

Analisis Sentimen Ulasan Pelanggan terhadap Layanan ERHA-Clinic Berbasis NLP Menggunakan Algoritma SVM

Azizah Qolbu Antika¹, Nova Agustina², Diyah Wijayati³

Departemen Teknik Informatika

Universitas Teknologi Bandung

Bandung, Indonesia

e-mail: ¹qolbuantikaazizah@gmail.com, ²nova@sttbandung.ac.id, ³diyah@sttbandung.ac.id

Diajukan: 10 Januari 2025; Direvisi: 21 Juli 2025; Diterima: 24 Juli 2025

Abstrak

Ulasan pelanggan adalah indikator penting dalam menilai kualitas layanan di suatu klinik kecantikan. Di era digital, ulasan pelanggan tersebar luas di berbagai platform media sosial, sehingga memahami sentimen dan opini pelanggan terhadap layanan yang diberikan adalah hal penting untuk perusahaan. Mengelola ulasan pelanggan secara manual menjadi tidak efisien dan memakan waktu, terutama dengan volume ulasan yang terus meningkat. Mengelola ulasan dapat memanfaatkan teknologi seperti Natural Language Processing (NLP) dan algoritma Machine Learning, Support Vector Machine (SVM), proses analisis sentimen menjadi lebih cepat dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem yang mengumpulkan ulasan dari berbagai platform media sosial seperti Instagram, TikTok, dan Google Review, serta menganalisis sentimen menggunakan teknologi NLP dan algoritma SVM. Metode penelitian ini bersifat kuantitatif, dan untuk metode pengembangan sistem, penelitian ini menggunakan Machine Learning Life Cycle. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan web scraping menggunakan ekstensi Instant Data Scraper untuk mengambil ulasan dari Instagram, TikTok, dan Google Review, sedangkan teknik analisis data dilakukan melalui tahapan Natural Language Processing (NLP), eksplorasi data, serta pengujian model klasifikasi sentimen menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) dengan kernel RBF dan Linear. Hasil uji algoritma SVM dalam penelitian ini menunjukkan bahwa Kernel RBF dan Kernel Linear memiliki akurasi masing-masing sebesar 90% dan 92%, yang mengindikasikan bahwa model SVM dengan Kernel Linear memberikan kinerja yang lebih stabil dan andal dibandingkan dengan Kernel RBF.

Kata kunci: Analisis Sentimen, NLP, SVM, SVM Kernel RBF, SVM Kernel Linear.

Abstract

Customer reviews are a critical indicator in assessing the quality of services at a beauty Clinic. In the digital era, customer reviews are widely distributed across various social media platforms. Therefore, it is essential to understand the sentiments and opinions of customers regarding the services provided. Managing customer reviews manually becomes inefficient and time-consuming, especially with the increasing volume of reviews. By utilizing technologies such as Natural Language Processing (NLP) and the Support Vector Machine (SVM) Machine Learning algorithm, the sentiment analysis process becomes faster and more efficient. This research aims to develop a system that collects reviews from various social media platforms such as Instagram, TikTok, and Google Review, and analyzes the sentiment using NLP technology and the SVM algorithm. This research employs quantitative methods, and for system development, it uses the Machine Learning Life Cycle. The data collection technique was conducted through web scraping using the Instant Data Scraper extension to gather reviews from Instagram, TikTok, and Google Review, while the data analysis technique involved Natural Language Processing (NLP), exploratory data analysis, and sentiment classification model testing using the Support Vector Machine (SVM) algorithm with RBF and Linear kernels. The results of the SVM algorithm tests in this research show that the RBF Kernel and Linear Kernel have accuracies of 90% and 92%, respectively, indicating that the SVM model with the Linear Kernel provides more stable and reliable performance compared to the RBF Kernel.

Keywords: Sentiment Analysis, NLP, SVM, SVM Kernel RBF, SVM Kernel Linear.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi *machine learning* pesat seiring ledakan data dalam beberapa dekade terakhir. Awalnya digunakan untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam data bisnis, kini algoritma mampu menganalisis data yang lebih kompleks dengan akurasi tinggi [1]. Peningkatan penyimpanan data dan kekuatan komputasi, model *machine learning* dapat memproses data besar dengan efisien, memungkinkan penggunaannya dalam berbagai bidang seperti analisis sentimen, pengenalan gambar, dan pemrosesan bahasa alami [2] [3]. Quantum *machine learning*, yang menggabungkan komputasi kuantum dengan algoritma *machine learning*, diharapkan meningkatkan efisiensi dan kecepatan pemrosesan data [4], serta aplikasi dalam sistem penyimpanan energi dan prediksi perangkat keras menunjukkan peningkatan performa signifikan [5] [6].

Berdasarkan hasil wawancara, permasalahan yang terdapat pada ERHA Clinic adalah dalam merespon ulasan pelanggan masih dilakukan secara manual. Permasalahan selanjutnya ERHA Clinic dalam mengelola ulasan pelanggan masih manual sehingga memerlukan waktu dan tenaga yang signifikan, meningkatkan risiko *human error* dalam mengidentifikasi dan mengelola ulasan pelanggan, dan dapat menjadi sulit apabila volume ulasannya semakin besar. Pengklasifikasi ulasan secara manual dilakukan menggunakan alat konvensional yang terpisah (tidak satu sistem). Tidak ada sistem yang terkomputerisasi untuk memahami ulasan para pelanggan. Serta permasalahan lainnya yaitu ulasan yang dievaluasi hanya dari Google *review* saja, yang seharusnya ulasan dari berbagai *social media* juga harus dievaluasi agar reputasi ERHA Clinic tetap baik. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa algoritma SVM lebih unggul dibandingkan K-NN dalam analisis sentimen Twitter [7], karena kemampuan SVM dalam menangani data kompleks dan berukuran besar [8]. Studi lain menunjukkan bahwa SVM mencapai akurasi lebih tinggi dibandingkan model klasifikasi lainnya dalam analisis sentimen ulasan layanan [9] dan *marketplace* di Twitter, mengungguli *Naïve Bayes* [10]. Penggunaan SVM dalam *machine learning* juga efektif dalam prediksi tren pasar, analisis risiko [11], serta deteksi dan pemeliharaan perangkat keras [12]. Dari permasalahan yang telah dijelaskan di atas, penelitian ini akan membangun sebuah sistem yang berfungsi untuk mengotomatiskan prosedur pengenalan ulasan pelanggan dengan menggunakan metode *Natural Language Processing* (NLP) dan algoritma SVM. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menampilkan data ulasan dari berbagai platform atau sumber (media sosial seperti Instagram dan *TikTok* serta *Google Review*) sehingga memungkinkan klinik untuk mendapatkan wawasan menyeluruh tentang umpan balik pelanggan.
2. Membuat sistem analisis sentimen ulasan untuk mengurangi kompleksitas dan meningkatkan efisiensi dalam pembacaan, masukan, evaluasi, dan pengelompokan ulasan, sehingga mengurangi waktu dan sumber daya staf.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis masalah dan mendapatkan pernyataan dari *Branch Leader* ERHA Clinic cabang Jamika, serta mengumpulkan dan menganalisis data ulasan pelanggan dari media sosial dan *Google Review*. Selanjutnya, *machine learning life cycle* diterapkan pada penelitian ini adalah:

1. *Gathering Data*
Tahap pertama melibatkan pengumpulan 5000 data ulasan pelanggan dari Instagram, TikTok, dan *Google Review* menggunakan *Instant Data Scraper*, yang mencakup nama, tanggal ulasan, isi ulasan, dan label sentimen (positif, negatif, netral).
2. *Data Preparation*
Data ulasan yang telah terkumpul masih memiliki format yang berbeda-beda. Tahap ini melibatkan pembersihan data dari noise atau informasi yang tidak relevan, mengubah teks menjadi huruf kecil (*lowercasing*) dan menghapus emoji atau *emoticon* serta pengaturan data ke dalam format yang dapat digunakan untuk proses selanjutnya atau mempersiapkan dataset untuk tahap selanjutnya.
3. *Data Wrangling*
Dalam konteks NLP, tahap ini mencakup transformasi teks seperti tokenisasi (memecah teks menjadi kata atau frasa), normalisasi (memperbaiki *typo* atau *slang* sesuai KBBI), penghapusan *stop words* (menghapus kata umum yang tidak informatif), dan *stemming* (mengubah kata ke bentuk dasar). Hasil proses data *wrangling* dapat dilihat pada Gambar 1.

	nama_pelanggan	tanggal_ulasan	isi_ulasan	sentimen	clean	token	normalisasi	stopwords	stemmer
0	Swasti Gintari	23-Nov	Pelayanan erha selalu sat set sat set. Mulai d...	positif	pelayanan erha selalu sat set sat set mulai da...	[pelayanan, erha, selalu, sat, set, sat, set, ...]	[pelayanan, erha, selalu, sat, set, sat, set, ...]	[pelayanan, erha, sat, set, sat, set, pendafta...]	[layan, erha, sat, set, sat, set, daftar, kons...]
1	Ratna Agustina	23-Nov	Pelayanan nya bagus, dokter dan staf nya juga ...	positif	pelayanan nya bagus dokter dan staf nya juga r...	[pelayanan, nya, bagus, dokter, dan, staf, nya...]	[pelayanan, nya, bagus, dokter, dan, staf, nya...]	[pelayanan, bagus, dokter, staf, ramah, suasana...]	[layan, bagus, dokter, staf, ramah, suasana, a...]
2	Rinny Puspa	23-Sep	First time treatment di sini, semoga cocok. Un...	positif	first time treatment di sini semoga cocok untu...	[first, time, treatment, di, sini, semoga, coc...]	[first, time, perawatan, di, sini, semoga, coc...]	[first, time, perawatan, semoga, cocok, pelaya...]	[first, time, awat, moga, cocok, layan, bagus...]
3	Tina Febyona	23-Oct	Pelayanan bagus, dokter menjelaskan dengan jel...	positif	pelayanan bagus dokter menjelaskan dengan jela...	[pelayanan, bagus, dokter, menjelaskan, dengan...]	[pelayanan, bagus, dokter, menjelaskan, dengan...]	[pelayanan, bagus, dokter, mudah, mengerti, be...]	[layan, bagus, dokter, mudah, erti, bersih, ny...]
4	Fitri 'Aini Afra Azhari	23-Oct	Hari ini pertama kali treatment di Erha jamika...	positif	hari ini pertama kali treatment di erha jamika...	[hari, ini, pertama, kali, treatment, di, erha...]	[hari, ini, pertama, kali, perawatan, di, erha...]	[perawatan, erha, jamika, overall, mantap, si...]	[awat, erha, jamika, overall, mantap, si, staf...]

Gambar 1. Data Wrangling untuk Analisis Sentimen ERHA Clinic.

4. Analisis Data

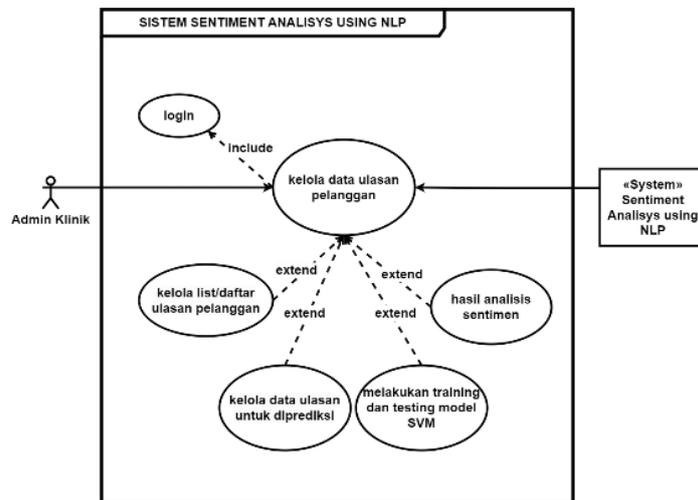
Setelah data dipersiapkan, langkah berikutnya adalah analisis sentimen ulasan pelanggan menggunakan metode NLP dan algoritma SVM untuk klasifikasi sentimen (positif, negatif, netral). *Exploratory Data Analysis* (EDA) dilakukan untuk memahami karakteristik data, termasuk frekuensi token, dan menganalisis korelasi antar variabel. Pada penelitian ini, sentimen positif mendominasi (3007 ulasan atau 85%), diikuti sentimen negatif (335 ulasan atau 9.6%), dan sentimen netral (158 ulasan atau 4.5%).

5. Train Model dan Test Model

Tahap ini melibatkan pembuatan model menggunakan algoritma SVM yang belajar dari data training untuk mengidentifikasi pola dan mengklasifikasikan sentimen ulasan. Model kemudian diuji dengan data *testing* (30% dari 5000 *dataset*) untuk mengevaluasi akurasi.

6. Development

Tahap terakhir adalah menerapkan model yang telah diuji dan terbukti baik dalam konteks klinik kecantikan, model SVM digunakan secara praktis untuk menganalisis ulasan pelanggan secara otomatis berupa *website* analisis sentimen ulasan pelanggan terhadap layanan ERHA Clinic. Model diimplementasikan pada aplikasi berbasis *website* sehingga dapat digunakan oleh admin ERHA Clinic untuk memudahkan ekstraksi informasi *review* pelanggan menjadi analisis sentimen. *Use case* diagram aplikasi dapat dilihat pada Gambar 2.



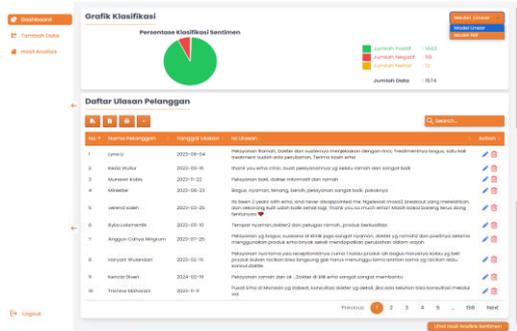
Gambar 2. Use Case Diagram Aplikasi Analisis Sentimen ERHA Clinic.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data ulasan dilakukan menggunakan ekstensi Google *Instant Data Scraper* untuk mengambil nama, tanggal ulasan, dan isi ulasan. Bagian ini membahas hasil model SVM yang diimplementasikan pada aplikasi web, analisis temuan penelitian, serta detail pengujian untuk menggambarkan metodologi dan validitas hasil.

3.1. Hasil

Setelah login, pengguna diarahkan ke halaman utama yang berisi *dashboard* dengan grafik persentase ulasan (positif, negatif, netral) dan daftar ulasan pelanggan lengkap dengan nama, tanggal, dan isi ulasan. *Dashboard* ini memudahkan pengguna dalam melihat dan mengelola umpan balik pelanggan serta mendukung pengambilan keputusan berdasarkan analisis sentimen. Halaman *dashboard* dapat dilihat pada Gambar 3.

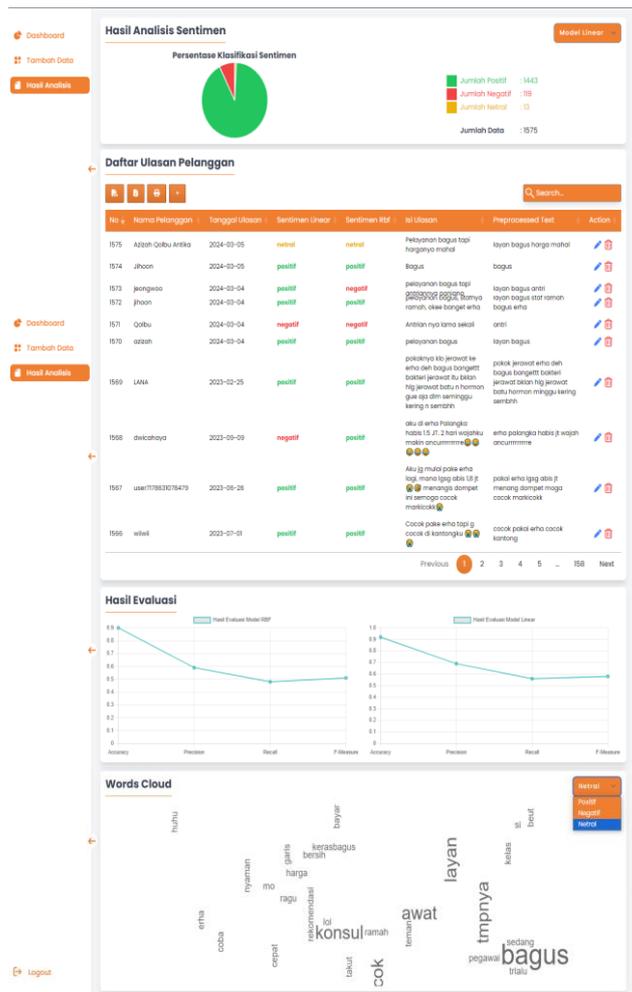


Gambar 3. Halaman Dashboard.

The form includes input fields for 'Nama Pelanggan', 'Tanggal Ulasan' (with a date picker), and 'Isi Ulasan'. There are 'Batal' and 'Simpan' buttons. Below the form is an 'Upload File' section with a 'Choose File' button and a 'Simpan Data' button.

Gambar 4. Halaman Tambah Data.

Gambar 4 menunjukkan halaman Tambah Data, di mana pengguna harus mengisi Nama Pelanggan, Tanggal Ulasan, dan Isi Ulasan. Jika tidak, sistem akan menampilkan pesan peringatan. Halaman ini juga menyediakan fitur *import* data ulasan secara massal, mendukung berbagai format *file* seperti Excel untuk efisiensi. Hasil analisis sentimen menggunakan SVM dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Halaman Hasil Analisis Sentimen.

Analisis Sentimen Ulasan Pelanggan terhadap Layanan ERHA-Clinic Berbasis NLP Menggunakan Algoritma SVM (Azizah Qolbu Antika)

Gambar 5 menunjukkan hasil analisis sentimen ulasan pelanggan dengan grafik pie distribusi sentimen (positif, negatif, netral) dan daftar ulasan dengan detail seperti nama pelanggan, tanggal ulasan, dan label sentimen. Evaluasi model SVM menampilkan performa precision, recall, dan accuracy untuk Kernel RBF dan Kernel Linear, dengan Kernel Linear menunjukkan performa lebih stabil. *Word cloud* di bagian bawah halaman menampilkan kata-kata yang sering muncul dalam ulasan, memberikan wawasan tambahan tentang topik yang sering dibahas pelanggan. Hasil analisis diperoleh dari prediksi model SVM yang diintegrasikan ke dalam aplikasi web. Model SVM dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python. Implementasi model SVM untuk klasifikasi sentimen ditampilkan pada Gambar 6.

```

from sklearn.model_selection import cross_val_score
from sklearn import svm

SVM = svm.SVC(kernel='rbf') #Jika dengan Kernel RBF
SVM.fit(x_train,y_train)

acc_score_rbf = cross_val_score(SVM, x_train, y_train, cv=5,
scoring='accuracy')
pre_score_rbf = cross_val_score(SVM, x_train, y_train, cv=5,
scoring='precision_macro')
rec_score_rbf = cross_val_score(SVM, x_train, y_train, cv=5,
scoring='recall_macro')
f_score_rbf = cross_val_score(SVM, x_train, y_train, cv=5,
scoring='f1_macro')

print('Hasil Accuracy : %s' % (acc_score_rbf))
print('Hasil Rata - Rata Accuracy : %s' % acc_score_rbf.mean())
print('Hasil Precision : %s' % (pre_score_rbf))
print('Hasil Rata - Rata Precision : %s' % pre_score_rbf.mean())
print('Hasil Recall : %s' % (rec_score_rbf))
print('Hasil Rata - Rata Recall : %s' % rec_score_rbf.mean())
print('Hasil F-measure : %s' % (f_score_rbf))
print('Hasil Rata - Rata F-measure : %s' % f_score_rbf.mean())

(a) SVM Kernel.

from sklearn.model_selection import cross_val_score
from sklearn import svm

SVM = svm.SVC(kernel='linear') #Jika dengan Kernel Linear
SVM.fit(x_train,y_train)

acc_score_linear = cross_val_score(SVM, x_train, y_train, cv=5,
scoring='accuracy')
pre_score_linear = cross_val_score(SVM, x_train, y_train, cv=5,
scoring='precision_macro')
rec_score_linear = cross_val_score(SVM, x_train, y_train, cv=5,
scoring='recall_macro')
f_score_linear = cross_val_score(SVM, x_train, y_train, cv=5,
scoring='f1_macro')

print('Hasil Accuracy : %s' % (acc_score_linear))
print('Hasil Rata - Rata Accuracy : %s' % acc_score_linear.mean())
print('Hasil Precision : %s' % (pre_score_linear))
print('Hasil Rata - Rata Precision : %s' % pre_score_linear.mean())
print('Hasil Recall : %s' % (rec_score_linear))
print('Hasil Rata - Rata Recall : %s' % rec_score_linear.mean())
print('Hasil F-measure : %s' % (f_score_linear))
print('Hasil Rata - Rata F-measure : %s' % f_score_linear.mean())

(b) SVM Kernel Linear.
    
```

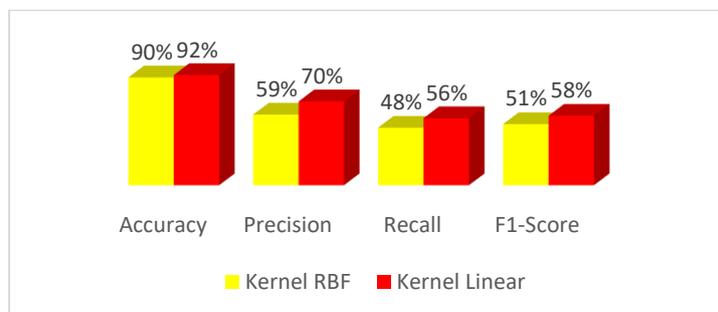
Gambar 6. Implementasi SVM (a) Kernel dan (b) Kernel Linear.

3.2. Pembahasan

Pada bagian ini, akan dibahas lebih lanjut mengenai hasil analisis sentimen yang telah diperoleh dan implikasi dari temuan-temuan tersebut terhadap kualitas layanan klinik kecantikan. Pembahasan ini akan mencakup evaluasi model yang digunakan, interpretasi data yang diperoleh, dan evaluasi aplikasi *website* analisis sentimen.

3.2.1. Pengujian Model SVM

Hasil analisis menunjukkan model SVM dengan Kernel Linear memiliki performa lebih baik daripada Kernel RBF dengan akurasi 92% vs 90%, precision dan recall lebih tinggi, serta stabilitas dan keandalan dalam klasifikasi sentimen ulasan pelanggan. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Evaluasi Model SVM.

3.2.2. Pengujian Aplikasi *Website* Analisis Sentimen ERHA Clinic

Pengujian *alpha* dengan *black box* testing menunjukkan semua fitur berfungsi dengan baik, sementara pengujian beta pada Sistem *Sentiment Analysis* Ulasan Pelanggan Terhadap Layanan ERHA Clinic menggunakan SVM dilakukan melalui wawancara mendalam (hasil pada Tabel 1) kepada Responden (R).

Tabel 1. Hasil Pengujian Beta Aplikasi Analisis Sentimen.

No	Pertanyaan	R	Hasil	
			Setuju	Tidak
1	Bagaimana pengalaman Anda dalam menggunakan fitur login pada sistem website ini? Apakah proses login mudah dipahami dan aman?	1	V	
		2	V	
		3	V	
2		1	V	

No	Pertanyaan	R	Hasil	
			Setuju	Tidak
	Apakah Anda merasa bahwa dashboard sistem website ini memberikan informasi yang cukup untuk memantau ulasan pelanggan?	2	V	
		3	V	
		1	V	
3	Bagaimana pengalaman Anda dalam menggunakan fitur tambah data? Apakah prosesnya intuitif dan mudah dilakukan?	2	V	
		3	V	
		1	V	
4	Apakah Anda menemukan hasil analisis sentimen yang disajikan oleh sistem website ini bermanfaat? Apakah Anda merasa bahwa hasil analisis sentimen tersebut akurat dan relevan dengan ulasan pelanggan yang sebenarnya?	1	V	
		2	V	
		3	V	
5	Bagaimana pengalaman Anda dalam menggunakan fitur-fitur lainnya dalam sistem website ini, seperti fitur pencarian, pengunduhan data ulasan, atau analisis tambahan yang tersedia? Apakah Anda merasa fitur-fitur tersebut berguna dan memudahkan aktivitas Anda dalam mengelola ulasan pelanggan?	1	V	
		2	V	
		3	V	
6	Apakah Anda merasa bahwa sistem website ini memberikan nilai tambah yang cukup signifikan bagi pengelolaan ulasan pelanggan di klinik kecantikan? Jika ya, dalam hal apa Anda merasa sistem ini paling bermanfaat?	1	V	
		2	V	
		3	V	

Berdasarkan rincian tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil beta testing menunjukkan seluruh responden, yaitu sebanyak tiga orang, memberikan skor dalam kategori "Baik" dengan rentang nilai 0-3, yang merepresentasikan 100% dari total responden. Tidak ada responden yang memberikan skor dalam kategori "Kurang Baik" dengan rentang nilai 4-8, yang berarti persentasenya adalah 0%. Dengan demikian, keseluruhan hasil beta *testing* ini menunjukkan kepuasan penuh dari para responden terhadap kriteria yang diuji. Dari rincian tabel di atas, maka dapat diambil kesimpulan yang akan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Interval Hasil Pengujian Beta.

Kategori	Interval
Tidak Baik	20,0% - 36,0%
Kurang Baik	36,1% - 52,0%
Cukup	52,1% - 68,0%
Baik	68,1% - 84,0%
Sangat Baik	84,1% - 100%

Berdasarkan data pada Tabel 2, pengujian beta untuk Sistem Sentimen Analysis Ulasan Pelanggan Terhadap Layanan Klinik Kecantikan Berbasis NLP Menggunakan Algoritma SVM menunjukkan hasil Sangat Baik dengan nilai persentase responden 100%, dan sistem (laravel dan python) telah dirilis di https://github.com/nova16/analisis_sentimen_erha.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan, penulis menyimpulkan beberapa *point* penting sesuai dengan sasaran pada tujuan penelitian, di antaranya:

1. Penelitian ini menghasilkan sistem dengan halaman *login*, *dashboard*, tambah data, hasil analisis, visualisasi *pie chart*, *word cloud*, memenuhi spesifikasi melalui *alpha testing*, dan dinilai sangat baik (84,1%-100%) oleh responden dalam *beta testing*.
2. Metode NLP dan SVM digunakan dalam analisis sentimen, dengan pembobotan TF-IDF menunjukkan kata "layak", "bagus", dan "ramah" paling banyak muncul. *Kernel Linear SVM* memiliki performa terbaik dengan akurasi rata-rata 92%, precision 69%, recall 56%, dan f-measure 58%.

Daftar Pustaka

- [1] J. Sevilla, L. Heim, A. Ho, T. Besiroglu, M. Hobbhahn, and P. Villalobos, "Compute Trends Across Three Eras of Machine Learning," in 2022 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), IEEE, Jul. 2022, pp. 1–8. doi: 10.1109/IJCNN55064.2022.9891914.
- [2] K. Berggren et al., "Roadmap on emerging hardware and technology for machine learning," Nanotechnology, vol. 32, no. 1, Oct. 2020, doi: 10.1088/1361-6528/aba70f.
- [3] Y. Zhang and Q. Ni, "Recent advances in quantum machine learning," Quantum Engineering, vol. 2, no. 1, Mar. 2020, doi: 10.1002/que2.34.
- [4] B. Chander, "Advances of Quantum Machine Learning," 2021, pp. 257–275. doi: 10.4018/978-1-7998-6677-0.ch013.
- [5] T. Gao and W. Lu, "iScience Machine learning toward advanced energy storage devices and systems," 2021, doi: 10.1016/j.isci.

-
- [6] S. T. N, “Machine Learning for Database Management Systems,” *International Journal of Engineering and Computer Science*, vol. 9, no. 08, pp. 25132–25147, Aug. 2020, doi: 10.18535/ijecs/v9i08.4520.
- [7] L. Patel, T. Shukla, X. Huang, D. W. Ussery, and S. Wang, “Machine Learning Methods in Drug Discovery,” *Molecules*, vol. 25, no. 22, Nov. 2020, doi: 10.3390/MOLECULES25225277.
- [8] D. M. Ahmed, A. M. Abdulazeez, D. Q. Zeebaree, and F. Y. H. Ahmed, “Predicting University’s Students Performance Based on Machine Learning Techniques,” in *2021 IEEE International Conference on Automatic Control & Intelligent Systems (I2CACIS)*, IEEE, Jun. 2021, pp. 276–281. doi: 10.1109/I2CACIS52118.2021.9495862.
- [9] Y. Lai, “Application of Data Mining Technology in Intelligent System of Machine Learning,” in *2022 Second International Conference on Advanced Technologies in Intelligent Control, Environment, Computing & Communication Engineering (ICATIECE)*, IEEE, Dec. 2022, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICATIECE56365.2022.10047825.
- [10] L. Yu, X. Zhao, J. Huang, H. Hu, and B. Liu, “Research on Machine Learning with Algorithms and Development,” *Journal of Theory and Practice of Engineering Science*, vol. 3, no. 12, pp. 7–14, Dec. 2023, doi: 10.53469/jtpes.2023.03(12).02.
- [11] N. Antulov-Fantulin and P. N. Kolm, “Advances of Machine Learning Approaches for Financial Decision Making and Time-Series Analysis: A Panel Discussion,” *The Journal of Financial Data Science*, vol. 5, no. 2, pp. 146–155, Apr. 2023, doi: 10.3905/jfds.2023.1.123.
- [12] W. Fan et al., “Machine learning applied to the design and inspection of reinforced concrete bridges: Resilient methods and emerging applications,” *Structures*, vol. 33, pp. 3954–3963, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.istruc.2021.06.110.