



**DETEKSI CACAT PRODUK PADA INDUSTRI
MANUFAKTUR MENGGUNAKAN PEMBELAJARAN
MENDALAM (STUDI KASUS PADA MANUFAKTUR
SEKRUP)**

PROPOSAL PENELITIAN

Yoga Panji Perdana Nugraha

99223143

**PROGRAM DOKTOR TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS GUNADARMA
JUNI 2024**

DAFTAR ISI

COVER	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Batasan Penelitian	7
1.5 Kontribusi.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Tinjauan 1	9
2.2 Tinjauan 2	9
2.3 Tinjauan 3	10
2.4 Tinjauan 4.....	10
2.5 Tinjauan 5	10
2.6 Tinjauan 6.....	11
2.7 Tinjauan 7	11
2.8 Tinjauan 8.....	12
2.9 Tinjauan 9	12
2.10 Tinjauan 10	12
2.11 Tinjauan 11	13
2.12 Tinjauan 12	13

2.13	Tinjauan 13	13
2.14	Tinjauan 14	14
2.15	Perbandingan Tinjauan Pustaka	14
BAB III METODOLOGI		38
3.1	Motivasi.....	38
3.2	Alur Kerja Riset	38
3.3	Pendekatan	42
3.4	Rencana Jadwal Kegiatan.....	42
DAFTAR PUSTAKA		44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Tinjauan Pustaka	14
Tabel 3.1 Rencana Jadwal Kegiatan	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 3.2 Rancangan Prototipe Alat	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persaingan dalam dunia industri semakin ketat. Setiap perusahaan berlomba-lomba menciptakan produk yang berkualitas.. Kualitas produk merupakan faktor kunci agar perusahaan dapat bertahan dan bersaing dalam dunia bisnis (Psarommatis, Sousa, Mendonça, & Kiritsis, 2022). Kualitas produk akan mempengaruhi kepercayaan pelanggan terhadap perusahaan. Kualitas produk yang tinggi tentunya merupakan keinginan perusahaan. Namun, kecacatan produk merupakan hal yang hampir pasti terjadi. Kecacatan ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), dan lingkungan (*environment*) (Suhartini, 2020). Salah satu kegiatan yang perlu dilakukan untuk menjaga kualitas produk adalah inspeksi. Kegiatan ini biasanya dilakukan oleh departemen pengendalian kualitas. Kecepatan dan akurasi inspeksi pada industri diperlukan untuk memastikan standar kualitas produk yang tinggi namun harga tetap terjangkau (Villalba-Diez et al., 2019). Hal ini merupakan tantangan bagi para pelaku industri.

Sebagian besar perusahaan tidak hanya memiliki sedikit produk dan model dalam satu kali produksi. Variasi produk dan model ini tentunya akan membuat kegiatan inspeksi menjadi satu hal yang penting untuk memastikan seluruh produk memiliki kualitas yang baik. Kegiatan inspeksi pada industri umumnya dilakukan secara manual dengan tenaga manusia sebagai operator. Dengan mengandalakan tenaga manusia yang memiliki keterbatasan. Peningkatan kinerja dari kegiatan inspeksi dibutuhkan (Asín, Ávila-de la Torre, Berges-Muro, & Sánchez-Valverde, 2017). Sehingga dibutuhkan sebuah model pengganti untuk meningkatkan kinerja dari kegiatan inspeksi (Reyes-Luna, Chang, Tuck, & Ashcroft, 2023). Otomatisasi pada proses inspeksi kualitas adalah salah satu cara untuk meningkatkan kinerja kegiatan inspeksi sehingga kepuasan pelanggan atas produk yang berkualitas baik dapat terjaga (Deshpande, Minai, & Kumar, 2020). Pada revolusi industri 4.0,

teknologi informasi tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari, teknologi memiliki peran yang penting dari waktu ke waktu (Essah, Anand, & Singh, 2022). Teknologi yang sedang berkembang dengan pesat dan dapat diimplementasikan untuk otomatisasi pada industri adalah *Artificial Intelligence* (AI) (Shi et al., 2021). *Artificial Intelligence* (AI) merupakan alternatif digital untuk meningkatkan kinerja kegiatan inspeksi (Jarkas et al., 2023). Teknologi ini megadopsi kemampuan manusia untuk mengenali berbagai macam objek yang terdapat pada citra yang dikenal dengan teknik deteksi objek (Baikova, Maia, Santos, Ferreira, & Oliveira, 2019), segmentasi dan pengenalan objek (Khurana, Sharma, Singh, & Singh, 2016). Deteksi objek merupakan hal yang penting dalam kegiatan inspeksi dalam industri (Yang et al., 2020). Pengaplikasian AI untuk mendeteksi objek dalam kegiatan inspeksi ini bertujuan untuk efisiensi dalam dunia industri terutama dalam kegiatan inspeksi. Hal ini karena teknologi tersebut dapat meminimalisir kemungkinan cacat yang luput dari penglihatan manusia.

Acosta and Oliveira Sant'Anna (2023) mengembangkan *relevance mechine vector* menggunakan teknik kernel sparse bayesian untuk meningkatkan *support machine vector* pada masalah regresi dan klasifikasi dengan menggunakan *machine learning*. Penelitian tersebut menghasilkan perbandingan kinerja *relevance machine vector* dengan *support vector machine*, *artificial neural network* dan *beta regression model* menghasilkan bahwa pemantauan proses berbasis *relevance machine vector* adalah alat pemantauan kualitas produk cacat dalam proses manufaktur yang baik dibandingkan dengan algoritma *machine learing* yang lain.

Altuğ (2023) meneliti untuk meminimalisir pemborosan biaya dan waktu pada perusahaan yang memproduksi baut dan mur dengan mengintegrasikan *deep learning* dan *six sigma*. *Six sigma* digunakan untuk mengurangi biaya dan waktu serta meningkatkan nilai tambah pada produk. Optimalisasi *six sigma* dilakukan dengan bantuan *deep learning*. Peforma model yang dibuat pada *deep learning* cukup mendekati performa sebenarnya. Pemanfaatan *six sigma* dengan bantuan *deep learing* yang dibuat dapat menghemat hingga \$21,780 serta penghematan waktu yang dapat menghindari kerugian mencapai \$30,000 setiap tahun. Efisiensi

pada *coating thickness* meningkat dari 85% menjadi 95% yang mana mendekati target yaitu 95%-97%.

Fan, Dong, and Guo (2023) mengusulkan metode klasifikasi permukaan cacat strip baja berdasarkan *mixed attention mechanism* untuk mencapai kinerja klasifikasi cacat yang cepat dan akurat. Penelitian ini menggunakan perbandingan skala *min-max*, *Transfer Learning (EfficientNet-B0)*, *squeeze-excitation spatial mixed module*, dan *multilayer mixed attention mechanism (MMAM) module*. Pada lingkungan industri yang kompleks metode konvensional untuk mengklasifikasi cacat permukaan pada strip baja canai panas memiliki masalah pada akurasi dan efisiensi yang rendah. Dengan menggunakan metode *squeeze-excitation spatial mixed module* mendapatkan akurasi pengenalan 96,75% dan *multilayer mixed attention mechanism (MMAM) module* mendapatkan akurasi pengenalan 97,70%. Kemudian pada *transfer learning* yaitu *EfficientNet-B0* berbasis MMAM memperoleh hasil akurasi pengenalan 100%.

Fauzi, Madenda, Wibowo, and Masruriyah (2020) meneliti penggunaan kotak pembatas (*bounding box*) untuk meningkatkan pengenalan objek pada kamera pengintai (CCTV) pada sektor kesehatan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kotak pembatas meningkatkan pengenalan objek pada kamera pengintai. Kotak pembatas juga membantu dalam mengidentifikasi kegiatan yang mencurigakan dalam rekaman kamera pengawas. Klasifikasi objek yang segmentasi dalam pencitraan medis juga meningkat dengan bantuan kotak pembatas yang diterapkan.

Handayani et al. (2020) menggunakan algoritma *support vector machine (SVM)*, *linear discriminant analysis*, dan pohon keputusan untuk mengidentifikasi kualitas daging berdasarkan *marbling*. Hasilnya SVM adalah algoritma menunjukkan akurasi paling tinggi diantara algoritma lainnya dalam mengidentifikasi kualitas daging sapi.

Hassan, Hamdan, Shahin, Abdelmaksoud, and Bitar (2023) mengimplementasikan *deep learning* dan *machine learning* untuk memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan proses manufaktur yaitu memaksimalkan *production rates* untuk produk yang baik dan meminimalisir

scrap rates atau *reworks*. Penerapan *smart process* akan berkontribusi yang signifikan dalam meningkatkan proses manufaktur yaitu memaksimalkan *production rates* untuk produk yang baik dan meminimalisir *scrap rates* atau *reworks*. Kecerdasan buatan (*machine learning*) yang diimplementasikan bermanfaat untuk meningkatkan akurasi prediksi model regresi serta menyempurnakan kecerdasan yang dimiliki dengan mempelajari parameter proses mana yang dapat membuat produk cacat sehingga nantinya dapat menyesuaikan parameter proses dengan mengabaikan pengaturan manual.

Li, Liu, Liu, Yang, and Huang (2020) mendesain pendeteksi cacat pada kain secara otomatis berdasarkan *cascaded low-rank decomposition* dan menjaga pengendalian kualitas yang tinggi pada perusahaan tekstil. Metode yang diusulkan dievaluasi pada *database* gambar kain. Penelitian ini menggunakan algoritma deteksi cacat berdasarkan *cascaded low-rank decomposition*. Dengan membandingkan di lapangan, diperoleh tingkat deteksi rata-rata sebesar 98,26%.

Liu, Liu, Li, and Li (2022) Mengusulkan metode baru untuk memecahkan masalah dalam mendeteksi cacat pada cacat kain. Masalah tersebut yaitu model yang sulit dilatih karena keterbatasan dataset dan akurasi deteksi yang belum memadai pada bidang industri. Penelitian ini berbasis *deep learning* dan menghasilkan metode baru untuk mendeteksi cacat kain dimana hasil eksperimen mendapatkan tingkat akurasi dan presisi sebesar 93,9% dan 98,8% ketika diterapkan pada dataset publik (TILDA) dan dataset *real-shot* (ZYFD).

Liu, Wang, Li, Ding, and Li (2022) mendesain model *dual-branch balance saliency* berbasis *fully convolutional network* (FCN) untuk deteksi cacat pada kain secara otomatis, serta meningkatkan pengendalian kualitas pada bidang manufaktur tekstil.

Naam, Harlan, Madenda, and Wibowo (2016) meneliti dengan tujuan untuk membangun sebuah algoritma dari metode *multiple morphological gradient* (mMG) untuk mengidentifikasi karies gigi berbasis gigi panoramik digital gambar x-ray. Jenis algoritma yang digunakan adalah normal mMG, Enhancement mMG, dan Smooth mMG. Ketiga algoritma tersebut diperiksa oleh dua orang dokter

gigi. Hasil pemrosesan gambar ini sangat membantu untuk mengidentifikasi objek dalam gambar panorama terutama dalam mendeteksi gigi berlubang.

Purushothaman and Ahmad (2022) membangun sistem inspeksi otomatis menggunakan mekanisme berbasis *image analysis* yang disebut *i-AIS*. Menggunakan metode desain *Six Sigma* (DSS). Langkah-langkah *Define, measure, analyze, design, dan verify* (DMADV) diterapkan dan diintegrasikan dengan teknik analisis yang spesifik dari *quality function deployment* (QFD), *design failure mode effect analysis* (DFMEA) dan *theory of inventive problem solving* (TRIZ). Verifikasi prototipe *i-AIS* menunjukkan pengoperasian pada mode optimal yang memenuhi persyaratan internal. Hasil verifikasi juga menunjukkan bahwa tingkat sigma meningkat dari 3,87 menjadi 4,33. Sementara itu, tingkat pengurangan kerusakan meningkat menjadi 74,4% dan tingkat *downtime* juga mencatat peningkatan yang signifikan yaitu pengurangan sebesar 80,7%.

Wu, Guo, Liu, and Huang (2020) mengembangkan metode *deep learning* yang lebih fleksibel untuk deteksi cacat pada industri dengan menggunakan *End-to-end learning framework*. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi kesulitan deteksi cacat blade. Sehingga dikembangkan arsitektur baru yang mengintegrasikan *residue learning* untuk melakukan deteksi cacat yang efisien. Percobaan dilakukan pada kumpulan data yang dikumpulkan, dan hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan dapat mencapai kinerja yang memuaskan dibandingkan metode lain. Selain itu, operasi pemerataan data membantu hasil deteksi cacat yang lebih baik.

Yuhandri, Madenda, Wibowo, and Karmilasari (2017) meneliti untuk mengetahui ciri-ciri motif yang terdapat pada gambar songket agar objek tersebut dapat terdeteksi dan dibaca. Metode yang digunakan adalah segmentasi warna citra dan morfologi matematis dalam mendeteksi objek dan kemudian mengekstraksi motif dengan cara penerapan algoritma pelacakan kontur moore dan pengembangan algoritma kode rantai. Hasilnya menunjukkan bahwa pengembangan algoritma kode rantai dapat menghasilkan jumlah objek, panjang kode rantai, dan nilai kemungkinan laju kemunculan setiap kode rantai dalam suatu motif, meskipun terdapat beberapa objek dalam suatu motif.

H. Zhang et al. (2023) mengusulkan kerangka kerja deteksi cacat berdasarkan pembelajaran adversarial tanpa pengawasan untuk rekonstruksi gambar guna memecahkan masalah deteksi berlebihan atau kesalahan deteksi karena tidak dapat beradaptasi dengan pola kompleks kain berpola warna. Kerangka kerja yang diusulkan dibandingkan dengan metode canggih pada kumpulan data publik YDFID-1 (Kumpulan Data Gambar Kain Berwarna Benang-versi1). Kerangka kerja yang diusulkan juga divalidasi pada beberapa kelas dalam dataset MvTec AD. Hasil eksperimen berbagai pola/kelas pada YDFID-1 dan MvTecAD menunjukkan efektivitas dan keunggulan metode ini dalam deteksi cacat kain.

R. Zhang et al. (2022) Mengusulkan metode diagnosis ultrasonik baru untuk cacat las baja tahan karat berbasis *multi-domain feature fusion* untuk memecahkan dua masalah dalam diagnosis ultrasonik cacat las baja tahan karat austenitik. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa akurasi diagnostik model diagnosis ringan yang dibangun dapat mencapai 96,55% untuk lima jenis cacat las baja tahan karat, antara lain retak, porositas, inklusi, kurang fusi, dan penetrasi tidak lengkap. Ini dapat memenuhi kebutuhan aplikasi teknik praktis. Metode ini memberikan landasan teori dan referensi teknis untuk mengembangkan dan menerapkan teknologi diagnosis cacat ultrasonik yang cerdas, efisien dan akurat.

Revolusi industri 4.0 mendorong otomatisasi inspeksi produk untuk manufaktur yang tanpa cacat (*zero defect*) dan berkualitas tinggi dimana kemampuan fleksibilitas manusia berkolaborasi dengan kemampuan akurasi komputer dan mesin (Brito et al., 2020). Perkembangan *computer vision* dapat sangat membantu dalam dunia industri manufaktur untuk mencapai kualitas yang unggul (Schmidt, Gevers, Schwiep, Ordieres-Meré, & Villalba-Diez, 2020). Akurasi kemampuan penglihatan komputer (*computer vision*) dalam mendeteksi objek sangat bergantung pada data pelatihan. Sehingga perlu didukung oleh data pelatihan yang masif. Hal ini tentunya menyebabkan kebutuhan akan perangkat lunak maupun perangkat keras dengan kemampuan dan spesifikasi cukup besar. Citra produk industri pada basis data sendiri dapat terdiri dari berbagai macam model dengan kecacatan yang bervariasi juga. Sehingga dikembangkan aplikasi pendeteksi objek untuk meningkatkan kinerja inspeksi produk. Pengembangan

aplikasi dengan mengaplikasikan kemampuan penglihatan komputer menggunakan *artificial intelligence* yaitu *deep learning*. Harapan dari penelitian ini nantinya dapat membantu perusahaan terutama departemen pengendalian kualitas untuk melakukan inspeksi produk pada rantai produksi secara mendekati *real-time*. Sehingga efisiensi dan efektivitas kegiatan inspeksi produk dapat dicapai.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah merupakan masalah yang muncul pada penelitian ini yang kemudian dirumuskan menjadi sebuah pertanyaan. Berikut ini merupakan rumusan masalah.

1. Bagaimana aplikasi deteksi objek yang dapat mengidentifikasi kecacatan produk sebagai pengganti manusia untuk kegiatan inspeksi produk pada perusahaan?
2. Apa pembaharuan yang ditemukan pada pengembangan aplikasi untuk mendeteksi objek yang dapat mengidentifikasi kecacatan produk sebagai pengganti manusia untuk kegiatan inspeksi produk pada perusahaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan jawaban dari rumusan masalah yang menjadi hasil akhir dari penelitian. Berikut ini adalah tujuan penelitian.

1. Menghasilkan aplikasi deteksi objek yang dapat mengidentifikasi kecacatan produk sebagai pengganti manusia untuk kegiatan inspeksi produk pada perusahaan.
2. Mengetahui pembaharuan yang ada pada pengembangan aplikasi untuk mendeteksi objek yang dapat mengidentifikasi kecacatan produk sebagai pengganti manusia untuk kegiatan inspeksi produk pada perusahaan.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dimaksudkan agar penelitian tidak melebar ke topik lain selain pembahasan yang diinginkan. Berikut ini merupakan batasan penelitian.

1. Aplikasi dibuat dengan menggunakan *deep learning*.
2. Jenis cacat yang diidentifikasi adalah cacat pada bagian kepala sekrup, leher sekrup, ulir sekrup, dan pangkal sekrup.
3. Proses anotasi, *preprocessing*, augmentasi, dan *generate* dataset dilakukan dengan bantuan *roboflow*.
4. Model yang dikembangkan digunakan untuk mendeteksi cacat produk sekrup atau sejenisnya.

1.5 Kontribusi

Kontribusi pada bidang keilmuan pada penelitian ini adalah dengan menghasilkan model pendeteksi objek cacat pada manufaktur yang menggunakan teknologi *artificial intelligence* dengan metode *deep learning*. Hasil penelitian ini juga diharapkan bisa menjadi bahan baca serta referensi bagi pembaca untuk pembelajaran maupun penelitian selanjutnya.

Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada bidang teknologi informasi dengan menghasilkan prototipe aplikasi dan alat untuk mendeteksi cacat pada produk manufaktur.

Peneliti juga berharap penelitian ini dapat berkontribusi pada bidang industri dengan menghasilkan prototipe aplikasi dan alat untuk deteksi cacat pada produk manufaktur. Sehingga industri manufaktur dapat meningkatkan kinerja inspeksi produk untuk menjaga kualitas produk serta kegiatan tersebut dapat dilakukan dengan efisien.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan 1

Penelitian dilakukan oleh Acosta and Oliveira Sant'Anna (2023) dengan judul “*Machine learning-based control charts for monitoring fraction nonconforming product in smart manufacturing*”. Peneliti mengembangkan *relevance mechine vector* menggunakan teknik kernel sparse bayesian untuk meningkatkan *support machine vector* pada masalah regresi dan klasifikasi dengan menggunakan *machine learning*. Penelitian tersebut menghasilkan perbandingan kinerja *relevance machine vector* dengan *support vector machine*, *artificial neural network* dan *beta regression model* menghasilkan bahwa pemantauan proses berbasis *relevance machine vector* adalah alat pemantauan kualitas produk cacat dalam proses manufaktur yang baik dibandingkan dengan algoritma *machine learing* yang lain.

2.2 Tinjauan 2

Penelitian yang dilakukan oleh Altuğ (2023) dengan judul “*Application of six sigma through deep learning in the production of fasteners*”. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalisir pemborosan biaya dan waktu pada perusahaan yang memproduksi baut dan mur dengan mengintegrasikan *deep learning* dan *six sigma*. *Six sigma* digunakan untuk mengurangi biaya dan waktu serta meningkatkan nilai tambah pada produk. Optimalisasi *six sigma* dilakukan dengan bantuan *deep learning*. Peforma model yang dibuat pada *deep learning* cukup mendekati performa sebenarnya. Pemanfaatan *six sigma* dengan bantuan *deep learing* yang dibuat dapat menghemat hingga \$21,780 serta penghematan waktu yang dapat menghindari kerugian mencapai \$30,000 setiap tahun. Efisiensi pada *coating thickness* meningkat dari 85% menjadi 95% yang mana mendekati target yaitu 95%-97%.

2.3 Tinjauan 3

Penelitian dilakukan oleh Fan et al. (2023) dengan judul “*Surface defect classification of hot-rolled steel strip based on mixed attention mechanism*”. Peneliti mengusulkan metode klasifikasi permukaan cacat strip baja berdasarkan *mixed attention mechanism* untuk mencapai kinerja klasifikasi cacat yang cepat dan akurat. Penelitian ini menggunakan perbandingan skala *min-max*, *Transfer Learning (EfficientNet-B0)*, *squeeze-excitation spatial mixed module*, dan *multilayer mixed attention mechanism (MMAM) module*. Pada lingkungan industri yang kompleks metode konvensional untuk mengklasifikasi cacat permukaan pada strip baja canai panas memiliki masalah pada akurasi dan efisiensi yang rendah. Dengan menggunakan metode *squeeze-excitation spatial mixed module* mendapatkan akurasi pengenalan 96,75% dan *multilayer mixed attention mechanism (MMAM) module* mendapatkan akurasi pengenalan 97,70%. Kemudian pada *transfer learning* yaitu *EfficientNet-B0* berbasis MMAM memperoleh hasil akurasi pengenalan 100%.

2.4 Tinjauan 4

Penelitian dilakukan oleh Fauzi et al. (2020) dengan judul “*The importance of bounding box in motion detection*”. Peneliti ingin mengetahui penggunaan kotak pembatas (*bounding box*) dalam peningkatan pengenalan objek pada kamera pengintai. Penelitian ini menunjukkan bahwa kotak pembatas meningkatkan pengenalan objek pada kamera pengintai. Kotak pembatas juga membantu dalam mengidentifikasi kegiatan yang mencurigakan dalam rekaman kamera pengawas. Klasifikasi objek yang segmentasi dalam pencitraan medis juga meningkat dengan bantuan kotak pembatas yang diterapkan

2.5 Tinjauan 5

Penelitian dilakukan oleh Handayani et al. (2020) dengan judul “*The Best Classification Algorithm for Identification Beef Quality Based on Marbling*”. Peneliti bertujuan untuk Mengidentifikasi kualitas daging berdasarkan *Marbling* dengan menggunakan metode *Support vector machine (SVM)*, *linear discriminant analysis*,

dan pohon keputusan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa SVM adalah algoritma dengan akurasi paling tinggi diantara algoritma lainnya dalam mengidentifikasi kualitas daging sapi.

2.6 Tinjauan 6

Penelitian dilakukan Hassan et al. (2023) dengan judul “*An artificial intelligent manufacturing process for high-quality low-cost production*”. Peneliti mengimplementasikan *deep learning* dan *machine learning* untuk memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan proses manufaktur yaitu memaksimalkan *production rates* untuk produk yang baik dan meminimalisir *scrap rates* atau *reworks*. Penerapan *smart process* akan berkontribusi yang signifikan dalam meningkatkan proses manufaktur yaitu memaksimalkan *production rates* untuk produk yang baik dan meminimalisir *scrap rates* atau *reworks*. Kecerdasan buatan (*machine learning*) yang diimplementasikan bermanfaat untuk meningkatkan akurasi prediksi model regresi serta menyempurnakan kecerdasan yang dimiliki dengan mempelajari parameter proses mana yang dapat membuat produk cacat sehingga nantinya dapat menyesuaikan parameter proses dengan mengabaikan pengaturan manual.

2.7 Tinjauan 7

Penelitian dilakukan oleh Li et al. (2020) dengan judul “*Fabric defect detection method based on cascaded low-rank decomposition*”. Peneliti mendesain pendeteksi cacat pada kain secara otomatis berdasarkan *cascaded low-rank decomposition* dan menjaga pengendalian kualitas yang tinggi pada perusahaan tekstil. Metode yang diusulkan dievaluasi pada *database* gambar kain. Penelitian ini menggunakan Algoritma deteksi cacat berdasarkan *cascaded low-rank decomposition*. Dengan membandingkan di lapangan, diperoleh tingkat deteksi rata-rata sebesar 98,26%.

2.8 Tinjauan 8

Penelitian dilakukan oleh Liu, Wang, et al. (2022) dengan judul “*A dual-branch balance saliency model based on discriminative feature for fabric defect detection*”. Peneliti mendesain model *dual-branch balance saliency* berbasis *fully convolutional network* (FCN) untuk deteksi cacat pada kain secara otomatis, serta meningkatkan pengendalian kualitas pada bidang manufaktur tekstil.

2.9 Tinjauan 9

Penelitian dilakukan oleh Naam et al. (2016) dengan judul “*The algorithm of image edge detection on panoramic dental x-ray using multiple morphological gradient (mmg) method*”. Peneliti menggunakan metode *multiple morphological gradient* (mMG) dengan algoritma normal mMG, Enhancement mMG, dan Smooth mMG. Hasil dari penelitian ini adalah Ketiga algoritma tersebut diperiksa oleh dua orang dokter gigi. Hasil pemrosesan gambar ini sangat membantu untuk mengidentifikasi objek dalam gambar panorama terutama dalam mendeteksi gigi berlubang.

2.10 Tinjauan 10

Penelitian dilakukan oleh Purushothaman and Ahmad (2022) dengan judul “*Integration of Six Sigma methodology of DMADV steps with QFD, DFMEA and TRIZ applications for image-based automated inspection system development: a case study*”. Peneliti membangun sistem inspeksi otomatis menggunakan mekanisme berbasis *image analysis* yang disebut *i-AIS*. Menggunakan metode desain *Six Sigma* (DSS). Langkah-langkah *Define, measure, analyze, design, dan verify* (DMADV) diterapkan dan diintegrasikan dengan teknik analisis yang spesifik dari *quality function deployment* (QFD), *design failure mode effect analysis* (DFMEA) dan *theory of inventive problem solving* (TRIZ). Verifikasi prototipe *i-AIS* menunjukkan pengoperasian pada mode optimal yang memenuhi persyaratan internal. Hasil verifikasi juga menunjukkan bahwa tingkat sigma meningkat dari 3,87 menjadi 4,33. Sementara itu, tingkat pengurangan kerusakan

meningkat menjadi 74,4% dan tingkat *downtime* juga mencatat peningkatan yang signifikan yaitu pengurangan sebesar 80,7%.

2.11 Tinjauan 11

Penelitian dilakukan oleh Wu et al. (2020) dengan judul “*An end-to-end learning method for industrial defect detection*”. Peneliti mengembangkan metode *deep learning* yang lebih fleksibel untuk deteksi cacat pada industri dengan menggunakan *End-to-end learning framework*. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi kesulitan deteksi cacat blade. Sehingga dikembangkan arsitektur baru yang mengintegrasikan *residue learning* untuk melakukan deteksi cacat yang efisien. Percobaan dilakukan pada kumpulan data yang dikumpulkan, dan hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan dapat mencapai kinerja yang memuaskan dibandingkan metode lain. Selain itu, operasi pemerataan data membantu hasil deteksi cacat yang lebih baik.

2.12 Tinjauan 12

Penelitian dilakukan oleh Yuhandri et al. (2017) dengan judul “*Object Feature Extraction of Songket Image Using Chain Code Algorithm*”. Peneliti bertujuan untuk mengetahui ciri-ciri motif yang terdapat pada gambar songket agar objek tersebut dapat terdeteksi dan dibaca. Metode yang digunakan adalah segmentasi warna citra dan morfologi matematis dalam mendeteksi objek dan kemudian mengekstraksi motif dengan cara penerapan algoritma pelacakan kontur moore dan pengembangan algoritma kode rantai. Hasilnya menunjukkan bahwa pengembangan algoritma kode rantai dapat menghasilkan jumlah objek, panjang kode rantai, dan nilai kemungkinan laju kemunculan setiap kode rantai dalam suatu motif, meskipun terdapat beberapa objek dalam suatu motif.

2.13 Tinjauan 13

Penelitian dilakukan oleh H. Zhang et al. (2023) dengan judul “*Defect detection of color-patterned fabric based on DenoisingGAN*”. Peneliti mengusulkan kerangka kerja deteksi cacat berdasarkan pembelajaran adversarial

tanpa pengawasan untuk rekonstruksi gambar guna memecahkan masalah deteksi berlebihan atau kesalahan deteksi karena tidak dapat beradaptasi dengan pola kompleks kain berpola warna. Kerangka kerja yang diusulkan dibandingkan dengan metode canggih pada kumpulan data publik YDFID-1 (Kumpulan Data Gambar Kain Berwarna Benang-versil). Kerangka kerja yang diusulkan juga divalidasi pada beberapa kelas dalam dataset MvTec AD. Hasil eksperimen berbagai pola/kelas pada YDFID-1 dan MvTecAD menunjukkan efektivitas dan keunggulan metode ini dalam deteksi cacat kain.

2.14 Tinjauan 14

Penelitian dilakukan oleh R. Zhang et al. (2022) dengan judul “*Ultrasonic diagnosis method for stainless steel weld defects based on multi-domain feature fusion*”. Peneliti mengusulkan metode diagnosis ultrasonik baru untuk cacat las baja tahan karat berbasis *multi-domain feature fusion* untuk memecahkan dua masalah dalam diagnosis ultrasonik cacat las baja tahan karat austenitik. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa akurasi diagnostik model diagnosis ringan yang dibangun dapat mencapai 96,55% untuk lima jenis cacat las baja tahan karat, antara lain retak, porositas, inklusi, kurang fusi, dan penetrasi tidak lengkap. Ini dapat memenuhi kebutuhan aplikasi teknik praktis. Metode ini memberikan landasan teori dan referensi teknis untuk mengembangkan dan menerapkan teknologi diagnosis cacat ultrasonik yang cerdas, efisien dan akurat.

2.15 Perbandingan Tinjauan Pustaka

Perbandingan tinjauan pustaka berisi tentang penulis, judul, tujuan, jurnal dan DOI, metode yang digunakan, serta hasil akhir. Berikut ini merupakan perbandingan tinjauan pustaka yang dijabarkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Tinjauan Pustaka

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
(Acosta & Oliveira	Machine learning-	Mengembangkan <i>relevance</i>	International Journal of Quality	Machine Learning	Perbandingan kinerja

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
Sant'Anna , 2023)	based control charts for monitorin g fraction nonconfo rming product in smart manufact uring	<i>mechine vector</i> menggunakan teknik kernel sparse bayesian untuk meningkatkan <i>support machine vector</i> pada masalah regresi dan klasifikasi.	& Reliability Management, vol. 40 no. 3 https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2021-0210		<i>relevance machine vector</i> dengan <i>support vector machine, artificial neural network and beta regression model</i> menghasilk an bahwa pemantaua n proses berbasis <i>relevance machine vector</i> adalah alat pemantaua n kualitas produk cacat dalam proses manufaktur yang baik dibandingk an dengan

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
					algoritma <i>machine learning</i> yang lain.
(Altuğ, 2023)	Applicati on of six sigma through deep learning in the productio n of fasteners	Meminimalisi r pemborosan biaya dan waktu pada perusahaan yang memproduksi baut dan mur	International Journal of Lean Six Sigma, vol. 4 no. 7 https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2022-0191	Deep learning dan six sigma	Six sigma digunakan untuk mengurangi biaya dan waktu serta meningkatk an nilai tambah pada produk. Optimalisas i six sigma dilakukan dengan bantuan <i>deep learning</i> . Peforma model yang dibuat pada <i>deep learning</i> cukup mendekati performa sebenarnya.

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
					<p>Pemanfaatan six sigma dengan bantuan <i>deep learning</i> yang dibuat dapat menghemat hingga \$21,780 serta penghematan waktu yang dapat menghindari kerugian mencapai \$30,000 setiap tahun.</p> <p>Efisiensi pada <i>coating thickness</i> meningkat dari 85% menjadi 95% yang mana mendekati</p>

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
					target yaitu 95%-97% .
(Fan et al., 2023)	Surface defect classification of hot-rolled steel strip based on mixed attention mechanism	Mengusulkan metode klasifikasi permukaan cacat strip baja berdasarkan <i>mixed attention mechanism</i> untuk mencapai kinerja klasifikasi cacat yang cepat dan akurat.	Robotic Intelligence and Automation, vol. 43 no. 4 https://doi.org/10.1108/RIA-01-2023-0001	Perbandingan skala min-max, <i>Transfer Learning</i> (Efficient Net-B0), squeeze-excitation spatial mixed module, dan multilayer mixed attention mechanism (MMAM) module.	Pada lingkungan industri yang kompleks metode konvensional untuk mengklasifikasi cacat permukaan pada strip baja canai panas memiliki masalah pada akurasi dan efisiensi yang rendah. Dengan menggunakan metode squeeze-excitation spatial mixed module

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
					mendapatk an akurasi pengenalan 96,75% dan multilayer mixed attention mechanism (MMAM) module mendapatk an akurasi pengenalan 97,70% . Kemudian pada <i>transfer learning</i> yaitu <i>EfficientNet</i> <i>-B0</i> berbasis MMAM memperole h hasil akurasi pengenalan 100% .
Fauzi et al. (2020)	The importan ce of	Mengetahui penggunaan kotak	2020 Fifth International Conference on	Bounding box	Hasil dari penelitian ini

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
	bounding box in motion detection	pembatas (<i>bounding box</i>) untuk meningkatkan pengenalan objek pada kamera pengintai (CCTV) pada sektor kesehatan.	Informatics and Computing (ICIC) published by IEEE		menunjukkan bahwa kotak pembatas meningkatkan pengenalan objek pada kamera pengintai. Kotak pembatas juga membantu dalam mengidentifikasi kegiatan yang mencurigakan dalam rekaman kamera pengawas. Klasifikasi objek yang segmentas

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
					i dalam pencitraan medis juga meningkat dengan bantuan kotak pembatas yang diterapkan .
Handayani et al. (2020)	The Best Classification Algorithm for Identification Beef Quality Based on Marbling	Mengidentifikasi kualitas daging berdasarkan <i>Marbling</i>	2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC) published by IEEE	<i>Support vector machine</i> (SVM), <i>linear discriminant analysis</i> , dan pohon keputusan	Hasilnya SVM adalah algoritma menunjukkan akurasi paling tinggi diantara algoritma lainnya dalam mengidentifikasi kualitas daging sapi.

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
Hassan et al. (2023)	An artificial intelligent manufacturing process for high-quality low-cost production	Mengimplementasikan deep learning dan machine learning untuk memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan proses manufaktur yaitu memaksimalkan <i>production rates</i> untuk produk yang baik dan meminimalisir <i>scrap rates</i> atau <i>reworks</i> .	International Journal of Quality & Reliability Management, vol. 40 no. 7 https://doi.org/10.108/IJQRM-07-2022-0204	Deep Learning dan Machine Learning untuk membangun dan <i>improve</i> model regresi	Penerapan <i>smart process</i> akan berkontribusi yang signifikan dalam meningkatkan proses manufaktur yaitu memaksimalkan <i>production rates</i> untuk produk yang baik dan meminimalisir <i>scrap rates</i> atau <i>reworks</i> . Kecerdasan buatan (<i>machine learning</i>) yang diimplementasikan bermanfaat

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
					<p>untuk meningkata kn akurasi prediksi model regresi serta menyempur nakan kecerdasan yang dimiliki dengan mempelajar i parameter proses mana yang dapat membuat produk cacat sehingga nantinya dapat menyesuaik an parameter proses dengan mengabaik an</p>

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
					pengaturan manual.
(Li et al., 2020)	Fabric defect detection method based on cascaded low-rank decomposition	Mendesain pendeteksi cacat pada kain secara otomatis berdasarkan cascaded low-rank decomposition dan menjaga pengendalian kualitas yang tinggi pada perusahaan tekstil.	International Journal of Clothing Science and Technology, vol. 32 no.4 https://doi.org/10.1108/IJCST-03-2019-0037	Algoritma deteksi cacat berdasarkan cascaded low-rank decomposition	Metode yang diusulkan dievaluasi pada database gambar kain. Dengan membandingkan di lapangan, diperoleh tingkat deteksi rata-rata sebesar 98,26% dan lebih unggul dari yang canggih.
(Liu, Liu, et al., 2022)	Fabric defect detection based on multi-source feature	Mengusulkan metode baru untuk memecahkan masalah dalam mendeteksi	International Journal of Clothing Science and Technology, vol. 34 no.2 https://doi.org/10.1108/IJCST-07-2021-0037	Berbasis Deep learning. Metode deteksi cacat kain baru	Terdapat metode baru untuk mendeteksi cacat kain dimana hasil

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
	fusion	cacat pada cacat kain. Masalah tersebut yaitu: 1) Model yang sulit dilatih karena keterbatasan dataset, dan 2) Akurasi deteksi yang belum memadai pada bidang industri	2020-0108	berdasarka n <i>multi- source feature fusion</i> . Dalam proses pelatihan, fitur lapisan dan informasi model sumber digabungk an untuk meningkat kan ketahanan dan akurasi. Selain itu, model pelatihan baru yang disebut <i>multi- source feature fusion</i> (MSFF)	eksperimen mendapatk an tingkat akurasi dan presisi sebesar 93,9% dan 98,8% ketika diterapkan pada dataset publik (TILDA) dan dataset <i>real-shot</i> (ZYFD). Kinerjanya juga lebih baik 5,9% dibandingk an SSD yang disempurna kan.

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
				diusulkan untuk mengatasi sampel dan permintaan yang terbatas guna mendapatkan armada dan kuantifikasi yang tepat secara otomatis	
(Liu, Wang, et al., 2022)	A dual-branch balance saliency model based on discriminative feature for fabric defect detection	Mendesain model <i>dual-branch balance saliency</i> berbasis <i>fully convolutional network</i> (FCN) untuk deteksi cacat pada kain secara otomatis,	International Journal of Clothing Science and Technology, vol. 34 no. 3 https://doi.org/10.1108/IJCST-02-2021-0017	<i>Fully Convolutional Network</i> (FCN)	Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mengungguli pendekatan canggih pada tujuh metrik

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
		serta meningkatkan pengendalian kualitas pada bidang manufaktur tekstil			evaluasi. Hasil analisis ablasi yang memadai juga memberika n pemahama n yang lengkap tentang prinsip desain metode yang diusulkan
(Naam et al., 2016)	The algorithm of image edge detection on panoramic dental x-ray using multiple morphological gradient	membangun sebuah algoritma dari metode <i>multiple morphological gradient</i> (mMG) untuk mengidentifikasi karies gigi berbasis gigi	International Journal on Advanced Science, Engineering Information Technology, vol. 6 No. 6	<i>multiple morphological gradient</i> (mMG) dengan algoritma normal mMG, Enhancement mMG, dan	Ketiga algoritma tersebut diperiksa oleh dua orang dokter gigi. Hasil pemrosesan gambar ini sangat membantu untuk

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
	(mmg) method	panoramik digital gambar x- ray.		Smooth mMG	mengident ifikasi objek dalam gambar panorama terutama dalam mendeteks i gigi berlubang
(Purushot haman & Ahmad, 2022)	Integratio n of Six Sigma methodol ogy of DMADV steps with QFD, DFMEA and TRIZ applicatio ns for image- based automate d inspectio n system	Membangun sistem inspeksi otomatis menggunakan mekanisme berbasis <i>image analysis</i> yang disebut <i>i-AIS</i> .	International Journal of Lean Six Sigma, vol. 13 no. 6 https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2021-0088	Mengguna kan metode desain Six Sigma (DSS). Langkah- langkah <i>Define, measure, analyze, design,</i> dan <i>verify</i> (DMADV) diterapkan dan diintegrasikan	Verifikasi prototipe <i>i-AIS</i> mengungkap kan pengoperas iannya pada mode optimal yang memenuhi persyaratan pelanggan internal. Hasil verifikasi juga menunjukk an bahwa

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
	development: a case study			dengan teknik analisis yang spesifik dari <i>quality function deployment</i> (QFD), <i>design failure mode effect analysis</i> (DFMEA) dan <i>theory of inventive problem solving</i> (TRIZ)	tingkat sigma meningkat dari 3,87 menjadi 4,33. Sementara itu, tingkat pengurangan kerusakan meningkat menjadi 74,4% dan tingkat downtime juga mencatat peningkatan yang signifikan yaitu pengurangan sebesar 80,7%.
(Wu et al., 2020)	An end-to-end learning method for industrial defect	Mengembangkan metode deep learning yang lebih fleksibel untuk deteksi cacat pada	Assembly Automation, vol. 40 no. 1 https://doi.org/10.1088/AA-08-2018-114	End-to-end learning framework	Untuk mengatasi kesulitan deteksi cacat blade maka dikembangkan

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
	detection	industri			<p>kan</p> <p>arsitektur baru yang mengintegrasikan residue learning untuk melakukan deteksi cacat yang efisien. Platform pengumpulan data ganda juga dibangun dan validasi eksperimental ekstensif juga dilakukan. Banyak percobaan dilakukan pada kumpulan data yang dikumpulkan, dan hasil percobaan</p>

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
					menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan dapat mencapai kinerja yang memuaskan dibandingkan metode lain. Selain itu, operasi pemerataan data membantu hasil deteksi cacat yang lebih baik.
Yuhandri et al. (2017)	Object Feature Extraction of Songket Image Using Chain Code Algorithm	mengetahui ciri-ciri motif yang terdapat pada gambar songket agar objek tersebut dapat terdeteksi	Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol, vol. 7 no. 1	Metode yang digunakan adalah segmentasi warna citra dan morfologi matematis dalam	Hasilnya menunjukkan bahwa pengembangan algoritma kode rantai dapat menghasilkan

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
		dan dibaca.		mendeteksi objek dan kemudian mengekstraksi motif dengan cara penerapannya algoritma pelacakan kontur moore dan pengembangan algoritma kode rantai.	kan jumlah objek, panjang kode rantai, dan nilai kemungkinan lajunya kemunculan setiap kode rantai dalam suatu motif, meskipun terdapat beberapa objek dalam suatu motif.
(H. Zhang et al., 2023)	Defect detection of color-patterned fabric based on	Mengusulkan kerangka kerja deteksi cacat berdasarkan pembelajaran	International Journal of Clothing Science and Technology, vol. 35 no. 6 https://doi.org/10.1	Kerangka kerja yang diusulkan terdiri dari tiga bagian:	Kerangka kerja yang diusulkan dibandingkan dengan metode

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
	Denoisin gGAN	adversial tanpa pengawasan untuk rekonstruksi gambar guna memecahkan masalah deteksi berlebihan atau kesalahan deteksi karena tidak dapat beradaptasi dengan pola kompleks kain berpola warna.	108/IJCST-03- 2022-0032	generator, diskrimina tor, dan modul pascapemr osesan gambar. Generator mampu mengeksr ak fitur- fitur gambar dan kemudian merekonst ruksi gambar tersebut. Diskrimin ator dapat mengawas i generator untuk memperba iki cacat pada sampel guna meningkat kan	canggih pada kumpulan data publik YDFID-1 (Kumpulan Data Gambar Kain Berwarna Benang- versil). Kerangka kerja yang diusulkan juga divalidasi pada beberapa kelas dalam dataset MvTec AD. Hasil eksperimen berbagai pola/kelas pada YDFID-1 dan MvTecAD menunjukk

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
				kualitas rekonstruksi gambar. Modul postprocessing gambar multidifference digunakan untuk mendapatkan hasil akhir deteksi cacat kain bermotif warna.	an efektivitas dan keunggulan metode ini dalam deteksi cacat kain.
(R. Zhang et al., 2022)	Ultrasonic diagnosis method for stainless steel weld defects based on multi-domain feature	Mengusulkan metode diagnosis ultrasonik baru untuk cacat las baja tahan karat berbasis <i>multi-domain feature fusion</i> untuk memecahkan dua masalah	Sensor Review, vol. 42 no. 2 https://doi.org/10.1108/SR-08-2021-0272	<i>multi-domain feature fusion</i>	Hasil eksperimen menunjukkan bahwa akurasi diagnostik model diagnosis ringan yang dibangun dapat mencapai 96,55%

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
	fusion	dalam diagnosis ultrasonik cacat las baja tahan karat austenitik.			untuk lima jenis cacat las baja tahan karat, antara lain retak, porositas, inklusi, kurang fusi, dan penetrasi tidak lengkap. Ini dapat memenuhi kebutuhan aplikasi teknik praktis. Metode ini memberika n landasan teori dan referensi teknis untuk mengemba ngkan dan menerapka n teknologi diagnosis

Author (Year)	Title	Goal(s)	Journal & DOI	Method	Result(s)
					cacat ultrasonik yang cerdas, efisien dan akurat.

Kegiatan inspeksi pada industri umumnya dilakukan secara manual dengan tenaga manusia sebagai operator. Dengan mengandalkan tenaga manusia yang memiliki keterbatasan tentunya kegiatan ini memiliki kendala.

Revolusi industri 4.0 mendorong otomatisasi inspeksi produk untuk manufaktur yang tanpa cacat (*zero defect*) dan berkualitas tinggi dimana kemampuan fleksibilitas manusia berkolaborasi dengan kemampuan akurasi komputer dan mesin (Brito et al., 2020). Perkembangan *computer vision* dapat sangat membantu dalam dunia industri manufaktur untuk mencapai kualitas yang unggul (Schmidt et al., 2020).

Pengendalian kualitas adalah proses yang penting dalam kegiatan manufaktur untuk memastikan bahwa produk tidak memiliki kecacatan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Terdapat kemungkinan manusia tidak mampu mengidentifikasi cacat pada produk karena keterbatasan dari indera penglihatan manusia. Otomatisasi dibutuhkan untuk meminimalisir produk cacat lolos sampai ke tangan pelanggan yang akan berpengaruh terhadap kepuasan pelanggan. Otomatisasi pada kegiatan inspeksi produk sangat penting untuk menjaga kualitas secara berkelanjutan (Deshpande et al., 2020).

Berdasarkan perbandingan tinjauan pustaka di atas yang kemudian disesuaikan dengan tujuan dari penelitian ini. Maka dapat disimpulkan.

1. Kegiatan inspeksi yang dilakukan dengan manual memiliki berbagai macam kendala dan keterbatasan.

2. Kegiatan inspeksi yang dilakukan dengan manual membutuhkan tenaga (operator) ahli dengan jumlah yang banyak sehingga tidak efisien mengingat perbedaan persepsi antara operator serta *human error* sangat mungkin terjadi.
3. Otomatisasi kegiatan inspeksi produk menggunakan *artificial intelogence* namun terkendala pemilihan algoritma karena membutuhkan eskperimen secara intensif dan komprehensif.
4. Informasi yang disampaikan harus dapat menjelaskan kondisi produk dengan baik dan jelas sehingga tersampaikan dengan baik ke pihak terkait.

BAB III

METODOLOGI

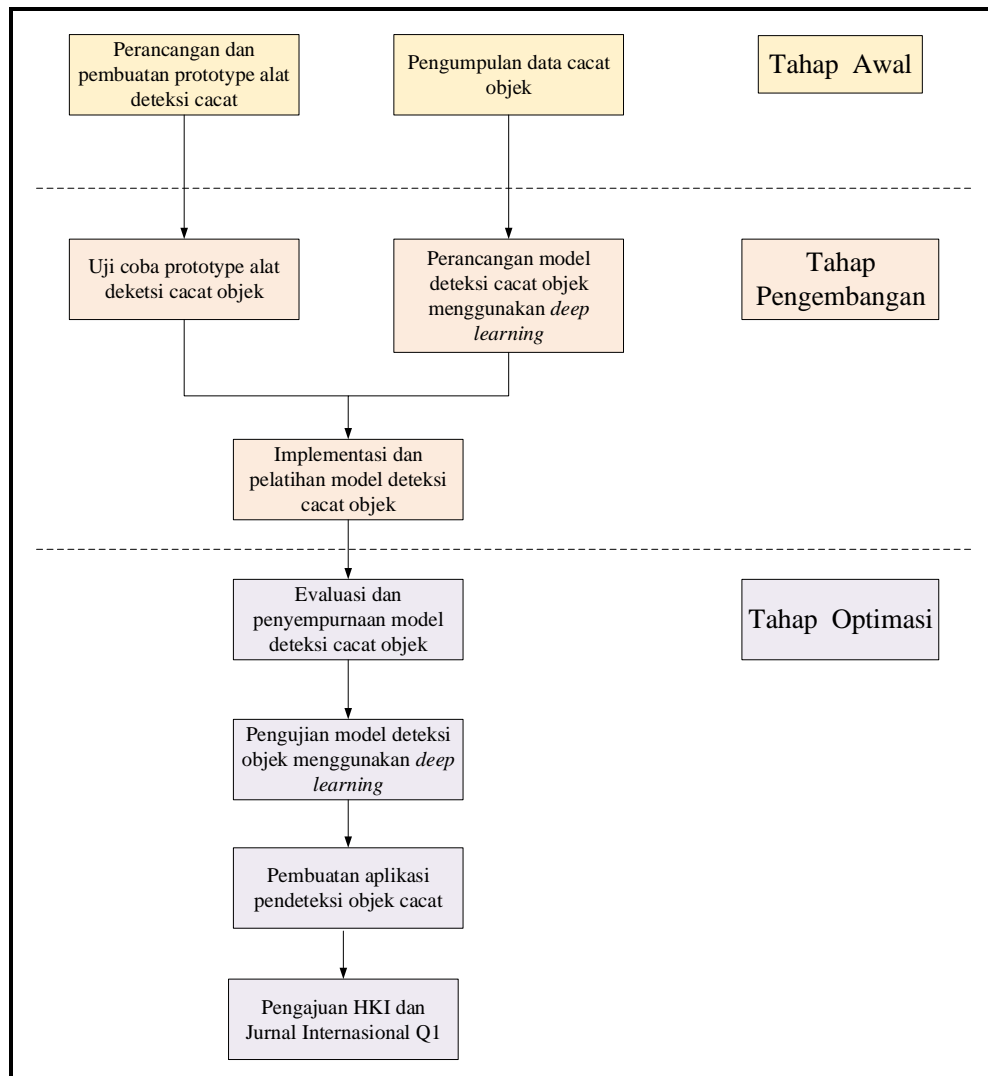
3.1 Motivasi

Industri manufaktur memiliki berbagai macam produk yang ada di dalamnya. Dalam upaya pemenuhan kualitas yang tinggi serta menjaga kepuasan pelanggan dan reputasi perusahaan maka mendeteksi produk yang cacat sedini mungkin merupakan aspek yang penting. Sehingga motivasi dari disertasi ini adalah sebagai berikut.

1. Pengembangan aplikasi pendeteksi cacat pada produk ini didasari keinginan peneliti untuk meningkatkan kinerja pengendalian kualitas pada industri manufaktur sehingga dapat membantu menjaga kualitas produk serta efisiensi dalam kegiatan pengendalian kualitas.
2. Untuk meminimalisir pemborosan waktu, bahan baku, biaya dan sumber daya lainnya karena deteksi cacat pada produk dilakukan sedini dan secepat mungkin.
3. Meningkatkan efisiensi pada kegiatan inspeksi produk dengan menerapkan otomatisasi melalui aplikasi yang dikembangkan.
4. Mengintegrasikan teknologi yang sedang berkembang seperti *artificial intelligence* dengan industri manufaktur sehingga tercipta manufaktur cerdas yang akan berakibat pendapatan profit perusahaan yang optimal.
5. Memberikan kontribusi pemahaman dan pengembangan teknologi baru dalam deteksi objek sehingga bisa menjadi referensi untuk pembaca serta penelitian selanjutnya.

3.2 Alur Kerja Riset

Alur kerja riset digambarkan melalui diagram alir. Tujuannya agar penelitian dapat terstruktur sehingga tidak ada tahapan penelitian yang terlewat. Secara umum berikut ini merupakan diagram alir penelitian ini.



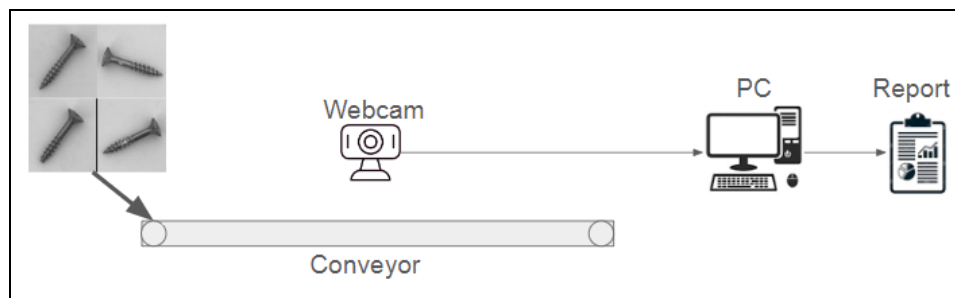
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian di atas menggambarkan alur penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini adalah penjelasan dari diagram alir penelitian di atas.

1. Tahap Awal

Kegiatan yang dilakukan pada tahap awal ini adalah merancang dan membuat prototype alat deteksi cacat dan pengumpulan data cacat objek. Prototype alat ini menggunakan ban berjalan dengan motor listrik sebagai penggeraknya dengan alat pencahayaan yang cukup. Alat ini nantinya digunakan untuk mengumpulkan data yang akan digunakan untuk melakukan perancangan dan pelatihan model deteksi cacat objek. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data yang dibutuhkan pada penelitian ini. Data bisa berupa data primer dan data sekunder ataupun keduanya bergantung pada kebutuhan

penelitian yang akan dilakukan. Data primer dikumpulkan dengan memotret objek pada ban berjalan menjadi citra baik citra bergerak maupun citra tak bergerak yang akan menjadi satu kesatuan yaitu *dataset*. Data primer dikumpulkan menggunakan alat yang dirancang seperti di bawah ini.



Gambar 3.2 Rancangan Prototipe Alat

Gambar 3.2 di atas menggambarkan rancangan alat yang akan dikembangkan. Alat tersebut pertama digunakan sebagai media untuk pengambilan data primer yaitu data citra dari objek yang akan dideteksi. Objek berupa sekrup akan berjalan melalui ban berjalan (*conveyor*) yang nantinya akan ditangkap gambarnya oleh *webcam* atau kamera yang terhubung dengan komputer untuk menyimpan gambar tersebut untuk kebutuhan pelatihan model. Sedangkan data sekunder dikumpulkan melalui *website kaggle* maupun *website* atau jurnal lain yang sejenis. Hasil dari akuisisi citra ini akan digunakan untuk pelatihan dan pengujian data. Sampel yang diambil adalah objek berupa sekrup yang terdapat kecacatan. Data tersebut kemudian dikumpulkan menjadi sebuah dataset yang akan digunakan untuk melatih model. Data-data yang diambil kemudian dikelompokkan menjadi beberapa kelas sesuai dengan jenis cacat yang ada pada sekrup tersebut. Luaran pada tahap ini adalah pengajuan HKI untuk prototipe alat pendeteksi cacat objek yang dirancang.

2. Tahap Pengembangan

Tahap ini terdapat beberapa kegiatan yang dilakukan. Pertama adalah melakukan uji coba prototipe alat deteksi cacat objek yang digambarkan pada gambar 3.2 di atas. Uji coba dilakukan dengan menyesuaikan tinggi kamera, tingkat pencahayaan, kecepatan ban berjalan serta pengaturan tempat ban berjalan untuk menjaga efektivitas dan efisiensi dalam mendeteksi objek. Kedua adalah merancang model untuk mendeteksi cacat objek dengan

menggunakan *deep learning*. Sebelum melatih data dilakukan *preprocessing* terlebih dahulu. Kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan website roboflow. *Preprocessing* dilakukan mengoptimalkan pelatihan dengan menganotasi citra untuk menandai bagian penting dari citra (*region of interest*), menyamakan orientasi citra, mengubah ukuran citra agar sama, memperbanyak variasi data dengan augmentasi, dan generalisir data sehingga menjadi satu kesatuan dataset yang lebih siap untuk dilatih.

Setelah *preprocessing* dilakukan maka diharapkan pelatihan data yang dilakukan lebih optimal. Pelatihan data dilakukan untuk melatih model mengenali citra yang akan dideteksi sehingga pada penerapannya mendapatkan hasil deteksi yang akurat dan optimal. Pelatihan data dilakukan dengan menggunakan salah satu algoritma dari teknologi kecerdasan artifisial yaitu *deep learning* dengan bahasa pemrograman yang digunakan adalah python. Pada pelatihan data ini juga akan mendapatkan nilai pengukuran evaluasi (*measurment evaluation*) berupa *accuracy*, *recall* and *precision*, dan *mean average precision* (MAP). Pada umumnya pelatihan harus memiliki jumlah data (dalam hal ini adalah citra) yang lebih banyak dibandingkan pengujian.

3. Tahap Optimasi

Tahap pengembangan telah dilakukan kemudian masuk ke tahap optimasi. Tahap ini terdapat kegiatan yaitu evaluasi dan penyempurnaan model deteksi cacat objek. Evaluasi dan penyempurnaan dilakukan agar fitur yang ada pada aplikasi yang akan dikembangkan dapat ditampilkan dengan maksimal. Fitur yang akan ditambahkan pada model pendeteksi objek berupa kemampuan komputer untuk secara otomatis menyimpan hasil deteksi menjadi sebuah basis data. Sehingga nantinya data tersebut dapat menjadi acuan bagi departemen terkait untuk inovasi ke depannya. Setelah pelatihan data dilakukan, maka selanjutnya adalah pengujian data. Pengujian data dilakukan untuk menguji model sejauh mana dapat mendeteksi cacat dari suatu produk. Pada pengujian data dilakukan dengan mengunggah data secara acak selain data yang digunakan pada pelatihan. Pada akhirnya akan menampilkan output

model dalam mendeteksi cacat pada produk. Setelah itu maka dibangun aplikasi yang mampu mendeteksi cacat produk pada industri secara real time. Aplikasi ini nantinya akan menampilkan hasil deteksi dari produk yang bergerak. Informasi yang disampaikan antara lain kondisi dari produk cacat atau tidak serta bagian mana yang cacat akan ditandai oleh *bounding box*. Hal ini akan dengan cepat membantu operator mengetahui cacat jenis apa yang terjadi. Sehingga dapat ditindaklanjuti sesegera mungkin yang secara tidak langsung juga membantu dalam pengambilan keputusan. Target penelitian ini adalah pengajuan HKI serta publikasi artikel/jurnal ilmiah internasional bereputasi (Q1 ; IEEE Access).

3.3 Pendekatan

Pendekatan yang dilakukan adalah dengan menggunakan teknologi *artificial intelligence* dalam mengadopsi kemampuan manusia dalam mendeteksi objek. Pendekatan ini menggabungkan antara pengolahan citra dan *deep learning* dengan memanfaatkan salah satu arsitektur yang dimilikinya. Selain itu diterapkan juga pengukuran evaluasi seperti *precision*, *recall*, dan *mean average precision* (MAP) untuk memastikan model yang dikembangkan dapat digunakan dengan optimal. Nantinya akan dikembangkan sebuah aplikasi yang kemungkinan berbasis web untuk mempermudah pengguna untuk mengambil gambar (bergerak maupun tak bergerak) yang kemudian mengirimnya ke sistem pendeteksi cacat dan menerima hasil deteksi secara *real time*. Hasil deteksi secara *real time* dikehendaki agar produk dapat diperiksa selama proses produksi berlangsung sehingga cacat dapat dideteksi secepat dan seakurat mungkin. Hal ini akan membantu operator untuk melakukan kegiatan inspeksi produk dengan efisien.

3.4 Rencana Jadwal Kegiatan

Rencana jadwal kegiatan dibuat bertujuan untuk menentukan rencana waktu suatu kegiatan yang menunjang penelitian ini dilakukan. Berikut ini merupakan tabel rencana jadwal kegiatan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Acosta, S. M., & Oliveira Sant'Anna, A. M. (2023). Machine learning-based control charts for monitoring fraction nonconforming product in smart manufacturing. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(3), 727-751. doi:10.1108/IJQRM-07-2021-0210
- Altuğ, M. (2023). Application of six sigma through deep learning in the production of fasteners. *International Journal of Lean Six Sigma*, 14(7), 1376-1402. doi:10.1108/IJLSS-08-2022-0191
- Asín, J., Ávila-de la Torre, M., Berges-Muro, L., & Sánchez-Valverde, B. (2017). Improvement of the Quality Control Plan in the reception of waste glass. Application in Verallia. *Procedia Manufacturing*, 13, 1135-1142.
- Baikova, D., Maia, R., Santos, P., Ferreira, J., & Oliveira, J. (2019). *Real time object detection and tracking*. Paper presented at the Ambient Intelligence–Software and Applications–, 9th International Symposium on Ambient Intelligence.
- Brito, T., Queiroz, J., Piardi, L., Fernandes, L. A., Lima, J., & Leitão, P. (2020). A machine learning approach for collaborative robot smart manufacturing inspection for quality control systems. *Procedia Manufacturing*, 51, 11-18.
- Deshpande, A. M., Minai, A. A., & Kumar, M. (2020). One-shot recognition of manufacturing defects in steel surfaces. *Procedia Manufacturing*, 48, 1064-1071.
- Essah, R., Anand, D., & Singh, S. (2022). An intelligent cocoa quality testing framework based on deep learning techniques. *Measurement: Sensors*, 24, 100466.
- Fan, H., Dong, Q., & Guo, N. (2023). Surface defect classification of hot-rolled steel strip based on mixed attention mechanism. *Robotic Intelligence and Automation*, 43(4), 455-467. doi:10.1108/RIA-01-2023-0001
- Fauzi, A., Madenda, S., Wibowo, E. P., & Masruriyah, A. F. N. (2020). *The importance of bounding box in motion detection*. Paper presented at the

- 2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC).
- Handayani, H. H., Madenda, S., Wibowo, E. P., Kusuma, T. M., Widiyanto, S., & Masruriyah, A. F. N. (2020). *The Best Classification Algorithm for Identification Beef Quality Based on Marbling*. Paper presented at the 2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC).
- Hassan, N. M., Hamdan, A., Shahin, F., Abdelmaksoud, R., & Bitar, T. (2023). An artificial intelligent manufacturing process for high-quality low-cost production. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(7), 1777-1794. doi:10.1108/IJQRM-07-2022-0204
- Jarkas, O., Hall, J., Smith, S., Mahmud, R., Khojasteh, P., Scarsbrook, J., & Ko, R. K. (2023). ResNet and Yolov5-enabled non-invasive meat identification for high-accuracy box label verification. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 125, 106679.
- Khurana, P., Sharma, A., Singh, S. N., & Singh, P. K. (2016). *A survey on object recognition and segmentation techniques*. Paper presented at the 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom).
- Li, C., Liu, C., Liu, Z., Yang, R., & Huang, Y. (2020). Fabric defect detection method based on cascaded low-rank decomposition. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 32(4), 483-498. doi:10.1108/IJCST-03-2019-0037
- Liu, Z., Liu, S., Li, C., & Li, B. (2022). Fabric defect detection based on multi-source feature fusion. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 34(2), 156-177. doi:10.1108/IJCST-07-2020-0108
- Liu, Z., Wang, M., Li, C., Ding, S., & Li, B. (2022). A dual-branch balance saliency model based on discriminative feature for fabric defect detection. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 34(3), 451-466. doi:10.1108/IJCST-02-2021-0017

- Naam, J., Harlan, J., Madenda, S., & Wibowo, E. P. (2016). The algorithm of image edge detection on panoramic dental x-ray using multiple morphological gradient (mmg) method. *International Journal on Advanced Science, Engineering Information Technology*, 6(6), 1012-1018.
- Psarommatis, F., Sousa, J., Mendonça, J. P., & Kiritsis, D. J. I. J. o. P. R. (2022). Zero-defect manufacturing the approach for higher manufacturing sustainability in the era of industry 4.0: a position paper. 60(1), 73-91.
- Purushothaman, K., & Ahmad, R. (2022). Integration of Six Sigma methodology of DMADV steps with QFD, DFMEA and TRIZ applications for image-based automated inspection system development: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 13(6), 1239-1276. doi:10.1108/IJLSS-05-2021-0088
- Reyes-Luna, J. F., Chang, S., Tuck, C., & Ashcroft, I. (2023). A surrogate modelling strategy to improve the surface morphology quality of inkjet printing applications. *Journal of Manufacturing Processes*, 89, 458-471.
- Schmidt, D., Gevers, R., Schwiep, J., Ordieres-Meré, J., & Villalba-Diez, J. (2020). Deep learning enabling quality improvement in rotogravure manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 51, 330-336.
- Shi, Y., Wang, X., Borhan, M. S., Young, J., Newman, D., Berg, E., & Sun, X. (2021). A review on meat quality evaluation methods based on non-destructive computer vision and artificial intelligence technologies. *Food science of animal resources*, 41(4), 563.
- Suhartini, N. (2020). Penerapan Metode Statistical Proses Control (SPC) Dalam Mengidentifikasi Faktor Penyebab Utama Kecacatan Pada Proses Produksi Produk Abc. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 25(1), 10-23.
- Villalba-Diez, J., Schmidt, D., Gevers, R., Ordieres-Meré, J., Buchwitz, M., & Wellbrock, W. (2019). Deep learning for industrial computer vision quality control in the printing industry 4.0. *Sensors*, 19(18), 3987.
- Wu, Y., Guo, D., Liu, H., & Huang, Y. (2020). An end-to-end learning method for industrial defect detection. *Assembly Automation*, 40(1), 31-39. doi:10.1108/AA-08-2018-114

- Yang, J., Li, S., Wang, Z., Dong, H., Wang, J., & Tang, S. (2020). Using deep learning to detect defects in manufacturing: a comprehensive survey and current challenges. *Materials*, 13(24), 5755.
- Yuhandri, Madenda, S., Wibowo, E. P., & Karmilasari. (2017). Object Feature Extraction of Songket Image Using Chain Code Algorithm. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol*, 7(1), 235-241.
- Zhang, H., Wang, S., Mi, H., Lu, S., Yao, L., & Ge, Z. (2023). Defect detection of color-patterned fabric based on DenoisingGAN. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 35(6), 865-888. doi:10.1108/IJCST-03-2022-0032
- Zhang, R., Zhao, N., Fu, L., Pan, L., Bai, X., & Song, R. (2022). Ultrasonic diagnosis method for stainless steel weld defects based on multi-domain feature fusion. *Sensor Review*, 42(2), 214-229. doi:10.1108/SR-08-2021-0272