

KLASIFIKASI KEGAGALAN PLTS DENGAN METODE SVC DAN XGBOOST BERBASIS SIMULASI DAN EKSPERIMEN KARAKTERISTIK KURVA I-V

Mahasiswa: Aulia Cahyadi 13320069 | **Dosen Pembimbing :** 1. Dr. Irsyad Nashirul Haq, S.T., M.T. ; 2. Dr. -Ing. Justin Pradipta, S.T, M.T.

Pendahuluan

PLTS atap ditetapkan sebagai Proyek Strategis Nasional dengan target implementasi 3,6 GW pada tahun 2025

Namun, implementasi pada tahun 2023, dengan target senilai 900 MW pun masih jauh realisasinya karena baru menyentuh 140 MW

Implementasi PLTS atap dapat didorong melalui berbagai aspek

Selain aspek birokrasi, **peningkatan pada aspek ekonomi** menjadi daya tarik tersendiri. Salah dua caranya antara lain **menjamin produksi energi** sesuai potensi dan **umur pakai komponen** sesuai jaminan manufaktur

Kedua cara tersebut sulit dicapai karena kondisi yang disebut kegagalan sistem sistem PLTS

Sistem pemantauan kondisi untuk meningkatkan efektivitas mitigasi kondisi kegagalan sistem PLTS diperlukan

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah mensimulasikan kegagalan & mengklasifikasikan kondisi PLTS berdasarkan karakteristik kurva I-V

Sasaran

1. Eksperimen kegagalan nondestruktif pada objek penelitian
2. Simulasi kondisi kegagalan melalui model matematis pada Matlab
3. Analisis dampak kegagalan berdasarkan kurva IV
4. Mengklasifikasikan kondisi sistem berdasarkan karakteristik kurva IV dengan metode pembelajaran mesin

Batasan

1. Modul PV yang dijadikan objek adalah modul PV Gedung CAS ITB
2. Eksperimen hanya untuk kegagalan nondestruktif
3. Pemodelan dan simulasi menggunakan perangkat lunak matlab dengan model matematis ekuivalen sirkuit dioda tunggal
4. Penelitian berfokus pada kegagalan lingkup DC, yakni 1 rangkaian array, terdiri atas 2 string.
5. Model pengklasifikasi menggunakan algoritma pembelajaran mesin XGBoost dan SVC.

Asumsi

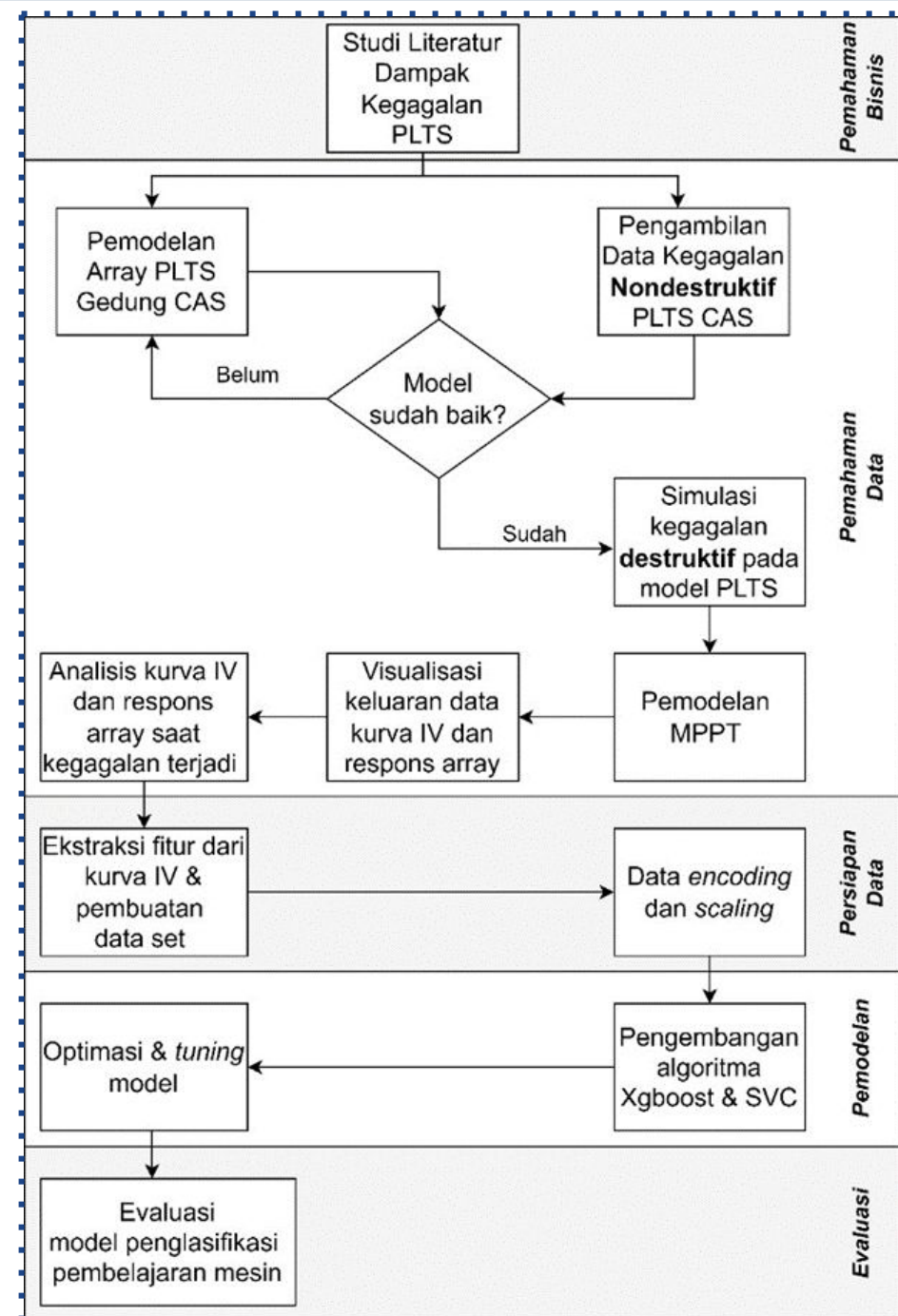
1. Panel PV bersifat identik, belum ada degradasi, dan menerima iradiasi seragam pada array yang sama.
2. Rangkaian 2 string panel PV diasumsikan paralel melalui *combiner box*.
3. Line to line terjadi pada keadaan sepenuhnya kontak antar konduktor kabel.
4. Modul objek penelitian hanya memiliki 1 komponen dioda *bypass* di dalamnya.

Objek Penelitian

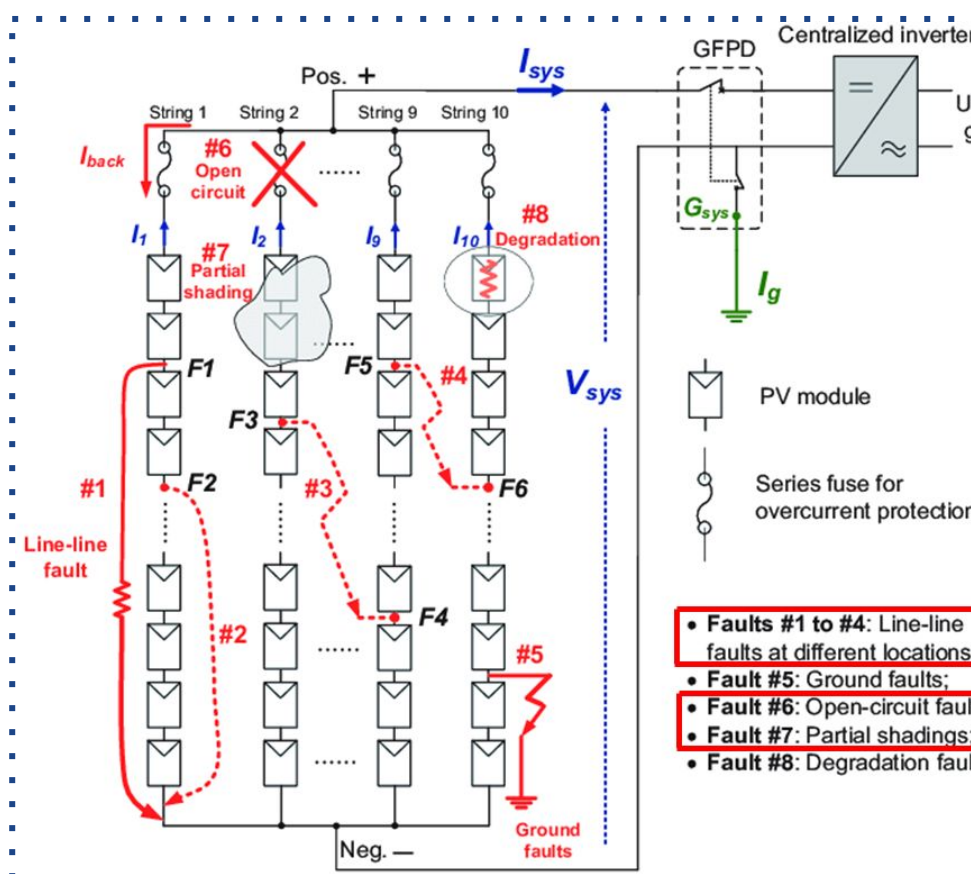


Objek penelitian menggunakan PLTS 10 kWp Gedung CAS ITB. Adapun yang menjadi tinjauan adalah 2 string dengan tiap string tersusun atas 12 modul kapasitas 210 Wp

Metodologi Penelitian



Kegagalan Sistem PLTS Lingkup PV Array



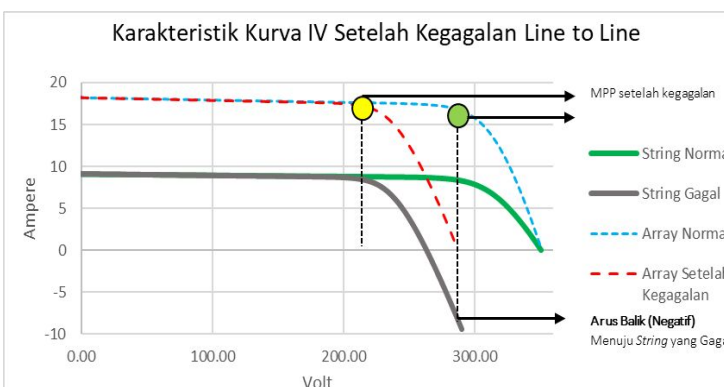
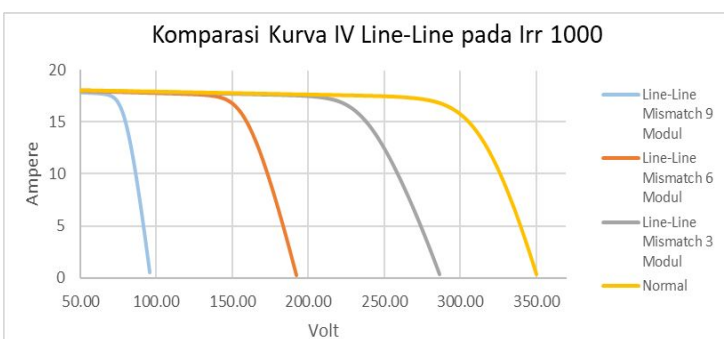
Kegagalan yang diklasifikasi meliputi kegagalan destruktif berupa line to line dengan perbedaan 3,6, dan 9 modul serta kegagalan nondestruktif yaitu rangkaian terbuka, dan naungan sebagian 3, 6, dan 9 modul

Validasi Model Array sebagai sumber Akuisisi Data

Parameter	Nilai MAPE (%)
Isc	3,34
Voc	4,58
Impp	5,47
Vmpp	16,37

Berdasarkan referensi, nilai MAPE di bawah 20% termasuk kategori *good forecasting*, sementara nilai MAPE di bawah 10% termasuk kategori *highly accurate forecasting*. Perbandingan data eksperimen dan simulasi ini menunjukkan model layak dijadikan sumber akuisisi data.

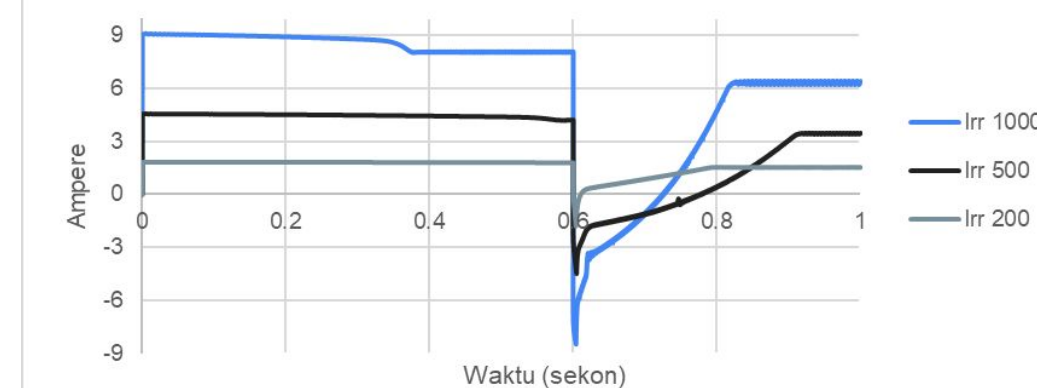
Simulasi Kegagalan Line to Line



String yang mengalami kegagalan *line to line* akan turun tegangannya. Sebelum MPPT menggeser tegangan operasi array, string ini akan menyerap arus dari string sehat lainnya.

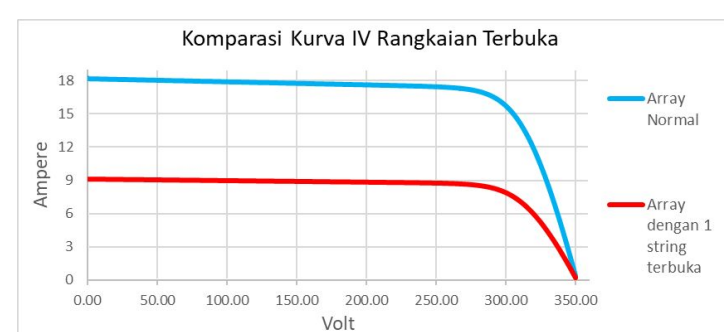
Komponen proteksi berupa sekering telah menjadi standar, tetapi arus balik minimal pemutus sekering adalah 2,1 arus maksimal string tersebut. Kondisi ini tentunya tidak mudah tercapai sehingga kegagalan terdeteksi.

Pengaruh Nilai Iradiasi pada Arus Balik



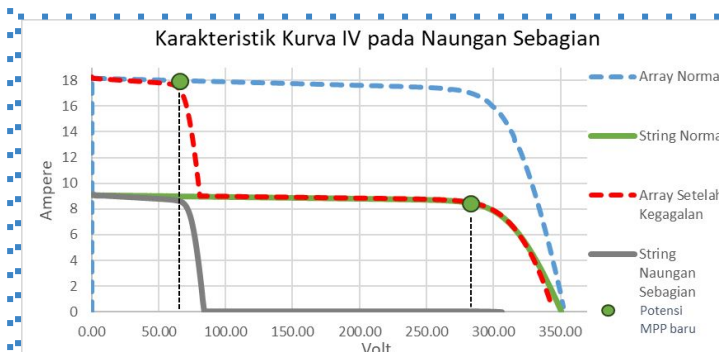
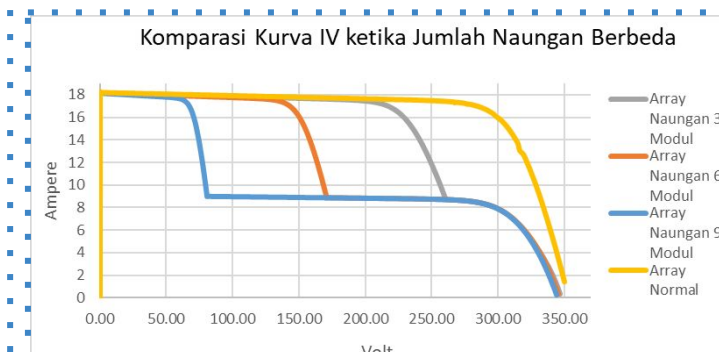
Simulasi menggunakan model MPPT untuk melihat arus balik dilakukan. Hasil yang didapat adalah semakin tinggi nilai iradiasi, jumlah *mismatch* modul, dan semakin banyak string pada suatu array, maka nilai arus balik ketika *line to line* terjadi akan semakin tinggi.

Simulasi Kegagalan Rangkaian Terbuka



String yang mengalami rangkaian terbuka menyebabkan string keluaran array menurun. Kondisi ini juga dapat menjadi indikasi adanya kegagalan *line to line* apabila lokasi kejadian berada di sekering

Simulasi Kegagalan Naungan Sebagian



String yang mengalami naungan sebagian akan mengalami penurunan tegangan. Berbeda dibanding *line to line*, naungan sebagian mengakibatkan penurunan tegangan lokal, tetapi tetap memiliki tegangan Voc seperti kondisi normal

Hal ini terjadi akibat dampak implementasi dioda *bypass* sehingga tegangan Voc string ternaungi tetap terjaga nilainya.

Klasikasi Berdasarkan Karakteristik Kurva IV

	Xgboost		SVC	
Jumlah Fitur	3 (SelectKBest)	6 (Semua Fitur)	3 (SelectKBest)	6 (Semua Fitur)
Metode Tuning	RandomizedSearchCV		RandomizedSearchCV	
Waktu Tuning	19,80 detik	26,80 detik	1,79 detik	1,83 detik
Waktu Cross Validation	0,05 detik	0,11 detik	0,005 detik	0,0052 detik
Akurasi Cross Validation	0,827	0,868	0,9337	0,9833
Waktu Testing	0,0036 detik	0,0120 detik	0,0006 detik	0,004 detik
Akurasi Testing	0,81	0,9	0,9	0,97

Model pembelajaran mesin konvensional berbasis SVC menunjukkan hasil akurasi dan efisiensi komputasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode XGBoost. Hal ini terjadi karena data set masukan cukup sederhana dan dapat diklasifikasikan dengan baik oleh *hyperplane* SVC hanya melalui *plotting* data menggunakan kernel linear. Ini yang menjadi alasan akurasi dan efisiensi model SVC cukup baik sehingga lebih cocok digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi PLTS berdasarkan karakteristik kurva IV.

Kesimpulan

1. Penelitian tugas akhir ini telah berhasil membuat model PLTS dengan hasil evaluasi model berdasarkan metode mean absolute percentage error sebesar 3,34% untuk Isc, 4,58% untuk Voc, 5,47% untuk Impp, dan 16,37% untuk Vmpp. Nilai ini termasuk kategori *good forecasting*
2. Telah dilakukan analisis karakteristik keluaran kurva IV dan penurunan produksi daya pada kondisi kegagalan. Kegagalan rangkaian terbuka, line to line dengan mismatch 3, 6, dan 9 modul, serta naungan sebagian 3, 6, dan 9 modul masing-masing menimbulkan kerugian daya sebesar 50%, 22,3%, 47,9%, 73,7%, 23,1%, 49,4%, dan 49,9%.
3. Berdasarkan analisis kinerja perangkat proteksi kegagalan, perangkat proteksi sekering belum tentu dapat bekerja untuk menanggulangi kegagalan line to line karena arus minimal untuk memutus sekering adalah 2,1 kali dari besar arus string (Isc). Besar arus ini bergantung pada jumlah mismatch modul, jumlah string di array, dan besar iradiasi ketika line to line terjadi.
4. Telah dilakukan perbandingan model klasifikasi kegagalan berbasis XGBoost dan SVC. SVC menghasilkan kinerja terbaik dengan akurasi 0,97 dan memiliki efisiensi komputasi lebih tinggi sekitar 90% dibanding XGBoost dengan waktu tuning, training, dan testing adalah 1,83, 0,0052, dan 0,004 detik.