

PROTOTIPE MESIN INSPEKSI KAIN BERBASIS SISTEM PEMROSESAN CITRA DIGITAL

Yogi Alfiyan, Emmanuel Agung Nugroho, Nanang Roni Wibowo

Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik Enjinereng Indorama, Purwakarta, Indonesia

Coressonding author: emmanuel.agung@pei.ac.id

Abstrak

Dalam industri tekstil, pengendalian kualitas produk sangat penting untuk meminimalkan cacat yang dapat menurunkan kepuasan pelanggan dan efisiensi produksi. Jenis cacat kain yang umum, seperti double lusi, double pick, slap, netting, dan ketidaksesuaian ketebalan atau lebar kain, memerlukan inspeksi yang akurat dan efisien. Penelitian ini mengembangkan prototipe Fabric Inspection Machine (FIM) berbasis teknologi Image Processing untuk mendeteksi cacat secara otomatis. Sistem ini menggunakan algoritma pengolahan citra pada Google Teachable Machine, Raspberry Pi, dan kamera web sebagai pendeteksi cacat. Kain digerakkan oleh motor stepper dengan driver TB6600 dan dikendalikan oleh ESP8266, dengan sistem mekanik berbasis roll penggulung kain. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin ini mampu mendeteksi tiga jenis kondisi kain: kain bagus, cacat jarang, dan cacat slap. Torsi motor stepper mencapai 0.3995 Nm, sementara torsi penggulung kain adalah 0.00242 Nm, dan torsi roller terhadap beban adalah 0.01615 Nm. Mesin mampu mempertahankan akurasi deteksi pada kecepatan kain dari 95.25 cm per menit (250 Hz, 18.75 RPM) hingga 285.75 cm per menit (750 Hz, 56.25 RPM). Desain mekanik yang konstan menjaga kecepatan penggulangan, meskipun ketebalan kain bervariasi. Dengan peningkatan akurasi dalam proses inspeksi, prototipe ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk kain dalam industri tekstil.

Kata kunci: Industri Tekstil, Inspeksi Kain, pengolahan citra, Motor stepper, deteksi cacat

Abstract

In the textile industry, product quality control is essential to minimise defects that can reduce customer satisfaction and production efficiency. Common types of fabric defects, such as double warp, double pick, slap, netting, and fabric thickness or width mismatch, require accurate and efficient inspection. This research develops a prototype Fabric Inspection Machine (FIM) based on Image Processing technology to automatically detect defects. The system uses image processing algorithms on Google Teachable Machine, Raspberry Pi, and web camera as defect detectors. The fabric is driven by a stepper motor with TB6600 driver and controlled by ESP8266, with a mechanical system based on a fabric rolling roll. The test results show that this machine is able to detect three types of fabric conditions: good fabric, rare defects, and slap defects. The torque of the stepper motor reaches 0.3995 Nm, while the torque of the fabric roller is 0.00242 Nm, and the torque of the roller against the load is 0.01615 Nm. The machine is able to maintain detection accuracy at fabric speeds from 95.25 cm per minute (250 Hz, 18.75 RPM) to 285.75 cm per minute (750 Hz, 56.25 RPM). The constant mechanical design maintains the rolling speed, even if the fabric thickness varies. With improved accuracy in the inspection process, this prototype is expected to improve production efficiency and quality of fabric products in the textile industry.

Keywords: Textile Industry, Fabric Inspection, image processing, stepper motor, defect detection.

Makalah dikirim 22 Agustus 2024; Revisi 24 September 2024, Diterima 5 Oktober 2024

1. PENDAHULUAN

Industri tekstil di Indonesia adalah sektor yang terus berkembang pesat dan memegang peranan penting dalam pembangunan ekonomi serta penyerapan tenaga kerja. Produksi tekstil dimulai dari pengolahan serat menjadi benang, dilanjutkan menjadi kain, hingga ke produk pakaian jadi [1]. Persaingan ketat di industri ini mendorong setiap perusahaan untuk menjaga kualitas produk dengan meminimalkan cacat yang dapat menurunkan kepuasan pelanggan dan mengurangi efisiensi produksi. Berbagai jenis cacat, seperti double lusi, double pick, slap, netting, ketidaksesuaian lebar atau warna kain, hingga ketebalan yang tidak merata, memerlukan perhatian khusus dalam proses inspeksi [2].

Dalam usaha meningkatkan kualitas produk, industri tekstil biasanya melakukan inspeksi kain dengan metode manual atau menggunakan *Fabric Inspection Machine* (FIM). Inspeksi manual mengandalkan pengamatan visual dan sentuhan, sementara FIM menyediakan deteksi otomatis yang lebih akurat dan efisien. Mesin ini mampu mendeteksi cacat visual pada kain, seperti noda, bintik, atau ketidakrataan warna, sebelum produk masuk ke tahap produksi berikutnya, sehingga meminimalkan risiko cacat pada produk akhir. Namun, tingginya harga FIM menjadi kendala bagi banyak perusahaan tekstil untuk mengimplementasikan inspeksi otomatis. [3].

Seiring perkembangan teknologi, aplikasi *Digital Image Processing* dan perangkat kontrol kini memungkinkan solusi yang lebih terjangkau dalam inspeksi otomatis. Dengan memanfaatkan kecerdasan buatan, sistem berbasis pengolahan citra dan komputer ini diharapkan mampu menyediakan pemeriksaan otomatis yang canggih namun ekonomis, meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi kain di industri tekstil. Penelitian ini berfokus pada pengembangan prototipe mesin inspeksi kain berbasis pengolahan citra digital, yang menggunakan teknologi modern untuk mendeteksi cacat kain dengan akurasi tinggi serta biaya yang lebih rendah, sehingga dapat menjadi solusi praktis bagi industri tekstil di Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Inspeksi Kain

Fabric Inspection Machine (FIM) adalah teknologi penting dalam industri tekstil untuk meningkatkan kualitas produk melalui pemeriksaan otomatis terhadap kain. FIM dilengkapi kamera beresolusi tinggi yang mendukung pengambilan gambar kain secara cepat dan detail untuk deteksi cacat seperti benang terlepas, noda, atau ketidaksempurnaan dalam warna dan tekstur kain. Pemrosesan citra ini didukung oleh perangkat lunak khusus yang mampu menganalisis dan mengklasifikasikan cacat, dengan sistem otomatis yang memberikan peringatan jika terdapat kain yang tidak memenuhi standar kualitas [4].

Terdapat dua metode umum dalam pemeriksaan kain, yaitu manual dan otomatis. Pemeriksaan manual melibatkan observasi visual serta sentuhan untuk mendeteksi cacat atau ketidakrataan pada kain. Namun, metode ini memakan waktu, bergantung pada keahlian tenaga kerja, dan berpotensi menghasilkan ketidakakuratan dalam deteksi cacat [5]. Di sisi lain, FIM memberikan solusi otomatis dengan kemampuan deteksi visual yang lebih cepat dan menyeluruh. Mesin ini mampu mengidentifikasi cacat visual, seperti noda, bintik, atau ketidakrataan warna sebelum kain diproses lebih lanjut, sehingga mengurangi risiko cacat pada produk akhir dan memastikan kualitas yang konsisten pada setiap tahap produksi [6].



Gambar 1. Perbandingan inspeksi kain secara: (a) manual, dan (b) otomatis [6]

Pada Gambar 1, pemeriksaan kain secara manual melibatkan beberapa langkah bertahap. Langkah pertama adalah pengukuran ukuran kain, yaitu pengecekan panjang dan lebar kain untuk memastikan kesesuaian dengan spesifikasi. Selanjutnya, data seperti nomor gulungan dan jenis kain dicatat untuk memudahkan pelacakan. Kain yang memenuhi standar dipisahkan dari yang memerlukan perbaikan lebih lanjut, dan langkah terakhir adalah pemberian tanda pada bagian kain yang cacat, yang bertujuan memberikan informasi lokasi cacat secara jelas untuk mempermudah penanganan dalam tahap produksi berikutnya [7].

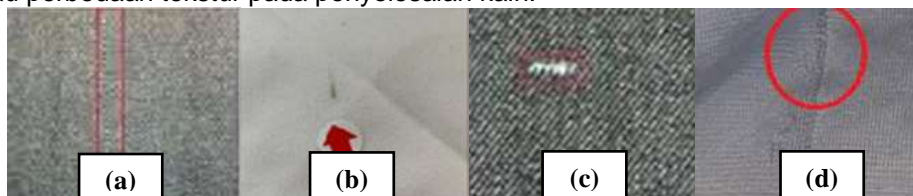
Berbeda dengan metode manual, sistem otomatis menggunakan Fabric Inspection Machine (FIM) untuk mendeteksi cacat secara langsung saat kain berjalan melalui sensor di atas meja datar kaca. FIM mengklasifikasikan kain ke dalam empat kategori utama, yaitu "Passed" untuk kain yang memenuhi standar, "Failed" untuk kain yang tidak sesuai standar, "Rejected" untuk kain dengan cacat serius yang tidak dapat diperbaiki, dan "Pending decision" untuk hasil yang masih memerlukan evaluasi [8]. Dengan adanya sistem ini, proses inspeksi menjadi lebih akurat dan efisien, sekaligus memudahkan penentuan langkah penanganan sesuai kualitas kain yang teridentifikasi.

Kendala utama dalam penerapan FIM adalah biaya yang tinggi, terutama untuk industri kecil-menengah. Oleh karena itu, penelitian terbaru berfokus pada penggunaan *Digital Image Processing* yang lebih terjangkau dan perangkat kontrol berbasis kecerdasan buatan untuk inspeksi kain otomatis. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan tekstil memanfaatkan kamera dan perangkat lunak komputer untuk inspeksi dengan harga yang lebih murah namun tetap efektif [9]. Teknologi ini menawarkan alternatif yang modern dan efisien dalam mendeteksi cacat kain dengan akurasi tinggi, sekaligus menciptakan lingkungan produksi yang lebih canggih dan berkelanjutan. Dengan demikian, penerapan *Digital Image Processing* dan AI pada inspeksi kain memberikan solusi yang lebih ekonomis, memungkinkan industri tekstil untuk meningkatkan kualitas produk tanpa biaya yang besar.

2.2 Jenis Jenis Cacat Pada Kain

Dalam mengidentifikasi masalah yang terjadi pada kain, kita perlu memahami jenis cacat dan variasi yang mungkin terjadi. Ada beberapa jenis cacat yang mungkin ditemukan pada kain yaitu [7], [10], [11]:

1. Cacat Tenunan: Terkait dengan kesalahan dalam pembuatan kain, seperti double lusi (dua atau lebih benang lusi menempel sepanjang luasan kain), *double pick* (dua atau lebih benang pakan menempel selebar luasan kain), dan slap (kotoran pada kain, mungkin disebabkan oleh debu atau kotoran dari mesin).
2. Cacat Warna: Melibatkan masalah warna tidak sesuai, corak meleset, noda, atau pewarnaan yang tidak merata selama proses pencampuran atau pencetakan.
3. Cacat Motif: Kesalahan dalam pencetakan atau pembuatan motif yang dapat membuat kain terlihat tidak sesuai dengan desain yang diinginkan.
4. Cacat Fisik: Termasuk lubang, robekan, noda, dan keausan yang dapat terjadi selama proses produksi, penyimpanan, atau pengiriman.
5. Cacat Ukuran: Berkaitan dengan dimensi yang tidak sesuai dengan spesifikasi, seperti lebar kain atau panjang kain yang tidak sesuai.
6. Cacat Jalinan: Menyoroti masalah seperti lebar kain dan dimensi yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
7. Cacat Finishing: Terjadi pada tahap akhir produksi, seperti penyusutan yang tidak diinginkan atau perbedaan tekstur pada penyelesaian kain.



Gambar 2. Contoh cacat yang terdeteksi selama proses produksi

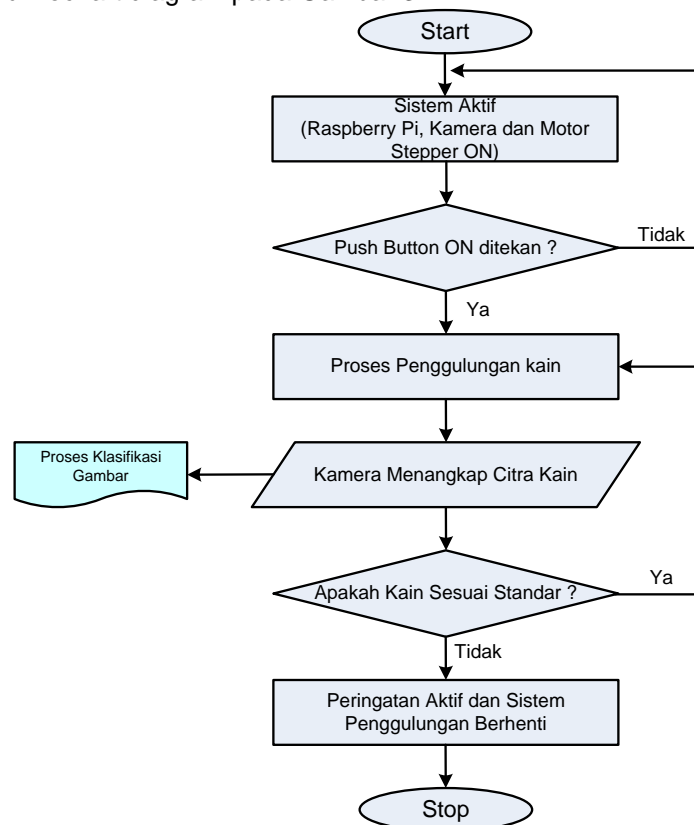
Gambar 2 menunjukkan beberapa contoh cacat yang dapat terdeteksi selama proses produksi, yaitu: (a) *double lusi*, (b) *double pick*, (c) *cacat slap*, dan (d) cacat jarang. Dalam prototipe Fabric Inspection Machine (FIM) yang digunakan, hanya dua jenis cacat yang terdeteksi, yaitu cacat slap dan cacat jarang, karena keduanya dianggap sebagai cacat yang paling sering terjadi dalam industri tekstil.

Cacat pada kain biasanya dikategorikan sebagai cacat mayor dan cacat minor. Cacat mayor adalah jenis cacat yang tidak dapat diperbaiki, sedangkan cacat minor masih dapat diperbaiki dan hilang dalam proses penyempurnaan. Klasifikasi ini menentukan jenis perbaikan yang diperlukan untuk kain, dengan cacat mayor dianggap sebagai cacat yang permanen, sementara cacat minor dapat ditangani pada tahap akhir produksi [12].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Cara Kerja Alat

Cara kerja mesin inspeksi kain berbasis machine learning pada perancangan ini ditunjukkan melalui flochart diagram pada Gambar 3.



Gambar 3. Flow Chart Cara Kerja

Penjelasan untuk flowchart pada Gambar 3 di atas adalah sebagai berikut:

1. **Persiapan Sistem:** Sistem akan aktif saat dialiri arus listrik, yang secara otomatis menyiapkan Raspberry Pi, kamera, dan motor stepper. Tekanan pada *Push Button ON* memulai seluruh proses dengan menghidupkan komponen-komponen ini.
2. **Inisiasi Penggulungan Kain:** Setelah semua komponen siap, motor stepper memutar gulungan kain, memindahkan kain secara bertahap ke posisi di bawah kamera.
3. **Pengambilan dan Pengiriman Gambar:** Kamera mengambil gambar kain yang sedang berjalan dan mengirimkannya ke Raspberry Pi untuk dianalisis.

4. **Pemrosesan dan Klasifikasi Gambar:** Raspberry Pi memproses gambar yang diterima menggunakan program *Python* yang telah dilengkapi model *TensorFlow Lite (tflite)*. Model ini sudah dilatih untuk mengenali beberapa kategori kain, baik yang memenuhi standar kualitas maupun yang cacat.
5. **Keputusan Klasifikasi:** Berdasarkan analisis, sistem menentukan apakah kain tersebut memenuhi standar kualitas atau memiliki cacat.
 - Jika hasil klasifikasi menunjukkan kain sesuai standar, maka kain terus digulung tanpa gangguan.
 - Jika hasil klasifikasi menunjukkan adanya cacat, sistem memberikan peringatan dan otomatis menghentikan proses penggulungan untuk memungkinkan tindakan lebih lanjut.
6. **Pemberian Peringatan:** Untuk kain yang terdeteksi cacat, sistem menandai atau mengindikasikan cacat tersebut dan menghentikan penggulungan, memberikan sinyal bahwa kain memerlukan pengecekan atau perbaikan lebih lanjut sebelum masuk ke tahap produksi berikutnya.

3.2 Prototipe Alat Deteksi Kain

Desain alat deteksi kain yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk mengoptimalkan proses inspeksi dengan memanfaatkan teknologi pencitraan dan kontrol yang efisien. Struktur komponen yang mendukung kerja sistem secara menyeluruh disajikan pada Gambar 4 [9].



Gambar 4. Sistem deteksi kain

Gambar 4 menampilkan desain sistem deteksi kain, atau Fabric Inspection Machine, yang memanfaatkan kamera web 720p untuk menangkap gambar kain secara real-time. Sistem ini dilengkapi dengan beberapa komponen tambahan untuk menunjang kinerja, antara lain:

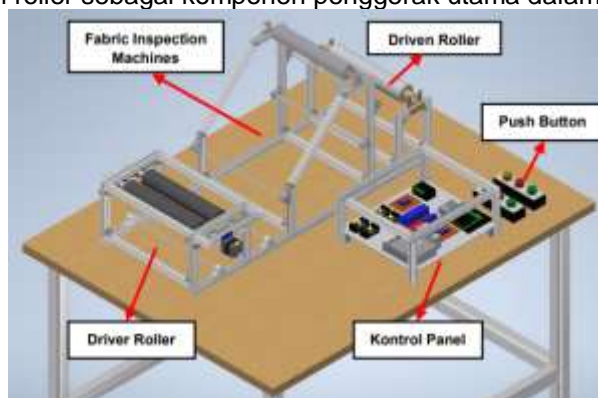
1. **Ring Light:** Lampu berbentuk cincin yang mengelilingi kamera, digunakan untuk pencahayaan optimal. Ring light ini memungkinkan penyesuaian kecerahan sehingga gambar kain dapat diambil dengan kualitas visual yang maksimal.
2. **Kontrol Panel:** Tempat pengendalian dan pemantauan keseluruhan mesin [13]. Kontrol Panel ini terdiri dari berbagai tombol dan indikator, termasuk:
 - **Push Button (PB):** Tombol yang digunakan untuk memulai, menghentikan, atau mengendalikan mesin dengan mudah [14].
 - **Emergency Stop:** Tombol darurat yang berfungsi untuk menghentikan sistem secara cepat saat terjadi kondisi yang tidak diinginkan [15].

- **Lampu Indikator:** Menyediakan sinyal visual untuk menunjukkan status aktif/nonaktif, kesalahan, atau perubahan status lainnya pada mesin [16].

Sinergi antara komponen-komponen ini, mulai dari kamera, ring light, kontrol panel, hingga indikator dan tombol pengaman, memungkinkan sistem untuk beroperasi dengan efektif dan mudah dipantau dalam proses deteksi kain secara otomatis.

3.3 Rancangan Mekanik

Rancangan mekanik mesin inspeksi berbasis Machine Learning dalam penelitian ini dirancang untuk memberikan efisiensi dan akurasi tinggi dalam proses penggulungan dan deteksi cacat pada kain. Gambar 5 menampilkan desain tiga dimensi dari struktur utama mesin, termasuk driver roller dan driven roller sebagai komponen penggerak utama dalam sistem.



Gambar 5. Rancangan 3D Mekanik

Gambar 5 memperlihatkan desain tiga dimensi mesin Inspeksi berbasis Machine Learning yang meliputi komponen utama, yaitu **driver roller** dan **driven roller**. Dalam sistem ini, **driver roller** terhubung langsung ke motor dan berperan penting sebagai sumber daya gerak utama untuk menginisiasi dan mempertahankan pergerakan sistem. Di sisi lain, **driven roller** menerima gerakan dari driver roller dan mentransfer daya ke kain yang diangkut dalam proses penggulungan otomatis.

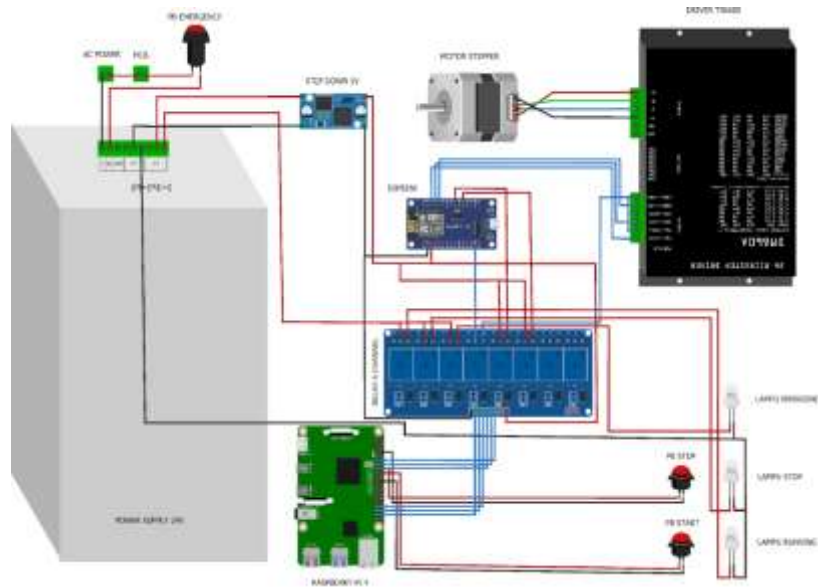
Hubungan antara driver dan driven roller menjadi kunci dalam efisiensi penggulungan kain. Driver roller yang terhubung dengan motor memberikan gerakan yang kemudian diteruskan oleh driven roller secara stabil dan efisien. Dengan demikian, kolaborasi kedua komponen ini menjamin bahwa proses otomatisasi penggulungan kain berlangsung secara optimal.

3.4 Rancangan Elektrik

Untuk memastikan integrasi komponen dalam sistem kontrol berjalan dengan efektif, perancangan diagram wiring dilakukan secara sistematis. Gambar 6 menampilkan diagram wiring kontrol yang menggambarkan susunan indikator, push button, serta komponen output seperti lampu dan motor, yang dirancang menggunakan perangkat lunak Fritzing.

Gambar 6 memperlihatkan diagram wiring keseluruhan untuk sistem kontrol, yang dirancang menggunakan perangkat lunak Fritzing. Diagram ini mencakup komponen-komponen penting yang akan diimplementasikan dalam perangkat yang direncanakan, termasuk indikator, push button, dan komponen output seperti lampu dan motor.

Dalam Tabel 1, perangkat **Raspberry Pi** dan **ESP8266** bertindak sebagai pusat kontrol input dan output. **Raspberry Pi** menerima input dari berbagai sumber seperti USB 3.0 untuk kamera WebCam, GPIO23 untuk push button start, dan GPIO24 untuk push button stop. Komponen-komponen output pada Raspberry Pi mencakup lampu indikator (lampu running, stop, dan emergency) serta driver motor **TB6600** yang dikontrol melalui pin GPIO22. Pada **ESP8266**, input dan output terhubung melalui pin digital, termasuk PIN D2, D3, dan D4, yang masing-masing dihubungkan ke sinyal kontrol seperti PULL+, DIR+, dan ENA+ untuk motor.



Gambar 6. Perancangan Diagram Wiring Kontrol

Tabel 1. Input dan Output Raspberry dan ESP8266

Raspberry Pi			ESP8266		
Input		Output	Input	Output	
USB 3.0	Kamera WebCam	GPIO26	Step Down 5V	PIN D2	PULL+
GPIO23	PB Start	GPIO19		PIND3	DIR+
GPIO24	PB Stop	GPIO13		PIN D4	ENA+
		GPIO22			

3.5 Rancangan Perangkat Lunak

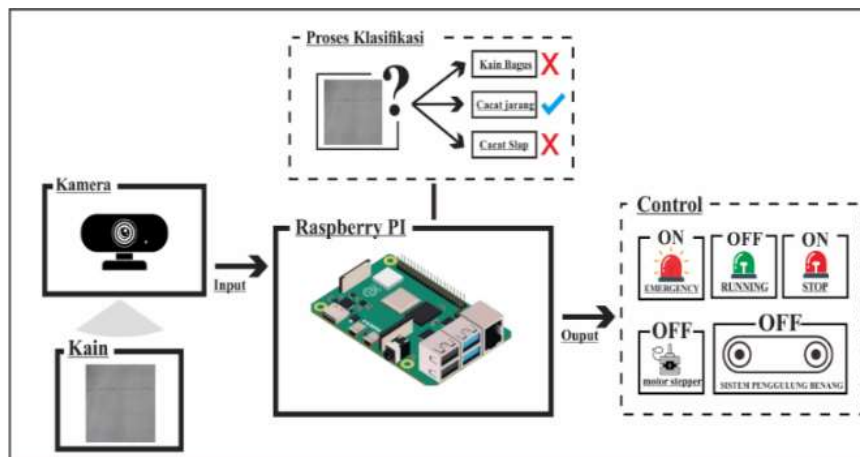
Pada tahap pembuatan model untuk aplikasi *Image Classification*, digunakan platform *Teachable Machine* yang dikembangkan oleh Google. Platform ini mempermudah pembuatan model *Machine Learning* untuk tugas klasifikasi gambar.

Tahapan dalam pembuatan model mencakup:

1. Pengumpulan dan Persiapan Data: Terdapat tiga kelas yang dibentuk untuk klasifikasi, yaitu:
 - Kelas 1: Kain bagus, dengan 251 sampel gambar.
 - Kelas 2: Cacat jarang, dengan 325 sampel gambar.
 - Kelas 3: Cacat slap, dengan 204 sampel gambar.
2. Pelatihan Model: Setelah dataset siap, model dilatih menggunakan data dari setiap kelas.
3. Evaluasi dan Penyesuaian Model: Pratinjau hasil pelatihan tersedia di bagian "Preview" atau "Pratinjau". Di sini, kinerja model dievaluasi. Jika performa model belum memuaskan, penyesuaian model atau penambahan lebih banyak data pelatihan dapat dilakukan untuk meningkatkan akurasi.
4. Ekspor Model: Setelah pelatihan, model diekspor dalam format *TensorFlow Lite (Quantized)*, yang cocok untuk perangkat dengan daya terbatas seperti *Raspberry Pi*.

Gambar 7 menunjukkan sistem pemrosesan gambar pada *Raspberry Pi* untuk deteksi cacat kain dimulai dengan input berupa gambar kain yang diambil oleh kamera. Berikut adalah proses yang berlangsung pada sistem tersebut:

1. Klasifikasi Gambar: *Raspberry Pi* memproses gambar menggunakan model *Machine Learning* berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk mendeteksi cacat pada kain.
2. Indikator Operasional:
 - Lampu Running menyala selama operasi normal.
 - Lampu Stop menyala saat cacat terdeteksi.
 - Lampu Darurat menyala untuk memberi tahu operator tentang kondisi darurat.
3. Pengontrolan Motor dan Roller Penggulung: Sistem secara otomatis menghentikan motor stepper dan roller penggulung saat terdeteksi cacat pada kain. Hal ini memberikan sinyal visual kepada operator, memungkinkan tindakan korektif.



Gambar 7. Pemrosesan Image

Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai klasifikasi otomatis tetapi juga merespons secara real-time untuk menghentikan operasi dan memberikan indikasi visual melalui lampu dan roller, sehingga memudahkan operator dalam pengambilan tindakan perbaikan.

4. HASIL PENELITIAN DAN PENGUJIAN

4.1 Torsi Pada Motor

Untuk memahami karakteristik dan performa motor yang digunakan, Gambar 8 menunjukkan data sheet Motor Stepper Nema 17 sebagai referensi utama dalam perhitungan torsi.

Data-data hasil perhitungan sistem mekanik alat mengacu pada pemilihan motor stepper seperti pada Gambar 8 disajikan dalam Table 2.

Tabel 2 menunjukkan data name plate dan hasil perhitungan sistem mekanik untuk pemilihan motor stepper Nema 17 dan roller. Dengan torsi maksimum motor sebesar 0.4 Nm dan konstanta torsi 0.235 Nm/A. Data pada tabel memberikan dasar bagi pemilihan komponen yang sesuai untuk memastikan kinerja optimal dalam mendukung sistem penggulungan kain.



Gambar 8. Data sheet Motor Stepper Nema 17 [17].

Tabel 2: Data name plate dan perhitungan sistem Mekanik

Komponen	Parameter	Nilai	Keterangan/ Rumus
Motor Stepper Nema 17	T (Torsi Maksimum)	0.4 Nm	Diketahui
	I (Arus Maksimum)	1.7 A	Diketahui
	K _t (Konstanta Torsi)	0.235 Nm/A	$K_t = T / I$
	T (Torsi Hasil)	0.3995 Nm	$T = K_t \times I$
Roller	Diameter Roller	5.08 cm	Diketahui
	r (Jari-jari Roller)	2.54 cm / 0.0254 m	$r = \text{Diameter} / 2$
	Berat Roller	9.71 gram / 0.00971 kg	Diketahui
	g (Percepatan Gravitasi)	9.8 m/s ²	Konstanta
	F (Gaya pada Roller)	0.095 N	$F = m \times g$
Torsi Roller terhadap Beban	T (Torsi pada Roller)	0.00242 Nm	$T = r \times F$
	Panjang Roller	34 cm	Diketahui
	r (1/2 Panjang Roller)	17 cm / 0.17 m	Diketahui
	F (Gaya Beban Roller)	0.095 N	Diketahui
	T (Torsi terhadap Beban)	0.01615 Nm	$T = F \times r$

4.2 Perbandingan Kecepatan Driver and Driven Roller

Untuk menghitung perbandingan kecepatan antara driver roller dan driven roller, langkah-langkah berikut diambil:

- Persiapan Alat Tachometer**
Pastikan alat tachometer dalam kondisi baik dan telah dikalibrasi. Hubungkan tachometer ke roller yang akan diukur.
- Identifikasi Driver dan Driven Roller**
Tentukan roller mana yang berfungsi sebagai driver dan driven. Driver roller terhubung langsung ke motor sebagai sumber daya, sementara driven roller mengikuti pergerakan driver roller melalui koneksi mekanis.
- Pengukuran RPM pada Driver dan Driven Roller**
Pengukuran RPM dilakukan menggunakan tachometer pada masing-masing roller saat sistem beroperasi. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3: Hasil pengukuran RPM pada Driver dan Driven mesin

Parameter	Driver Roller	Driven Roller
RPM (Dengan Beban)	17.8 RPM	13.0 RPM
RPM (Tanpa Beban)	18.3 RPM	-
Perbandingan Kecepatan	1.369	-
Persentase Perbandingan Kecepatan	36.9%	-

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran RPM pada driver roller dan driven roller, baik dalam kondisi dengan beban maupun tanpa beban. Terlihat bahwa RPM driver roller mengalami penurunan sekitar 0.5 RPM saat diberi beban. Perbandingan kecepatan antara driver roller dan driven roller mencapai 1.369, dengan persentase perbandingan kecepatan sebesar 36.9%. Data ini menunjukkan adanya perbedaan kecepatan yang signifikan antara kedua roller, yang dapat memengaruhi kinerja sistem penggulungan kain.

4.3 Pengujian kecepatan RPM terhadap respon deteksi

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas deteksi cacat kain pada berbagai tingkat kecepatan operasional mesin. Langkah-langkahnya meliputi penentuan rentang RPM, pengujian pada kecepatan standar, peningkatan RPM secara bertahap, dan analisis hasil untuk melihat apakah peningkatan kecepatan mempengaruhi akurasi deteksi cacat kain. Dengan demikian, diharapkan mesin dapat mempertahankan performa deteksi yang akurat bahkan pada kecepatan tinggi. Kecepatan kain (dalam cm/menit) dihitung berdasarkan kecepatan putaran (RPM) yang diperoleh dari pengaturan frekuensi motor stepper. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kecepatan Kain (cm/menit)} = \text{Keliling Roller (cm)} \times \text{RPM} \dots\dots\dots (4.1)$$

Tabel 4. Hasil pengujian kecepatan RPM terhadap respon deteksi

Frekuensi (Hz)	Waktu Siklus (µs)	RPM	Kecepatan Kain (cm/menit)
250	2000	18.75	298.5
350	1428.5	26.25	417.9
500	1000	37.5	597
750	666.5	56.25	895.5
1000	500	Maksimum	Batas Maksimal Motor

Dari hasil pengujian pengukuran yang telah dilakukan pada Tabel 4 diketahui pada kecepatan 18.75 RPM dengan kecepatan kain 95.25 cm per menit hingga kecepatan 56.25 RPM dengan kecepatan kain 285.75 cm per menit, mesin masih mampu mendeteksi cacat pada kain. Namun, pada 1000 Hz (500 Mikrodetik), motor stepper sudah mencapai titik maksimalnya dan menimbulkan suara bising saat bergerak.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan keberhasilan dalam merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi cacat kain berbasis algoritma pengolahan citra digital. Sistem ini menggunakan Google Teachable Machine untuk klasifikasi citra, Raspberry Pi sebagai platform pengolahan dataset, dan kamera web untuk mendeteksi cacat pada kain secara real-time. Selain itu, penelitian ini juga berhasil mengembangkan mekanisme penggulung kain otomatis yang digerakkan oleh motor stepper, memungkinkan roller penggulung bekerja secara stabil dan terukur. Pengujian kecepatan menunjukkan bahwa mesin mampu mempertahankan performa deteksi cacat pada berbagai tingkat kecepatan operasional, mulai dari 18.75 RPM dengan kecepatan penggulungan kain 95.25 cm/menit hingga 56.25 RPM pada kecepatan 285.75

cm/menit. Desain mekanik alat ini berhasil menjaga konsistensi kecepatan meskipun terdapat peningkatan ketebalan kain, yang mendukung stabilitas sistem.

Secara keseluruhan, pencapaian ini memberikan dasar yang kuat untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi dalam industri tekstil. Implementasi mekanisme penggulung kain otomatis dan akurasi tinggi dalam deteksi cacat kain menciptakan solusi inovatif yang berkontribusi pada tujuan utama menghasilkan produk kain berkualitas serta meningkatkan efisiensi produksi di industri tekstil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. A. B. li and L. Teori, "Industri Tekstil merupakan industri pengolahan yang mengubah serat menjadi benang atau kain.," 1933.
- [2] Novita, "Industri tekstil Dalam menghadapi perkembangan zaman dan bersaing dalam menguasai pasar," vol. 4, no. 2, p. 11, 2001.
- [3] Dewanti, D. Firma, and D. Pujotomo, "Analisis Penyebab cacat Produk Kain dengan Menggunakan Metode FMEA," *J. Tek. Ind.*, no. 6(4), pp. 1–7, 2017.
- [4] fesyendesign.com, "Fabric Inspection - fesyendesign.com."
- [5] fitinonline.com, "2 Jenis pemeriksaan kain," 28 juli, 2023.
- [6] Partheepan Cbe, "Video Fabric Inspection Machine," 28 Agustus, 2018.
- [7] R. Pi, "Sistem Klasifikasi Citra untuk Proses Inspeksi Kain Menggunakan Teachable Machine dan Raspberry Pi Image Classification System for Fabric Inspection Using Teachable Machine and," vol. 14, no. 1, pp. 49–60, 2024, doi: 10.51132/teknologika.v14i1.
- [8] S. p. Eny Maftukhah, "Cara Pemeriksaan Kain," 2020.
- [9] E. A. Nugroho, J. D. Setiawan, Munadi, and Diki, "Design of image classification system for fabric inspection process using Raspberry Pi," *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 15, no. 1, pp. 57–67, 2024, doi: 10.55981/j.mev.2024.863.
- [10] T. A. Wicaksono and J. Adler, "Analisis Metode GLCM dan SVM untuk Mendeteksi Cacat Kain," *J. Tek. Komput. Unikom-Komputika*, vol. 7, no. 1, 2018, [Online]. Available: [https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/275/60/UNIKOM_Taufik Adi W_ Jurnal.pdf](https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/275/60/UNIKOM_Taufik%20Adi%20W_Jurnal.pdf)
- [11] S. Kasus, P. T. Iskandar, I. Printing, D. F. Dewanti, and D. Pujotomo, "ANALISIS PENYEBAB CACAT PRODUK KAIN DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)."
- [12] Rudi Irawan, "Perancangan Perangkat Mekanik Pendeteksi Cacat Produksi Pada Tekstil," *J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 117–130, 2022, doi: 10.56127/juit.v1i2.197.
- [13] laskarotomasi.com, "Penjelasan Lengkap Mengenai Panel Kontrol Listrik," *Laskarotomasi.Com*.
- [14] Rakhman, "Push Button Switch: Pengertian, Fungsi, Jenis-jenis (Lengkap)."
- [15] A. Arifin, "Emergency Stop: Pengertian, Fungsi, Simbol dan Jenis," [https://www.Carailmu.Com/2021/10/Pengertian-Fungsi-Jenis-Emergency-Switch.html](https://www.carailmu.com/2021/10/Pengertian-Fungsi-Jenis-Emergency-Switch.html), 2022.
- [16] egatek.com, "Ketahui Komponen-komponen Pada Panel Listrik," *Egatek.Com*, 2016.
- [17] "data sheet motor stepper nema 17 model 17HS4401 - Google Penelusuran."