




# Klasifikasi suhu pada peralatan listrik tegangan tinggi menggunakan Support Vector Machine (SVM)

Giovanni Dimas Prenata\*<sup>1</sup>, Izzah Aula Wardah<sup>2</sup>, Riyan Agus Setiyawan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118, Surabaya, Indonesia  
[gprenata@untag-sby.ac.id](mailto:gprenata@untag-sby.ac.id)

<sup>2</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118, Surabaya, Indonesia  
[iwardah@untag-sby.ac.id](mailto:iwardah@untag-sby.ac.id)

<sup>3</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118, Surabaya, Indonesia  
[riyanagussetiawan21@gmail.com](mailto:riyanagussetiawan21@gmail.com)

\*Corresponding Author: [email@email.com](mailto:email@email.com)

**Abstract** - Implementasi kecerdasan buatan untuk menentukan kondisi transformator berdasarkan suhu merupakan hal baru. Penelitian ini merupakan penelitian awal untuk mempermudah proses monitoring transformator berdasarkan suhu. Dengan mengolah gambar thermal maka bisa dianalisa kondisi suhu transformator dan lingkungan sekitarnya. Penggunaan metode SVM bertujuan untuk membantu proses justifikasi berdasarkan persentase warna putih (suhu tinggi) dan warna tidak putih (suhu rendah). Dengan menggunakan 10 data latih yang sudah didapatkan nilai persentase warna putih dan warna tidak putih, didapat akurasi 90%. Persamaan garis hyperplane yang didapat untuk membedakan kategori bahaya dan aman dipergunakan untuk menguji 2 data uji dan mendapat akurasi 100%.

**Keywords**— Transformator, SVM, Putih, Non-putih, Hyperplane

## I. INTRODUCTION

Penerapan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam sektor ketenagalistrikan merupakan terobosan yang tergolong baru, namun menjanjikan manfaat besar dalam meningkatkan efisiensi serta ketepatan proses pada sistem kelistrikan. AI memungkinkan berbagai metode dalam sistem tenaga dapat dijalankan lebih cepat dan akurat dibanding pendekatan tradisional. Kehadiran teknologi ini menjadi solusi potensial dalam mengatasi berbagai tantangan distribusi dan manajemen listrik melalui pendekatan berbasis data serta pemanfaatan algoritma pembelajaran mesin. Salah satu studi yang menunjukkan efektivitas AI di bidang ini dilakukan oleh Prenata, yang meneliti klasifikasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik di PT PLN (Persero) UP3 Surabaya Selatan. Dalam penelitiannya, Prenata mengembangkan pendekatan berbasis kecerdasan buatan guna menilai tingkat keandalan sistem distribusi secara lebih akurat dan sistematis.

Untuk melakukan klasifikasi tersebut, digunakan tiga metode utama AI: Single Perceptron [1], Support Vector Machine (SVM) [2] dan K-Nearest Neighbor (KNN) [3]. Single Perceptron adalah model jaringan saraf paling dasar yang mampu mengklasifikasikan data secara linear. SVM bekerja dengan menemukan hyperplane optimal untuk

memisahkan data pada ruang berdimensi tinggi. Sementara itu, KNN menentukan klasifikasi berdasarkan kedekatan data terhadap sejumlah data latih. Dengan penerapan ketiga metode ini, penelitian bertujuan untuk menemukan metode paling efektif dalam menilai keandalan sistem distribusi. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan berbasis AI mampu meningkatkan efisiensi dan keakuratan analisis keandalan dibanding metode manual yang cenderung memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan manusia.

Mengacu pada standar SPLN 59-1985, suatu sistem distribusi dikatakan andal bila nilai SAIDI (System Average Interruption Duration Index) kurang dari 12,842 dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) kurang dari 2,145. SAIDI mencerminkan durasi rata-rata gangguan per pelanggan per tahun, sedangkan SAIFI menunjukkan frekuensi rata-rata gangguan per pelanggan per tahun. Penilaian keandalan secara konvensional biasanya dilakukan secara manual dengan menghitung nilai SAIDI dan SAIFI, yang membutuhkan waktu dan tenaga lebih, terutama saat datanya besar. Selain lambat, metode manual juga berisiko tinggi terhadap kesalahan. Dengan bantuan AI, proses ini dapat dijalankan secara otomatis dan lebih cepat. Sistem berbasis pembelajaran mesin dapat mengenali pola historis dalam data dan menghasilkan klasifikasi yang presisi tanpa

perhitungan rumit. Penggunaan AI dalam klasifikasi ini membawa manfaat besar: efisiensi meningkat, waktu analisis lebih singkat, serta risiko kesalahan menurun. PLN pun dapat lebih cepat mengenali dan menangani potensi gangguan, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan kualitas layanan pelanggan.

Dari hasil penelitian, metode KNN terbukti mampu mencapai akurasi hingga 100% dalam mengklasifikasi keandalan sistem distribusi untuk berbagai nilai K (1–7). Hal ini menunjukkan konsistensi metode dalam menentukan sistem yang andal atau tidak. Keunggulan KNN terletak pada kemampuannya memetakan data berdasarkan kedekatan terhadap data pelatihan. Selain itu, Single Perceptron juga menunjukkan akurasi sempurna. Bahkan jika dibandingkan dengan metode lain seperti Decision Tree, Random Forest, Naïve Bayes, dan Multilayer Perceptron, Single Perceptron tetap unggul meskipun metode-metode tersebut juga mencatat akurasi di atas 85%. Sementara itu, metode SVM berhasil mencapai akurasi 100% setelah menemukan hyperplane optimal dengan persamaan  $y = -1,82693x + 18,3422$ . Hyperplane ini menjadi batas pemisah antara data sistem andal dan tidak andal, yang membuktikan keefektifan SVM dalam klasifikasi keandalan sistem distribusi.

Secara keseluruhan, penelitian menunjukkan bahwa penerapan AI dalam sistem kelistrikan sangat andal, dengan akurasi tinggi pada metode KNN, SVM, maupun Single Perceptron. Hal ini membantu meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan distribusi listrik. Penelitian lain dari Prenata juga menyoroti pemanfaatan AI dalam memvalidasi hasil pengukuran rele pada sistem tenaga [4]. Rele sendiri merupakan komponen proteksi penting yang berfungsi mendeteksi gangguan dan memutuskan bagian jaringan bermasalah.

Studi ini menggunakan rele untuk mengukur impedansi pada jaringan Gas Insulated Switchgear (GIS) 150 kV, yang digunakan untuk menentukan lokasi gangguan hubung singkat. Namun, tidak ada metode validasi langsung untuk hasil pengukuran rele, sehingga akurasinya kerap dipertanyakan. Untuk mengatasinya, Prenata menggunakan metode optimasi AI yaitu Particle Swarm Optimization (PSO) sebagai alat bantu evaluasi pengukuran impedansi. PSO bekerja dengan meniru perilaku kawanan dalam mencari solusi terbaik di ruang pencarian. Dalam konteks penelitian, PSO digunakan untuk mendapatkan nilai impedansi optimal sebagai referensi pembandingan terhadap hasil pengukuran dari rele. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PSO mampu memberikan validasi dengan tingkat akurasi lebih dari 98%, menjadikannya metode yang dapat diandalkan dalam evaluasi pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa AI dapat mendukung ketepatan penentuan lokasi gangguan serta mempercepat respons sistem kelistrikan terhadap gangguan.

Andika, Sri dan Yoga mempergunakan metode SVM untuk memprediksi beban daya listrik yang menghasilkan akurasi diatas 85% [5]. Selain itu, Nurul, Vallan, Ellyah, Sulthan dkk juga menggunakan SVM kernel radial untuk mempredikasi penggunaan energi listrik pda rumah hemat energi yang menghasilkan nilai RMSE dataset ketika training 39,35 [6].

SVM juga bisa dikombinasikan dengan metode lain seperti yang dilakukan oleh Hazlee dan Wee untuk mengidentifikasi gangguan transformator berdasarkan gas terlarut [7]. Mereka mempergunakan metode SVM yang digabungkan dengan

Evolutionary Particle Swarn Optimization (EPSO) sehingga menghasilkan nilai Time Varying Acceleration Coefficient (TVAC) yang tinggi untuk mengidentifikasi kerusakan trafo disbanding metode PSO saja.

## II. METHODS

### A. Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) merupakan salah satu metode dalam kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin yang sangat populer dalam bidang klasifikasi dan pengenalan pola. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh dua ilmuwan bernama Vladimir Vapnik dan Alexey Chervonenkis pada tahun 1963. Inti dari metode SVM adalah mencari sebuah garis batas yang disebut sebagai hyperplane yang mampu memisahkan dua kelompok data yang berbeda dengan margin maksimum [8]. Artinya, SVM bekerja dengan menemukan garis pemisah atau decision boundary yang paling optimal, sehingga data yang termasuk dalam satu kategori akan berada di satu sisi garis, sedangkan data yang berada dalam kategori lain akan terletak di sisi lainnya.

Keunggulan dari metode ini terletak pada kemampuannya dalam mengklasifikasikan data tidak hanya dalam ruang dua dimensi, tetapi juga dapat diperluas ke ruang berdimensi tinggi menggunakan teknik kernel. Dengan demikian, SVM sangat efektif dalam menangani masalah klasifikasi yang kompleks dan non-linear.

### B. Trigonometri

Trigonometri adalah cabang ilmu matematika yang berfokus pada hubungan antara panjang sisi dan sudut dalam segitiga. Ilmu ini menjadi dasar dalam berbagai bidang seperti fisika, teknik, astronomi, hingga pemrosesan sinyal digital. Secara etimologis, kata "trigonometri" berasal dari bahasa Yunani, yaitu trigonon yang berarti segitiga dan metron yang berarti mengukur.

Dalam konteks satuan lingkaran penuh, lingkaran dibagi menjadi 360 bagian yang masing-masing disebut satu derajat. Oleh karena itu, satu derajat merupakan hasil pembagian satu lingkaran penuh menjadi 360 bagian yang sama besar. Konsep ini menjadi dasar dalam pengukuran sudut, baik dalam segitiga maupun dalam gerakan melingkar.

Untuk sudut-sudut tajam, terdapat fungsi trigonometri utama yang digunakan, yaitu sinus, cosinus, dan tangen. Salah satu yang sering digunakan dalam analisis geometri adalah fungsi tangen [9]. Tangen dari suatu sudut  $\alpha$  dalam segitiga siku-siku didefinisikan sebagai perbandingan antara panjang sisi depan sudut (sisi yang berhadapan dengan sudut  $\alpha$ ) terhadap panjang sisi samping atau alas (sisi yang berdekatan dengan sudut  $\alpha$ ), sehingga dapat ditulis sebagai:

$$\text{Tangen } \alpha = y / x \quad (1)$$

Fungsi ini sangat berguna dalam berbagai perhitungan teknik, seperti dalam menentukan kemiringan suatu bidang atau arah suatu vektor dalam koordinat kartesius.

### C. Garis Lurus

Dalam bidang matematika, khususnya geometri analitik, garis lurus merupakan bentuk geometri dasar yang banyak digunakan dalam representasi hubungan linear antara dua variabel. Secara umum, persamaan garis lurus dalam koordinat kartesius dapat dituliskan dengan format standar:

$$y = mx + c \quad (2)$$

Dimana  $y$  adalah nilai pada sumbu vertikal (ordinat),  $x$  adalah nilai pada sumbu horizontal (absis),  $m$  adalah gradien atau kemiringan garis, dan  $c$  adalah konstanta yang menunjukkan titik potong garis dengan sumbu  $y$ .

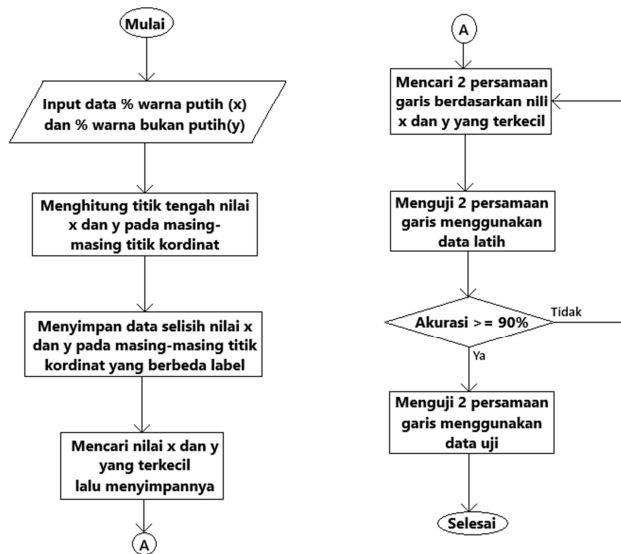
Nilai gradien  $m$  berfungsi untuk menunjukkan arah dan tingkat kemiringan suatu garis [10]. Jika nilai  $m$  positif, maka garis tersebut akan naik dari kiri ke kanan (condong ke kanan), sedangkan jika  $m$  bernilai negatif, maka garis akan turun dari kiri ke kanan (condong ke kiri). Gradien ini dapat dihitung apabila diketahui dua titik yang dilalui oleh garis tersebut. Misalnya, jika diberikan dua titik  $A(x_1, y_1)$  dan  $B(x_2, y_2)$ , maka nilai gradien dapat dihitung menggunakan rumus:

$$m = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) \quad (3)$$

Setelah gradien ditemukan, langkah berikutnya adalah menentukan nilai  $c$ . Untuk mendapatkan nilai  $c$ , salah satu titik (baik  $A$  maupun  $B$ ) dapat disubstitusikan ke dalam persamaan  $y = mx + c$ . Dengan memasukkan nilai koordinat  $x$  dan  $y$  dari salah satu titik, serta nilai  $m$  yang sudah dihitung sebelumnya, maka nilai  $c$  akan diperoleh.

Setelah kedua komponen, yaitu  $m$  dan  $c$ , diketahui, maka persamaan garis lurus yang melalui titik  $A$  dan  $B$  dapat dibentuk secara lengkap. Persamaan ini sangat penting dalam banyak aplikasi, termasuk dalam representasi data dalam grafik, analisis hubungan antarvariabel, hingga dalam algoritma pembelajaran mesin yang berkaitan dengan klasifikasi linear.

Dalam penelitian ini, penulis menyusun langkah-langkah penelitian sesuai dengan diagram alir yang disajikan di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penelitian ini memanfaatkan data persentase warna putih dan data persentase selain warna putih berdasarkan hasil pembacaan kamera thermal (AMG8833). Data yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian terdiri atas citra thermal dari beberapa komponen, yaitu contact panel, housing lightning arrester, serta bagian atas dan bawah clamp circuit breaker. Setiap gambar termal tersebut kemudian diproses lebih lanjut dengan memecahnya menjadi beberapa segmen kecil guna memperbanyak jumlah sampel yang tersedia.

Dalam konteks pengolahan data, persentase warna putih dipetakan sebagai nilai pada sumbu- $x$  dan persentase selain warna putih pada sumbu- $y$ .

Pada tahap kedua, dilakukan penghitungan titik tengah antar nilai koordinat  $x$ , lalu dilanjutkan dengan penghitungan titik tengah koordinat  $y$  dari setiap pasangan titik data. Proses ini mengabaikan sementara klasifikasi atau label yang menunjukkan apakah suatu titik termasuk dalam kategori aman (label 1) atau bahaya (label 0). Contohnya, titik pertama akan dihitung titik tengahnya dengan titik-titik kedua hingga kesepuluh, menghasilkan sembilan titik tengah, kemudian titik kedua akan dipasangkan dengan titik ketiga hingga kesepuluh, dan seterusnya, hingga titik kesembilan hanya dipasangkan dengan titik kesepuluh. Metode yang sama diterapkan pada koordinat  $y$ .

Memasuki tahap ketiga, hasil titik tengah dari tahap sebelumnya disimpan, kali ini dengan mempertimbangkan label masing-masing titik. Prinsip utama dalam metode SVM adalah menentukan titik tengah terpendek antara dua titik yang memiliki label berbeda setelah dipetakan pada bidang kartesius. Sebelum menyimpan nilai titik tengah, sistem memverifikasi apakah pasangan titik memiliki label yang berbeda, karena hanya pasangan dengan label berbeda yang nilai titik tengahnya disimpan. Misalnya, titik pertama (berlabel 0) hanya akan menyimpan titik tengah dengan titik-titik berlabel 1 yaitu titik ketiga. Sedangkan titik kedua (berlabel 0) menyimpan titik tengah hasil perhitungan dengan titik ketiga yang memiliki label 1. Pola ini diterapkan pada seluruh data.

Tahap keempat melanjutkan proses dengan mengidentifikasi nilai titik tengah terkecil dari hasil yang telah tersimpan. Nilai terkecil ini merepresentasikan jarak minimum antara dua titik dari kelas berbeda. Nilai-nilai minimum ini masing-masing diambil dari sumbu- $x$  dan sumbu- $y$  dan selanjutnya digunakan sebagai koordinat referensi baru dalam tahapan analisis berikutnya.

Tahap kelima berfokus pada perumusan persamaan garis menggunakan hasil dari tahap keempat. Untuk menyusun persamaan garis, diperlukan nilai gradien terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan menentukan konstanta  $c$ . Dua titik diperoleh dari hasil sebelumnya, yakni titik dengan nilai terkecil pada sumbu- $x$  ( $new\_x1$ ) dan sumbu- $y$  ( $new\_y1$ ). Namun, untuk membentuk garis, setiap titik tersebut membutuhkan pasangan titik baru ( $new\_x2$  dan  $new\_y2$ ) yang dihitung dengan rumus trigonometri. Sebagai contoh, koordinat  $y$  dari  $new\_x2$  diperoleh dengan mengurangi 2 dari  $y$   $new\_x1$ , dan koordinat  $x$ -nya dihitung melalui  $x = y \square \tan(\alpha)$ , dengan sudut  $\alpha$  berkisar dari  $-85^\circ$  hingga  $85^\circ$ , di luar  $0^\circ$ , dan selisih tiap sudut  $5^\circ$ . Maka terbentuklah 34 kombinasi titik, masing-masing menghasilkan 34 nilai gradien, konstanta, dan persamaan garis baik pada sumbu- $x$  maupun sumbu- $y$ .

Memasuki tahap keenam, seluruh persamaan garis yang terbentuk diuji menggunakan data pelatihan. Bentuk umum yang digunakan adalah  $y = mx + c$ . Uji dilakukan dengan membandingkan hasil substitusi nilai % warna putih (sebagai  $x$ ) dari data latih - 0 ke persamaan garis. Jika hasilnya lebih besar dari nilai % warna bukan putih (sebagai  $y$ ), maka titik dianggap berada di bawah garis dan dikategorikan sebagai kondisi aman (label 0). Jika tidak, maka masuk kategori bahaya (label 1). Proses ini diteruskan untuk seluruh data dari

data latih - 0 hingga data latih - 9 terhadap semua 34 persamaan dari masing-masing titik new\_x1 dan new\_y1.

Pada tahap ketujuh, hasil pengujian dibandingkan dengan label aslinya untuk menentukan tingkat akurasi prediksi. Jika tingkat kecocokan belum mencapai 90%, maka proses diulang dari tahap kelima. Namun bila akurasinya mencapai atau melampaui ambang batas tersebut, pengujian dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.

Tahap kedelapan menjadi uji akhir dengan menggunakan data uji - 1 dan data uji - 2. Ditahap ini digunakan persamaan garis yang sebelumnya telah terbukti mencapai akurasi minimal 90%. Nilai gradien dan konstanta dari garis terbaik disimpan dan digunakan untuk menguji apakah model mampu mengklasifikasikan data baru sesuai dengan label aktual. Jika berhasil, maka model telah sukses membentuk garis pemisah (hyperplane) yang akurat dalam membedakan antara kategori handal dan tidak handal.

### III. RESULTS AND DISCUSSION

Tabel 1 merupakan data awal yang akan dipergunakan untuk klasifikasi aman/bahaya. Data latih 0 hingga data latih 9 dipergunakan sebagai data latih, sedangkan data uji 1 dan data uji 2 dipergunakan sebagai data uji. Tabel 2 hingga tabel 10 merupakan data hasil pencarian titik tengah untuk masing-masing titik (data latih 0 hingga data latih 9) terhadap titik lain pada data koordinat x/persentase warna putih.

Tabel 2. Data nilai titik tengah koordinat x titik data latih 0 terhadap titik lain

No	Data	% putih (x)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	18,6	n/a	0 <-> 0
1	Latih - 1	34,3	26,45	0 <-> 1
2	Latih - 2	56,5	37,55	0 <-> 2
3	Latih - 3	0	9,3	0 <-> 3
4	Latih - 4	1,13	9,865	0 <-> 4
5	Latih - 5	1,4	10	0 <-> 5
6	Latih - 6	1,63	10,115	0 <-> 6
7	Latih - 7	0,094	9,347	0 <-> 7
8	Latih - 8	0,09	9,345	0 <-> 8
9	Latih - 9	0,124	9,362	0 <-> 9

Tabel 3. Data nilai titik tengah koordinat x titik data latih 1 terhadap titik lain

No	Data	% putih (x)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	18,6	n/a	1 <-> 0
1	Latih - 1	34,3	n/a	1 <-> 1
2	Latih - 2	56,5	45,4	1 <-> 2
3	Latih - 3	0	17,15	1 <-> 3
4	Latih - 4	1,13	17,715	1 <-> 4
5	Latih - 5	1,4	17,85	1 <-> 5
6	Latih - 6	1,63	17,965	1 <-> 6
7	Latih - 7	0,094	17,197	1 <-> 7
8	Latih - 8	0,09	17,195	1 <-> 8
9	Latih - 9	0,124	17,212	1 <-> 9

Tabel 4. Data nilai titik tengah koordinat x titik data latih 2 terhadap titik lain

No	Data	% putih (x)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	18,6	n/a	2 <-> 0
1	Latih - 1	34,3	n/a	2 <-> 1
2	Latih - 2	56,5	n/a	2 <-> 2
3	Latih - 3	0	28,25	2 <-> 3
4	Latih - 4	1,13	28,815	2 <-> 4

5	Latih - 5	1,4	28,95	2 <-> 5
6	Latih - 6	1,63	29,065	2 <-> 6
7	Latih - 7	0,094	28,297	2 <-> 7
8	Latih - 8	0,09	28,295	2 <-> 8
9	Latih - 9	0,124	28,312	2 <-> 9

Tabel 5. Data nilai titik tengah koordinat x titik data latih 3 terhadap titik lain

No	Data	% putih (x)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	18,6	n/a	3 <-> 0
1	Latih - 1	34,3	n/a	3 <-> 1
2	Latih - 2	56,5	n/a	3 <-> 2
3	Latih - 3	0	n/a	3 <-> 3
4	Latih - 4	1,13	0,565	3 <-> 4
5	Latih - 5	1,4	0,7	3 <-> 5
6	Latih - 6	1,63	0,815	3 <-> 6
7	Latih - 7	0,094	0,047	3 <-> 7
8	Latih - 8	0,09	0,045	3 <-> 8
9	Latih - 9	0,124	0,062	3 <-> 9

Tabel 6. Data nilai titik tengah koordinat x titik data latih 4 terhadap titik lain

No	Data	% putih (x)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	18,6	n/a	4 <-> 0
1	Latih - 1	34,3	n/a	4 <-> 1
2	Latih - 2	56,5	n/a	4 <-> 2
3	Latih - 3	0	n/a	4 <-> 3
4	Latih - 4	1,13	n/a	4 <-> 4
5	Latih - 5	1,4	1,265	4 <-> 5
6	Latih - 6	1,63	1,38	4 <-> 6
7	Latih - 7	0,094	0,612	4 <-> 7
8	Latih - 8	0,09	0,61	4 <-> 8
9	Latih - 9	0,124	0,627	4 <-> 9

Tabel 7. Data nilai titik tengah koordinat x titik data latih 5 terhadap titik lain

No	Data	% putih (x)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	18,6	n/a	5 <-> 0
1	Latih - 1	34,3	n/a	5 <-> 1
2	Latih - 2	56,5	n/a	5 <-> 2
3	Latih - 3	0	n/a	5 <-> 3
4	Latih - 4	1,13	n/a	5 <-> 4
5	Latih - 5	1,4	n/a	5 <-> 5
6	Latih - 6	1,63	1,515	5 <-> 6
7	Latih - 7	0,094	0,747	5 <-> 7
8	Latih - 8	0,09	0,745	5 <-> 8
9	Latih - 9	0,124	0,762	5 <-> 9

Tabel 8. Data nilai titik tengah koordinat x titik data latih 6 terhadap titik lain

No	Data	% putih (x)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	18,6	n/a	6 <-> 0
1	Latih - 1	34,3	n/a	6 <-> 1
2	Latih - 2	56,5	n/a	6 <-> 2
3	Latih - 3	0	n/a	6 <-> 3
4	Latih - 4	1,13	n/a	6 <-> 4
5	Latih - 5	1,4	n/a	6 <-> 5
6	Latih - 6	1,63	n/a	6 <-> 6
7	Latih - 7	0,094	0,862	6 <-> 7
8	Latih - 8	0,09	0,86	6 <-> 8
9	Latih - 9	0,124	0,877	6 <-> 9

Tabel 9. Data nilai titik tengah koordinat x titik data latih 7 terhadap titik lain

No	Data	% putih (x)	Titik tengah	Note
----	------	-------------	--------------	------

0	Latih - 0	18,6	n/a	7 <> 0
1	Latih - 1	34,3	n/a	7 <> 1
2	Latih - 2	56,5	n/a	7 <> 2
3	Latih - 3	0	n/a	7 <> 3
4	Latih - 4	1,13	n/a	7 <> 4
5	Latih - 5	1,4	n/a	7 <> 5
6	Latih - 6	1,63	n/a	7 <> 6
7	Latih - 7	0,094	n/a	7 <> 7
8	Latih - 8	0,09	0,092	7 <> 8
9	Latih - 9	0,124	0,109	7 <> 9

Tabel 10. Data nilai titik tengah kordinat x titik data latih 8 terhadap titik lain

No	Data	% putih (x)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	18,6	n/a	8 <> 0
1	Latih - 1	34,3	n/a	8 <> 1
2	Latih - 2	56,5	n/a	8 <> 2
3	Latih - 3	0	n/a	8 <> 3
4	Latih - 4	1,13	n/a	8 <> 4
5	Latih - 5	1,4	n/a	8 <> 5
6	Latih - 6	1,63	n/a	8 <> 6
7	Latih - 7	0,094	n/a	8 <> 7
8	Latih - 8	0,09	n/a	8 <> 8
9	Latih - 9	0,124	0,107	8 <> 9

Tabel 11 hingga tabel 19 merupakan data hasil pencarian titik tengah untuk masing-masing titik (data latih 0 hingga data latih 9) terhadap titik lain pada data kordinat y/persentase warna selain putih.

Tabel 11. Data nilai titik tengah kordinat y titik data latih 0 terhadap titik lain

No	Data	% selain putih (y)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	81,4	n/a	0 <> 0
1	Latih - 1	65,7	73,55	0 <> 1
2	Latih - 2	43,5	62,45	0 <> 2
3	Latih - 3	100	90,7	0 <> 3
4	Latih - 4	98,87	90,135	0 <> 4
5	Latih - 5	98,6	90	0 <> 5
6	Latih - 6	98,37	89,885	0 <> 6
7	Latih - 7	99,906	90,653	0 <> 7
8	Latih - 8	99,91	90,655	0 <> 8
9	Latih - 9	99,91	90,638	0 <> 9

Tabel 12. Data nilai titik tengah kordinat y titik data latih 1 terhadap titik lain

No	Data	% selain putih (y)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	81,4	n/a	1 <> 0
1	Latih - 1	65,7	n/a	1 <> 1
2	Latih - 2	43,5	54,6	1 <> 2
3	Latih - 3	100	82,85	1 <> 3
4	Latih - 4	98,87	82,285	1 <> 4
5	Latih - 5	98,6	82,15	1 <> 5
6	Latih - 6	98,37	82,035	1 <> 6
7	Latih - 7	99,906	82,803	1 <> 7
8	Latih - 8	99,91	82,805	1 <> 8
9	Latih - 9	99,91	82,788	1 <> 9

Tabel 13. Data nilai titik tengah kordinat y titik data latih 2 terhadap titik lain

No	Data	% selain putih (y)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	81,4	n/a	2 <> 0

1	Latih - 1	65,7	n/a	2 <> 1
2	Latih - 2	43,5	n/a	2 <> 2
3	Latih - 3	100	71,75	2 <> 3
4	Latih - 4	98,87	71,185	2 <> 4
5	Latih - 5	98,6	71,05	2 <> 5
6	Latih - 6	98,37	70,935	2 <> 6
7	Latih - 7	99,906	71,703	2 <> 7
8	Latih - 8	99,91	71,705	2 <> 8
9	Latih - 9	99,91	71,688	2 <> 9

Tabel 14. Data nilai titik tengah kordinat y titik data latih 3 terhadap titik lain

No	Data	% selain putih (y)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	81,4	n/a	3 <> 0
1	Latih - 1	65,7	n/a	3 <> 1
2	Latih - 2	43,5	n/a	3 <> 2
3	Latih - 3	100	n/a	3 <> 3
4	Latih - 4	98,87	99,435	3 <> 4
5	Latih - 5	98,6	99,3	3 <> 5
6	Latih - 6	98,37	99,185	3 <> 6
7	Latih - 7	99,906	99,953	3 <> 7
8	Latih - 8	99,91	99,955	3 <> 8
9	Latih - 9	99,91	99,938	3 <> 9

Tabel 15. Data nilai titik tengah kordinat y titik data latih 4 terhadap titik lain

No	Data	% selain putih (y)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	81,4	n/a	4 <> 0
1	Latih - 1	65,7	n/a	4 <> 1
2	Latih - 2	43,5	n/a	4 <> 2
3	Latih - 3	100	n/a	4 <> 3
4	Latih - 4	98,87	n/a	4 <> 4
5	Latih - 5	98,6	98,735	4 <> 5
6	Latih - 6	98,37	98,62	4 <> 6
7	Latih - 7	99,906	99,388	4 <> 7
8	Latih - 8	99,91	99,39	4 <> 8
9	Latih - 9	99,91	99,373	4 <> 9

Tabel 16. Data nilai titik tengah kordinat y titik data latih 5 terhadap titik lain

No	Data	% selain putih (y)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	81,4	n/a	5 <> 0
1	Latih - 1	65,7	n/a	5 <> 1
2	Latih - 2	43,5	n/a	5 <> 2
3	Latih - 3	100	n/a	5 <> 3
4	Latih - 4	98,87	n/a	5 <> 4
5	Latih - 5	98,6	n/a	5 <> 5
6	Latih - 6	98,37	98,485	5 <> 6
7	Latih - 7	99,906	99,253	5 <> 7
8	Latih - 8	99,91	99,255	5 <> 8
9	Latih - 9	99,91	99,238	5 <> 9

Tabel 17. Data nilai titik tengah kordinat y titik data latih 6 terhadap titik lain

No	Data	% selain putih (y)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	81,4	n/a	6 <> 0
1	Latih - 1	65,7	n/a	6 <> 1
2	Latih - 2	43,5	n/a	6 <> 2
3	Latih - 3	100	n/a	6 <> 3
4	Latih - 4	98,87	n/a	6 <> 4
5	Latih - 5	98,6	n/a	6 <> 5

6	Latih - 6	98,37	n/a	6 <-> 6
7	Latih - 7	99,906	99,138	6 <-> 7
8	Latih - 8	99,91	99,14	6 <-> 8
9	Latih - 9	99,91	99,123	6 <-> 9

Tabel 18. Data nilai titik tengah koordinat y titik data latih 7 terhadap titik lain

No	Data	% selain putih (y)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	81,4	n/a	7 <-> 0
1	Latih - 1	65,7	n/a	7 <-> 1
2	Latih - 2	43,5	n/a	7 <-> 2
3	Latih - 3	100	n/a	7 <-> 3
4	Latih - 4	98,87	n/a	7 <-> 4
5	Latih - 5	98,6	n/a	7 <-> 5
6	Latih - 6	98,37	n/a	7 <-> 6
7	Latih - 7	99,906	n/a	7 <-> 7
8	Latih - 8	99,91	99,908	7 <-> 8
9	Latih - 9	99,91	99,891	7 <-> 9

Tabel 19. Data nilai titik tengah koordinat y titik data latih 8 terhadap titik lain

No	Data	% selain putih (y)	Titik tengah	Note
0	Latih - 0	81,4	n/a	8 <-> 0
1	Latih - 1	65,7	n/a	8 <-> 1
2	Latih - 2	43,5	n/a	8 <-> 2
3	Latih - 3	100	n/a	8 <-> 3
4	Latih - 4	98,87	n/a	8 <-> 4
5	Latih - 5	98,6	n/a	8 <-> 5
6	Latih - 6	98,37	n/a	8 <-> 6
7	Latih - 7	99,906	n/a	8 <-> 7
8	Latih - 8	99,91	n/a	8 <-> 8
9	Latih - 9	99,91	99,893	8 <-> 9

Tabel 20 hingga tabel 28 merupakan data hasil pencarian titik tengah terkecil untuk masing-masing titik (data latih 0 hingga data latih 9) terhadap titik lain pada data koordinat x/persentase warna putih yang berbeda label (0 untuk aman dan 1 untuk bahaya). Didapat nilai 28,25 pada data antara titik Januari terhadap titik Agustus.

Tabel 20. Data proses pencarian titik tengah terkecil koordinat x yang berbeda label dimulai dari data latih 0

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	0 <-> 0	
1	Latih - 1	0	26,45	1 <-> 2	0 = 0
2	Latih - 2	1	37,55	1 <-> 3	0 ≠ 1
3	Latih - 3	0	9,3	1 <-> 4	0 = 0
4	Latih - 4	0	9,865	1 <-> 5	0 = 0
5	Latih - 5	0	10	1 <-> 6	0 = 0
6	Latih - 6	0	10,115	1 <-> 7	0 = 0
7	Latih - 7	0	9,347	1 <-> 8	0 = 0
8	Latih - 8	0	9,345	1 <-> 9	0 = 0
9	Latih - 9	0	9,362	1 <-> 10	0 = 0

Tabel 21. Data proses pencarian titik tengah terkecil koordinat x yang berbeda label dimulai dari data latih 1

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	1 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	1 <-> 1	
2	Latih - 2	1	45,4	1 <-> 2	0 ≠ 1
3	Latih - 3	0	17,15	1 <-> 3	0 = 0

4	Latih - 4	0	17,715	1 <-> 4	0 = 0
5	Latih - 5	0	17,85	1 <-> 5	0 = 0
6	Latih - 6	0	17,965	1 <-> 6	0 = 0
7	Latih - 7	0	17,197	1 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	17,195	1 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	17,212	1 <-> 9	0 = 0

Tabel 22. Data proses pencarian titik tengah terkecil koordinat x yang berbeda label dimulai dari data latih 2

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	2 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	2 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	2 <-> 2	
3	Latih - 3	0	38,33	2 <-> 3	1 ≠ 0
4	Latih - 4	0	28,815	2 <-> 4	1 ≠ 0
5	Latih - 5	0	28,95	2 <-> 5	1 ≠ 0
6	Latih - 6	0	29,065	2 <-> 6	1 ≠ 0
7	Latih - 7	0	28,297	2 <-> 7	1 ≠ 0
8	Latih - 8	0	28,295	2 <-> 8	1 ≠ 0
9	Latih - 9	0	28,312	2 <-> 9	1 ≠ 0

Tabel 23. Data proses pencarian titik tengah terkecil koordinat x yang berbeda label dimulai dari data latih 3

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	3 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	3 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	3 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	3 <-> 3	
4	Latih - 4	0	0,565	3 <-> 4	0 = 0
5	Latih - 5	0	0,7	3 <-> 5	0 = 0
6	Latih - 6	0	0,815	3 <-> 6	0 = 0
7	Latih - 7	0	0,047	3 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	0,045	3 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	0,062	3 <-> 9	0 = 0

Tabel 24. Data proses pencarian titik tengah terkecil koordinat x yang berbeda label dimulai dari data latih 4

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	4 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	4 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	4 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	4 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	4 <-> 4	
5	Latih - 5	0	1,265	4 <-> 5	0 = 0
6	Latih - 6	0	1,38	4 <-> 6	0 = 0
7	Latih - 7	0	0,612	4 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	0,61	4 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	0,627	4 <-> 9	0 = 0

Tabel 25. Data proses pencarian titik tengah terkecil koordinat x yang berbeda label dimulai dari data latih 5

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	5 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	5 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	5 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	5 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	5 <-> 4	
5	Latih - 5	0	n/a	5 <-> 5	
6	Latih - 6	0	1,515	5 <-> 6	0 = 0
7	Latih - 7	0	0,747	5 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	0,745	5 <-> 8	0 = 0

9	Latih - 9	0	0,762	5 <-> 9	0 = 0
---	-----------	---	-------	---------	-------

Tabel 26. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat x yang berbeda label dimulai dari data latih 6

No	Bulan	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	6 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	6 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	6 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	6 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	6 <-> 4	
5	Latih - 5	0	n/a	6 <-> 5	
6	Latih - 6	0	n/a	6 <-> 6	
7	Latih - 7	0	0,862	6 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	0,86	6 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	0,877	6 <-> 9	0 = 0

Tabel 27. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat x yang berbeda label dimulai dari data latih 7

No	Bulan	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	7 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	7 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	7 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	7 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	7 <-> 4	
5	Latih - 5	0	n/a	7 <-> 5	
6	Latih - 6	0	n/a	7 <-> 6	
7	Latih - 7	0	n/a	7 <-> 7	
8	Latih - 8	0	0,092	7 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	0,109	7 <-> 9	0 = 0

Tabel 28. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat x yang berbeda label dimulai dari data latih 8

No	Bulan	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	8 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	8 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	8 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	8 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	8 <-> 4	
5	Latih - 5	0	n/a	8 <-> 5	
6	Latih - 6	0	n/a	8 <-> 6	
7	Latih - 7	0	n/a	8 <-> 7	
8	Latih - 8	0	n/a	8 <-> 8	
9	Latih - 9	0	0,107	8 <-> 9	0 = 0

Tabel 29 hingga tabel 37 merupakan data hasil pencarian titik tengah terkecil untuk masing-masing titik (data latih 0 hingga data latih 9) terhadap titik lain pada data kordinat y/persentase bukan warna putih yang berbeda label (0 untuk aman dan 1 untuk bahaya) Didapat nilai 0.45 pada data antara titik Mei terhadap titik September.

Tabel 29. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat y yang berbeda label dimulai dari data latih 0

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	0 <-> 0	
1	Latih - 1	0	73,55	0 <-> 1	0 = 0
2	Latih - 2	1	62,45	0 <-> 2	0 ≠ 1
3	Latih - 3	0	90,7	0 <-> 3	0 = 0
4	Latih - 4	0	90,135	0 <-> 4	0 = 0
5	Latih - 5	0	90	0 <-> 5	0 = 0
6	Latih - 6	0	89,885	0 <-> 6	0 = 0

7	Latih - 7	0	90,653	0 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	90,655	0 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	90,638	0 <-> 9	0 = 0

Tabel 30. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat y yang berbeda label dimulai dari data latih 1

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	1 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	1 <-> 1	
2	Latih - 2	1	82,6	1 <-> 2	0 ≠ 1
3	Latih - 3	0	82,85	1 <-> 3	0 = 0
4	Latih - 4	0	82,285	1 <-> 4	0 = 0
5	Latih - 5	0	82,15	1 <-> 5	0 = 0
6	Latih - 6	0	82,035	1 <-> 6	0 = 0
7	Latih - 7	0	82,803	1 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	82,805	1 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	82,788	1 <-> 9	0 = 0

Tabel 31. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat y yang berbeda label dimulai dari data latih 2

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	2 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	2 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	2 <-> 2	
3	Latih - 3	0	71,75	2 <-> 3	1 ≠ 0
4	Latih - 4	0	71,185	2 <-> 4	1 ≠ 0
5	Latih - 5	0	71,05	2 <-> 5	1 ≠ 0
6	Latih - 6	0	70,935	2 <-> 6	1 ≠ 0
7	Latih - 7	0	71,703	2 <-> 7	1 ≠ 0
8	Latih - 8	0	71,705	2 <-> 8	1 ≠ 0
9	Latih - 9	0	71,688	2 <-> 9	1 ≠ 0

Tabel 32. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat y yang berbeda label dimulai dari data latih 3

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	3 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	3 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	3 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	3 <-> 3	
4	Latih - 4	0	99,435	3 <-> 4	0 = 0
5	Latih - 5	0	99,3	3 <-> 5	0 = 0
6	Latih - 6	0	99,185	3 <-> 6	0 = 0
7	Latih - 7	0	99,953	3 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	99,955	3 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	99,938	3 <-> 9	0 = 0

Tabel 33. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat y yang berbeda label dimulai dari data latih 4

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	4 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	4 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	4 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	4 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	4 <-> 4	
5	Latih - 5	0	98,735	4 <-> 5	0 = 0
6	Latih - 6	0	98,62	4 <-> 6	0 = 0
7	Latih - 7	0	99,388	4 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	99,39	4 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	99,373	4 <-> 9	0 = 0

Tabel 34. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat y yang berbeda label dimulai dari data latih 5

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	5 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	5 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	5 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	5 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	5 <-> 4	
5	Latih - 5	0	n/a	5 <-> 5	
6	Latih - 6	0	98,485	5 <-> 6	0 = 0
7	Latih - 7	0	99,253	5 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	99,255	5 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	99,238	5 <-> 9	0 = 0

Tabel 35. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat y yang berbeda label dimulai dari data latih 6

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	6 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	6 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	6 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	6 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	6 <-> 4	
5	Latih - 5	0	n/a	6 <-> 5	
6	Latih - 6	0	n/a	6 <-> 6	
7	Latih - 7	0	99,138	6 <-> 7	0 = 0
8	Latih - 8	0	99,14	6 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	99,123	6 <-> 9	0 = 0

Tabel 36. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat y yang berbeda label dimulai dari data latih 7

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	7 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	7 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	7 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	7 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	7 <-> 4	
5	Latih - 5	0	n/a	7 <-> 5	
6	Latih - 6	0	n/a	7 <-> 6	
7	Latih - 7	0	n/a	7 <-> 7	
8	Latih - 8	0	99,908	7 <-> 8	0 = 0
9	Latih - 9	0	99,891	7 <-> 9	0 = 0

Tabel 37. Data proses pencarian titik tengah terkecil kordinat y yang berbeda label dimulai dari data latih 8

No	Data	Label	Titik tengah	Note	Perbandingan label
0	Latih - 0	0	n/a	8 <-> 0	
1	Latih - 1	0	n/a	8 <-> 1	
2	Latih - 2	1	n/a	8 <-> 2	
3	Latih - 3	0	n/a	8 <-> 3	
4	Latih - 4	0	n/a	8 <-> 4	
5	Latih - 5	0	n/a	8 <-> 5	
6	Latih - 6	0	n/a	8 <-> 6	
7	Latih - 7	0	n/a	8 <-> 7	
8	Latih - 8	0	n/a	8 <-> 8	
9	Latih - 9	0	99,893	8 <-> 9	0 = 0

Pada tahap sebelumnya (ke-4) didapat nilai terkecil untuk titik tengah terkecil kordinat x yaitu 9.6595 dan titik tengah terkecil kordinat y yaitu 0.45. Untuk kordinat lengkap hasil titik tengah terkecil kordinat x yaitu (9.6595,0.695). Sedangkan kordinat lengkap hasil titik tengah terkecil

kordinat y yaitu (91.885, 0.45). Setelah diketahui 2 titik tersebut selanjutnya mencari titik bantu untuk membentuk persamaan garis. Pencarian titik bantu menggunakan konsep trigonometri dengan pergerakan sudut dari  $-85^{\circ}$  hingga  $85^{\circ}$  untuk 2 titik tersebut. Untuk mendapatkan persamaan garis perlu dihitung nilai gradien (m) dan konstanta c. Persamaan garis yang akan dipergunakan untuk pengujian data uji bulan November dan bulan Desember adalah persamaan garis yang tingkat akurasi di atas atau sama dengan 90% ketika diujikan pada data latih (bulan Januari hingga bulan Oktober).

Tabel 38. Proses pencarian titik bantu berdasarkan titik awal (28.25,71.75) pada sudut  $-90^{\circ}$  s/d  $90^{\circ}$  dengan akurasi 80%

	Sudut			-90	-85
	Gradien			0,849683	0,0025167
	C			71,7498	71,7498
	Nilai x			-235354	-766,435
	Nilai y			69,75	69,75
No	Data	%puti h	%non putih	Nilai Y dan Posisi	
0	Latih - 0	18,6	81,4	71,7499↑	71,7257↑
1	Latih - 1	34,3	65,7	71,7501↓	71,7652↓
2	Latih - 2	56,5	43,5	71,7498↓	71,8211↓
3	Latih - 3	0	100	71,7498↑	71,6789↑
4	Latih - 4	1,13	98,87	71,7498↑	71,6817↑
5	Latih - 5	1,4	98,6	71,7498↑	71,6824↑
6	Latih - 6	1,63	98,37	71,7498↑	71,683↑
7	Latih - 7	0,094	99,906	71,7498↑	71,6791↑
8	Latih - 8	0,09	99,91	71,7498↑	71,6791↑
9	Latih - 9	0,124	99,91	71,7498↑	71,6792↑
	Akurasi			80%	80%
	Sudut			85	90
	Gradien			-	-
				0,0025167	-0,849683
	C			71,8211	71,7502
	Nilai x			822,935	235410
	Nilai y			69,75	69,75
No	Data	%puti h	%non putih	Nilai Y dan Posisi	
1	Latih - 0	18,6	81,4	71,7743↑	71,7501↑
2	Latih - 1	34,3	65,7	71,7348↓	71,7499↓
3	Latih - 2	56,5	43,5	71,6789↓	71,7498↓
4	Latih - 3	0	100	71,8211↑	71,7502↑
5	Latih - 4	1,13	98,87	71,8183↑	71,7502↑
6	Latih - 5	1,4	98,6	71,8176↑	71,7502↑
7	Latih - 6	1,63	98,37	71,817↑	71,7502↑
8	Latih - 7	0,094	99,906	71,8209↑	71,7502↑
9	Latih - 8	0,09	99,91	71,8209↑	71,7502↑
10	Latih - 9	0,124	99,91	71,8208↑	71,7502↑
	Akurasi			80%	80%

Tabel 39. Proses pencarian titik bantu berdasarkan titik awal (45.4, 54.6) pada sudut  $-85^{\circ}$  s/d  $-60^{\circ}$  dengan akurasi kurang dari 90%

	Sudut			-90	-85
	Gradien			1,12672	0,0033372
	C			54,5995	54,4485
	Nilai x			-177461	-553,889
	Nilai y			52,6	52,6
No	Data	%puti h	%non putih	Nilai Y dan Posisi	
1	Latih - 0	18,6	81,4	54,5997↑	54,5106↑
2	Latih - 1	34,3	65,7	54,5999↑	54,563↑
3	Latih - 2	56,5	43,5	54,6001↓	54,637↓

4	Latih - 3	0	100	54,5995↑	54,4485↑
5	Latih - 4	1,13	98,87	54,5995↑	54,4523↑
6	Latih - 5	1,4	98,6	54,5995↑	54,4532↑
7	Latih - 6	1,63	98,37	54,5995↑	54,4539↑
8	Latih - 7	0,094	99,906	54,5995↑	54,4488↑
9	Latih - 8	0,09	99,91	54,5995↑	54,4488↑
10	Latih - 9	0,124	99,91	54,5995↑	54,4489↑
	Akurasi			90%	90%
	Sudut			85	90
	Gradien			-	
	C			0,0033372	-1,12672
	Nilai x			54,7515	54,6005
	Nilai y			644,689	177552
	Nilai x			52,6	52,6
No	Data	%putih	%non putih	Nilai Y dan Posisi	
1	Latih - 0	18,6	81,4	54,637↑	54,6001↑
2	Latih - 1	34,3	65,7	54,563↓	54,5999↓
3	Latih - 2	56,5	43,5	54,7515↑	54,6005↑
4	Latih - 3	0	100	54,7477↑	54,6005↑
5	Latih - 4	1,13	98,87	54,7468↑	54,6005↑
6	Latih - 5	1,4	98,6	54,7461↑	54,6005↑
7	Latih - 6	1,63	98,37	54,7512↑	54,6005↑
8	Latih - 7	0,094	99,906	54,7512↑	54,6005↑
9	Latih - 8	0,09	99,91	54,7511↑	54,6005↑
10	Latih - 9	0,124	99,91	54,637↑	54,6001↑
	Akurasi			90%	90%

Berdasarkan hasil pada Tabel 38 dan Tabel 39, akurasi sebesar  $\geq 90\%$  hanya dicapai pada Tabel 39. Ini menunjukkan bahwa titik bantu yang berasal dari titik tengah terkecil pada sumbu-y, yakni (28.25,71.75) pada tabel 38, tidak mampu menghasilkan akurasi yang memadai saat diuji menggunakan data pelatihan. Sebaliknya, titik tengah terkecil pada sumbu-x, yaitu (45.4, 54.6) pada tabel 39, berhasil mencapai akurasi  $\geq 90\%$  pada rentang sudut antara  $-90^\circ$  hingga  $90^\circ$ . Oleh karena itu, nilai gradien (m) yang digunakan adalah -1,12672, dan konstanta c sebesar 54,6005 (diperoleh pada sudut terakhir yaitu  $90^\circ$ ). Persamaan garis yang terbentuk dari nilai-nilai ini selanjutnya digunakan dalam proses pengujian terhadap data uji.

$$y = -1,12672x + 54,6005 \quad (4)$$

Persamaan garis tersebut digunakan untuk menguji data uji 1, di mana nilai % warna putih (x) sebesar 80,3 dan nilai % warna tidak putih (y) sebesar 19,8. Dengan memasukkan nilai tersebut ke dalam persamaan

$$y = (-1,12672 \times 80,3) + 54,6005$$

$$y = (-1,12672 \times 80,3) + 54,6005$$

$$\text{diperoleh hasil } y = -35,875116.$$

Karena y bernilai negatif berada di bawah garis, maka dikategorikan sebagai kondisi bahaya (label 1). Sementara itu, untuk pengujian data uji 2, nilai % warna putih adalah 2,8 dan % warna tidak putih 97,2. Setelah dihitung menggunakan persamaan yang sama, diperoleh hasil

$$y = (-1,12672 \times 2,8) + 54,6005$$

$$y = (-1,12672 \times 2,8) + 54,6005$$

$$\text{diperoleh hasil } y = 51,445684.$$

Karena y bernilai positif berada di atas garis, maka dikategorikan sebagai kondisi aman (label 0).

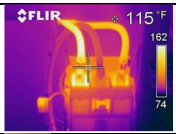













#### IV. CONCLUSIONS

Penelitian ini berhasil mengklasifikasikan kondisi Transformator (bahaya atau aman) pada data dari data uji - 0 hingga data uji - 9 dengan tingkat akurasi mencapai 90%. Pemisahan antara data bahaya dan aman dilakukan menggunakan persamaan garis linear  $y = -1,12672x + 54,6005$ . Model klasifikasi ini menggunakan tipe hyperplane berupa batas linear (*linear boundary*), yang dipilih karena karakteristik data yang sederhana memungkinkan untuk dipisahkan secara linier. Selanjutnya, pengujian terhadap data uji - 1 dan data uji - 2 menggunakan persamaan garis tersebut menunjukkan hasil yang sesuai dengan hasil kamera thermal, dengan tingkat akurasi mencapai 100%.

#### REFERENCES

- [1] J. Vocational, T. Elektronika, A. Kehandalan, F. Modes, and E. Analysis, "VoteTEKNIKA," vol. 12, no. 1, 2024.
- [2] G. D. Prenata, "Klasifikasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di Pt. Pln (Persero) Up3 Surabaya Selatan Menggunakan Support Vector Machine (Svm)," *J. Tek. Elektro*, vol. 16, no. 2, pp. 62–70, 2023, doi: 10.9744/jte.16.2.62-70.
- [3] G. D. Prenata, "Klasifikasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di Pt. Pln (Persero) Up3 Surabaya Selatan Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (Knn)," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3s1, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3s1.3397.
- [4] G. D. Prenata and N. A. Basyarach, "Prediksi Impedansi Rele menggunakan metode PSO sebagai validasi pengukuran rele," pp. 181–186, 1945.
- [5] A. Dwi cahyo, S. Anardani, and Y. P. Yuda, "Prediksi Beban Daya Listrik (W) Menggunakan Metode Support Vector Machine (SVM) Pada Listrik Token Rumah Tangga," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 70–77, 2024, doi: 10.47233/jsit.v4i1.1543.
- [6] N. S. Syam *et al.*, "Model Support Vector Machine untuk Prediksi pada Penggunaan Energi Listrik di Rumah Hemat Energi," *J. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 56–59, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.uniraya.ac.id/index.php/JI>
- [7] H. A. Illias and W. Z. Liang, "Identification of transformer fault based on dissolved gas analysis using hybrid support vector machine-modified evolutionary particle swarm optimisation," *PLoS One*, vol. 13, no. 1, pp. 1–15, 2018, doi: 10.1371/journal.pone.0191366.
- [8] R. Berwick and V. Idiot, "An Idiot 's guide to Support vector machines ( SVMs ) Key Ideas Organization," *ReCALL*, pp. 1–27, 1990.
- [9] K. Ramachandra, P. G. Vaidya, and K. G. Bhat, "An introduction to trigonometry. A new outlook.," p. 36–p., 2008.
- [10] B. a B. Persamaan and G. Lurus, "Bab 1: persamaan garis lurus," vol. 4, no. C, pp. 4–5.

Tabel 1. Data persentase warna putih dan data persentase selain warna putih

Data	Foto thermal	Nama objek	% Putih	% Non Putih	Kategori
1		Contact panel			
2		Bagian dari contact panel (data latih 0)	18,6	81,4	Aman (0)
3		Bagian dari contact panel (data latih 1)	34,3	65,7	Aman (0)
4		Bagian dari contact panel (data latih 2)	56,5	43,5	Bahaya (1)
5		Housing Lightning arrester (data uji 2)	2,8	97,2	??
6		Bagian dari housing Lightning arrester (data latih 3)	0	100	Aman (0)
7		Bagian dari housing Lightning arrester (data uji 1)	80,3	19,8	??
8		Bagian dari housing Lightning arrester			
9		Clamp Circuit Breaker bagian atas (data latih 4)	1,13	98,87	Aman (0)
10		Clamp Circuit Breaker bagian bawah (data latih 5)	1,4	98,6	Aman (0)
11		Clamp Circuit Breaker bagian bawah (data latih 6)	1,63	98,37	Aman (0)
12		Bagian Clamp Circuit Breaker bagian bawah (data latih 7)	0,094	99,906	Aman (0)
13		Bagian Clamp Circuit Breaker bagian bawah (data latih 8)	0,09	99,91	Aman (0)
14		Bagian Clamp Circuit Breaker bagian bawah (data latih 9)	0,124	99,876	Aman (0)