganalisis data statistik digunakanlah Minitab yakni *software* statistik yang dianggap *powerfull* karena dapat digunakan untuk data primer dan sekunder[17]. Minitab menggabungkan kemudahan penggunaan seperti *Microsoft Excel*, dengan kemampuan untuk melakukan analisis statistik yang kompleks. Penggunaan Minitab relatif cukup mudah dengan berbagai macam fitur pengolahan data yang sangat beragam[18].

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai tegangan sel pada baterai *Nickel Cadmium* 110 Vdc akibat pengaruh dari temperatur dan nilai berat jenis cairan elektrolit baterai di gardu induk Perawang setelah dilakukannya pengujian. Penelitian ini menerapkan metode regresi linier sederhana dengan bantuan *software* minitab guna mengetahui seberapa besar pengaruh temperatur dan nilai berat jenis cairan elektrolit pada baterai terhadap tegangan tiap sel pada baterai *Nickel Cadmium* 110 Vdc baterai di gardu induk Perawang.

II. METODE

A. Prosedur Penelitian

Tahap pertama penelitian ini adalah pengumpulan data, pengumpulan data dilakukan dengan observasi lapangan serta pengumpulan data oleh peneliti secara langsung di Gardu Induk 150 kV Perawang yang beroperasi pertama kali pada 23 agustus 2017, berlokasi di Jl. Tuanku Tambusai, Maredan Barat, Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak, Provinsi Riau.

Penelitian ini menguji nilai berat jenis, tegangan tiap sel dan temperatur larutan elektrolit baterai *Nickel Cadmium* 110 Vdc pada gardu induk perawang sistem 150 kV. Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah Hidrometer, Multimeter Digital, dan Termometer. Langkah – langkah pengujian adalah (1) Melakukan pengujian berat jenis cairan elektrolit baterai menggunakan hidrometer (2) Melakukan pengujian tegangan tiap sel baterai menggunakan multimeter digital (3) Melakukan pengujian temperatur larutan elektrolit baterai menggunakan termometer. Setelah diperoleh hasil melalui proses pengujian selanjutnya adalah melakukan perhitungan manual untuk mengetahui berat jenis sebenarnya pada baterai menggunakan rumus berikut:

$$BD_{(a)} = BD_{(ha)} + \frac{(ta-15)}{2} \times 0,001 \quad (1)$$

Ket :

$BD_{(a)}$ = Nilai berat jenis sesungguhnya (gr/cm^3)

$BD_{(ha)}$ = Pembacaan nilai berat jenis pada alat ukur (gr/cm^3)

ta = Suhu cairan elektrolit ($^{\circ}C$)

Kemudian melakukan pengolahan data statistik dengan menggunakan metode regresi linier sederhana dengan bantuan *software* minitab. Tujuan analisis data statistik menggunakan regresi linier sederhana adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari temperatur dan berat jenis terhadap tegangan tiap sel, adapun langkah-langkah pengolahan data menggunakan metode regresi linier sederhana dengan bantuan *software* minitab adalah (1) Data harus tersebar normal dengan menggunakan uji normalitas sehingga dapat, (2) Dilanjutkan dengan melakukan uji regresi linear sederhana, (3) Melakukan uji koefisien determinasi untuk mengetahui seberapa besar pengaruh temperatur dan nilai berat jenis terhadap tegangan tiap sel.

Objek penelitian adalah Baterai *Nickel Cadmium* 110 Vdc pada sistem 150 kV gardu induk Perawang dengan spesifikasi baterai sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Baterai

Merk	Saft
Type	SBM 369-2
Total sel	86 sel
Kapasitas	369 Ah
Tahun operasi	23 Agustus 2017
Fungsi	Sumber DC 110 Vdc
Asal	Swedia

Baterai pada gardu induk merupakan baterai alkali dengan jenis NiCd (*Nickel Cadmium*) dengan kapasitas 369 Ah, jumlah sel sebanyak 86 sel. Pada umumnya, tegangan pengisian sel baterai alkali saat pengisian *floating charge* adalah 1,40 V sampai 1,44 V, *equalizing charge* adalah 1,50 V sampai 1,60 V, dan untuk *boosting charge* adalah 1,65 V sampai 1,70 V. Dan tegangan akhir setelah pengosongan adalah 1,0 V[12][13].

B. Alat Pengujian

1. Hidrometer

Tujuan pengujian berat jenis baterai dengan hidrometer adalah untuk menentukan kadar elektrolit. Hal ini sangat penting karena elektrolit dalam baterai berfungsi sebagai konduktor atau sebagai media transfer elektron,

supaya proses kimia dalam sel baterai dapat berjalan dengan baik, untuk itu berat jenis elektrolit harus dikontrol[13].



Gambar 1. Hidrometer

2. Multimeter Digital

Adapun beberapa tujuan dilakukannya pengukuran tegangan sel ini ialah untuk (a) Mengetahui keadaan tegangan sel baterai, apakah keadaannya normal atau tidak saat beroperasi (b) Mengetahui tegangan *output charger* (c) Mengetahui keseimbangan tegangan terhadap tanah[13].



Gambar 2. Multimeter Digital

3. Termometer

Tujuan dari pengukuran temperatur elektrolit dengan termometer adalah untuk memeriksa kadar elektrolit pada baterai pada saat pengisian baterai atau jika terjadi kondisi tidak normal, karena hal ini berpengaruh besar terhadap pengoperasian baterai maka harus dilakukan pengecekan/pengukuran temperatur dari sel baterai[13].



Gambar 3. Termometer

C. Pengolahan Data Statistik dengan Minitab

1. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak normal. Tes ini digunakan karena peneliti ingin mengetahui apakah ada perbedaan dalam membandingkan objek, peristiwa, dan lain-lain[19].

Nilai dikatakan terbagi secara normal ketika nilai distandarisasi menjadi jumlah yang hampir rata-rata. Jika titik-titik atau data tersebut berdekatan atau mengikuti garis diagonal, maka dapat dikatakan bahwa data yang digunakan normal. Jika titik-titik tersebut bergerak atau menyebar dan tidak mengikuti garis diagonal, berarti data yang digunakan tidak berdistribusi normal[20].

2. Analisis Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana adalah model yang menggambarkan hubungan linier antara dua variabel, dengan asumsi bahwa satu variabel mempengaruhi yang lain. Variabel yang mempengaruhi disebut variabel independen, dan variabel yang terpengaruh disebut variabel dependen[16].

Adapun persamaan regresi linier sederhana adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX \quad (2)$$

Ket :

- Y = Variabel dependen
- X = Variabel independent
- a = Konstanta
- b = Koefisien variabel

3. Koefisien Determinasi

Dalam analisis korelasi terdapat suatu bilangan yang disebut koefisien determinasi, sering juga disebut koefisien penentu karena besarnya ialah kuadrat dari koefisien korelasi (r). Oleh karena itu, koefisien ini membantu untuk memahami bagaimana temperatur dan nilai berat mempengaruhi tegangan sel baterai *nickel-cadmium* di gardu induk Perawang[21].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian dan Perhitungan Tegangan, Nilai Berat Jenis dan Temperatur Baterai

Tabel 2. Hasil Pengujian dan Perhitungan

No. Sel	Tegangan (V)	Berat Jenis (gr/cm ³)	Temperatur (°C)
1	1,417	1,23	27
2	1,391	1,21	28
3	1,416	1,23	27
4	1,391	1,21	28
5	1,404	1,23	27
6	1,411	1,23	27
7	1,389	1,21	28
8	1,397	1,21	28
9	1,396	1,21	28
10	1,410	1,23	27
11	1,410	1,23	27
12	1,412	1,23	27
13	1,387	1,21	28
14	1,400	1,23	27
15	1,386	1,21	28
16	1,406	1,23	27
17	1,405	1,23	27
18	1,391	1,21	28
19	1,387	1,21	28
20	1,409	1,23	27
21	1,383	1,21	28
22	1,395	1,21	28
23	1,380	1,21	28
24	1,395	1,21	28
25	1,412	1,23	27
26	1,392	1,21	28
27	1,403	1,23	27
28	1,393	1,21	28
29	1,398	1,21	28
30	1,392	1,21	28
31	1,412	1,23	27
32	1,392	1,21	28
33	1,410	1,23	27
34	1,393	1,21	28
35	1,419	1,23	27
36	1,386	1,21	28
37	1,412	1,23	27
38	1,385	1,21	28
39	1,404	1,23	27
40	1,386	1,21	28
41	1,397	1,21	28
42	1,403	1,23	27
43	1,383	1,21	28
44	1,381	1,21	28
45	1,403	1,23	27
46	1,406	1,23	27

47	1,387	1,21	28
48	1,387	1,21	28
49	1,390	1,21	28
50	1,393	1,21	28
51	1,391	1,21	28
52	1,415	1,23	27
53	1,381	1,21	28
54	1,405	1,23	27
55	1,408	1,23	27
56	1,303	1,21	28
<hr/>			
No. Sel	Tegangan (V)	Berat Jenis (gr/cm ³)	Temperatur (°C)
57	1,406	1,23	27
58	1,385	1,21	28
59	1,410	1,23	27
60	1,397	1,21	28
61	1,401	1,23	27
62	1,475	1,23	27
63	1,398	1,21	28
64	1,422	1,23	27
65	1,420	1,23	27
66	1,417	1,23	27
67	1,387	1,21	28
68	1,395	1,21	28
69	1,395	1,21	28
70	1,396	1,21	28
71	1,385	1,21	28
72	1,391	1,21	28
73	1,422	1,23	27
74	1,483	1,23	27
75	1,410	1,23	27
76	1,417	1,23	27
77	1,390	1,21	28
78	1,419	1,23	27
79	1,413	1,23	27
80	1,379	1,21	28
81	1,397	1,21	28
82	1,425	1,23	27
83	1,390	1,21	28
84	1,388	1,21	28
85	1,387	1,21	28
86	1,390	1,21	28
<hr/>			
Tegangan Total : 120,4 Vdc			

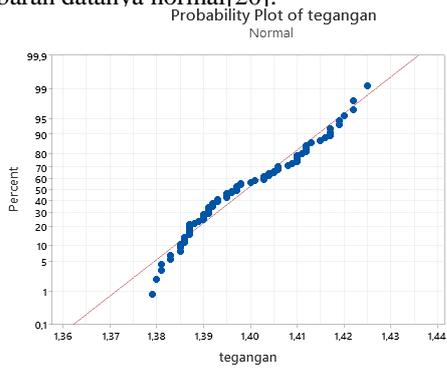
Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan sel baterai yang dihasilkan sebesar 1,400 V hingga 1,483 V ketika temperatur dan nilai berat jenis elektrolit sebesar 27°C dan 1,23 gr/cm³. Sebaliknya, saat tegangan keluaran yang dihasilkan baterai sebesar 1,381 V hingga 1,397 V ketika temperatur dan nilai berat jenis elektrolit sebesar 28°C dan 1,21 gr/cm³. Sehingga dari hasil pengujian dan perhitungan dapat diartikan bahwa semakin tinggi temperatur elektrolit dalam baterai, maka semakin rendah nilai berat jenis elektrolitnya dan begitu juga sebaliknya. Karena berat jenis elektrolit berkurang, tegangan keluaran sel baterai yang di hasilkanpun akan dapat menurun. Terlihat jelas bahwa tegangan sel baterai *nickel cadmium* 110 Vdc dipengaruhi oleh temperatur dan nilai berat jenis cairan elektrolit.

Menurut buku pedoman Operasi & Pemeliharaan gardu induk tahun 2009, standar nilai berat jenis pada baterai alkali berkisar antara 1,16 gr/cm³ hingga 1,20 gr/cm³ dan temperatur maksimum yang diizinkan saat baterai beroperasi normal adalah sebesar 25°C - 35°C[13]. Sehingga setelah dilakukannya pengujian dan perhitungan ini dapat diketahui bahwa kondisi temperatur dan nilai berat jenis cairan elektrolit baterai di gardu induk dalam kondisi baik.

B. Hasil Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak. Keputusan normal adalah menggunakan skema dengan

syarat jika titik-titik muncul mendekati garis diagonal, maka sebaran datanya normal[20].



Gambar 4. Hasil Uji Normalitas

Dapat dilihat pada gambar 4. diatas bahwa titik-titik tersebut tersebar di sekitar garis diagonal dan distribusinya teratur mendekati garis diagonal, sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini normal.

C. Hasil Uji Analisis Regresi Linier Sederhana Pengaruh Temperatur Terhadap Tegangan Sel

Tabel 3. Hasil Uji Analisis Regresi Linier Sederhana Pengaruh Temperatur Terhadap Tegangan Sel

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	2,1329	0,0899	23,74	0,000	
Temperatur	-0,02659	0,00326	-8,16	0,000	1,00

Dari tabel 3. menunjukkan hasil *constant* (a) sebesar 2,1329, dan temperatur (b) sebesar -0,02659. Dari hasil tersebut diperoleh persamaan regresi linear $Y = 2,1329 - 0,02659X$. Hasil persamaan tersebut dapat diartikan dengan konstanta sebesar 2,1329 yang berarti bahwa nilai-nilai *constant* Tegangan sebesar 2,1329 dan koefisien regresi *X* sebesar -0,02659 yang menyatakan bahwa setiap penambahan 1% temperatur akan menambah tegangan sebesar -0,02659. Berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh dari tabel 3. yaitu sebesar $0,000 < 0,05$ yang berarti ini membuktikan variabel Temperatur (*X*) berpengaruh terhadap Tegangan Sel (*Y*).

Sementara itu pada penelitian [14] belum meneliti pengaruh temperatur cairan elektrolit baterai terhadap tegangan sel baterai di gardu induk menggunakan metode regresi linier sederhana.

D. Hasil Uji Analisis Regresi Linier Sederhana Pengaruh Nilai Berat Jenis Terhadap Tegangan Sel

Tabel 4. Hasil Uji Analisis Regresi Linier Sederhana Pengaruh Nilai Berat Jenis Terhadap Tegangan Sel

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,064	0,210	-0,31	0,761	
Berat jenis	1,200	0,172	6,98	0,000	1,00

Dari tabel 4. menunjukkan hasil *constant* (a) sebesar -0,064, dan nilai berat jenis (b) sebesar 1,200. Dari hasil tersebut diperoleh persamaan regresi linear $Y = -0,064 + 1,200X$. Hasil persamaan tersebut dapat diartikan dengan konstanta sebesar -0,064 yang berarti

bahwa nilai-nilai *constant* Tegangan sebesar -0,064 dan koefisien regresi *X* sebesar 1,200 yang menyatakan bahwa setiap penambahan 1% berat jenis akan menambah tegangan sebesar 1,200. Berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh dari tabel 4. yaitu sebesar $0,000 < 0,05$ yang berarti ini membuktikan variabel Berat Jenis (*X*) berpengaruh terhadap Tegangan Sel (*Y*).

Sementara itu pada penelitian [14] belum meneliti pengaruh nilai berat jenis cairan elektrolit baterai terhadap tegangan sel baterai di gardu induk menggunakan metode regresi linier sederhana.

E. Hasil Koefisien Determinasi Pengaruh Temperatur Terhadap Tegangan Sel

Koefisien Determinasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh temperatur (*X*) terhadap tegangan sel (*Y*), maka akan dilakukan perhitungan koefisien determinasi sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Koefisien Determinasi Pengaruh Temperatur Terhadap Tegangan Sel

S	R-Sq	R-Sq(adj)	R-Sq(Pred)
0,0149625	44,22%	43,56%	41,45%

Dari hasil tabel 5. didapatkan bahwa besarnya nilai koefisien determinasi (*R Square*) sebesar 44,22% yang berarti bahwa pengaruh variabel independen (Temperatur) terhadap variabel dependen (Tegangan Sel) sebesar 44,22%. Berdasarkan hasil uji koefisien determinasi dapat diartikan bahwa besar pengaruh berat jenis cairan elektrolit terhadap tegangan keluaran tiap sel adalah sebesar 44,22%.

Sementara itu pada penelitian [14] belum meneliti seberapa besar pengaruh dari temperatur terhadap tegangan keluaran baterai di gardu induk.

F. Hasil Koefisien Determinasi Pengaruh Nilai Berat Jenis Terhadap Tegangan Sel

Koefisien Determinasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh nilai berat jenis (*X*) terhadap tegangan sel (*Y*), maka akan dilakukan perhitungan koefisien determinasi sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Koefisien Determinasi Pengaruh Nilai Berat Jenis Terhadap Tegangan Sel

S	R-Sq	R-Sq(adj)	R-Sq(Pred)
0,0159366	36,72%	35,97%	33,65%

Dari hasil tabel 6. didapatkan bahwa besarnya nilai koefisien determinasi (*R Square*) sebesar 36,72% yang berarti bahwa pengaruh variabel independen (Berat Jenis) terhadap variabel dependen (Tegangan Sel) sebesar 36,72%. Berdasarkan hasil uji koefisien determinasi dapat diartikan bahwa besar pengaruh berat jenis cairan elektrolit terhadap tegangan keluaran tiap sel adalah sebesar 36,72%.

Sementara itu pada penelitian [14] belum meneliti seberapa besar pengaruh dari nilai berat jenis terhadap tegangan keluaran baterai di gardu induk.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan sel baterai yang dihasilkan sebesar 1,400 V hingga 1,483 V ketika temperatur dan nilai berat jenis elektrolit sebesar 27°C dan 1,23 gr/cm³. Sebaliknya, saat tegangan keluaran yang dihasilkan baterai sebesar 1,381 V hingga 1,397 V ketika temperatur dan nilai berat jenis elektrolit sebesar 28°C dan 1,21 gr/cm³. Terlihat jelas bahwa tegangan sel baterai *nickel cadmium* 110 Vdc dipengaruhi oleh temperatur dan nilai berat jenis cairan elektrolit.

Hasil analisis menggunakan metode regresi linier sederhana menggunakan bantuan *software* minitab telah menunjukkan adanya pengaruh temperatur terhadap tegangan sel baterai dengan persamaan $Y = 2,1329 - 0,02659X$ dan berdasarkan nilai signifikansi diperoleh sebesar $0,000 < 0,05$ yang berarti ini membuktikan variabel Temperatur (X) berpengaruh terhadap Tegangan (Y). Sama halnya dengan temperatur, nilai berat jenis juga menunjukkan adanya pengaruh terhadap tegangan sel baterai dengan persamaan $Y = -0,064 + 1,200X$ dan berdasarkan nilai signifikansi diperoleh sebesar $0,000 < 0,05$ yang berarti ini membuktikan variabel Berat Jenis (X) berpengaruh terhadap Tegangan (Y).

Berdasarkan hasil uji koefisien determinasi dapat diartikan bahwa besar pengaruh temperatur elektrolit terhadap tegangan keluaran sel adalah sebesar 44,22% dan besar pengaruh berat jenis cairan elektrolit terhadap tegangan keluaran sel sebesar 36,72%.

REFERENSI

- [1] N. L. M. J. Ardianto, Firdaus, "Analisis Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti," *Anal. Kinerja Sist. Prot. Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2017, [Online]. Available: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/13331/12895>.
- [2] N. L. Sugianto, "Kegagalan Proteksi Pada Gardu Induk 150 kV Akibat Suplai Tegangan DC," *Sinusoida*, vol. XIX, no. 1, pp. 18–26, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/sinusoida/article/view/151>.
- [3] I. Afandi, R. Hidayat, and I. A. Bangsa, "Analisis Pengujian Kapasitas Baterai 110 Volt Group 2 (Sistem 500 kV) GITET Mandirancan," ... *J. Orang Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 35–40, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerelektro/article/view/2559%0Ahttp://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerelektro/article/download/2559/1370>.
- [4] Arif Muhammad Rifa'i, "Analisis Uji Kapasitas Baterai 110 VDC Pada Gardu Induk 150 kV Klaten," 2019, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/75858/>.
- [5] Zito Tomas Dos Reis, "Analisis penurunan kapasitas baterai 110 volt unit I di GI 150 kv kentungan," *J. Elektr.*, vol. 4, no. 1, pp. 10–20, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/2554>.
- [6] B. Winantara and B. Husodo, "Evaluasi Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi Di Gardu Induk 150 KV Bandung Selatan Berdasarkan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)," *J. Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, p. 103, 2019, doi: 10.22441/jte.v10i2.004.
- [7] T. S. Novalin and R. Hidayat, "Analisis Pengujian Tahanan Kontak Disconnecting Switch atau PMS Terhadap Rugi Daya Penghantar di Gardu Induk Telukjambe," *J. Elektro Luceat*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.poltekstpaul.ac.id/index.php/jelekn/article/download/355/245/>.
- [8] R. Agned and Nurhalim, "Studi Kapasitas Baterai 110 Vdc pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2016, [Online]. Available: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/11137>.
- [9] E. Nurtiasih, P. E. Pambudi, and S. Priyambodo, "Analisa Kapasitas Baterai Komunikasi Pada Gardu Induk 150 kV Bantul," *J. Elektr.*, vol. 4, no. 2, pp. 46–53, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/2548>.
- [10] M. S. Samhan, *Teknologi Baterai*. Jakarta: Annalyce S. A, 2018.
- [11] H. Jouhara *et al.*, "Applications and thermal management of rechargeable batteries for industrial applications," *Energy*, vol. 170, pp. 849–861, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2018.12.218.
- [12] PT. PLN, *Buku Pedoman Pemeliharaan Sistem Suplai AC DC Final*. Jakarta: PT.PLN (Persero), 2014.
- [13] PT. PLN, *Materi Workshop Operasi dan Pemeliharaan Gardu Induk*. Jakarta: PLN, 2009.
- [14] B. M. Syahrial, "Analisa Pengaruh Berat Jenis dan Suhu Larutan Elektrolit Terhadap Tegangan Keluaran dan Efisiensi Baterai di PT. PLN (PERSERO) UPK Bukit Asam," Univeritas Sriwijaya, 2019.
- [15] R. Gunawan, "Pengaruh Variasi Suhu Elektrolit pada Baterai Terhadap Berat Jenis dan Tegangan," Univeritas Malang, 2018.
- [16] Suyono, *Analisis Regresi untuk Penelitian*, 1st ed. Yogyakarta: Deepublish, 2018.
- [17] P. R. Sihombing and A. M. Arsani, *Buku Aplikasi Minitab Untuk Statistisi Pemula*, no. March. Depok: Penerbit Gemala, 2022.
- [18] L. Kurnia, "Pengembangan Bahan Ajar Menggunakan Software Minitab Pada Mata Kuliah Statistika Dasar," *IAIN Batu Sangkar*, 2016. <https://repo.iainbatusangkar.ac.id/xmlui/handle/123456789/11891> (accessed Apr. 16, 2022).
- [19] Sudjana, *Metoda Statistika*, 1st ed. Bandung: Tarsito, 2005.
- [20] M. D. B. B. Dito Aditia Darma Nasution, *MONOGRAF: Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Laporan Keuangan Pada Pemerintah Kota Tanjung Balai Dengan Komitmen Organisasi Sebagai Variabel Moderating*, 1st ed., vol. 4. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia, 2019.
- [21] A. M. Intan Fitriyani, "Analisis Biaya Modal Terhadap Tingkat Pengembalian Investasi Pada PT. Mitra Adiprakasa, Tbk.," *Monet. J. Akunt. dan Keuang.*, vol. 7, no. 2, pp. 192–197, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/moneter/article/view/7966/pdf>.