

Rancang Bangun Sistem Identifikasi Kelayakan Pakai Oli Transformator Berdasarkan Parameter Warna

Arief Maulana¹, Ekojono², Arie Rachmad Syulistyo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang
¹ariefmaulanaam697@gmail.com, ²Ekojono2@polinema.ac.id, ³arie.rachmad.s@polinema.ac.id

Abstrak--- Transformator adalah suatu alat penunjang ketersediaan pasokan listrik dari PLN ke konsumen yang memiliki tugas untuk merubah tegangan dari tegangan menengah menjadi tegangan yang lebih rendah dan juga sebaliknya. Untuk menjaga kinerja dan memperpanjang usia dari transformator diperlukan beberapa tindakan, diantaranya pengecekan terhadap kualitas oli transformator. Untuk melakukan pengecekan pada oli transformator dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah dengan melakukan pemeriksaan warna oli. Namun untuk melakukan pemeriksaan warna oli masih dilakukan dengan cara yang konvensional. Hal ini tentunya akan memakan banyak waktu dan untuk melakukan perbandingan masih belum dilakukan dengan sistem yang terkomputerisasi sehingga untuk hasil yang didapatkan masih terbilang kurang akurat. Pada saat proses pengecekan oli transformator di Indonesia, umumnya masih belum menerapkan teknologi pengolahan citra digital. Artinya dari segi efektifitas masih membutuhkan waktu dan biaya. Oleh karena itu perlu dibuat suatu sistem yang dapat mengecek warna minyak transformator yang dapat dibawa kemana saja dan dapat memberikan hasil identifikasi yang akurat. Salah satu teknologi yang dapat membantu mengidentifikasi warna secara akurat adalah pemrosesan gambar digital atau yang biasa disebut pemrosesan gambar digital. Sistem ini menggunakan metode *Hue Saturation Value* sebagai konversi ruang warna, dan metode *K-Nearest Neighbor* sebagai klasifikasinya. Untuk hasil yang diperoleh dengan sistem ini yaitu 75 persen dengan perincian 6 dari 8 data pengujian dapat diprediksi secara akurat.

Kata Kunci--- *Pengolah Citra Digital, Hue Saturation Value, K-Nearest Neighbor*

I. PENDAHULUAN

Transformator adalah suatu alat penunjang ketersediaan pasokan listrik dari PLN ke konsumen. Tugas transformator adalah merubah tegangan dari tegangan menengah menjadi tegangan yang lebih rendah dan juga sebaliknya. Transformator akan mengalami penurunan

kinerja apabila kondisi dan perawatannya tidak diperhatikan. Untuk menjaga kinerja dan memperpanjang usia dari transformator diperlukan beberapa tindakan, diantaranya pengecekan terhadap kualitas oli transformator yang bertujuan untuk mengetahui kelayakan sebagai media pendingin dan isolasi dalam transformator [1].

Oli mengandung lapisan-lapisan halus, berfungsi mencegah terjadinya benturan antar logam dengan logam komponen mesin seminimal mungkin, mencegah goresan atau keausan. Semakin berat beban motor maka semakin menurun nilai dari *viscositas* pelumasnya [2]. Perubahan warna hitam pada oli mesin terjadi karena zat emisi atau kerak sisa pembakaran tan terkena panas. Jika oli yang terlihat hitam, berarti telah banyak zat yang membuat oli terkontaminasi diantaranya seperti bensin yang tidak terbakar, gas *NOx*, dan kerak pembakaran pada mesin. Jika oli tetap digunakan pada kondisi oli telah berwarna hitam maka turun daya lumasnya yang mengakibatkan lebih cepat keausannya pada mesin.

Melakukan perawatan pada oli transformator bertujuan untuk meningkatkan tahanan isolasinya. Maka dari itu diperlukan pengecekan secara berkala untuk memastikan kualitas oli dalam transformator apakah masih dalam keadaan baik/layak pakai. Untuk melakukan pengecekan pada oli transformator dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah dengan melakukan pemeriksaan warna oli. Sesuai dengan prosedur yang tertera pada *Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale)*, yang menyatakan bahwa untuk melakukan pemeriksaan warna oli harus dibawa ke lab untuk dilakukan perbandingan. Hal ini tentunya akan memakan banyak waktu dan untuk melakukan perbandingan masih belum dilakukan dengan sistem yang terkomputerisasi sehingga untuk hasil yang didapatkan masih terbilang kurang akurat. Maka dari itu perlu dibuatkan sebuah sistem yang dapat melakukan pemeriksaan warna oli transformator yang dapat dibawa kemana saja dan dapat memberikan hasil identifikasi yang akurat. Salah satu teknologi yang dapat membantu dalam meng-identifikasi sebuah warna dengan akurat adalah pengolahan citra digital atau yang biasa disebut dengan digital image processing.

Pengolahan citra digital adalah sebuah ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud disini adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (yang berasal dari webcam). Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra/gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer [3]. Citra yang diolah tak lepas dari warna. Analisis warna dalam pengenalan citra digital ini ada beberapa model diantaranya *RGB*, *CMY*, *HIS*, *HSV* dan *normalized RGB* [4].

Diantara beberapa model dalam pengolahan citra penulis memilih menggunakan model *Hue Value Saturation (HSV)*. Ruang lingkup warna *HSV* terdiri dari 3 elemen yaitu *Hue* mewakili warna, *Saturation* mewakili tingkat dominasi warna, dan *Value* mewakili tingkat kecerahan. *HSV* merupakan ruang warna yang sangat cocok untuk mengidentifikasi warna-warna dasar, dimana warna dasar ini digunakan dalam penelitian sebagai warna identifikasi cahaya. Selain itu, *HSV* menoleransi terhadap perubahan intensitas cahaya. Inilah yang menjadi keunggulan *HSV* dibandingkan dengan ruang warna lainnya [5].

Untuk menentukan sebuah warna oli apakah layak atau tidak tentunya dibutuhkan sebuah klasifikasi. Banyak sekali metode yang dapat digunakan untuk klasifikasi diantaranya yaitu metode *K-Nearest Neighbor (KNN)*. *K-Nearest Neighbor (KNN)* adalah pendekatan untuk mencari kasus dengan menghitung kedekatan antara kasus baru dan kasus lama, yaitu setiap contoh baru dapat diklasifikasikan oleh suara mayoritas dari k-tetangga, dimana k adalah bilangan bulat positif dan biasanya dengan jumlah kecil.

Sehingga dengan adanya rancangan sistem identifikasi kalayakan pakai oli transformator ini diharapkan dapat membantu pekerja dalam melakukan perawatan pada transformator dan dapat menentukan kapan saat oli transformator harus diganti yang tentunya akan memperpanjang umur pemakaian dari transformator itu sendiri.

II. LANDASAN TEORI

A. Hue Saturation Value (HSV)

Ruang lingkup warna *HSV* terdiri dari 3 elemen yaitu *Hue* mewakili warna, *Saturation* mewakili tingkat dominasi warna, dan *Value* mewakili tingkat kecerahan. Ruang warna dari metode *HSV* terdiri dari perpaduan warna dasar *red*, *green*, *blue*. Pada setiap komposisi warna dasar dari pengaturan *Hue* diatur pula tingkat kemurnian warna pada pengaturan *saturation*. Semakin membuat kontras warna, semakin rendah nilai *value* maka akan semakin tinggi *saturation*, maka semakin murni pemilihan warna dari komposisi *hue*. Jika nilai *saturation* semakin kecil maka warna akan memudar menuju putih. Pengaturan lainnya pada ruang warna *HSV* yaitu *value* yaitu dari gelap hingga berwarna hitam. Namun jika semakin besar nilai *value*, maka akan semakin terang dan menuju pada warna putih [5]. Untuk mendapatkan nilai dari setiap warna yang ingin ditampilkan dapat dilakukan dengan melakukan

konversi ruang warna *RGB* ke ruang warna *HSV*. Algoritma untuk mendapatkan nilai *HSV* dapat dilihat pada persamaan 1 sampai 6 dibawah ini:

$$\text{maks} = \max(R, G, B); \quad (1)$$

$$\text{min} = \min(R, G, B); \quad (2)$$

$$\text{delta} = \text{maks} - \text{min}; \quad (3)$$

$$V = \frac{\text{maks}}{255} \times 100; \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{if } V = 0 \text{ then } S &= 0; \\ \text{if } V > 0 \text{ then } S &= \frac{\text{maks} - \text{min}}{\text{maks}}; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} H &= 0; \text{ if } S = 0 \\ \text{if } \text{maks} = R \text{ then } H &= 60 \times \frac{G - B}{\text{delta}} \\ \text{if } \text{maks} = G \text{ then } H &= 60 \times \left(2 + \frac{B - R}{\text{delta}} \right) \\ \text{if } \text{maks} = B \text{ then } H &= 60 \times \left(4 + \frac{R - G}{\text{delta}} \right) \\ \text{if } H < 0 \text{ then } H &= H + 360 \end{aligned} \quad (6)$$

B. K-Nearest Neighbor (KNN)

K-Nearest Neighbor adalah pendekatan untuk mencari kasus dengan menghitung kedekatan antara kasus baru dan kasus lama, yaitu setiap contoh baru dapat diklasifikasikan oleh suara mayoritas dari k-tetangga, dimana k adalah bilangan bulat positif dan biasanya dengan jumlah kecil. Klasifikasi berdasarkan objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. *K-Nearest Neighbor* merupakan metode klasifikasi instance-based, memilih satu objek latih yang memiliki sifat ketetanggaan (*neighborhood*) yang paling dekat. Sifat ketetanggaan ini didapatkan dari perhitungan nilai kemiripan ataupun ketidak miripan. *KNN* menggunakan metode perhitungan nilai ketidak miripan (*Euclidian, Manhattan, Square Euclidian, dll*). *KNN* akan memilih K-tetangga terdekat untuk menentukan hasil klasifikasi dengan melihat jumlah kemunculan dari kelas dalam tetangga yang terpilih. Kelas yang paling banyak muncul yang akan menjadi kelas hasil klasifikasi. Algoritma untuk mendapatkan hasil klasifikasi *KNN* dapat dilihat pada persamaan 1 dibawah ini:

$$D(a, b) = \sqrt{\sum_{k=1}^d (a_k - b_k)^2} \quad (1)$$

C. Oli Transformator

Oli transformator merupakan suatu komponen yang tidak terpisahkan dari isolasi dielektrik sistem. Hal yang dapat menyebabkan Oli Transformator terkontaminasi adalah faktor usia pemakaian. Kelembapan, endapan, asam, partikel logam, dan senyawa lain yang disebabkan oleh faktor usia pemakaian (terutama selulosa) dapat

merubah sifat kimia dan fisik dari oli transformator [6]. Diagnostik dan pemantauan yang tepat memainkan peran penting dalam harapan pemakaian transformator. Dengan memonitor kondisi oli secara akurat terdapat banyak jenis kesalahan yang dapat terdeteksi dan mencegah terjadinya kegagalan dan pemadaman secara serius. Sesuai dengan *American Society for Testing and Materials (ASTM)* terdapat banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengecek kelayakan dari oli transformator, salah satunya adalah melalui pengecekan warna. Warna oli berasal dari cahaya yang ditransmisikan melaluinya. Warna yang berbeda dapat terbentuk tergantung pada konsentrasinya dan jenis kelompok penyerap cahaya yang tersuspensi dalam minyak. Untuk oli yang sedang digunakan, peningkatan warna atau tinggi angka merupakan indikasi kontaminasi, kemunduran, atau keduanya. Oksidasi adalah penyebab umum dari penggelapan warna berlebihan yang terjadi. Peningkatan keasaman dan pengurangan *IFT* diikuti oleh warna minyak lebih gelap yang mengindikasikan kontaminan kutub.

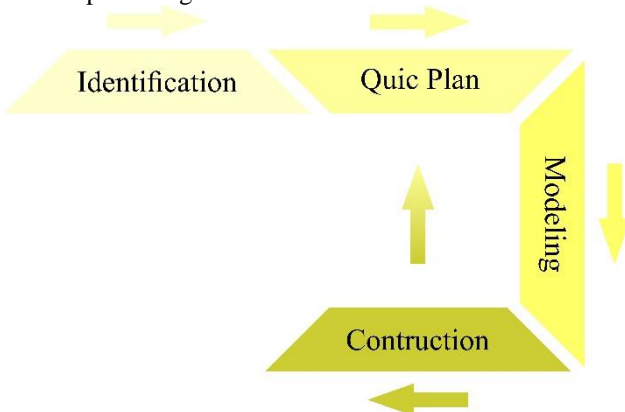
Color comparator number	Color	Oil condition
< 7	Pale yellow	Good oil
7 - 10	Yellow	Proposition A oil
10 - 11	Bright Yellow	Service-aged oil
11 - 14	Amber	Marginal condition
14 - 15	Brown	Bad condition
16 - 18	Dark brown	Severe condition (reclaimed oil)
> 18	Black	Extreme condition (scrap oil)

Gambar 1 Kondisi oli berdasarkan warna [6]

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Prototipe Model

Dalam pengembangan perangkat lunak penelitian Rancang Bangun Sistem Identifikasi Kelayakan Pakai Oli Transformator Berdasarkan Parameter Warna menggunakan metode *Prototype* dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 2 *Prototype model*

1. Identification

Tahapan pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mewawancarai atau bertanya

kepada pihak penyedia oli transformator, mencari literatur, serta mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk penelitian ini

2. *Quick Plan*

Tahapan selanjutnya adalah perencanaan cepat dengan memberikan solusi dari permasalahan yang sudah diidentifikasi pada tahapan mengidentifikasi kebutuhan

3. *Modeling*

Tahapan selanjutnya dari metode prototype adalah perancangan desain sistem atau pemodelan terhadap sistem yang akan di bangun seperti *flowchart*, usecase diagram, mockup, dan melakukan perancangan arsitektur sistem dari sistem identifikasi kelayakan pakai oli transformator ini. Peneliti menganalisa bagaimana Sistem Identifikasi Kelayakan Pakai Oli Transformator Berdasarkan Parameter Warna ini akan dibangun.

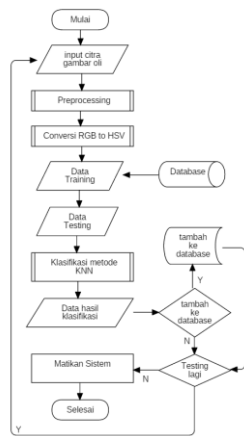
4. *Construction*

Tahapan berikutnya yaitu konstruksi berupa implementasi kedalam bahasa yang dapat dimengerti oleh sistem atau pengkodean berdasarkan rancangan-rancangan yang telah dibuat sesuai dengan tahapan modeling.

IV. PERANCANGAN SISTEM

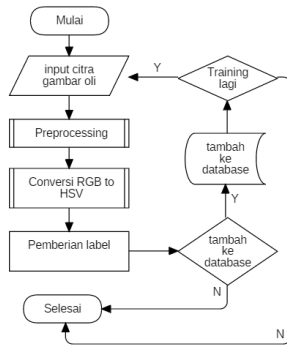
A. *Flowchart System Testing*

Pada gambar 3 merupakan flowchart sistem untuk testing, proses pertama dalam flowchart testing adalah *user* mengambil gambar oli transformator untuk kemudian dijadikan sebagai inputan. Setelah mendapat gambar dari oli transformator proses selanjutnya adalah gambar tersebut dilakukan *preprocessing*, kemudian dilakukan proses konversi warna dari *RGB* ke *HSV*. Setelah mendapat masing-masing nilai *hue saturation value* kemudian dilakukan proses pengambilan data training dari *database* untuk perhitungan klasifikasi dengan menggunakan metode *K-Nearest Neighbor*. Dari perhitungan tersebut menghasilkan hasil klasifikasi dari citra oli transformator. Proses selanjutnya apakah data hasil perhitungan ingin dimasukkan ke *database*. Jika ya, maka dilakukan proses penyimpanan ke *database*. Jika tidak, apakah perlu dilakukan testing ulang. Jika ya, maka kembali ke proses input citra oli transformator. Jika tidak, maka dilakukan proses mematikan sistem.



Gambar 3. Flowchart System Testing

B. Flowchart System Training



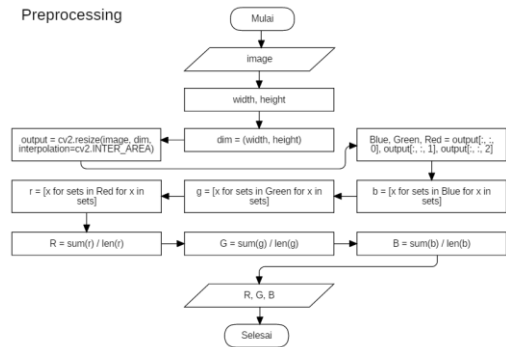
Gambar 4. Flowchart System Training

Pada gambar 4 merupakan flowchart sistem untuk training, proses pertama dalam flowchart sistem training adalah user mengambil gambar oli transformator untuk kemudian dijadikan sebagai inputan. Setelah mendapat gambar dari oli transformator proses selanjutnya adalah gambar tersebut dilakukan preprocessing, kemudian dilakukan proses konversi warna dari RGB ke HSV. Proses selanjutnya yaitu pemberian label. Setelah data diberi label apakah data ingin disimpan ke database. Jika ya, maka dilakukan proses penyimpanan data ke database. Jika tidak, maka proses telah selesai.

C. Flowchart Preprocessing

Pada gambar 5 merupakan flowchart dari preprocessing. Pertama citra gambar oli di input kedalam sistem dengan variable image. Kemudian membuat variable width dan height yang masing-masing memiliki nilai 200. Setelah itu variabel width dan height dimasukan kedalam variabel dim. Proses selanjutnya yaitu melakukan perubahan pada ukuran dimensi citra menggunakan library openCV yang dimasukan kedalam variabel output. Setelah dilakukan perubahan pada ukuran dimensi citra maka proses selanjutnya yaitu pemisahan masing-masing chanel RGB yang dimasukan kedalam variabel Blue, Green, Red. Kemudian melakukan proses perubahan dimensi array dari multidimension array ke 1 dimensi array pada masing-masing chanel RGB yang dimasukan

kedalam variabel b, g, r. Setelah itu dilakukan proses perhitungan rata-rata dari masing-masing chanel RGB dengan rumus $sum(n) / len(n)$ yang dimasukan kedalam masing-masing variabel B,G,R.

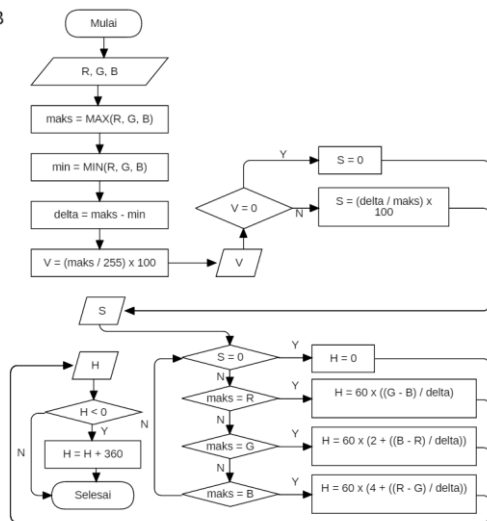


Gambar 5. Flowchart Preprocessing

D. Flowchart Convert RGB to HSV

Pada gambar 6 merupakan flowchart dari konversi RGB to HSV. Pertama memasukan data R, G, B hasil perhitungan dari proses preprocessing. Proses selanjutnya mencari nilai maksimal dari masing-masing chanel RGB. Setelah mendapat nilai maksimal kemudian dilanjut dengan proses mencari nilai minimal dari masing-masing chanel RGB. Proses selanjutnya yaitu mencari nilai selisih dari nilai maksimal dan nilai minimal. Kemudian dilanjutkan dengan proses mencari nilai value. Setelah didapat nilai value maka dicek apakah nilai value sama dengan 0. Jika nilai value adalah 0, maka nilai saturation sama dengan 0. Jika nilai value tidak sama dengan 0, maka dilanjutkan dengan proses mencari nilai saturation. Setelah didapat nilai saturation maka dicek apakah nilai saturation sama dengan 0. Jika nilai saturation sama dengan 0, maka nilai hue sama dengan 0. Jika nilai saturation tidak sama dengan 0 maka dicek apakah nilai maksimum sama dengan nilai chanel R. Jika nilai maksimum sama dengan nilai chanel R maka dilanjutkan dengan proses mencari nilai hue sesuai rumus. Jika nilai maksimum tidak sama dengan nilai chanel R, maka dicek apakah nilai maksimum sama dengan nilai chanel G. jika nilai maksimum sama dengan nilai chanel G maka dapat dilanjutkan dengan proses mencari nilai hue sesuai rumus. Jika nilai maksimum tidak sama dengan nilai chanel G, maka dicek apakah nilai maksimum sama dengan nilai chanel B. jika nilai maksimum sama dengan nilai chanel B maka dapat dilanjutkan dengan proses mencari nilai hue sesuai rumus. Jika nilai maksimum tidak sama dengan nilai B maka kembali di cek apakah nilai saturation sama dengan 0. Setelah didapat nilai hue maka dicek apakah nilai hue lebih kecil dari 0. Jika nilai hue lebih kecil dari 0 maka nilai hue ditambah dengan 360. Jika nilai hue tidak lebih kecil dari 0 maka perhitungan hue telah selesai dan didapat nilai dari hue, saturation, dan value.

Konversi RGB to HSV

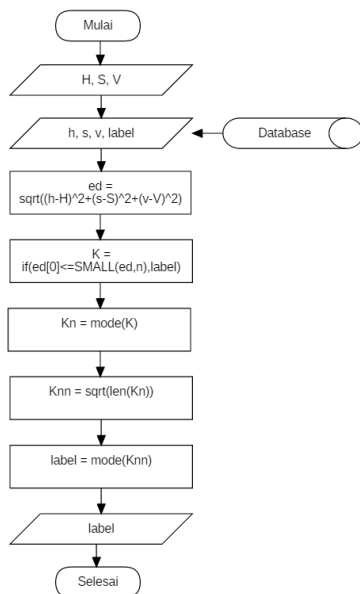


Gambar 6. Flowchart Convert RGB to HSV

E. Flowchart K-Nearest Neighbor

Pada gambar 7 merupakan flowchart dari perhitungan klasifikasi menggunakan metode KNN. Proses pertama adalah input data training dari database dan data testing, proses selanjutnya yaitu menghitung euclidian distance atau jarak dari data training dan data testing yang dimasukkan kedalam variabel ed. Setelah didapat euclidian distance, selanjutnya yaitu proses mengurutkan data yang memiliki euclidian terdekat dari K1 sampai dengan Kn. Proses selanjutnya yaitu menentukan hasil kelompok mayoritas data dari K1 sampai Kn. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai K terbaik dari K1 sampai Kn. Kemudian dilakukan pencarian label paling banyak muncul dari hasil mencari K terbaik dan didapat hasil klasifikasi.

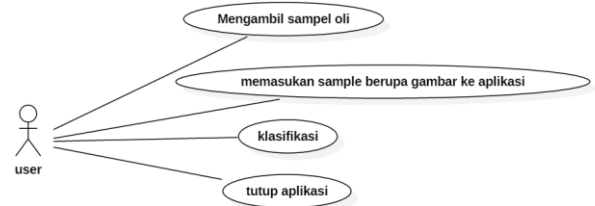
Klasifikasi metode KNN



Gambar 7. Flowchart K-Nearest Neighbor

F. Usecase Diagram

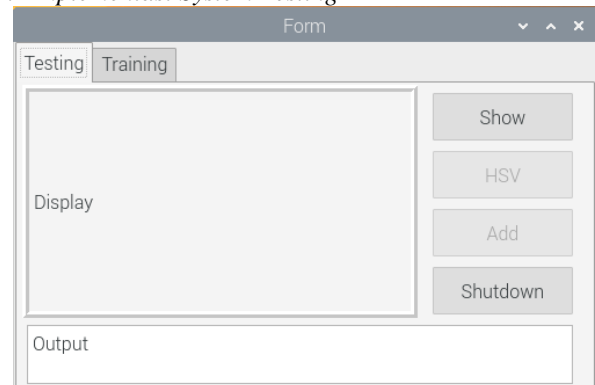
Pada gambar 8 Usecase Diagram menjelaskan kegiatan yang dilakukan user. Aplikasi ini terdiri dari 1 (satu) user yaitu admin. Hal pertama yang dilakukan adalah user harus mengambil sample oli untuk dijadikan inputan pada sistem. Kemudian user melakukan proses klasifikasi untuk mengetahui kelayakan pakai oli transformator. Terakhir adalah user dapat melihat hasil klasifikasi dari sample data tersebut kemudian menutup aplikasi.



Gambar 8. Usecase Diagram

V. IMPLEMENTASI

A. Implementasi System Testing



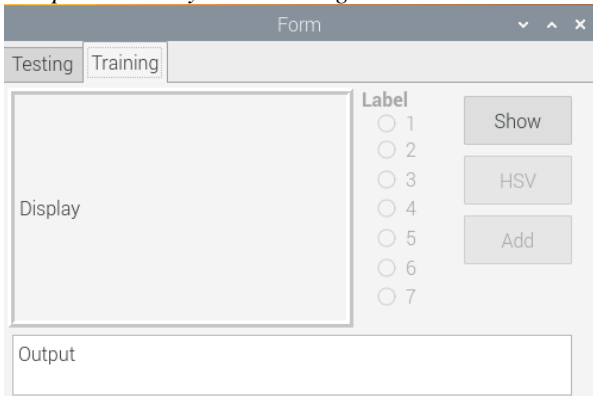
Gambar 9 Tampilan SistemTesting

Pada gambar 9 merupakan Tampilan Testing dari aplikasi identifikasi kelayakan pakai oli transformator, pada tampilan tersebut terdapat 4 buah button, 1 Box Display, dan 1 Box output. Berikut penjelasan dari tampilan sistem diatas :

- Tab Testing dan Tab training untuk mempermudah dalam mengakses antarmuka Testing dan antarmuka Training
- Button Show / Capture memiliki dua fungsi yaitu untuk menyalakan kamera dan menampilkannya pada Box Display dan untuk mengambil gambar
- Button HSV / KNN berfungsi untuk mengkonversi citra input dari rgb ke hsv dan berfungsi melakukan proses klasifikasi
- Button Add berfungsi untuk memasukan data hasil klasifikasi kedalam data training
- Button shutdown berfungsi untuk mematikan sistem

- *Box Display* berfungsi untuk menampilkan citra inputan dari kamera
- *Box Output* berfungsi untuk menampilkan hasil dari perhitungan *hsv* dan *knn*

B. Implementasi System Training



Gambar 10. Tampilan Sistem Training

Pada gambar 10 merupakan Tampilan *Training* dari aplikasi identifikasi kelayakan pakai oli transformator, pada tampilan tersebut terdapat 3 buah *button*, 1 *Grup Radiobutton*, 1 *Box Display*, dan 1 *Box output*. Berikut penjelasan dari mockup sistem diatas:

- *Tab Testing* dan *Tab training* untuk mempermudah dalam mengakses antarmuka *Testing* dan antarmuka *Training*
- *Button Show / Capture* memiliki dua fungsi yaitu untuk menyalakan kamera dan menampilkannya pada *Box Display* dan untuk mengambil gambar
- *Button HSV* berfungsi untuk mengkonversi citra input dari *rgb* ke *hsv*
- *Button Add* berfungsi untuk memasukan data hasil klasifikasi kedalam data trining
- *Group Radiobutton* berfungsi untuk memberikan *label* pada citra oli transformator yang diolah
- *Box Display* berfungsi untuk menampilkan citra inputan dari kamera
- *Box Output* berfungsi untuk menampilkan hasil dari perhitungan *hsv* dan *knn*

VI. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian klasifikasi dilakukan terhadap 8 data uji. Data uji akan diklasifikasikan terhadap data *training*. Proses klasifikasi yang dilakukan menggunakan metode *K-Nearest Neighbor (KNN)*. Tujuan dilakukannya pengujian ini bahwa aplikasi mampu mengidentifikasi periode pemakaian oli transformator dengan baik. Berikut tabel 1 yang terdiri dari hasil pengujian aplikasi.

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN

NO	Masukan	Label Asli	Label Sistem	Benar / Salah
----	---------	------------	--------------	---------------

1		6	6	Benar
2		5	5	Benar
3		3	3	Benar
4		1	1	Benar
5		2	1	Salah
6		4	3	Salah
7		5	5	Benar
8		6	6	Benar

Maka didapatkan akurasi sebagai berikut:

$$\frac{6}{8} \times 100 = 75 \%$$

Tingkat keberhasilan identifikasi Kelayakan Pakai Oli Transformator Menggunakan Parameter Warna adalah 75%.

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Metode *Hue Saturation Value (HSV)* dan *K-Nearest Neighbor (KNN)* dapat diterapkan dengan baik pada sistem ini. Penulis menggunakan total 8 sampel data oli transformator sebagai data uji dan mendapat skor presentase keberhasilan 75% dengan rincian 2 data uji terdeteksi salah dan 6 data uji terdeteksi benar.
- Penggunaan *Raspberry Pi 3 model b+* dan mikroskop digital dengan ketajaman kamera *2Mp* sudah cukup untuk membuat *hardware* atau alat dari sistem identifikasi kelayakan pakai oli transformator ini. Alat dapat melakukan pengujian secara langsung ditempat dimana sampel oli transformator diambil.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

- Penelitian ini hanya menggunakan data yang terbatas, sehingga untuk hasil yang lebih baik diharapkan pada penelitian berikutnya dapat ditambahkan jumlah sample data penelitiannya.
- Penelitian ini hanya diterapkan berdasarkan parameter warna saja, jadi untuk hasil yang lebih akurat penulis berharap penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter viskositas atau kekentalan dari oli transformator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suropto. (2016). PENGUJIAN KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR GEDUNG 72 BATAN SERPONG. PRIMA Volume 13, Nomor 2, 19-28.
- [2] Yubaidah, S. (2008). Monitoring Kualitas Mesin Otomotif. Jurnal Teknik Mesin Fakultas, -.
- [3] T. Sutoyo, E. M. (2019). Teori Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: Andi
- [4] F. Guo, Q. C. (2004). Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation. Hangzhou: P.R. China A
- [5] Bharadwaj, V. (2014). Colours : A Scientific Approach. Composition of Colours, 1-6
- [6] A Y. Hadjadj, I. F. (2015). Assessing Insulating Oil Degradation. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 22, 2653-2650.