Prediksi *Defect* Produk *Casting* Dengan Algoritma SVM Berbasis RBF dan Linier

Prediction of Casting Product Defects Using SVM Algorithm Based on RBF and Linear

Firgiawan Listanto*[1], Muhamad Fatchan[2], Wahyu Hadikristanto[3]
[1] Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa indonesia
*e-mail: *[1]firgiawanlst16@gmail.com, [2]fatchan@pelitabangsa.ac.id, [3]wahyu.hadikristanto@pelitabangsa.ac.id,*

Abstrak

Produksi barang casting (coran) merupakan proses manufaktur yang penting dalam berbagai industri, termasuk otomotif, konstruksi, dan banyak lainnya. Dalam proses produksi casting hal yang paling krusial adalah mengenai kualitas produk. Maka, dalam mengindentifikasi defect atau cacat pada produk adalah kunci untuk menghindari kerugian besar pada perusahaan, serta hal yang paling utama adalah menjaga kepuasan pelanggan. Karena pada era industri saat ini persaingan antar perusahaan industri semakin ketat, maka perusahaan harus mampu menghasilakan produk dengan kualitas terbaik agar tidak tertinggal dalam persaingan industri saat ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode prediksi defect produk casting menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) dengan dua jenis kernel, yaitu Radial Basis Function (RBF) dan Linear. Pada penelitian ini mengumpulkan data kualitas produk casting yang sebelumnya berbentuk gambar diubah menjadi numerik agar dapat diklasifikasi dengan akurat menggunakan metode algoritma SVM. Data tersebut kemudian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu data pelatihan (training data) dan data pengujian (testing data). Algoritma SVM dengan kernel RBF dan kernel Linier diterapkan pada data pelatihan untuk menghasilkan model prediksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma SVM dengan kernel RBF dan kernel Linier dapat digunakan untuk memprediksi defect produk casting. Namun, penggunaan kernel RBF cenderung memberikan kinerja yang lebih baik dalam memodelkan pola cacat dalam produk casting. Model prediksi yang dihasilkan mampu mengidentifikasi kemungkinan cacat dalam produk casting dengan tingkat akurasi yang memuaskan. Secara keseluruhan penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan kualitas produksi dalam industri casting dengan mengimplementasikan algoritma SVM untuk prediksi defect. Dengan demikian, industri dapat mengurangi risiko cacat produk, kerugian yang signifikan, serta mampu bertahan di era persaingan industri saat ini.

***Kata Kunci**: casting, produk, prediksi, SVM, kernel RBF, kernel Linier*

Abstract

Casting product manufacturing is an important manufacturing process in various industries, including automotive, construction, and many others. In the production casting process, the most crucial aspect is the quality of the product. Therefore, identifying defects or flaws in the product is key to avoiding significant losses for the company and maintaining customer satisfaction. In today's industrial era, where competition between companies is increasingly fierce, it is essential for companies to produce high-quality products to remain competitive. Therefore, this research aims to develop a defect prediction method for casting products using the Support Vector Machine (SVM) algorithm with two types of kernels, namely Radial Basis Function (RBF) and Linear. In this study, data on the quality of casting products, which were previously in the form of images, were transformed into numerical data to accurately classify them using the SVM algorithm. The data was then divided into two groups: training data and testing data. The SVM algorithm with RBF and Linear kernels was applied to the training data to generate a prediction model. The research results reveal that the SVM algorithm with RBF and Linear kernels can be used to predict casting product defects. However, the use of the RBF kernel tends to provide better performance in modeling defect patterns in casting products. The prediction model generated is capable of identifying potential defects in casting products with satisfactory accuracy. Overall, this research makes a significant contribution to improving production quality in the casting

Informasi Artikel:
Submitted: November 2023, **Accepted:** November 2023, **Published:** November 2023
ISSN: 2685-4902 (media online), Website: http://jurnal.umus.ac.id/index.php/intech

industry by implementing the SVM algorithm for defect prediction. Thus, the industry can reduce the risk of product defects, significant losses, and remain competitive in the current industrial era
Keyword: Casting, product, prediction, SVM , RBF kernel, Linear kernel

PENDAHULUAN

Produksi barang *casting* (coran) merupakan proses manufaktur yang penting di berbagai industri, termasuk otomotif, konstruksi, dan banyak lainnya. Dalam proses produksi *casting* hal yang paling krusial adalah mengenai kualitas produk. Maka, dalam mengindentifikasi *defect* atau cacat pada produk adalah kunci untuk menghindari kerugian besar pada perusahaan, serta hal yang paling utama adalah menjaga kepuasan pelanggan. Karena pada era industri saat ini persaingan antar perusahaan industri semakin ketat, maka perusahaan harus mampu menghasilkan produk dengan kualitas terbaik agar tidak tertinggal dalam persaingan industri saat ini.

Casting atau pengecoran adalah suatu proses manufaktur di mana bahan logam cair biasanya dituangkan ke dalam cetakan agar bisa dilakukan pengerasan. Proses pemeriksaan kualitas produk diantaranya adalah inspeksi permukaan, yang biasanya dilakukan oleh manusia atau menggunakan sistem pengelihatan. Kunci utama pengendalian kualitas adalah keakuratan dan kecepatan. Maka pemeriksaan mutu dengan menggunakan sistem pengelihatan membantu meningkatkan daya saing industri di masa depan melalui pemeriksaan yang cepat dan akurat[1]. Untuk itu penulis menggunakan prediksi *defect* produk casting untuk bisa mengetahui kualitas produk casting dengan cepat dan akurat.

Prediksi defect adalah suatu proses atau teknik yang digunakan untuk memprediksi atau mendeteksi kemungkinan terjadinya kegagalan atau kerusakan pada suatu produk atau sistem sebelum kegagalan benar-benar terjadi. Ini merupakan langkah penting dalam manajemen mutu dan pengendalian proses di berbagai industri. Tujuan dari prediksi *defect* adalah untuk mencegah kegagalan produk atau sistem yang dapat berdampak negatif terhadap kualitas dan efisiensi produksi. Oleh karena itu, prediksi *defect* memungkinkan perusahaan untuk mengambil tindakan pencegahan atau perbaikan sebelum kerusakan sebenarnya terjadi, sehingga mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas produk.

Beberapa penelitian telah dilakukan sebagai dasar untuk melakukan penelitian ini, diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh [2] dengan judul "Klasifikasi Cacat Lintasan Dalam Bantalan Bola Berbasis *Support Vector Machine* (SVM) pada *Fan* Industri". Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelainan. di alur bagian dalam bantalan bola. Penelitian ini melibatkan penggunaan dua jenis bearing yang berbeda, yaitu *bearing* biasa dan *bearing* rusak. Kerusakan bantalan dibuat menggunakan metode *Electrical Discharge Machine* (EDM) sehingga menimbulkan kerusakan sedalam 1,4 mm dan lebar 0,4 mm pada *inner race*. Sinyal getaran bantalan dicatat selama pengujian menggunakan bangku uji kipas industri, dan data diolah menggunakan perangkat lunak MATLAB. Sebanyak 700 file data disimpan untuk setiap status gulir. Data ini kemudian diubah menjadi 17 parameter statistik yang dipilih secara visual, dan parameter ini digunakan sebagai masukan ke algoritma Support Vector Machine (SVM).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh [3] dengan judul "IMPLEMENTASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH MONK DENGAN MENGGUNAKAN EKSTRAKSI *GRAY-LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX* (GLCM) DAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)". Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode yang memungkinkan industri menentukan tingkat kematangan buah biksu dengan lebih mudah dan efektif. Untuk mencapai tujuan tersebut, digunakan proses pengolahan citra yang disebut juga pengolahan citra untuk mengumpulkan informasi tentang tingkat kematangan buah biksu. Oleh karena itu, peneliti akan menerapkan perhitungan GLCM (*Gray Level Co-occurrence Matrix*) dan SVM (*Support Vector Machine*). Pada langkah perhitungan GLCM, dibentuk matriks dengan sudut yang berbeda-beda antara lain 0°, 45°, 90° dan 135°. Dari matriks ini nilai-nilai fitur seperti kontras, keseragaman,

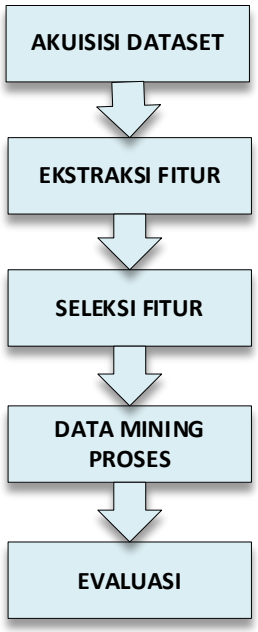
energi dan korelasi diekstraksi. SVM adalah metode yang digunakan dalam pemrosesan citra digital untuk mengekstrak fitur yang relevan.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas terdapat kesamaan dengan penelitian penulis yang terletak pada klasifikasi defect (cacat) produk menggunakan data gambar di dalam ruang lingkup industri dengan menggunakan pendekatan algoritma Support Vector Machine (SVM). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode prediksi defect (cacat) pada produk casting cetakan menggunakan algoritma SVM dengan dua jenis kernel: radial basis function (RBF) dan linier. Support Vector Machine (SVM) merupakan suatu teknik untuk melakukan prediksi, baik prediksi dalam kasus regresi maupun klasifikasi. Teknik SVM digunakan untuk memperoleh fungsi pemisahan yang optimal atau juga disebut *hyperplane* untuk memisahkan observasi dengan nilai variabel target yang berbeda. *Hyperplane* ada beberapa jenis. Ada yang berupa garis dua dimensi ataujuga ada yang berupa bidang multidimensi[4]. Secara keseluruhan penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan kualitas produksi dalam industri casting dengan mengimplementasikan algoritma SVM untuk prediksi *defect*. Dengan demikian, industri dapat mengurangi risiko cacat produk, kerugian yang signifikan, serta mampu bertahan di era persaingan industri saat ini.

.

METODE PENELITIAN

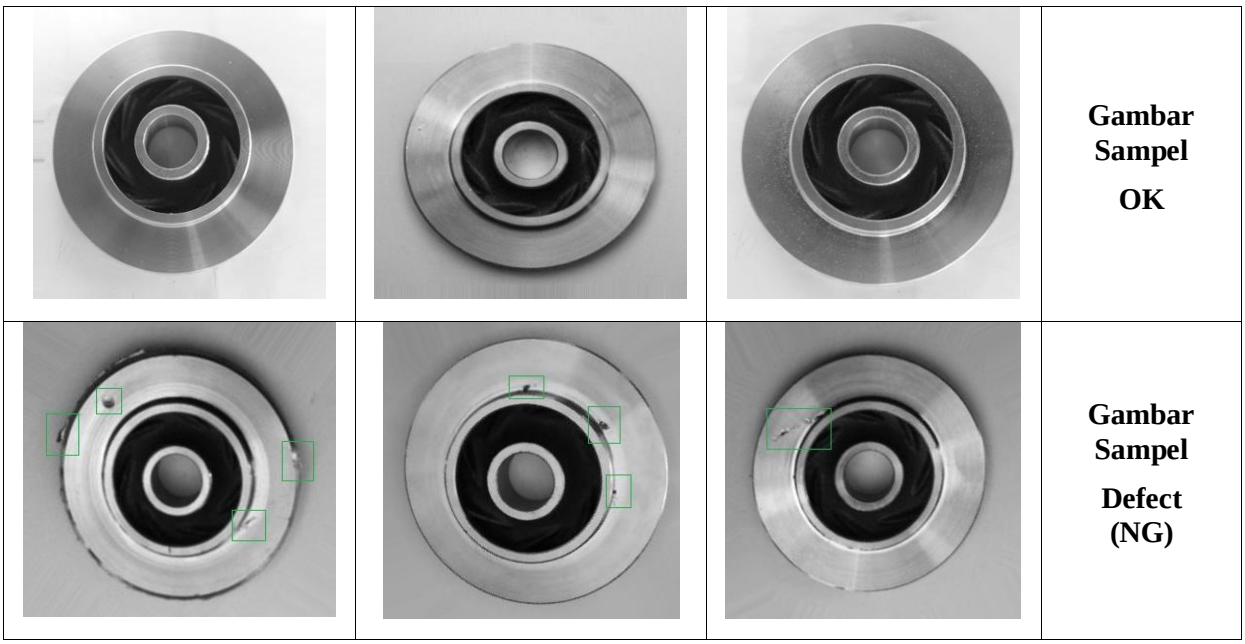
Pada penelitian ini penulis bertujuan untuk melakukan prediksi *casting defect* menggunakan algortima SVM berbasis kernel RBF dan Linier. Pada penelitian ini Sangat penting untuk melakukan penelitian secara bertahap yang mencakup tindakan yang harus dilakukan untuk memecahkan masalah melakukan penelitian yang terorganisir dan konsisten dengan tujuan[5]. Untuk melakukan prediksi *defect casting* berdasarkan gambar menggunakan algoritma SVM dapat dilihat melalui tahapan yang telah divisualisasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Proses Penelitian

2.1 Akuisisi Dataset

Pada tahap ini, gambar produk *casting* dikumpulkan menjadi sebuah dataset, yang kemudian akan digunakan sebagai data untuk pelatihan dan pengujian. Seperti terlihat pada Gambar 2, akan ada 2 jenis penilaian produk yang diklasifikasikan yaitu produk NG (*defect*) dan produk OK. Gambar yang digunakan sebagai dataset bersumber dari internet yaitu Kaggle. kemudian diproses dan disesuaikan sesuai kebutuhan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan nilai K-Fold *Cross Validation* sebesar 5.



Gambar 2. Sampel gambar OK dan *defect* (NG) produk *casting*

2.2 Ekstraksi Fitur

Menyelidiki dan menemukan karakteristik dalam gambar yang kemudian berfungsi sebagai pemisah antara satu objek dan objek lainnya dikenal sebagai ekstraksi fitur[6]. Hasil dari proses ekstraksi fitur ini digunakan sebagai sumber informasi dan input dalam langkah-langkah berikutnya, yang nantinya akan digunakan sebagai parameter dalam proses klasifikasi [7]. Tujuan dari ekstraksi fitur adalah untuk menggali informasi dari objek dalam gambar sehingga objek tersebut dapat dikenali atau dibedakan dari objek lain [8].

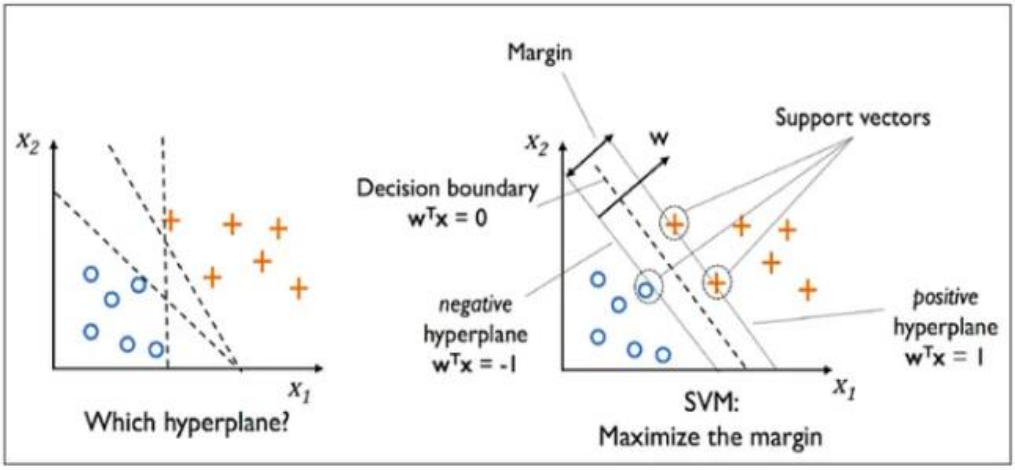
2.3 Seleksi Fitur

Pemilihan fitur (seleksi fitur) merupakan metode yang sangat penting dan sering digunakan pada tahap preprocessing. Proses ini bertujuan untuk mengurangi jumlah atribut yang berkontribusi dalam menentukan nilai target, serta menghilangkan atribut yang tidak relevan atau mubazir (berlebihan), serta data yang dapat menyebabkan kesalahan dalam memahami nilai target. Hal ini berdampak langsung pada peningkatan efisiensi dan efektivitas aplikasi yang bersangkutan[9]. Tugas utama dalam proses seleksi fitur adalah menentukan pemilihan serta penggunaan atribut-atribut fitur yang akan digunakan dalam proses peramalan (pediksi)[10].

2.4 Data Mining Proses

Software yang digunakan penulis dalam mengolah data menggunakan *Orange data mining*. *Orange Data Mining* adalah sebuah aplikasi *software data mining open source* yang telah terbukti efektif dalam mendukung peneliti dalam menganalisis data mereka[11]. Dan penulis menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) sebagai metode dalam memprediksi *defect casting* pada penelitian ini.

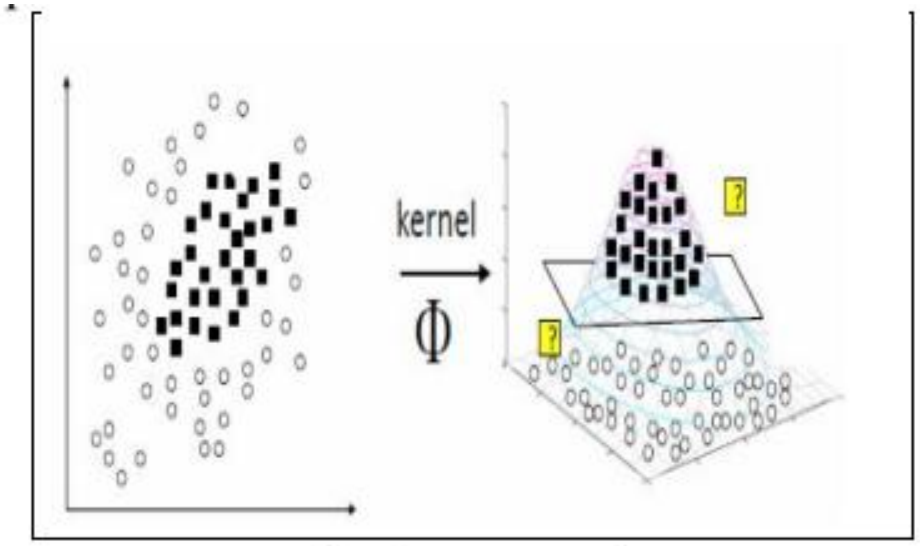
Dalam pembelajaran mesin, metode *Support Vector Machine* (SVM) digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam berbagai kategori atau kelompok. SVM mencari *hyperplane* atau batas optimal yang memisahkan dua tipe data dengan jarak maksimum antar tipe seperti yang terlihat pada Gambar 3. SVM dapat diterapkan dalam tugas klasifikasi yang mencakup kategori (biner) atau beberapa kategori (multikelas).[13].



Gambar 3. *Hyperplane* yang memisahkan kedua kelas

Ketika data dalam ruang masukan sulit untuk dipisahkan secara linier (yaitu tidak dapat menemukan *hyperplane* akurat), maka dapat menggunakan fungsi kernel dalam metode SVM untuk merubah data ke dimensi yang lebih tinggi, yang disebut inti ruang. Algoritma SVM menyediakan empat varian fungsi kernel, yaitu kernel linier, fungsi basis radial (RBF), sigmoid, dan polinomial.[12].

SVM beroperasi berdasarkan prinsip dasar linier tetapi telah diperluas untuk menangani masalah *nonlinear*. Dalam upaya untuk memecahkan masalah *nonlinear*, SVM menggunakan teknik yang dikenal sebagai "*kernel Fooling*". Teknik ini mencari *hyperplane* dengan cara mengubah kumpulan data menjadi ruang vektor berdimensi lebih tinggi yang disebut ruang fitur, kemudian dilakukan klasifikasi pada ruang fitur tersebut. Pemilihan jenis fungsi kernel yang digunakan mempunyai pengaruh yang besar terhadap hasil prediksi. Misalnya, jika {x1,....xn} adalah kumpulan datanya dan yi ∈ {+1, -1} adalah label kelas dari data xi, seperti terlihat pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Klasifikasi data non linier

Ada beberapa pilihan kolom pemisah terbaik yang dapat memisahkan data dengan *margin* terbesar. Data yang terletak tepat pada bidang pembagian disebut vektor pendukung (*Support Vector*). Data yang digunakan adalah data teks, proses SVM yang digunakan adalah proses *non -linear*.

Untuk mengklasifikasikan data yang tidak bisa dipisahkan secara prinsip linier, maka salah satu strateginya yaitu mengubah dataset menjadi bangun ruang atau fitur berdimensi agar dapat dipisahkan secara linier dalam ruang fitur tersebut. Biasanya, ruang objek ini berdimensi lebih tinggi dari pada ruang masukan, sehingga berpotensi memerlukan komputasi besar karena jumlah objek yang mungkin tidak terbatas. Selain itu, menentukan fungsi transformasi yang tepat juga bisa menjadi tugas yang rumit. Untuk mengatasi tantangan ini, SVM menggunakan teknik yang disebut "trik kernel"[14]. Pada penelitian ini penulis menggunakan hanya menggunakan fungsi kernel linier dan kernel RBF.

2.4.1 Kernel Linear

Fungsi kernel ini adalah yang sederhana dari jenis fungsi kernel yang lain. Kernel linier digunakan ketika data yang dianalisis dapat dipisahkan secara linier. Memilih kernel linier adalah tepat jika terdapat beberapa fitur, karena menggunakan pemetaan ke ruang berdimensi lebih tinggi tidak menghasilkan peningkatan kinerja yang signifikan. Persamaan (1) fungsi perkalian linier atau secara matematis dapat ditulis:

$$K(x, xi) = \Sigma (xi * x) \quad (1)$$

Dalam persamaan ini, x dan xi adalah vektor data yang sedang dianalisis.

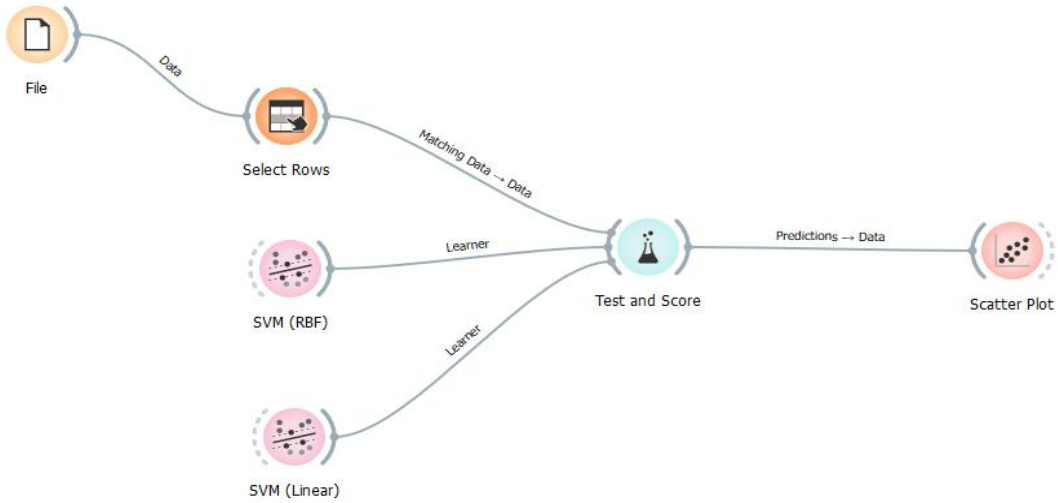
2.4.2 Kernel Radial Basis Function (RBF)

Fungsi kernel RBF adalah ide kernel yang paling sering digunakan untuk menyelesaikan masalah klasifikasi data linier yang tidak dapat dipisahkan. Pada fungsi ini diketahui memiliki performa yang baik dengan setting tertentu, dan hasil pelatihan dengan kernel ini biasanya memiliki tingkat error yang lebih rendah dibandingkan kernel lainnya. Persamaan (2) fungsi kernel RBF atau secara matematis dapat ditulis:

K (x, xi) = exp (-gamma * sum ((x - xi) ^2))
(2)

Pada persamaan ini, x dan xi adalah vektor dataset yang sedang dianalisis, dan gamma adalah parameter yang memengaruhi bentuk fungsi kernel RBF.

Adapun model desain prediksi *defect* produk *casting* menggunakan *Orange Data Mining (Orange Tool)* dengan penggunakan metode SVM dan mengkomparasikan 2 kernel untuk mencari metode yang terbaik. Model prediksi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Design* model prediksi *defect* pada produk *casting*

2.5 Evaluasi

Pada langkah ini, untuk melakukan pengujian dan untuk mengukur sejauh mana algoritma yang telah dikembangkan efektif. Maka penulis menguji keakuratan hasil prediksi yang dihasilkan oleh algoritma tersebut. Penulis menggunakan tingkat akurasi untuk menilai sejauh mana hasil pengujian mendekati nilai sebenarnya atau rata-rata hasil uji[8]. Penulis juga melakukan visualisasi data hasil prediksi menggunakan teknik *Scatter Plot* agar mudah dipahami. *Scatter Plot* adalah representasi visual yang berguna untuk memahami hubungan antara dua variabel. Untuk membuat *Scatter Plot*, data harus diukur dalam skala interval dan rasio[15].

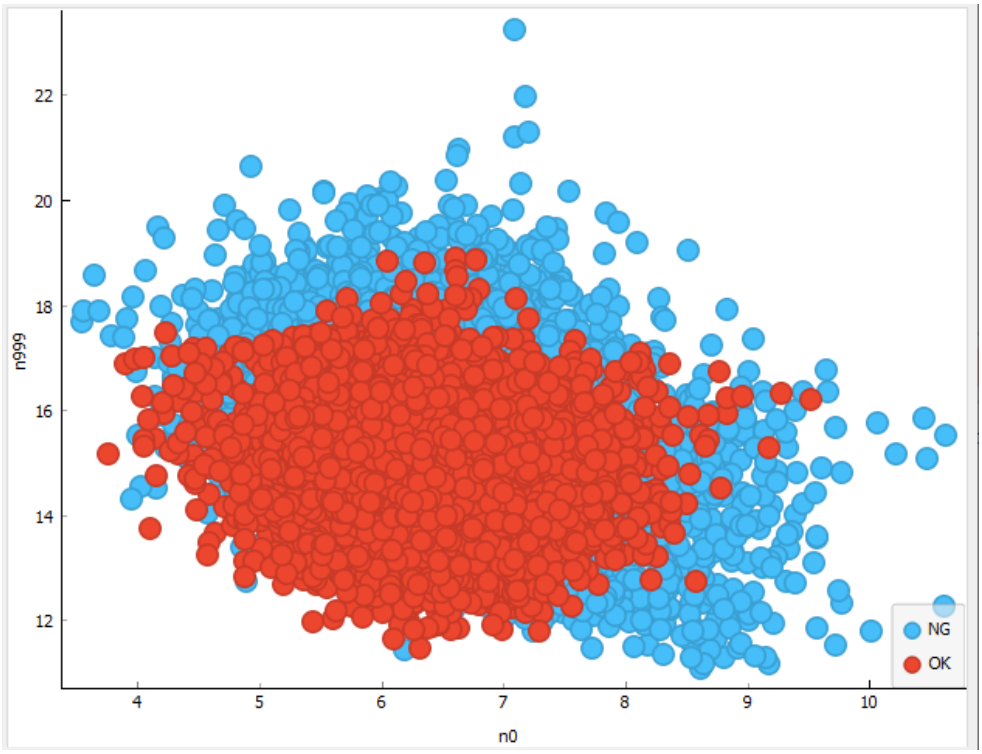
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data gambar yang telah diekstraksi kemudian diseleksi atau disebut juga dengan tahapan *Preprocessing*. Selanjutnya dilakukan tahapan proses pengujian prediksi model SVM dengan melakukan komparasi 2 kernel yaitu RBF dan linier supaya mendapatkan model prediksi yang terbaik. Hasil proses pengujian dari model prediksi yang telah diuji dan dievaluasi dengan menggunakan dataset uji di dalam aplikasi *Orange*, dengan satu atribut yang ditetapkan sebagai target.

Tabel 1. Evaluasi Hasil Komparasi

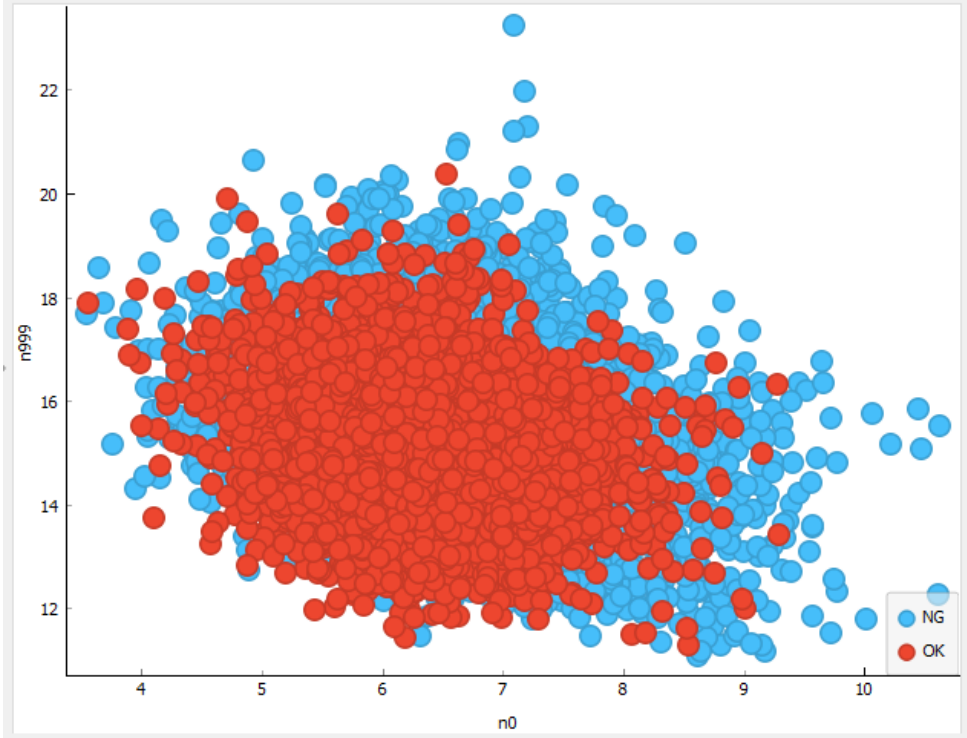
Model	AUC	CA	F1	Precission	Recall	MCC	Evaluation
SVM (RBF)	0,997	0,982	0,982	0,982	0,982	0,964	0,9815
SVM (Linear)	0,899	0,815	0,815	0,818	0,815	0,628	0,798333333

Pada Tabel 1 merupakan tampilan hasil proses dari *widget Test and Score* dari s*oftware Orange data mining*. Pada penelitian ini penulis menggunakan nilai dari K-Fold *Cross Validation* adalah 5. Dari hasil proses prediksi *defect* produk *casting* dengan algoritma SVM dan dikomparasikan dengan 2 kernel yang bisa dilihat pada Tabel 1. Setelah dilakukannya evaluasi dengan melakukan kalkulasi rata-rata dari masing-masing hasil uji. Maka hasilnya adalah nilai rata-rata hasil uji dari SVM (RBF) adalah 0,9815, sedangkan nilai rata-rata hasil uji dari SVM (*Linear*) adalah 0,798333333. Kemudian Penulis juga melakukan evaluasi dengan melihat visualisasi dengan menggunakan *scatter plot* antara hasil uji dari SVM (RBF) dan SVM (*Linear*) sebagai berikut:



Gambar 6. Visualisasi *scatter plot* SVM (RBF)

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa visualisasi *scatter plot* pada SVM(RBF) memiliki pola penyebaran variabel OK cenderung sedikit lebih mengumpul dan ditandai dengan pola berwarna merah, sedangkan pola berwarna biru adalah variabel NG lebih menyebar.



Gambar 7.Visualisasi *scatter plot* SVM (*Linear*)

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa visualisasi *scatter plot* pada SVM(*Linear*) memiliki pola penyebaran variabel OK lebih menyebar dibandingkan pada Gambar 6 dan ditandai dengan pola berwarna merah, sedangkan pola berwarna biru adalah variabel NG lebih menyebar atau sama dengan pada Gambar 6 yaitu *scatter plot* pada SVM (RBF).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil prediksi *defect* produk *casting* dengan pendekatan algoritma SVM menggunakan kernel RBF dan *Linear* dan telah di evaluasi dengan melakukan kalkulasi rata-rata hasil uji. Maka hasilnya adalah nilai rata-rata hasil uji dari SVM (RBF) adalah 0,9815, sedangkan nilai rata-rata hasil uji dari SVM (*Linear)* adalah 0,79833333. Kemudian dilakukan uji menggunakan visualisasi menggunakan *scatter plot.* Maka hasilnya adalah SVM(RBF) memiliki pola penyebaran variabel OK cenderung terlihat sedikit lebih mengumpul dan ditandai dengan pola berwarna merah, dan pola yang berwarna biru adalah variabel NG terlihat lebih menyebar, sedangkan pada SVM(*Linear*) memiliki pola penyebaran variabel OK terlihat lebih menyebar dibandingkan pada Gambar 6 dan ditandai dengan pola berwarna merah, sedangkan pola berwarna biru adalah variabel NG terlihat lebih menyebar dan sama dengan pada Gambar 7 yaitu *scatter plot* pada SVM (RBF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma SVM menggunakan kernel RBF dan Linier dapat digunakan untuk memprediksi *defect* produk *casting*. Namun, penggunaan kernel RBF cenderung memberikan kinerja yang lebih baik dalam memodelkan pola cacat dalam produk *casting.* Model prediksi yang dihasilkan mampu mengidentifikasi kemungkinan cacat dalam produk *casting* dengan tingkat akurasi yang memuaskan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. C. D. K. and J. J. S.Oh, "Quality Inspection of Casting Product Using CAE and CNN," *Int. Conf. Imaging, Signal Process. Commun.*, 2020, Accessed: Oct. 17, 2023. [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9444031&isnumber=9444022

[2] B. P. Kamiel, A. J. Wiranto, B. Riyanta, and S. Yulianto, "Klasifikasi Cacat Lintasan Dalam Bantalan Bola Berbasis Support Vector Machine (SVM) pada Fan Industri," *Semesta Tek.*, vol. 22, no. 2, 2019, doi: 10.18196/st.222246.

[3] D. R. W. Dadang Iskandar Mulyana, "IMPLEMENTASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH MONK DENGAN MENGGUNAKAN EKSTRAKSI GRAY-LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX (GLCM) DAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)," *JINTEKS (Jurnal Inform. Teknol. dan Sains)*, vol. 5, no. 3, pp. 1–6, 2023.

[4] H. Syah and A. Witanti, "Analisis Sentimen Masyarakat Terhadap Vaksinasi Covid-19 Pada Media Sosial Twitter Menggunakan Algoritma Support Vector Machine (Svm)," *J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 59–67, 2022, doi: 10.47080/simika.v5i1.1411.

[5] R. Nuraini, R. Destriana, D. Nurnaningsih, Y. Daniarti, and A. Desi Alexander, "Sunflower Image Classification Using Multiclass Support Vector Machine Based on Histogram Characteristics," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 7, no. 1, pp. 146–152, Feb. 2023, doi: 10.29207/resti.v7i1.4673.

[6] H. A. Sihombing and I. C. Buulolo, "Pengenalan Buah Kopi Berdasarkan Parameter Warna Menggunakan Algoritma Backpropagation Dan Algoritma Support Vector Machine (Svm)," *Seminastika*, vol. 3, no. 1, pp. 26–32, 2021, doi: 10.47002/seminastika.v3i1.234.

[7] F. Amalya and S. Harlena, "Klasifikasi Buah Berkhasiat Obat Dengan Algoritme Euclidean Distance Menggunakan Ekstraksi Ciri Bentuk dan Tekstur," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 7, no. 2, pp. 67–73, 2022, doi: 10.30591/jpit.v7i2.3688.

[8] A. Herdiansah, R. I. Borman, D. Nurnaningsih, A. A. J. Sinlae, and R. R. Al Hakim, "Klasifikasi Citra Daun Herbal Dengan Menggunakan Backpropagation Neural Networks Berdasarkan Ekstraksi Ciri Bentuk," *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 9, no. 2, p. 388, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i2.4066.

[9] I. Maulida, A. Suyatno, and H. R. Hatta, "Seleksi Fitur Pada Dokumen Abstrak Teks Bahasa Indonesia Menggunakan Metode Information Gain," *J. SIFO Mikroskil*, vol. 17, no. 2, pp. 249–258, 2016, doi: 10.55601/jsm.v17i2.379.

[10] D. Abror, "Analisis Sentimen Review Aplikasi PeduliLindungi Menggunakan Seleksi Fitur Information Gain Berbasis SVM," *Indones. J. Softw. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2023, [Online]. Available: http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/ijse

[11] H. Hozairi, A. Anwari, and S. Alim, "Implementasi Orange Data Mining Untuk Klasifikasi Kelulusan Mahasiswa Dengan Model K-Nearest Neighbor, Decision Tree Serta Naive Bayes," *Netw. Eng. Res. Oper.*, vol. 6, no. 2, p. 133, 2021, doi: 10.21107/nero.v6i2.237.

[12] R. Maneno, B. Baso, P. G. Manek, and K. Fallo, "Deteksi Tingkat Kematangan Buah Pinang Menggunakan Metode Support Vector Machine Berdasarkan Warna Dan Tekstur Detecting the Level of Ripeness of Areca Fruit Using the Support Vector Machine Method

Based on Color and Texture," no. 2022, 2023.

[13] J. Rusman and N. Pasae, "Prototype Sistem Penyortir Buah Kopi Arabika Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Metode Support Vector Machine," *Teknika*, vol. 12, no. 1, pp. 65–72, 2023, doi: 10.34148/teknika.v12i1.602.

[14] M. . Imelda A.Muis & Muhammad Affandes, "Penerapan Metode Support Vector Machine (SVM) Menggunakan Kernel Radial Basis Function (RBF) Pada Klasifikasi Tweet," *Sains, Teknol. dan Ind. Sultan Syarif Kasim Riau*, vol. 12, no. 2, pp. 189–197, 2015.

[15] I. Riadi, R. Umar, and F. D. Aini, "ANALISIS PERBANDINGAN DETECTION TRAFFIC ANOMALY DENGAN METODE NAIVE BAYES DAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 11, no. 1, pp. 17–24, May 2019, doi: 10.33096/ilkom.v11i1.361.17-24.