

# Penerapan Klasifikasi Untuk Kelayakan Hasil Produksi Jam Tangan dengan Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor

Maisevli Harika<sup>1,\*</sup>, Dena Rauda Ramdania<sup>2</sup>, Rifaldo Sukma Hidayat<sup>2</sup>, Safira Oktarini<sup>2</sup>, Ferry Feirizal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Sains dan Teknologi, Jurusan Informatika, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung, Indonesia

Email: <sup>1,\*</sup>maisevli@polban.ac.id, <sup>2</sup>dena.rauda@uinsgd.ac.id, <sup>3</sup>31197050116@student.uinsgd.ac.id,

<sup>4</sup>1197050124@student.uinsgd.ac.id, <sup>5</sup>ferry@polban.ac.id

Email Penulis Korespondensi: maisevli@polban.ac.id

Submitted 02-12-2022; Accepted 20-12-2022; Published 30-12-2022

## Abstrak

Perusahaan industri di Indonesia adalah salah satu sektor yang memerlukan perkembangan dalam menjalankan kontribusinya di dunia manufaktur. Kebutuhan pasar menjadi pedoman utama industri menciptakan ide-ide baru dan peningkatan kualitas hasil produksi. Sebagian besar industri, termasuk pada perusahaan elektronik barang digital jam tangan, memiliki kebutuhan pengimplementasian teknologi di setiap tahap pembuatan barang mereka, seperti pada tahap filterisasi bahan baku hingga check quality control sebelum barang sampai ke tangan konsumen. Filterisasi dan quality control dilakukan guna menjaga kualitas dari setiap produk yang diproduksi perusahaan. Masalah yang dibahas dalam penelitian ini yaitu bagaimana menerapkan teknologi dalam mendeteksi kualitas produksi jam tangan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor sehingga dapat menaikkan kualitas hasil produksi, kepercayaan konsumen dan peningkatan laba bagi perusahaan. Hasil dari penelitian ini yaitu model yang dibangun menggunakan metode K-Nearest Neighbor dapat meningkatkan akurasi untuk mendeteksi quality control pada produk jam tangan dengan nilai akurasi sebesar 92% untuk k=3.

**Kata Kunci:** Filterisasi; Industri; K-Nearest Neighbor; Quality Control; Manufaktur

## Abstract

Industrial companies in Indonesia are one of the sectors that require development in carrying out their contribution in the manufacturing world. Market needs become the main guideline for the industry to create new ideas and improve the quality of production. Most industries, including digital watch electronics companies, have a need to implement technology at every stage of manufacturing their goods, such as at the stage of filtering raw materials to checking quality control before the goods reach consumers. Filtering and quality control are carried out to maintain the quality of each product produced by the company. The problem discussed in this study is how to apply technology in detecting the quality of watch production using the K-Nearest Neighbor algorithm so that it can increase the quality of production, consumer confidence and increase profits for the company. The results of this study are that the model built using the K-Nearest Neighbor method can increase the accuracy for detecting quality control on watch products with an accuracy value of 92% for k = 3.

**Keywords:** Filterization; Industry; K-Nearest Neighbor; Quality Control; Manufacture

## 1. PENDAHULUAN

Di era yang kompetitif ini, perusahaan industri yang bergerak di bidang manufaktur saling berlomba-lomba dalam memenuhi kebutuhan pengguna [1]. Mulai dari persaingan harga hingga kualitas produksi barang selalu menjadi penentu *loyalty* pengguna dalam menggunakan barang [2], [3]. Dari sisi tersebut, dapat ditarik garis besar bahwa perusahaan industri manufaktur dituntut untuk dapat menjaga kualitas dari setiap produk yang diproduksi [1], [4], termasuk perusahaan manufaktur yang memproduksi jam tangan.

Proses kontrol kualitas atau *Quality Control* (QC) merupakan salah satu tahapan esensial yang diperlukan oleh produsen [1] seperti halnya perusahaan manufaktur yang lain produsen jam tangan pun menjaga kualitas produk dengan kontrol kualitas ini. Dengan adanya *quality control* hal-hal seperti perbedaan tekstur, warna, ataupun cacat bentuk pada jam tangan yang telah diproduksi diharapkan tidak akan terjadi. Sehingga barang yang diterima oleh pelanggan merupakan barang dengan kualitas yang sesuai dengan standarisasi perusahaan. Peningkatan yang terjadi pada tahap QC yang tadinya dilakukan secara manual. Namun, saat ini perusahaan mulai beralih menggunakan QC inspeksi visual otomatis [5]–[8].

Pengecekan kontrol kualitas pasti dimiliki oleh setiap perusahaan manufaktur untuk menjaga penjualannya. Biasanya dilakukan *Quick Check* sebelum produk dilepas ke pasaran [9], [10]. Pada perusahaan dengan jumlah produksi. Selain itu ada standarisasi tersendiri untuk kontrol kualitas ini. Banyak faktor yang berkaitan dengan kualitas kontrol salah satunya adalah biaya, akan muncul biaya tambahan untuk kontrol kualitas. Pada perusahaan kecil biasanya QC dilakukan oleh manusia karena perusahaan tidak mampu atau biaya *research and development* teknologi terbaru untuk QC minim atau bahkan sama sekali tidak ada.

Penggunaan inspeksi visual otomatis merupakan salah satu implementasi teknologi yang ditujukan untuk mengevaluasi kondisi kualitas barang yang akan dilakukan uji kualitas [7], [8], [11], [12]. Biaya untuk QC secara teori dapat ditekan dengan penggunaan teknologi ini, karena hanya menggunakan satu kamera per *reel* produksi. Selain lebih murah akan pendekatan QC visual ini bisa juga lebih mudah diterapkan karena memanfaatkan *handheld* berupa *handphone* yang *portability*-nya sudah terbukti.

Inspeksi visual secara otomatis mulai diterapkan dan dikembangkan secara bertahap dimulai dari evolusi industri 4.0 [1]. Pada produsen jam tangan dengan menentukan kualitas jam tangan yang diproduksi. Perkembangan yang terus

dilakukan tersebut diharapkan dari pendeteksian jam tangan masih terus dilakukan mengingat banyaknya komponen penentu sebuah jam tangan dapat dinyatakan cacat.

Beberapa penelitian sebelumnya seperti pada penelitian Massaro et. al. [7] bertujuan mendeteksi dan mengklasifikasi cacat pengelasan papan elektronik melalui inspeksi visual otomatis berdasarkan segmentasi DAS yang secara otomatis mengekstrak fitur geometris modalitas pasca-pemrosesan dan kualitas papan elektronik, sayangnya tidak ada data pasti berapa nilai akurasi pendeteksian yang dilakukan. Sedangkan pada penelitian R.Alamsyah et. al [8] dilakukan pendeteksian cacat ubin keramik menggunakan metode yang sama dengan yang saat ini peneliti gunakan. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa kesulitan pendeteksian ubin dinilai masih menjadi nilai minus tercapainya tujuan dibentuknya program pendeteksian. Namun dari *database* yang ada didapatkan hasil nilai akurasi sebesar 98,9474% untuk  $k=3$ .

Penelitian yang dilakukan J.Wang et. al [13] memungkinkan layanan komputasi dimaksimalkan dengan *output* pembelajaran mendalam pada layanan *cloud* sehingga layanan komputasi dinilai lebih nyaman dan sesuai permintaan *smart* manufaktur. Selanjutnya pada penelitian R. Kusumawardani dan P. D. Karningsih [14] dilakukan pendeteksian serta klasifikasi cacat pada kemasan kaleng menggunakan algoritma *convolutional neural network* menjadi tiga tipe klasifikasi seperti *No Defect*, *Minor Defect*, dan *Major Defect*. Pengujian tersebut memperoleh nilai akurasi sebesar 90%. Penelitian berikutnya H. Perez et. al. [11] masih menggunakan perbandingan algoritma SVM dan KNN yang digunakan dalam implementasi pendeteksian patah tulang *femur* dengan citra ultrasonik *B-Mode* pada hewan sapi dan ayam. Pemindaian inspeksi visual otomatis dilakukan pada pola patah *transverse* dan *oblique* sehingga mendapatkan nilai akurasi sebesar 95,3%, sensitivitas 95%, dan *specificity* 96%.

Penelitian H. Perez et. al. [11] dan F. Panella et. al [12] membahas mengenai penerapan materi *deep learning* untuk mendeteksi kerusakan bangunan menggunakan algoritma KNN seperti adanya noda kotoran, retak, ataupun retakan dari gambar yang diperoleh. Tantangan yang terjadi adalah terbatasnya model aplikasi pada kehidupan nyata untuk diidentifikasi sehingga pengembangan program harus dikembangkan secara lanjut.

Gap antara penelitian yang dilakukan tersebut [11], [12] dengan penelitian ini adalah penggunaan algoritma yang digunakan. Perez et. al menggunakan *neural networks* sedangkan Panella menggunakan algoritma sendiri. Kedua algoritma pilihan para peneliti tersebut sama terkenal dengan KNN. Akan tetapi beberapa penelitian menunjukkan akurasi KNN melebihi *neural networks* [15]–[18]. Sedangkan untuk penelitian dengan algoritma buatan Panella belum ada perbandingan performanya. Penelitian ini juga diterapkan pada *environment* dengan *resource* minim yaitu *handphone* Android. *Resource* pada *handphone* lebih terbatas dibandingkan pada desktop (Personal Komputer).

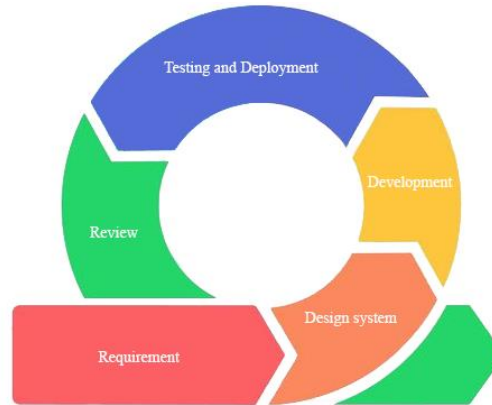
Berdasarkan penjelasan pada penelitian terdahulu di atas, maka dapat diidentifikasi kebanyakan masalah yang terjadi antara lain, yaitu adanya keterbatasan model aplikasi dan penentuan nilai keakuratan suatu metode *deep learning* yang digunakan dalam pengujian. Pada penelitian ini dilakukan pembatasan masalah yaitu bentuk jam tangan yang digunakan sebagai objek penelitian memiliki lima poin penentu kecacatan yang dapat dilihat secara visual, seperti (1) Keutuhan kaca jam tangan, (2) terpasangnya pengait pada tali *strap* jam tangan, (3) Lingkaran metalik yang melingkar di sekitar kaca tidak ada bagian yang rusak, (4) Tidak adanya goresan pada kaca dan tali *strap* jam tangan, (5) Tidak adanya lekukan tidak normal pada *body* jam tangan. Tujuan pada penelitian ini yaitu model yang dibangun dapat meningkatkan akurasi deteksi *quality control* pada produk jam tangan secara visual menggunakan teknik prediksi menggunakan metode *K-Nearest Neighbor*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Sistem *filtering* kualitas pada produksi jam tangan ini menggunakan metode pengembangan aplikasi agile (*Agile Software Development*). Penggunaan metode agile ini untuk meningkatkan kepuasan pelanggan, jadi jika ada respons dari konsumen sistem akan disesuaikan dengan masukan tersebut. Tahapan terdiri dari *requirement*, *design*, *development*, *testing and deployment*, dan *review*. Tahap tersebut digambarkan pada Gambar 1 dengan penjelasan sebagai berikut:

- Requirement* merupakan tahap dasar pembuatan aplikasi. Pada tahapan ini kebutuhan dari *software* dianalisis. Pembuatan aplikasi dan kelengkapan fitur aplikasi diperoleh pada hasil analisis pada tahap ini.
- Design System* merupakan tahap penyusunan proses, data, aliran proses algoritma KNN dan hubungan antar data yang memenuhi kebutuhan sesuai dengan hasil analisis kebutuhan. Dokumentasi yang dihasilkan dari tahap desain sistem ini antara lain rancangan tampilan aplikasi (*user interface*), *UX Architecture Information* dan *flowchart* diagram.
- Development* berupa penulisan kode program merupakan tahap penerjemahan desain sistem yang telah dibuat ke dalam bentuk perintah-perintah yang dipahami komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman dan database di atas *platform* android.
- Testing and deployment* merupakan pengujian program yang dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi yang dibuat telah sesuai dengan desainnya dan semua fungsi dapat dipergunakan dengan baik tanpa ada kesalahan. Pengujian aplikasi dibuat dengan lengkap meliputi semua proses kebutuhan dan pengendalian yang ada di dalam dokumen analisis kebutuhan dan desain sistem.
- Review* merupakan tahap kilas balik atau menguji kembali apakah program telah berfungsi sesuai harapan dan menentukan seberapa besar nilai akurasi program.

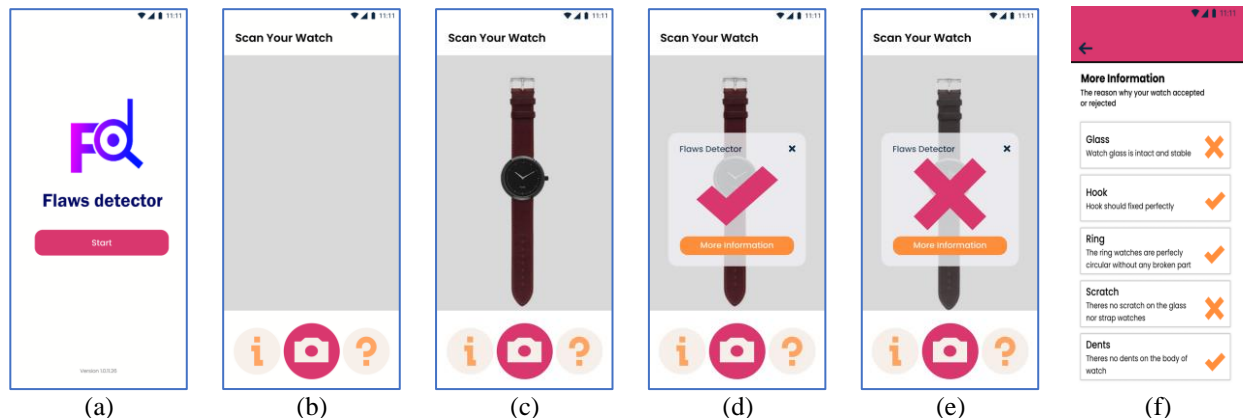


Gambar 1. Metode agile diterapkan untuk pengembangan aplikasi

## 2.2 Model Perancangan Sistem

### a. User Interface

Perancangan sistem adalah proses perancangan untuk merancang atau memperbaiki sistem yang telah ada sehingga menjadi lebih baik serta dapat mengerjakan pekerjaan secara efektif dan efisien [19][20], proses rancangan bisa berupa rancangan *input* yaitu proses rancangan awal masuknya informasi yang diperoleh dari user berupa bahan yang belum diolah dan disimpan sistem yang selanjutnya akan dilakukan transaksi sistem menjadi sebuah informasi yang saling berkaitan; rancangan *output* yaitu produk dari sistem operasi yang ditampilkan kepada *user* berupa laporan terperinci yang masih membutuhkan data *user*; dan rancangan *file* yaitu rancangan yang digunakan *designer* aplikasi untuk memudahkan pengambilan informasi melalui tabel-tabel yang berhubungan satu sama lain dan dapat digunakan sesuai kebutuhan user. Berikut penjabaran mengenai model rancangan sistem *quality control* produksi jam tangan yang kami beri nama *Flaws Detector*.



Gambar 2. User Interface Aplikasi *Quality Control* Produksi Jam Tangan

Penjelasan Gambar 2 adalah sebagai berikut.

- Splash Image**  
Merupakan tampilan awal ketika aplikasi dijalankan. Gambar 2.a merupakan *user interface splash image* yang akan menampilkan logo dan tombol *start* untuk menyambut awal tampilan user.
- Home Page**  
Setelah *splash image* akan tampil *home* yang ditampilkan pada Gambar 2.b. Pada *page* ini akan otomatis membuka kamera. Pengguna dapat langsung melakukan *scan* jam tangan dengan menekan tombol kamera di tengah bawah. Tombol logo 'i' berisi mengenai tentang aplikasi dan tombol dengan logo '?' berisi instruksi cara penggunaan aplikasi.
- Scanning Page**  
Gambar 2.c menampilkan halaman ini. Pengguna yang telah melakukan *scan* jam tangan akan mendapatkan *pop up* tampilan apakah jam tangan lolos (*scanning accepted*) pengujian atau gagal (*scanning rejected*).
- Scanning Accepted**  
Pada halaman ini, *pop up* yang muncul berupa centang (*checklist*) yang berarti jam tangan yang di-*scan* lolos dan dinyatakan bebas cacat produksi sehingga dapat melalui tahap produksi selanjutnya.
- Scanning Rejected**  
Apabila jam tangan yang di-*scan* cacat, maka aplikasi akan menampilkan *icon* silang (*cross*). Tombol detail informasi akan memuat alasan mengapa jam tangan tersebut dinyatakan jam tangan yang cacat.
- More Information**

Pada halaman ini aplikasi akan menampilkan alasan jam tangan lolos/tidak lolos melewati *scanning*. Ada beberapa indikator yang ditampilkan yang disertai dengan penjelasan singkat dan *icon checklist* ataupun *cross* (silang). Apabila ada satu *cross* maka jam tangan akan mendapat hasil '*rejected*'.

g. *Instruction Page*

Pada *Instruction Page*, *user* akan diberitahu bagaimana penggunaan aplikasi yang ditulis dengan poin-poin angka sehingga diharapkan langkah penggunaan mudah dipahami dan tidak tertukar. Kegunaan *icon* panah ke kiri yang terdapat pada pojok kiri apabila di klik akan kembali ke *home page*.

h. *About Us*

Pada *About Us Page* pengguna dapat mengetahui siapa *developer* aplikasi, memberi *rating* aplikasi *flaws detector* ini dan meminta bantuan mengenai aplikasi melalui *chat* yang terhubung menggunakan WhatsApp ataupun melalui email.

b. *UX Architecture Information*

Perancangan tampilan ini akan ditampilkan rancangan *interface* dari awal eksekusi program hingga menampilkan hasil *output* yang dicari. Adapun rancangan pada aplikasi ini dapat dilihat seperti Gambar 3.

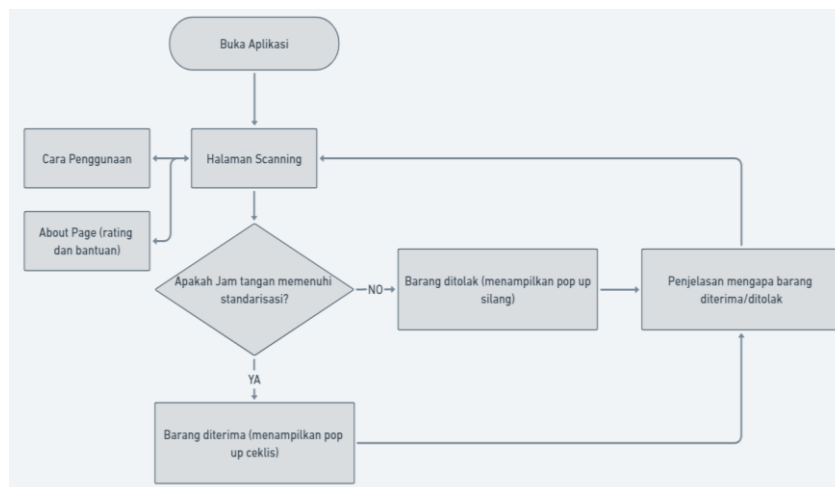


Gambar 3. *UX Information* Aplikasi *Quality Control* Produksi Jam Tangan

Setiap tampilan pada aplikasi ini, menu-menu yang ada memiliki konten-konten yang terdiri dari tulisan dan gambar. Gambar 3 menampilkan isi dari masing-masing menu.

c. *Flowchart* dan Pengujian *White Box*

Gambar 4 berikut merupakan diagram alir aplikasi *Flaws Detector* sebagai pengujian *white box*. *White box testing* untuk aplikasi ini sama dengan *white box testing* lain yaitu dengan cara menganalisa serta meneliti struktur internal dari kode pada aplikasi. Setiap bagian dari diagram alir pada Gambar 4 diperiksa kodenya apakah alurnya sesuai kemudian percabangan dari Gambar 4 sesuai apa tidak, termasuk juga kondisi “apakah jam tangan memenuhi standarisasi?”, dan uji “loop testing” juga dilakukan.



Gambar 4. Diagram alir Aplikasi *Quality Control* Produksi Jam Tangan

d. Implementasi Algoritma KNN pada Program

Pengujian pada kumpulan data gambar jam tangan sebanyak 31 data digabung untuk menjadi *dataset* uji coba aplikasi. Klasifikasi dibedakan menjadi dua hasil *output* berupa “lolos uji” bagi jam tangan yang memenuhi standarisasi, dan “tidak lolos uji” bagi jam tangan yang memiliki nilai kecacatan tertentu.



Standarisasi jam tangan yang lolos uji *quality control* sebagai berikut :

- Keutuhan kaca jam tangan,
- Terpasangnya pengait jam tangan,
- Lingkar metalik yang melingkar di sekitar kaca tidak ada bagian yang rusak,
- Tidak adanya goresan pada kaca dan tali *strap* jam tangan, dan
- Tidak adanya lekukan tidak normal pada *body* jam tangan.

### 2.3 Metode K-Nearest Neighbor

KNN biasanya digunakan untuk klasifikasi, didasarkan pada jarak terpendek *training sample* dari *query instance* [21]–[23]. Penentuan jarak menggunakan *Euclidean Distance*. Setiap *data train* diproyeksikan ke ruang multidimensi yang mewakili fitur dari data, dimana ruang ini merupakan klasifikasi *training sample*. Berikut rumus (1) Euclidean Distance untuk menentukan jarak di KNN

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n x_k - y_k^2} \quad (1)$$

Keterangan:

$d$  : jarak                       $y_k$  : *data sample*  
 $x_k$  : data uji                 $k$  : variabel data

$d$  merupakan jarak antara training data dengan data test yang akan diklasifikasikan dengan  $n$  merupakan dimensi dari atributnya.

Metode K-Nearest Neighbor memiliki langkah sebagai berikut:

- Jumlah tetangga terdekat ( $k$ ) ditentukan terlebih dahulu,
- Kalkulasi *Euclidean Distance* masing-masing objek ke *sample data*,
- Sorting* objek yang ada ke dalam kelompok jarak *Euclidean Distance* dengan nilai terkecil,
- Mengklasifikasikan kategori  $y$ , dan
- Memprediksi nilai *query instance* menggunakan mayoritas dari kategori *nearest neighbor*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Dataset

Pada penelitian ini, terdapat 31 data latih yang sudah diberi label yang terdiri dari 20 data untuk kelas citra jam tangan dengan kualitas baik dan 11 data untuk kelas citra jam tangan dengan kualitas cacat. Citra jam tangan menggunakan format ping (PNG) untuk keseluruhannya baik data latih dan data uji. Data merupakan citra jam tangan yang diperoleh dari berbagai sumber di Internet, diperoleh dari *website scrape image*. *Dataset* lengkap dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Dataset* citra jam tangan

### 3.2 Pembahasan

Sebelum *preprocessing* perlu untuk menghubungkan *dataset* ke Google Collaboratory. Hal ini digunakan untuk memproses gambar jam tangan dinyatakan lolos uji atau tidak lolos uji. Untuk memungkinkan hal ini diperlukan *library collab*, supaya memungkinkan *upload image*, membuka *file image*, dan menyimpan *image* tersebut semuanya dalam bentuk biner.

Setelah terkoneksi ke collab, *preprocessing* dan menampilkan hasil *scanning* jam tangan dengan program sebagai berikut. Pada data latih dan data uji dilakukan proses *preprocessing* dengan menggunakan metode *interpolation*. *interpolation* yang digunakan mengambil sampel dari area sekitarnya dan menyesuaikan ukuran mengubah ukuran gambar menjadi 32-pixel x 64-pixel untuk meningkatkan kualitas citra dan mengurangi *noise*. Penggunaan metode ini agar informasi yang terdapat pada citra dapat dibaca dengan baik. Setelah melakukan proses *preprocessing*, langkah

selanjutnya adalah melakukan *feature extraction*. Setelah citra *feature extraction*, langkah selanjutnya melatih algoritma *K-Nearest Neighbor* dengan jumlah  $k=3$ .

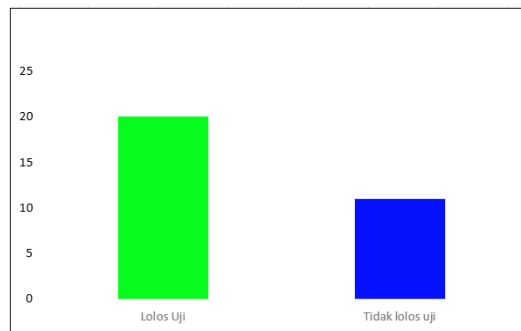
Berpatokan pada nilai  $k$  yang telah ditentukan, algoritma akan mencari tetangga terdekat jaraknya dari  $k$  dari *data point* dan kemudian akan menentukan kelas dari *data point* dengan jumlah *data point* tertinggi dari semua kelas tetangga  $k$ . Menggunakan rumus (1) dihitung menggunakan jarak, input  $x$  yang telah ditentukan kelasnya dengan kemungkinan paling besar. Pada penelitian ini diperoleh akurasi pengujian yang didapatkan sebesar 0,92 atau dalam persen sebesar 92%. Hasil yang ditampilkan setelah dapat dilihat pada Gambar 6.

```
[INFO]: Matriks fitur: 186000.0MB
[INFO]: Mulai klaifikasi....
```

	precision	recall	f1-score	support
lolos	0.90	1.00	0.95	9
tidak_lolos	1.00	0.75	0.86	4
accuracy			0.92	13
macro avg	0.95	0.88	0.90	13
weighted avg	0.93	0.92	0.92	13

Gambar 6. Akurasi pengujian

Citra jam tangan yang sudah diekstraksi akan diklasifikasikan menggunakan metode KNN untuk diklasifikasikan ke dalam kelas citra jam tangan baik (lolos uji) atau kelas citra jam tangan cacat (tidak lolos uji). Hasil klasifikasi deteksi cacat pada jam tangan yang diuji disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram menunjukkan jumlah data lolos dan tidak

Jabaran Gambar 6 dan Gambar 7, untuk citra jam tangan nomor 1 hingga 20 didapatkan hasil klasifikasinya termasuk kategori jam tangan dengan kualitas baik (lolos uji). Citra jam tangan nomor 21 hingga 31 didapatkan hasil klasifikasi termasuk kategori jam tangan dengan kualitas cacat (tidak lolos uji). Berdasarkan hasil pengujian pada data latih dan data uji, didapatkan nilai akurasi untuk model deteksi *quality control* pada produk jam tangan menggunakan metode KNN untuk  $K=3$  yaitu sebesar 92%.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penerapan algoritma *K-Nearest Neighbor* pada sistem *quality control* produksi jam tangan didapat kesimpulan sebagai berikut : Data latih yang diuji melalui beberapa persyaratan standarisasi lolos uji dinilai efektif karena dapat mengklasifikasi keseluruhan gambar yang ditampilkan; *output* yang dihasilkan berupa keterangan lolos uji/tidak lolos uji barang dari data latih; dan model yang dibangun menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* dapat meningkatkan akurasi untuk mendeteksi *quality control* pada produk jam tangan dengan nilai akurasi sebesar 92% untuk  $k = 3$ . Berdasarkan hasil penelitian, maka saran penelitian selanjutnya dilakukan dengan sampel yang lebih banyak dan membandingkan dengan metode yang berbeda untuk mengukur akurasi. Hal ini diharapkan mendapatkan hasil akurasi terbaik untuk mendeteksi kecacatan pada produk jam tangan.

## REFERENCES

- [1] E. Kaasinen *et al.*, "Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 139, 2020, doi: 10.1016/j.cie.2019.01.052.
- [2] S. Wang, Q. Hu, and W. Liu, "Price and quality-based competition and channel structure with consumer loyalty," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 262, no. 2, pp. 563–574, 2017, doi: 10.1016/j.ejor.2017.03.052.
- [3] Y. K. Dwivedi *et al.*, "Setting the future of digital and social media marketing research: Perspectives and research propositions," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 59, 2021, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102168.
- [4] R. P. J. Rajapathirana and Y. Hui, "Relationship between innovation capability, innovation type, and firm performance," *J. Innov.*

- Knowl., vol. 3, no. 1, pp. 44–55, 2018, doi: 10.1016/j.jik.2017.06.002.
- [5] T. S. Yan and D. W. Cui, “The method of intelligent inspection of product quality based on computer vision,” 2006. doi: 10.1109/CAIDCD.2006.329469.
  - [6] D. K. Shetty, U. D. Acharya, N. Malarout, R. Gopakumar, and P. J. Prajwal, “A Review of Application of Computer-vision for Quality Grading of Food Products,” in *2019 International Conference on Automation, Computational and Technology Management, ICACTM 2019*, 2019, pp. 297–303. doi: 10.1109/ICACTM.2019.8776763.
  - [7] A. Massaro, V. Vitti, and A. Galiano, “Automatic Image Processing Engine Oriented on Quality Control of Electronic Boards,” *Signal Image Process. An Int. J.*, vol. 9, no. 2, pp. 01–14, 2018, doi: 10.5121/sipij.2018.9201.
  - [8] R. Alamsyah, A. D. Wiranata, and R. Rafie, “Deteksi Cacat Ubin Keramik Dengan Metode K-Nearest Neighbor,” *Techno.Com*, vol. 18, no. 3, pp. 245–250, 2019, doi: 10.33633/tc.v18i3.2459.
  - [9] W. A. Shewhart, *Economic Control of Quality of Manufactured Product.*, vol. 40, no. 6. Martino Fine Books, 2015.
  - [10] A. Mital, A. Desai, A. Subramanian, and A. Mital, *Product Development: A Structured Approach to Consumer Product Development, Design, and Manufacture*, vol. 53, no. 9. 2018.
  - [11] H. Perez, J. H. M. Tah, and A. Mosavi, “Deep learning for detecting building defects using convolutional neural networks,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 16, p. 3556, 2019, doi: 10.3390/s19163556.
  - [12] F. Panella, J. Boehm, Y. Loo, A. Kaushik, and D. Gonzalez, “Deep learning and image processing for automated crack detection and defect measurement in underground structures,” *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch.*, vol. 42, no. 2, pp. 829–835, 2018, doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-829-2018.
  - [13] J. Wang, Y. Ma, L. Zhang, R. X. Gao, and D. Wu, “Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications,” *J. Manuf. Syst.*, vol. 48, pp. 144–156, 2018, doi: 10.1016/j.jmsy.2018.01.003.
  - [14] R. Kusumawardani and P. D. Karningsih, “Detection and Classification of Canned Packaging Defects Using Convolutional Neural Network,” *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.)*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.21070/prozima.v4i1.1280.
  - [15] I. Różycki and A. Wolszleger, “Comparison of neural network and KNN classifiers, for recognizing hand-written digits,” *CEUR Workshop Proc.*, vol. 2694, pp. 16–21, 2020.
  - [16] C. Napoli, E. Tramontana, G. Lo Sciuto, M. Woźniak, R. Damaševičius, and G. Borowik, “Authorship Semantical Identification Using Holomorphic Chebyshev Projectors,” in *Proceedings - 2015 Asia-Pacific Conference on Computer-Aided System Engineering, APCASE 2015*, 2015, pp. 232–237. doi: 10.1109/APCASE.2015.48.
  - [17] A. Mishra, K. Kumar, P. Kumar, and P. Mittal, “A Novel Approach for Handwritten Character Recognition Using K-NN Classifier,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1053, pp. 887–894, 2020, doi: 10.1007/978-981-15-0751-9\_81.
  - [18] A. Venckauskas, A. Karpavicius, R. Damasevicius, R. Marcinkevicius, J. Kapociute-Dzikiene, and C. Napoli, “Open class authorship attribution of lithuanian internet comments using one-class classifier,” in *Proceedings of the 2017 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2017*, 2017, pp. 373–382. doi: 10.15439/2017F461.
  - [19] W. S. Hanum and A. Saifudin, “Rancang Bangun Aplikasi Panduan Pariwisata di Kabupaten Banyuwangi Mobile Berbasis Android,” *J. Teknol. Sist. Inf. dan Apl.*, vol. 2, no. 2, p. 59, 2019, doi: 10.32493/jtsi.v2i2.2798.
  - [20] I. Firdaus, “Proposal Proyek Perangkat Lunak " Aplikasi Pariwisata Sumedang Berbasis Android " Manajemen Proyek Perangkat Lunak ( MPPL ) Proposal Proyek Perangkat Lunak ' Aplikasi Pariwisata Sumedang Berbasis Android ' Chief Executive : Amar Ma ' ruf Functional Manage,” no. November, 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.34000.66566.
  - [21] I. D. Ratih, S. M. Retnaningsih, and V. M. Dewi, “Classification of soil quality using K-Nearest Neighbors methods,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 739, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/739/1/012011.
  - [22] N. Zamri *et al.*, “River quality classification using different distances in k-nearest neighbors algorithm,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 204, pp. 180–186, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.08.022.
  - [23] O. Fetitah, I. M. Almanjahie, M. K. Attouch, and S. Khardani, “Industrial Food Quality Analysis Using New k-Nearest-Neighbour methods,” *Comput. Mater. Contin.*, vol. 67, no. 2, pp. 2681–2694, 2021, doi: 10.32604/cmc.2021.015469.