

Model Integrasi Algoritma Spectral Clustering Dan Backpropagation Pada Prediksi Penjualan Barang

Dhaniar Ruandha Putri¹, Daniel Swanjaya², Intan Nur Farida³

Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri^{1,2,3}

dhaniarruandhaputri@gmail.com¹, daniel@unpkediri.ac.id², in.nfarida@gmail.com³

Abstrak

Prediksi merupakan kegiatan yang krusial dalam dunia usaha. Banyak penelitian sebelumnya telah membuktikan performa algoritma Jaringan Saraf Tiruan (JST) dalam prediksi, namun tingkat akurasi yang dihasilkan masih kurang maksimal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan keakuratan dalam pengadaan barang dengan menggabungkan metode Spectral Clustering dan Backpropagation dalam sebuah model prediksi. Data yang digunakan adalah data rekapitulasi penjualan harian makanan kucing Cat Choize dari XY Petshop selama tahun 2021-2022. Pendekatan gabungan metode Spectral Clustering dan Backpropagation telah diimplementasikan dan dievaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat error Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang dihasilkan adalah sebesar 21,21%. Hal ini membuktikan bahwa integrasi kedua metode tersebut menghasilkan tingkat error yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan algoritma JST secara mandiri.

Kata Kunci : *Backpropagation, Integrasi, Prediksi, Spectral Clustering*

A. PENDAHULUAN

Kucing merupakan hewan peliharaan yang banyak dipelihara masyarakat Indonesia menurut *survey online* yang dilakukan oleh *Rakuten Insight Center* pada tahun 2018 (Sari et al., 2023). Kehadiran kucing sebagai hewan peliharaan telah menjadi bagian penting dari kehidupan banyak masyarakat di berbagai wilayah. Untuk memenuhi kebutuhan dan kesejahteraan hewan peliharaan mereka, banyak pemilik kucing membeli berbagai produk kebutuhan hewan di pet shop.

Prediksi merupakan kegiatan yang dibutuhkan dalam mengoperasikan suatu usaha. Dengan adanya kegiatan prediksi diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi pemilik *pet shop* dalam mengambil keputusan, serta meningkatkan penjualan produk. Prediksi yang akurat juga dapat membantu meningkatkan efisiensi operasional dan meminimalkan risiko kerugian akibat persediaan yang tidak terjual atau surplus barang yang menghabiskan ruang penyimpanan. Dalam upaya mencapai hasil prediksi yang akurat, berbagai pendekatan dan teknik telah dikembangkan dan diuji.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan integrasi algoritma *Backpropagation* dan *Spectral Clustering* dengan tujuan untuk mendapatkan kualitas peramalan yang lebih baik. Metode *backpropagation* merupakan suatu algoritma yang digunakan dalam jaringan saraf tiruan untuk melakukan prediksi atau peramalan. Sementara itu, *spectral clustering* adalah suatu algoritma pengelompokan yang berdasarkan grafik yang terbentuk dari data yang digunakan.

B. LANDASAN TEORI

1. *Backpropagation*

Backpropagation merupakan salah satu algoritma yang digunakan dalam jaringan saraf tiruan untuk melakukan prediksi atau peramalan. Dalam metode ini, penyesuaian bobot pada jaringan saraf tiruan dilakukan dengan menggunakan proses perhitungan mundur, yaitu arah informasi yang mengalir dari hasil prediksi menuju lapisan-lapisan sebelumnya dalam jaringan (Syafiq et al., 2020).

Untuk meningkatkan kecepatan pelatihan *backpropagation*, dapat digunakan fungsi pelatihan yang disebut *traingdx*. Fungsi ini menggabungkan parameter laju pemahaman (*learning rate*) dan momentum untuk mencapai hasil pelatihan yang lebih akurat secara relatif. Dengan demikian, *traingdx* mempercepat proses pelatihan dan meningkatkan ketepatan prediksi dalam algoritma *backpropagation* (Putra & Ulfa Walmi, 2020).

Berikut adalah langkah-langkah dalam menggunakan metode *backpropagation* (Guntoro et al., 2019):

- a. Pada awalnya, bobot jaringan diberikan nilai acak sebagai inisialisasi.
- b. Nilai maksimum iterasi, target *error*, dan *learning rate* ditentukan sebelum proses pelatihan dimulai.
- c. Selama kondisi berhenti belum tercapai, proses pelatihan dilakukan.
- d. Dilakukan propagasi maju (*forward propagation*):
 - 1) Setiap unit *input* (x_i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$) menerima sinyal x_i dan meneruskannya ke semua unit di lapisan tersembunyi.
 - 2) Di setiap unit tersembunyi (z_i , $i = 1, 2, 3, \dots, p$), sinyal input dijumlahkan sesuai dengan persamaan 1.

$$z_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \dots\dots\dots(1)$$
 - 3) Diterapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output* menggunakan persamaan 2.

$$z_i = f(z_in_j) \dots\dots\dots(2)$$
 - 4) Setelah fungsi aktivasi sigmoid diterapkan, sinyal tersebut diteruskan ke semua unit *output*.
 - 5) Pada setiap unit *input* (y_k , $k = 1, 2, 3, \dots, m$), bobot sinyal *input* dijumlahkan menggunakan persamaan 3.

$$y_in_k = w_{0k} + \sum_{i=1}^p z_{iw_{jk}} \dots\dots\dots(3)$$
 - 6) Selanjutnya, fungsi aktivasi diaplikasikan untuk menghitung sinyal *output* menggunakan persamaan 4.

$$y_k = f(y_{ink}) \dots\dots\dots(4)$$
- e. Dilakukan propagasi mundur (*backpropagation*):
 - 1) Pada setiap unit *output* (y_k , $k = 1, 2, 3, \dots, m$), pola target yang sesuai dengan pola *input* pelatihan diterima, dan dilakukan perhitungan *error* menggunakan persamaan 5.

$$\delta_k = (t_k - y_k)f'(y_in_k) \dots\dots\dots(5)$$
 - 2) Dilakukan perhitungan untuk mengoreksi bobot menggunakan persamaan 6.

$$\Delta w_{jk} = a\delta_j z_j \dots\dots\dots(6)$$
 - 3) Dilakukan perhitungan untuk mengoreksi bias menggunakan persamaan 7.

$$\Delta w_{0j} = a\delta_k \dots\dots\dots(7)$$
 - 4) Informasi mengenai *error* diteruskan ke unit-unit di lapisan tersembunyi (y_i , $i = 1, 2, 3, \dots, p$), dan dilakukan penjumlahan data *input* dari unit-unit di lapisan sebelah kanan dengan menggunakan persamaan 8.

$$\delta_in_j = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \dots\dots\dots(8)$$
 - 5) Dilakukan perhitungan *error* menggunakan persamaan 9.

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z - in_j) \dots\dots\dots(9)$$
 - 6) Dilakukan perhitungan koreksi bobot menggunakan persamaan 10.

$$\Delta v_{jk} = a\delta_j x_i \dots\dots\dots(10)$$
 - 7) Dilakukan perhitungan koreksi bias menggunakan persamaan 11.

$$\Delta v_{jk} = a\delta_j \dots\dots\dots(11)$$

2. Clustering

Pengelompokan atau *clustering* adalah salah satu metode dalam data mining yang melakukan pembagian data ke dalam beberapa kelompok, di mana objek-objek yang memiliki kesamaan atau karakteristik yang serupa dikelompokkan menjadi satu kelompok (Muningsih et al., 2021). Tujuan dari pengelompokan (*clustering*) adalah untuk menemukan sebuah partisi agar data-data yang serupa ditempatkan dalam satu kelompok (*cluster*) yang sama, sementara data-data yang berbeda ditempatkan dalam kelompok yang berbeda pula (Yang et al., 2019).

3. Prediksi

Prediksi merupakan suatu proses dalam memproyeksikan kemungkinan terjadinya suatu kejadian di masa depan berdasarkan informasi yang ada mengenai masa lalu dan saat ini. Tujuannya adalah untuk mengurangi kesalahan atau selisih antara apa yang diprediksi dengan apa yang sebenarnya terjadi. Meskipun prediksi tidak harus memberikan jawaban yang pasti, namun upaya dilakukan untuk mencari jawaban yang paling mendekati kemungkinan kejadian yang akan terjadi (Orpa et al., 2019).

Prediksi digunakan dalam perencanaan dan pengorganisasian kegiatan di masa mendatang. Dalam proses ini, prediksi dapat dilakukan dengan menggunakan data masa lampau yang kemudian dianalisis secara ilmiah. Analisis ilmiah tersebut membantu dalam mengidentifikasi pola dan tren dari data lampau, sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk membuat perkiraan yang lebih akurat tentang kejadian di masa depan (Hafizd Elison et al., 2020).

4. Spectral Clustering

Spectral clustering adalah salah satu teknik pengelompokan yang mudah diimplementasikan dan memiliki performa yang cukup cepat, terutama ketika diterapkan pada data dengan tingkat kerapatan yang rendah, bahkan pada data berukuran beberapa ribu entitas (Wulandari & Novita, 2021). *Spectral clustering* adalah suatu algoritma pengelompokan yang menggunakan kesamaan data sebagai dasar untuk membentuk kelompok. Dalam algoritma ini, data dianggap sebagai sebuah grafik, di mana setiap data direpresentasikan sebagai simpul (vertex), dan hubungan antara data-dalam hal ini kesamaan antara data-diwakili oleh sisi (edge) dengan nilai jarak di antara dua data yang terhubung (Wulandari, 2020).

Tahapan dalam melakukan pengelompokan menggunakan *spectral clustering* adalah sebagai berikut (Yusuf & Tjandrasa, 2014):

- a. Kontruksi grafik similaritas berdasarkan dataset pelatihan, dimana grafik tersebut merepresentasikan hubungan jarak antara setiap data point. Setiap data point akan menjadi sebuah verteks pada graf, dan bobot dari setiap edge yang menghubungkan dua verteks akan merepresentasikan jarak (similaritas) antara dua data point tersebut. Perhitungan untuk *similarity matriks* menggunakan persamaan gaussian:

$$w_{ij} = \exp\left(-\frac{|x_i - x_j|^2}{2\sigma^2}\right) \dots \dots \dots (12)$$

- b. Dari grafik similaritas, derajat setiap verteks dapat dihitung dengan menjumlahkan bobot dari semua edge yang terhubung pada verteks tersebut. Setelah derajat vertex dihitung, dibentuk diagonal matriks yang berisi derajat setiap verteks sebagai elemen diagonalnya.
- c. Dari *similarity matriks* dan diagonal matriks dibentuk matriks Laplacian. Perhitungan matriks Laplacian menggunakan persamaan berikut:

$$L = D - A \dots \dots \dots (13)$$

- d. *k eigenvector* pertama dari matriks Laplacian dihitung, dimana *k* merupakan jumlah *cluster*. Matriks *k-eigen* terbentuk dari *k eigenvector* pertama dari matriks Laplacian.
- e. Melakukan normalisasi data dengan menggunakan matriks *k-eigen* agar terbentuk *k* kolom yang menggambarkan nilai eigen yang telah dinormalisasi pada setiap kolom.
- f. Mengelompokkan hasil normalisasi menggunakan algoritma partisi K-Means. Data normalisasi digunakan sebagai input data latih. Data latih ke-I akan dimasukan ke dalam suatu cluster jika dan hanya jika data hasil normalisasi ke-i masuk pada cluster yang sama.

5. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

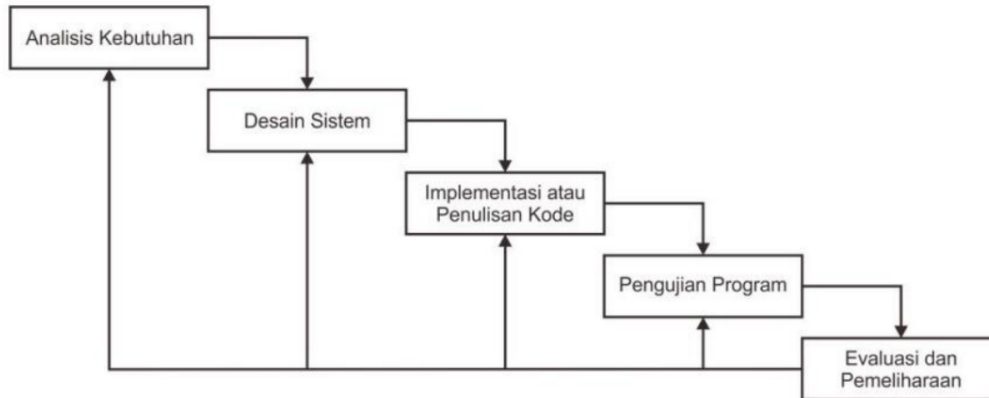
Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan salah satu metode untuk mengukur akurasi atau tingkat kesalahan dalam meramalkan atau memprediksi data numerik. MAPE digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana perbedaan antara nilai aktual dengan nilai yang diprediksi oleh suatu model atau metode. Nilai MAPE dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Nabillah & Ranggadara, 2020):

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}}{n} \times 100\% \dots \dots \dots (14)$$

Keterangan:
y : nilai aktual
ŷ : nilai prediksi
n : jumlah data

C. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode *waterfall*, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan mulai analisis kebutuhan hingga evaluasi dan pemeliharaan. Peneliti memilih metode ini karena proses pengerjaannya secara berurutan, sehingga tahapan sebelumnya belum selesai maka tahapan selanjutnya belum bisa dikerjakan. Tahapan metode *waterfall* dapat ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1 Metode *Waterfall* (Hermansyah et al., 2022)

1. Analisa Kebutuhan

Tahap ini ini persyaratan dan kebutuhan yang diperlukan diidentifikasi, dianalisis dan didefinisikan. Analisa kebutuhan meliputi proses pengumpulan data dan pengolahan data yang tidak digunakan.

2. Desain Sistem

Pada tahap ini desain sistem dibuat, dengan tujuan untuk menggambarkan sistem yang akan dikerjakan dan membantu menentukan kebutuhan *hardware* dan sistem.

3. Implementasi

Tahap implementasi melibatkan pembuatan kode perangkat lunak berdasarkan desain yang telah dibuat sebelumnya.

4. Pengujian

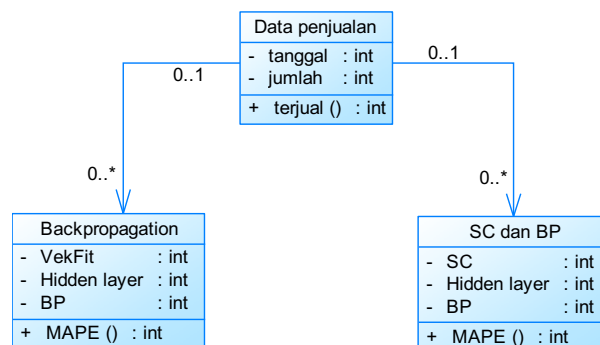
Tahap ini dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat telah sesuai dengan desain dan fungsinya.

5. Evaluasi

Setelah tahap pengujian, dilakukan evaluasi menggunakan tingkat keakuratannya. Jika terdapat kesalahan, maka akan dilakukan perbaikan ulang.

Rancangan sistem yang akan digunakan dalam implementasi sistem pada penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Class Diagram

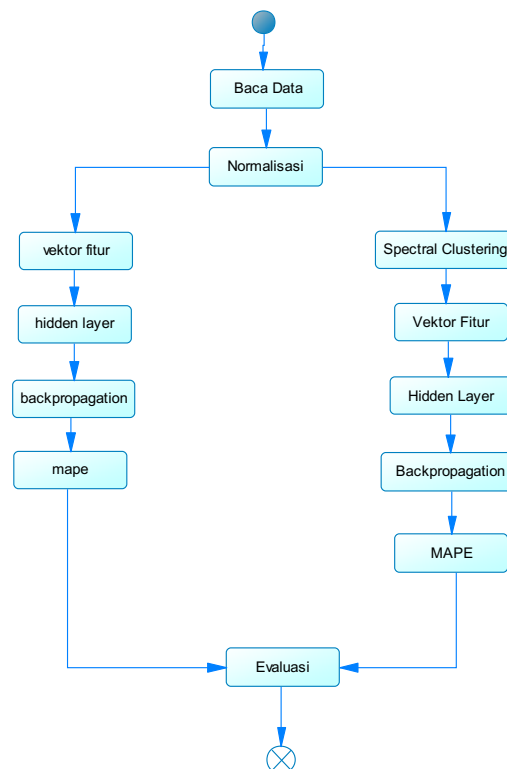


Gambar 2 *Class Diagram*

Class diagram adalah sebuah representasi visual yang menunjukkan struktur dari sebuah sistem perangkat lunak dan menggambarkan hubungan antara berbagai kelas yang terlibat dalam sistem tersebut. Diagram ini memberikan gambaran tentang atribut-atribut dan metode-metode yang dimiliki oleh setiap kelas, serta bagaimana kelas-kelas tersebut terhubung satu sama lain. Dengan menggunakan simbol-simbol khusus, class diagram membantu dalam menganalisis dan merencanakan desain sistem secara visual, memudahkan para pengembang untuk memahami interaksi antar kelas dan bagaimana komponen-komponen sistem saling berinteraksi.

Pada Gambar 2 merupakan *class diagram* pada penelitian pemodelan prediksi penjualan yang akan digunakan untuk merancang sebuah sistem. Dalam gambar tersebut, terdapat dua percobaan yang akan dibandingkan. Pada percobaan pertama, algoritma *Backpropagation* digunakan, sedangkan pada percobaan kedua, algoritma *K-Means* dan *Backpropagation* digunakan secara bersamaan. Setelah kedua percobaan dilakukan, tingkat error dari masing-masing percobaan dihitung menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang akan dievaluasi untuk menilai kinerja prediksi dari kedua algoritma tersebut.

2. Activity Diagram



Gambar 3 Activity Diagram

Activity diagram adalah representasi visual yang menggambarkan rancangan alur kerja pada suatu sistem yang akan dijalankan. *Activity diagram* digunakan untuk mengelompokkan dan menyajikan informasi tentang langkah-langkah atau aktivitas yang terjadi dalam proses sistem. Dengan menggunakan simbol-simbol seperti aktivitas, penghubung, dan pengendali, *activity diagram* membantu menggambarkan interaksi antara berbagai elemen dalam sistem dan memudahkan pemahaman tentang bagaimana proses atau alur kerja berjalan secara keseluruhan.

Pada Gambar 3 terdapat dua skenario uji coba untuk perbandingan yang akan dilakukan. Pertama, data yang telah terbaca akan dinormalisasi kemudian akan berlanjut ke tahap pembentukan vektor fitur, *hidden layer*. Setelah itu akan diproses menggunakan algoritma *Backpropagation*, yang kemudian akan dihitung tingkat error menggunakan MAPE dengan persamaan 14.

Selanjutnya dilakukan skenario uji coba kedua. Tahapan yang dilakukan setelah data terbaca dan dinormalisasi yaitu menentukan *cluster*, vektor fitur dan *hidden layer*. Setelah itu akan diproses menggunakan algoritma *Backpropagation*, yang kemudian akan dihitung tingkat *error*

menggunakan MAPE dengan persamaan 14. Yang kemudian hasil MAPE dari kedua skenario uji coba dievaluasi.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sebuah model prediksi penjualan yang menggabungkan algoritma *Spectral Clustering* dan *Backpropagation*. Untuk mencapai tujuan tersebut, peneliti menggunakan data rekapitulasi penjualan makanan kucing Cat Choize dari XY Petshop selama periode tahun 2021-2022. Contoh data rekap penjualan harian untuk bulan Februari 2022 terdapat dalam Tabel 1. Sebelum data tersebut diolah lebih lanjut, dilakukan transformasi menggunakan metode min-max dengan menggunakan Persamaan 15. Hasil dari transformasi tersebut menghasilkan data penjualan yang terstruktur seperti yang terlihat pada Tabel 2.

$$X_{new} = \frac{x_{lama} - min}{max - min} \dots\dots\dots (15)$$

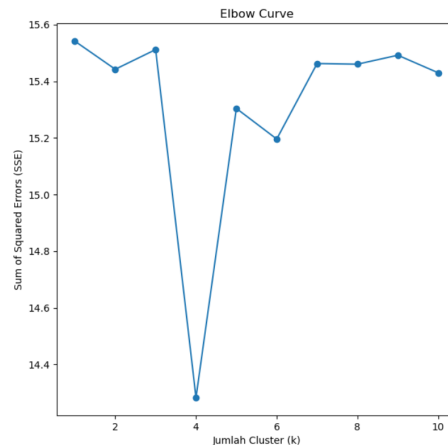
Tabel 1. Contoh Data Penjualan Cat Choize

Tanggal	Terjual	Tanggal	Terjual	Tanggal	Terjual
1	3	11	3	21	2
2	1	12	2	22	2
3	2	13	3	23	3
4	2	14	3	24	2
5	1	15	2	25	4
6	2	16	1	26	0
7	3	17	2	27	3
8	3	18	2	28	3
9	1	19	0		
10	1	20	4		

Tabel 2. Contoh Data yang sudah ditransformasi

Tanggal	Terjual	Tanggal	Terjual	Tanggal	Terjual
1	0,75	11	0,75	21	0,5
2	0,25	12	0,5	22	0,5
3	0,5	13	0,75	23	0,75
4	0,5	14	0,75	24	0,5
5	0,25	15	0,5	25	1
6	0,5	16	0,25	26	0
7	0,75	17	0,5	27	0,75
8	0,75	18	0,5	28	0,75
9	0,25	19	0		
10	0,25	20	1		

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian untuk mencari cluster optimal dengan menggunakan metode penilaian Sum of Squared Errors (SSE) terkecil. Proses pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah cluster yang paling sesuai dengan data yang ada. Hasil dari pengujian tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4. Berdasarkan analisis grafik, ditemukan bahwa terbentuk empat cluster dengan nilai SSE sebesar 14,28.



Gambar 4. Grafik SSE

Setelah jumlah *cluster* optimal diketahui akan dilanjutkan pada proses pengujian peramalan dengan *Spectral Clustering* dan *Backpropagation*. Tujuan penggabungan kedua metode ini untuk mengetahui apakah dengan penggabungan kedua metode lebih baik dari sistem yang menggunakan *Backpropagation* saja. Pada pengujian ini dihasilkan nilai MAPE sebesar 21,21%.

Untuk membandingkan pengujian sebelumnya apakah lebih baik, maka dilakukan pengujian menggunakan *Backpropagation* dengan komposisi data dibagi menjadi data latih sebesar 80% dan data uji sebesar 20%. Pada pengujian ini didapatkan nilai MAPE sebesar 39,97%. Hal ini membuktikan bahwa penggabungan kedua metode yang dilakukan pada pengujian sebelumnya telah berhasil memperbaiki kualitas peramalan *Backpropagation*.

E. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Model integrasi algoritma *Spectral Clustering* dan *Backpropagation* mampu memperbaiki kualitas prediksi dari sistem prediksi yang menggunakan algoritma *Backpropagation* saja.
2. Pada proses pengelompokan didapatkan jumlah *cluster* optimum adalah 4 dengan nilai SSE sebesar 14,28.
3. Pada proses prediksi didapatkan nilai MAPE pada pengujian menggunakan *Spectral Clustering* dan *Backpropagation* sebesar 21,21%. Sedangkan pada pengujian *Backpropagation* nilai MAPE yang dihasilkan sebesar 39,97%.

Pada penelitian Model Integrasi Algoritma *Spectral Clustering* Dan *Backpropagation* Pada Prediksi Penjualan Barang menggunakan 1 kali percobaan arsitektur *Backpropagation*. Dalam penelitian berikutnya, sebaiknya dilakukan beberapa kali percobaan dengan berbagai variasi parameter pada arsitektur *Backpropagation*. Misalnya, mengubah jumlah lapisan (layer) dan ukuran lapisan tersebut, tingkat learning rate, fungsi aktivasi, jumlah iterasi

DAFTAR PUSTAKA

- Guntoro, G., Costaner, L., & Lisnawita, L. (2019). Prediksi Jumlah Kendaraan di Provinsi Riau Menggunakan Metode *Backpropagation*. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 14(1), 50. <https://doi.org/10.30872/jim.v14i1.1745>
- Hafizd Elison, M., Asrianto, R., Program Studi Sistem Informasi, M., & Program Studi Sistem Informasi, D. (2020). PREDIKSI PENJUALAN PAPAN BUNGA MENGGUNAKAN METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING. *JURISISTEKNI (Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi)*, 2(3), 2715–1875.
- Hermansyah, H., Wahyuni, S., & Akbar, A. (2022). Perancangan Sarana Media Informasi Berbasis Web Desa Klambir Lima Menggunakan Metode Waterfall. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(2), 515. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i2.3803>
- Muningsih, E., Maryani, I., & Handayani, V. R. (2021). Penerapan Metode K-Means dan Optimasi Jumlah Cluster dengan Index Davies Bouldin untuk Clustering Propinsi Berdasarkan Potensi Desa. *Jurnal Sains Dan Manajemen*, 9(1). www.bps.go.id

- Nabillah, I., & Ranggadara, I. (2020). Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. *JOINS (Journal of Information System)*, 5(2), 250–255. <https://doi.org/10.33633/joins.v5i2.3900>
- Orpa, E. P. K., Ripanti, E. F., & Turnisa. (2019). Model Prediksi Awal Masa Studi Mahasiswa Menggunakan Algoritma Decision tree c4.5. *Justin : Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 7(4), 272–278.
- Putra, H., & Ulfa Walmi, N. (2020). Penerapan Prediksi Produksi Padi Menggunakan Artificial Neural Network Algoritma Backpropagation. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 6(2), 100–107. <https://doi.org/10.25077/teknosi.v6i2.2020.100-107>
- Sari, I. P., Trisnawati, L., & Silviana, N. (2023). PENERAPAN SISTEM PAKAR BERBASIS FRAME UNTUK IDENTIFIKASI JENIS PADA RAS KUCING. *Rabit : Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 8(1), 59–68. <https://doi.org/10.36341/rabit.v8i1.2703>
- Syafiq, M., Hartama, D., Kirana, I. O., Gunawan, I., & Wanto, A. (2020). Prediksi Jumlah Penjualan Produk di PT Ramayana Pematangsiantar Menggunakan Metode JST Backpropagation. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 7(1), 175. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v7i1.1963>
- Wulandari, S. (2020). *Prosiding Seminar Nasional Sains Clustering Microarray Adenoma Menggunakan Spectral Clustering dengan Algoritma Partitioning Around Medoid (PAM)*.
- Wulandari, S., & Novita, D. (2021). *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) ANALISIS CLUSTERING VIRUS MERS-CoV MENGGUNAKAN METODE SPECTRAL CLUSTERING DAN ALGORITMA K-MEANS*. www.ncbi.nlm.nih.gov.
- Yang, X., Deng, C., Zheng, F., Yan, J., & Liu, W. (2019). *Deep Spectral Clustering using Dual Autoencoder Network*.
- Yusuf, A., & Tjandrasa, H. (2014). *PREDIKSI NILAI DENGAN METODE SPECTRAL CLUSTERING DAN CLUSTERWISE REGRESSION*.