

Identifikasi Gangguan *Degradation Fault* pada *Photovoltaic Array* berbasis *Artificial Neural Network*

SUHARININGSIH, EPYK SUNARNO, MUTIARA NADHIFAH SALSABILA,
DIMAS OKKY ANGGRIAWAN, EKA PRASETYONO

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia
Email : nuning@pens.ac.id

Received 22 Agustus 2023 | *Revised* 10 September 2023 | *Accepted* 20 Oktober 2023

ABSTRAK

Energi terbarukan sudah mulai mendominasi dunia sejak puluhan tahun lalu, terutama listrik tenaga surya. Pada setiap instalasi PV terdapat gangguan yang sering terjadi, salah satunya adalah degradation fault. degradation fault merupakan jenis gangguan berupa perubahan warna pada lapisan Ethylene Vinyl Acetate dari yang berwarna putih menjadi kuning hingga kecoklatan. Perubahan warna tersebut disebabkan oleh usia pemakaian dan suhu yang terlalu panas dan dapat menyebabkan penurunan arus yang sangat drastis. Kejadian ini mengakibatkan penurunan Isc mencapai 13%. Hal ini tidak baik jika terus dibiarkan pada instalasi solar panel. Oleh karena itu, pada jurnal ini akan membahas pengidentifikasian degradation fault pada array PV dengan Artificial Neural Network. ANN akan mengidentifikasi adanya penurunan arus pada PV array. Dari hasil yang didapatkan bahwa penurunan arus mencapai 12% dan dapat mengidentifikasi adanya degradation fault.

Kata kunci: *degradation fault, discoloration, Ethylene Vinyl Acetate , short circuit current, artificial neural network*

ABSTRACT

Renewable energy has started to dominate the world since decades ago, especially solar electricity. In every PV installation there are disturbances that often occur, one of which is a degradation fault. Degradation fault is a type of disturbance in the form of discoloration of the Ethylene Vinyl Acetate layer from white to yellow to brownish. The discoloration is caused by age of use and temperatures that are too hot and can cause a very drastic decrease in current. This incident resulted in a decrease in Isc reaching 13%. This is not good if it continues to be left on solar panel installations. Therefore, this journal will discuss the identification of degradation faults in PV arrays with Artificial Neural Networks. ANN will identify a decrease in current in the PV array. From the results obtained that the decrease in current reaches 12% and can identify a degradation fault.

Keywords: *degradation fault, discoloration, Ethylene Vinyl Acetate , short circuit current, artificial neural network*

1. PENDAHULUAN

Sistem transisi energi menggunakan sistem PV telah menjadi fokus perhatian selama beberapa tahun terakhir sejak munculnya energi terbarukan. panel surya bekerja dengan memanfaatkan sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik yang telah diterapkan di berbagai belahan dunia **(Al-Ezzi & Ansari, 2022)**. Oleh karena itu, menjaga pertahanan modul PV sangatlah penting, agar modul PV dapat bekerja dalam jangka panjang. Kesalahan operasional pada sistem PV selalu menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi efisiensi pembangkitan listrik. Salah satu faktor yang mempengaruhi perbedaan PV adalah degradation faults **(Ghosh, dkk, 2018)**.

Degradation fault merupakan salah satu jenis gangguan PV yang disebabkan oleh faktor eksternal dan dapat mempengaruhi jauhnya sistem jangka panjang. Faktor eksternal merupakan Kondisi lingkungan seperti suhu dan iradiasi modul. Fenomena Degradasi ini terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu *discoloration*, *delamination*, dan *crack in layer* yang telah dijelaskan oleh Sabbaghpur dan Hejazi **(Arani & Hejazi, 2016)**. Jurnal ini akan fokus pada perubahan warna yang terjadi pada lapisan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA). Menurut Khalil **(Khalil, dkk, 2020)**, lapisan ini merupakan lapisan yang berfungsi melindungi PV dari faktor lingkungan dan dapat mereduksi pantulan cahaya. *Degradation fault* dapat menyebabkan penurunan arus hubung singkat (Isc) yang akan mempengaruhi daya keluaran dan efisiensi modul PV.

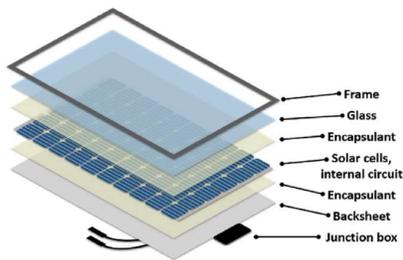
Peristiwa *degradation fault* ini yang menyebabkan lapisan EVA menguning hingga kecoklatan di antara panel surya kaca pelindung merupakan masalah kritis bagi industri PV **(de Oliveira, dkk, 2018)**. Karena PV merupakan sumber listrik yang akan digunakan dalam jangka panjang. Sehingga jika terjadi gangguan degradasi maka harus segera dilakukan perawatan untuk menjaga kehandalan sistem. Oleh karena itu, judul ini akan membahas pengaruh *degradation fault* pada instalasi PV untuk menganalisis berapa rugi daya yang akan diperoleh jika gangguan degradasi diabaikan.

Oleh karena itu identifikasi *degradation fault* ini diperlukan karena sangat mempengaruhi kualitas daya dari PV. Sehingga dibuatlah jurnal dengan judul Identifikasi *degradation fault* pada Photovoltaic Array Berbasis Artificial Neural Network. Penelitian ini berkontribusi dalam menjaga kehandalan sistem instalasi PV dan dapat mengidentifikasi adanya gangguan tersebut dari perubahan nilai Isc yang terukur.

2. METODE

2.1 Karakteristik modul PV

Potensi energi terbarukan yang tersedia di seluruh wilayah Indonesia adalah tenaga surya, mengingat letak Indonesia yang berada di wilayah khatulistiwa, sehingga Indonesia sepanjang tahun mendapatkan sinar matahari yang cukup. Sebuah sistem photovoltaic mengubah radiasi matahari menjadi listrik. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang mengenai sel surya maka semakin banyak pula daya yang dihasilkan **(Nylund & Barbari, 2019)**.



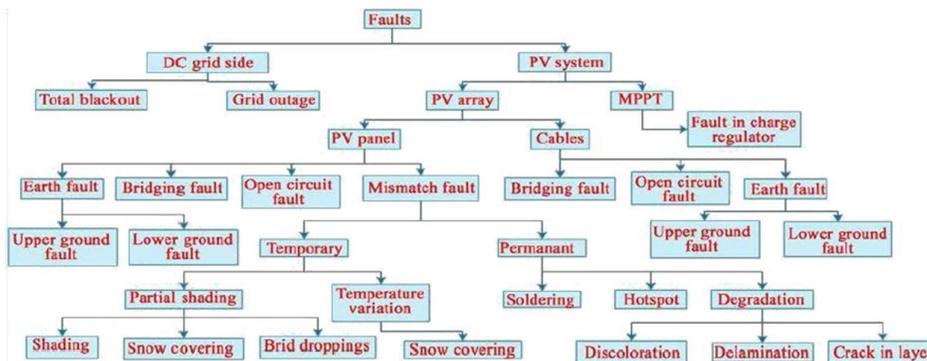
Gambar 1. Lapisan pada PV

Pada panel surya terdapat beberapa lapisan yang memiliki prinsip kerja masing-masing (Akraa, dkk, 2019), antara lain:

1. Bingkai
Berfungsi sebagai pelindung tepi rangkaian panel surya dan sebagai rangka panel.
2. Kaca
Pada sisi depan berfungsi untuk melindungi sel surya dari cuaca dan benturan benda yang jatuh dari udara. Di sisi belakang kaca diberi lapisan anti-reflektif untuk mengurangi kerugian dan meningkatkan transmisi cahaya.
3. EVA
Sangat transparan dan teksturnya seperti plastik yang dirancang khusus. Lapisan ini berfungsi untuk melindungi PV dari suhu tinggi dan kelembapan ekstrim serta dapat mencegah masuknya kelembapan dan kotoran
4. Backsheet
Backsheet adalah bagian terpenting dari struktur panel surya. Dimana konversi energi matahari menjadi energi listrik terjadi
5. Lembar belakang
Lembaran belakang adalah lapisan paling belakang dari panel surya. Berfungsi untuk memberikan perlindungan mekanis dan isolasi listrik.
6. Junction Box
Junction box adalah tempat untuk mengumpulkan beberapa kabel agar terlihat rapi. Tempat terjadinya kesalahan degradasi dengan kondisi perubahan warna adalah pada lapisan EVA antara sel surya dan kaca.

2.2 Degradation Fault

Pada setiap instalasi solar panel terdapat beberapa gangguan yang ditimbulkan bisa dari kesalahan. Kesalahan tersebut akan dijelaskan pada Gambar 2.



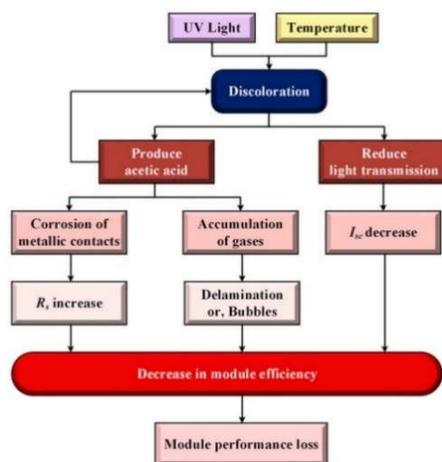
Gambar 2. Klasifikasi Jenis Gangguan pada Photovoltaic

Didaerah tropis seperti Indonesia, suhu yang tinggi dan paparan sinar matahari yang terlalu tinggi menjadi faktor tinggi yang dapat menyebabkan *degradation fault* ini terjadi pada PV. *Degradation fault* pada modul PV merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan efisiensi dan daya output PV yang stabil dari waktu ke waktu yang di akibatkan oleh berbagai pengaruh lingkungan, manufaktur, dan material (Umar, dkk, 2019).

Degradation fault merupakan kondisi gangguan pada solar panel yang berupa kecacatan fisik. Beberapa faktor yang bisa memengaruhi yaitu tekanan lingkungan seperti kondisi cuaca, suhu, kelembaban dan radiasi ultraviolet (Naskar, dkk, 2017). *Degradation fault* dapat melibatkan pengurangan bertahap dalam daya keluaran modul PV dari waktu ke waktu atau pengurangan daya secara keseluruhan karena kegagalan sel surya pada modul.

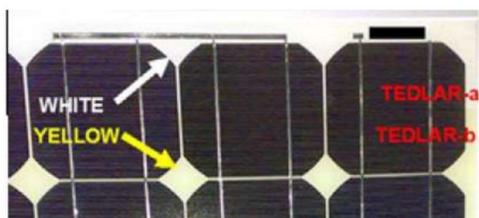
2.3 Discoloration

Discoloration merupakan salah satu jenis *degradation fault* yang digambarkan dengan perubahan warna pada lapisan *Ethylene-Vinyl Acetate* (EVA) yang berubah menjadi coklat atau kuning. Fenomena tersebut disebabkan oleh paparan sinar UV dan kelembaban pada suhu di atas 50°C secara terus menerus sehingga menyebabkan fenomena *degradation fault* ini terjadi (Kim, dkk, 2021).



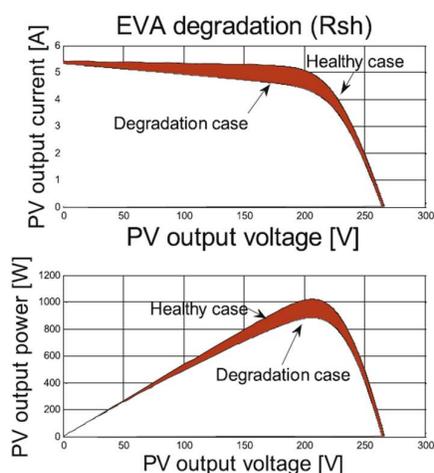
Gambar 3. Skema Proses Terjadinya Degradation Fault Kondisi Degradation

EVA berubah warna secara signifikan yang bisa mengurangi output daya modul karena pengurangan sinar matahari yang mencapai PV. *Discoloration* berasal dari polimer *encapsulant* yang sebagai pengganti elemen yang melekat seperti EVA pada umumnya (Park, dkk, 2013). Lapisan EVA merupakan zat yang mentransmisikan radiasi dengan baik dan terdegradasi perlahan di bawah sinar matahari. Ketika radiasi matahari jatuh ke modul dengan warna sel yang berubah, daya keluaran berkurang. Perubahan warna mengurangi arus *short circuit* langsung, menjadikannya sumber utama penurunan kinerja pada panel.



Gambar 4. Discoloration pada Solar Panel

Perubahan warna pada material tersebut menghasilkan variasi transmisi cahaya yang masuk ke dalam sel dan mengakibatkan penurunan produksi energi, terutama pada penurunan I_{sc} dan P_{max} . Pada Gambar 5 menyajikan gambaran efek menguning pada PV yang terjadi hanya pada beberapa bagian panel PV (Afifah, dkk, 2021). Perubahan warna pada modul PV menjadi kuning hingga kecoklatan ini dapat menurunkan arus hubung singkat (I_{sc}). Hal tersebut dapat memengaruhi pada daya output (P_{max}) yang lebih sedikit dan karenanya kehilangan efisiensi juga.



Gambar 5. Kurva Karakteristik Kondisi *Discoloration*

Pada gambar karakteristik kurva I-V Ketika terjadi discoloration dapat dilihat bahwa hasil pengukuran saat terjadinya gangguan (garis merah) lebih kecil dari kurva karakteristik I-V tanpa gangguan (Pei & Hao, 2019). hal ini disebabkan oleh perubahan warna pada PV mengakibatkan terjadinya daya output losses. Efek yang diakibatkan dari peristiwa discoloration yaitu penurunan arus *short circuit* (I_{sc}) yang didukung pada Gambar 5 diatas (Rahman, dkk, 2023) . Penurunan arus *short circuit* bisa mencapai 6% hingga 8% apabila perubahan warna rendah, dan mencapai 10% hingga 13% untuk perubahan warna total. Sehingga menyebabkan daya maksimum (P_{max}) juga berkurang (Kim, dkk, 2021).

Pada persentase penurunan arus *short circuit* ini didapatkan dari perhitungan perbandingan antara nilai referensi dengan nilai yang terukur pada *degradation fault* yang dinamakan dengan *Module Degradation Factor* (MDF) calculation. Rumus MDF memberikan perkiraan degradasi total yang menunjukkan penurunan I_{sc} . MDF didefinisikan sebagai tingkat degradasi dalam sebuah modul dan diperoleh sebagai rasio I_{sc} dari modul yang terdegradasi dan Kondisi ideal atau normal (Dhoke, dkk, 2018).

Persentase tersebut dihitung dengan Persamaan (1):

$$MDF = \left(1 - \frac{I_{sc_{degradation}}}{I_{sc_{ideal}}}\right) \times 100 \quad (1)$$

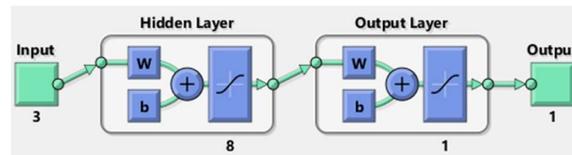
Dari Persamaan (1) yang didapat yaitu untuk mencari persentase pengaruh kondisi *degradation fault* pada I_{sc} , dimana MDF merupakan nilai penurunan nilai arus *short circuit* yang dipengaruhi oleh kondisi *degradation fault*, $I_{sc_{ideal}}$ merupakan nilai referensi yang didapatkan pada pengukuran pada PV normal, $I_{sc_{degradation}}$ merupakan nilai arus *short circuit* pada saat PV dengan kondisi *degradation fault* yang terukur (Dhoke, dkk, 2018).

2.4 Artificial Neural Network

Artificial neural network atau biasa disebut dengan ANN merupakan sebuah sistem sebagai pemroses informasi yang berbentuk seperti jaringan syaraf dan diubah menjadi bentuk model matematika. Metode ANN ini digunakan untuk mengidentifikasi adanya gangguan *degradation fault* pada PV *array*. ANN dapat menyelesaikan masalah dalam bidang kontrol, identifikasi, dan lain-lain. ANN terdiri dari beberapa lapisan berurutan dan dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelas:

1. Input Layer
2. Hidden Layer
3. Output Layer

Lapisan input adalah lapisan pertama dalam jaringan, terhubung langsung dengan input jaringan. Hanya ada satu lapisan masukan dalam jaringan. Lapisan keluaran adalah lapisan terakhir yang mengembalikan hasil prediksi jaringan. Seperti lapisan masukan, hanya ada satu lapisan keluaran (**Youssef, dkk, 2017**). ANN memiliki beberapa algoritma dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing, salah satunya yang akan digunakan pada tugas akhir ini yaitu algoritma *Backpropagation*.



Gambar 6. Arsitektur ANN

Tujuan utama penggunaan *Backpropagation* adalah mendapatkan keseimbangan antara pengenalan pola pelatihan secara benar dan respon yang baik untuk pola lain yang sejenis (disebut data pengujian). Jaringan dapat dilatih terus menerus hingga semua pola pelatihan dikenali dengan benar. Akan tetapi hal itu tidak menjamin jaringan akan mampu mengenali pola pengujian dengan tepat.

Masalah utama yang dihadapi dalam *Backpropagation* adalah lamanya iterasi yang harus dilakukan. *Backpropagation* tidak dapat memberikan kepastian tentang berapa *epoch* yang harus dilalui untuk mencapai kondisi yang diinginkan. Oleh karena itu orang berusaha meneliti bagaimana parameter-parameter jaringan dibuat sehingga menghasilkan jumlah iterasi yang relatif lebih sedikit (**Zola, dkk, 2018**).

Berkenaan dengan perhitungan metode ANN dari hasil proses *training*, metode ANN yang terdiri atas *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer* terdapat proses secara berurutan mulai dari normalisasi input hingga denormalisasi output. Persamaan umum dari metode ANN tersebut adalah sebagai berikut.

Normalisasi Input

$$y = \frac{(y_{max}-y_{min})(x-x_{min})}{x_{max}-x_{min}} + y_{min} \quad (2)$$

Aktivasi Tansig

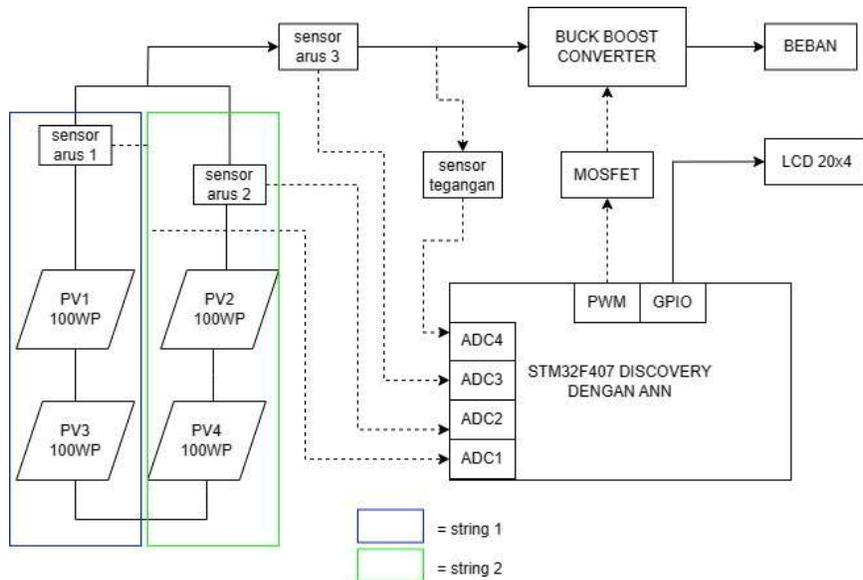
$$Tansig(n) = \frac{2}{1+\exp(-2n)} - 1 \quad (3)$$

Denormalisasi output

$$x = \frac{(x_{max}-x_{min})(y-y_{min})}{y_{max}-y_{min}} + x_{min} \tag{4}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem “Identifikasi Gangguan Degradation Fault Pada Photovoltaic Array Berbasis Artificial Neural Network” merupakan alat untuk mengidentifikasi adanya gangguan pada instalasi PV dengan beban *buck boost converter* dan *dummy load*.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

Modul solar panel yang digunakan sebanyak 4 buah dan dipasang secara 2 seri dan 2 paralel. Pada sistem ini terdapat 2 buah sensor arus yang terpasang pada 2 rangkaian seri yang akan diparalelkan. Kemudian dari pembacaan sensor tersebut akan ditemukan penurunan arus *short circuit* menggunakan rumus Module Degradation Factor (MDF). Sehingga pada sistem ini memiliki 3 nilai input, yaitu dari sensor arus yang terpasang pada *string 1* dan *string 2* yang telah diberi tanda pada Gambar 7 serta hasil perhitungan menggunakan rumus MDF yang telah dijelaskan pada Persamaan (1). Ketiga nilai input yang telah didapatkan ini akan dijadikan sebagai nilai input dari proses ANN.



Gambar 8. Tampilan Hardware

Pada modul PV di atas terlihat bahwa permukaan modul berwarna kuning kecoklatan. Peristiwa tersebut merupakan karakteristik modul PV dengan kondisi perubahan warna. Discoloration merupakan peristiwa dimana lapisan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) pada PV dapat mengubah warna permukaan modul PV menjadi kuning hingga coklat. Kejadian ini disebabkan oleh iklim yang panas dan lembab seperti di Indonesia. Ketika suhu mencapai 50°C, modul PV akan kehilangan efisiensi dalam sistem.

Parameter modul yang digunakan dalam pengujian ini dapat disajikan pada Tabel 1. Array tersebut akan dibandingkan antara kondisi gangguan degradasi PV dengan modul PV ideal. Akan dibedakan apakah berpengaruh terhadap reliabilitas atau tidak.

Tabel 1. Parameter Modul PV

Parameter	Nilai dan keterangan
Merek	CALTECH
Maximum Power (Pmax)	100 W
Maximum Power Current (Imp)	5,62 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	17,8 V
Open Circuit Voltage (Voc)	21,8 V
Short Circuit Current (Isc)	6,05 A

Pada sistem yang dibuat ini menggunakan DC-DC *converter* jenis buck-boost converter yang berfungsi sebagai *step-up* dan *step-down* dari tegangan sumber PV. Untuk desain yang telah dibuat dirancang dari perhitungan yang berasal dari parameter dibawah ini pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Buck Boost Converter

Parameter	Nilai
Duty Cycle	45.7
Induktor (L)	110.345 uH
Capacitor (C)	470 uF
Resistor (R)	2.25 Ω
Frekuensi (fs)	40 kHz

Perencanaan algoritma ANN menggunakan algoritma *backpropagation* ini bertujuan untuk mengidentifikasi gangguan *degradation fault* dari hasil data perbandingan antara data arus *short circuit* referensi (Isc) dengan data PV dengan gangguan *degradation fault* pada sistem *photovoltaic*. Proses identifikasi gangguan *degradation fault* ini dimulai dengan mengambil nilai uji arus *short circuit* (Isc) pada setiap string pada PV. Kemudian nilai tersebut akan menjadi input dari struktur *training* ANN. Nilai input yang dijadikan indikator diantaranya Isc dengan gangguan *degradation fault*, Isc dengan Kondisi ideal (normal), dan penurunan Isc yang dihasilkan dari perbandingan antara Isc dengan *degradation fault* dengan Isc dengan kondisi normal sebagai referensi. Setelah itu akan menghasilkan nilai output sebagai indicator terjadinya gangguan.

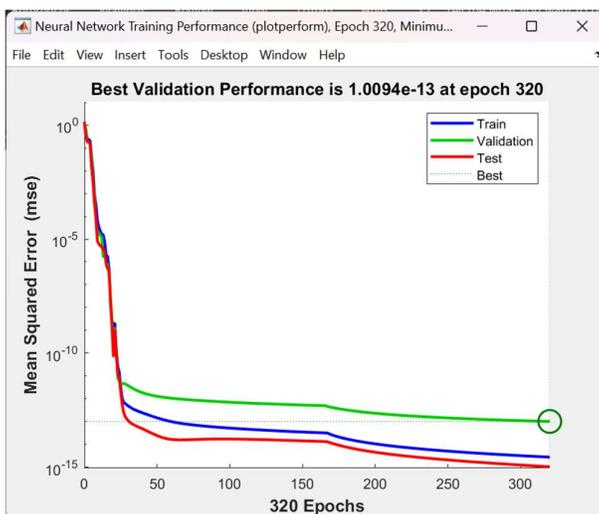
Hal selanjutnya yang dapat dilakukan yaitu *training* data ANN menggunakan data yang telah diambil. Selanjutnya melakukan *training* algoritma ANN pada MATLAB menggunakan "nntool" di halaman *Command Window*. Pada *training* data ANN ini menggunakan 3 input, diantaranya yaitu arus *short circuit* pada *string* 1, arus *short circuit* pada *string* 2, dan penurunan arus *short circuit* menggunakan rumus MDF. Pada Tabel 3 dibawah ini menjelaskan tentang

parameter yang akan digunakan untuk *training* ANN yaitu arus *short circuit* pada string 1, arus *short circuit* pada string 2, dan hasil perhitungan nilai MDF menggunakan Persamaan (1).

Tabel 3. Parameter Simulasi *Degradation Fault* pada ANN

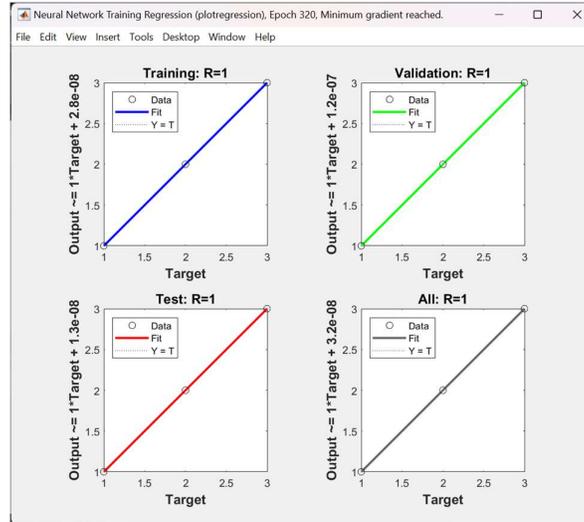
Isc String 1 (A)	Isc String 2 (A)	Module Degradation Factor (%)
5.320	6.110	12.930
5.290	6.080	12.993
5.320	6.100	12.787
5.320	6.100	12.787
4.570	3.960	13.348
4.520	3.930	13.053
4.500	3.900	13.333
4.480	3.880	13.393
1.870	1.760	5.882
1.910	1.810	5.236
1.950	1.850	5.128
2.060	1.990	3.398
2.180	2.080	4.587
2.130	2.020	5.164
2.550	2.510	1.569

Pada hasil *training* ANN yang telah dilampirkan pada Gambar 9 dibawah dapat dilihat bahwa proses *training* dilakukan mendapat hasil *mean square error* sangat kecil yaitu sebesar $1.0094e-13$ dengan jumlah 320 iterasi.



Gambar 9. Mean Square Training ANN

Pada hasil plot regresi bernilai 1, yang artinya proses *training* algoritma ANN berjalan dengan baik.



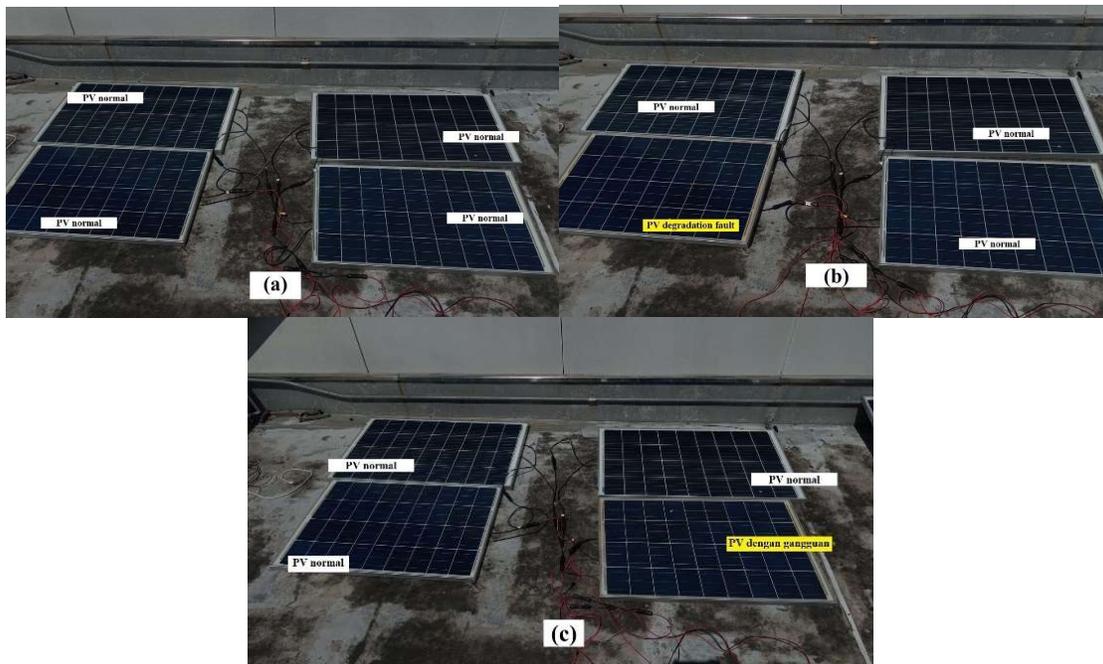
Gambar 10. Hasil Plot Regresi ANN

Dari proses yang telah dilakukan didapatkan persamaan matematika dari proses metode ANN. Berikut adalah ringkasan dari algoritma ANN mulai dari process input hingga process output untuk mengidentifikasi adanya gangguan *degradation fault* pada instalasi PV berdasarkan nilai arus pada 2 *string* dan persentase penurunannya. Setelah itu didapatkan hasil perhitungan ANN yang dapat dimasukkan ke dalam Bahasa pemrograman C yang selanjutnya akan diimplementasikan pada mikrokontroler STM32F407.

Setelah mendapatkan program ANN, maka hal yang bisa dilakukan yaitu pengujian mengidentifikasi gangguan *degradation fault* pada instalasi PV. Untuk pengujian hardware nya menggunakan dua buah sensor untuk mengetahui pengaruh *degradation fault* terhadap nilai arus *short circuit*.



Gambar 11. Hardware Pengujian Identifikasi *Degradation Fault*



Gambar 12. (a) Rangkaian Instalasi PV Saat Kondisi Normal, (b) Rangkaian Instalasi PV Saat Terdapat Gangguan di String 1 (c) Rangkaian Instalasi PV Saat Terdapat Gangguan di String 2

Pada pengujian ini yaitu meletakkan variasi gangguan *degradation fault* yang telah ditunjukkan pada Gambar 12. Variasi gangguan ini dilakukan dengan cara meletakkan modul PV dengan kondisi *degradation fault* pada beberapa titik. Letak variasi tersebut pada *string 1* dan *string 2*, dimana pada kondisi bernilai "1" apabila PV yang terpasang mempunyai kondisi normal dan bagus. Untuk kondisi bernilai "2" yaitu kondisi apabila terdapat gangguan pada *string 1*, sehingga pada rangkaian *string 1* ini akan dipasang 1 buah PV normal dan 1 buah PV dengan kondisi *degradation fault*. untuk kondisi bernilai "3" yaitu kondisi dimana pada *string 2* terpasang 1 buah PV kondisi normal dan 1 buah PV dengan kondisi *degradation fault*. variasi tersebut dilakukan dengan tujuan agar dapat membuktikan pengaruh PV dengan kondisi *degradation fault* pada instalasi PV yang akan dipasang.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengujian Mengidentifikasi Gangguan *Degradation Fault* dengan Nilai Output ANN

Isc1 (A)	Isc2 (A)	penurunan (%)	ANN Terbaca	ANN MATLAB	error (%)	akurasi (%)
4.1180	4.4300	7.576	1.00000	1.06000	5.66038%	99.9434%
4.1480	4.4500	7.281	1.00000	1.02000	1.96078%	99.9804%
5.1660	5.7900	10.970	2.00000	2.00010	0.00500%	100.0000%
5.1760	5.7700	10.270	2.00000	1.99960	0.02000%	99.9998%
5.1660	5.8100	11.170	2.00000	2.00000	0.00000%	100.0000%
5.1260	5.7200	10.470	2.00000	2.00000	0.00000%	100.0000%
5.5800	4.9600	11.111	2.76000	2.99970	7.99080%	99.9201%
5.4870	4.8800	11.063	2.94000	2.99980	1.99347%	99.9801%
5.3500	4.8600	9.159	2.93000	2.99420	2.14415%	99.9786%
rata - rata					2.19718%	99.9780%

Pada tabel hasil pengujian mengidentifikasi gangguan *degradation fault* pada Tabel 4 ini nilai ANN yang terbaca pada LCD dibandingkan dengan ANN output dari proses pengujian MATLAB. Nilai Isc1 merupakan nilai arus *short circuit* pada *string* 1 dan Isc2 merupakan nilai arus shortcircuit pada *string* 2 serta penurunan Isc merupakan perhitungan penurunan Isc normal dengan Isc terjadinya gangguan. Dari hasil pengujian yang didapatkan menghasilkan akurasi sekitar 99.9780%. kemudian hasil pengujian tersebut memiliki error sebesar 2.14415%. sehingga dapat disimpulkan dapat mengidentifikasi adanya *degradation fault*.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Pengujian Mengidentifikasi Gangguan *Degradation Fault* dengan Nilai target ANN

Isc1 (A)	Isc2 (A)	penurunan (%)	ANN Terbaca	ANN Target	error (%)	akurasi (%)
4.1180	4.4300	7.576	1.00000	1.00000	0.00000%	100.0000%
4.1480	4.4500	7.281	1.00000	1.00000	0.00000%	100.0000%
5.1660	5.7900	10.970	2.00000	2.00000	0.00000%	100.0000%
5.1760	5.7700	10.270	2.00000	2.00000	0.00000%	100.0000%
5.1660	5.8100	11.170	2.00000	2.00000	0.00000%	100.0000%
5.1260	5.7200	10.470	2.00000	2.00000	0.00000%	100.0000%
5.5800	4.9600	11.111	2.76000	3.00000	8.00000%	99.9200%
5.4870	4.8800	11.063	2.94000	3.00000	2.00000%	99.9800%
5.3500	4.8600	9.159	2.93000	3.00000	2.33333%	99.9767%
rata - rata					1.37037%	99.9863%

Pada tabel hasil pengujian mengidentifikasi gangguan *degradation fault* pada Tabel 5 ini nilai ANN yang terbaca pada LCD dibandingkan dengan ANN output dari proses pengujian MATLAB. Nilai Isc1 merupakan nilai arus *short circuit* pada *string* 1 dan Isc2 merupakan nilai arus shortcircuit pada *string* 2 serta penurunan Isc merupakan perhitungan penurunan Isc normal dengan Isc terjadinya gangguan. Dari hasil pengujian yang didapatkan menghasilkan akurasi sekitar 99.9863%. kemudian hasil pengujian tersebut memiliki error sebesar 1.37037%. sehingga dapat disimpulkan dapat mengidentifikasi adanya *degradation fault* dengan persentase eror yang kecil. Kemudian nilai rata-rata eror apabila nilai ANN yang terbaca dibandingkan dengan ANN target lebih kecil dari pada rata-rata eror dari nilai ANN terbaca dengan nilai ANN target.

4. KESIMPULAN

Dari perbandingan pengujian seri antara *string* A dan *string* B dapat dilihat bahwa PV dengan Kondisi *degradation fault* dapat memengaruhi Isc menurun hingga mencapai 13%. Hasil pengujian perbandingan pengujian ANN terbaca dan output ANN dapat dilihat bahwa mendapat nilai error sebesar 2.19718% yang bisa dikatakan sesuai dan akurat. Perbandingan pengujian ANN terbaca dengan target ANN mendapatkan eror lebih kecil sebesar 1.3707%. maka dapat dikatakan bahwa pengujian ini memiliki nilai yang kuat dalam mengidentifikasi adanya *degradation fault* pada instalasi PV.

DAFTAR RUJUKAN

- Afifah, A. N. N., Indrabayu, Suyuti, A., & Syafaruddin. (2021). A review on image processing techniques for damage detection on photovoltaic panels. *ICIC Express Letters*, *15*(7), 779–790.
- Akraa, M. A., Hassan, A. S., & Jawad, M. J. H. (2019). Degradation Influence of Ethylene Vinyl Acetate Copolymer (EVA) in Photo-Voltaic Modules: The Reason and Effect. A Review. *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS)*, *3*.
- Al-Ezzi, A. S., & Ansari, M. N. M. (2022). Photovoltaic Solar Cells: A Review. *Applied System Innovation*, *5*(4). <https://doi.org/10.3390/asi5040067>
- Arani, M. Sabbaghpur., & Hejazi, M. A. (2016). The comprehensive study of electrical faults in PV arrays. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, *2016*. <https://doi.org/10.1155/2016/8712960>
- de Oliveira, M. C. Carvalho., Cardoso, A. S. Diniz., Viana, M. M., & Lins, V. de F. C. (2018). The causes and effects of degradation of encapsulant ethylene vinyl acetate copolymer (EVA) in crystalline silicon photovoltaic modules: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *81*, 2299–2317. Elsevier Ltd.
- Dhoke, A., Sharma, R., & Saha, T. K. (2018). PV module degradation analysis and impact on settings of overcurrent protection devices. *Solar Energy*, *160*, 360–367.
- Ghosh, R., Das, Swagat., & Panigrahi, C. K. (2018). Classification Of Different Types Of Faults in a Photovoltaic System. *2018 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC)*.
- Khalil, I. U., Ul-Haq, A., Mahmoud, Y., Jalal, M., Aamir, M., Ahsan, M. U., & Mehmood, K. (2020). Comparative Analysis of Photovoltaic Faults and Performance Evaluation of its Detection Techniques. *IEEE Access*, *8*, 26676–26700.
- Kim, J., Rabelo, M., Padi, S. P., Yousuf, H., Cho, E. C., & Yi, J. (2021). A review of the degradation of photovoltaic modules for life expectancy. *Energies*, *14*(14).
- Naskar, M., V, L. N., & Ganga, S. (2017). Investigation of the Degradation of EVA Encapsulation of Photovoltaic Module under Different Stress Factors. *2017 3rd International Conference on Condition Assessment Techniques in Electrical Systems (CATCON)*, Rupnagar, India, (pp. 398-402).
- Nylund, S., & Barbari, Z. (2019). Study of Defects In PV Modules: UV fluorescence and Thermographic photography for Photovoltaics (PV) Field Application.
- Park, N. C., Jeong, J. S., Kang, B. J., & Kim, D. H. (2013). The effect of encapsulant discoloration and delamination on the electrical characteristics of photovoltaic module.

Microelectronics Reliability, 53(9–11), 1818–1822.
<https://doi.org/10.1016/j.microrel.2013.07.062>

- Pei, T., & Hao, X. (2019). A fault detection method for photovoltaic systems based on voltage and current observation and evaluation. *Energies*, 12(9).
- Rahman, T., Al Mansur, A., Hossain, M. S. H., Rahman, Md. S., Ashique, R. H., Houran, M. A., Elavarasan, R. M., & Hossain, E. (2023). Investigation of Degradation of Solar Photovoltaics: A Review of Aging Factors, Impacts, and Future Directions toward Sustainable Energy Management. *Energies*, 16(9).
- Umar, N. H., Gupta, P., Bora, B., & Banerjee, C. (2019). Discoloration of photovoltaic module and correlation with electrical parameters degradation. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6), 2450–2452.
- Youssef, A., El-Telbany, M., & Zekry, A. (2017). The role of artificial intelligence in photovoltaic systems design and control: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 72–79.
- Zola, F., Nurcahyo, G. W., & Santony, J. (2018). Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Algoritma Backpropagation Untuk Memprediksi Prestasi Siswa. *Jurnal Teknologi Dan Open Source*, 1(1).