



KLASIFIKASI INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA (IPM) DI PULAU SUMATERA PADA DATASET *MULTI-CLASS* DENGAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* (ANN)

M. Fathurrahman^{1*}, Nurul Qisthi²

¹Magister Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro (UDINUS), Semarang

²Magister Statistika Terapan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran (UNPAD), Bandung

*Alamat Korespondensi: p31202002318@mhs.dinus.ac.id, nurul16022@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan yang tidak merata di Indonesia dapat dilihat dari Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di kabupaten/kota yang sangat berbeda. IPM kategori tinggi hingga sangat tinggi hanya tersedia di provinsi/kota besar di Indonesia, karena instansi/kota besar tersebut memiliki fasilitas kesehatan, pendidikan, dan ekonomi yang lengkap. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan akurasi 2 metode klasifikasi yaitu *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Support Vector Machine* (SVM) untuk mendapatkan metode klasifikasi data IPM terbaik di kabupaten/kota pulau Sumatera tahun 2020 ini. Studi memberikan hasil bahwa nilai presisi dari *Artificial Neural Network* (ANN) dan metode *Support Vector Machine* (SVM) masing-masing adalah 97,4 % dan 53,25 %. Oleh karena itu, metode *Artificial Neural Network* dapat digunakan untuk menentukan peringkat indeks pembangunan manusia (IPM) di pulau Sumatera, karena nilai presisi metode *Artificial Neural Network* (ANN) lebih tinggi daripada nilai presisi metode *Support Vector Machine* (SVM).

© 2021 Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI

Kata kunci: IPM, *Artificial Neural Network*, *Support Vector Machine*, Akurasi

PENDAHULUAN

Menurut (United Nations Development Programme, 2019), manusia adalah kekayaan negara yang sebenarnya. Oleh karena itu, tujuan utama pembangunan adalah menciptakan lingkungan dimana masyarakat dapat menikmati umur panjang, sehat dan produktif. Sederhana, tetapi sering dilupakan oleh berbagai kesibukan jangka pendek untuk mengumpulkan harta dan uang (United Nations Development Programme, 2019).

Konsep pembangunan manusia dan konsep pembangunan sangat berbeda. Konsep pembangunan manusia mencakup dimensi yang sangat luas. Menurut (United Nations Development Programme, 2019), pembangunan manusia merupakan salah satu proses perluasan pilihan bagi masyarakat (*a process of enlarging people's choices*). Kebijakan pembangunan yang tidak memperhatikan peningkatan taraf hidup masyarakat akan tertinggal dibandingkan daerah yang satu dengan daerah lainnya. Diantara 17 tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs)

terdapat berbagai tujuan terkait pembangunan manusia, dan melalui *Sustainable Development Goals* (SDGs), tujuan dan sasaran pembangunan manusia terus dikembangkan. Di dalam sebuah peningkatan, tentunya diperlukan sebuah ukuran dalam penghitungannya. *United Nations Development Programme* (UNDP) menggunakan tiga dimensi untuk mengukur pembangunan manusia: umur panjang dan hidup sehat, pengetahuan, dan standar hidup yang layak. Umur panjang dan hidup sehat adalah dimensi kesehatan, pengetahuan adalah dimensi pendidikan, dan standar hidup yang layak adalah dimensi ekonomi.

Pembangunan di Indonesia yang belum merata terlihat dari Indeks Pembangunan Manusia (IPM) kabupaten/kota yang sangat beragam (Matdoan, 2020). Menurut (BPS, 2020), IPM dibagi menjadi 4 kategori: rendah (< 60), sedang ($60 \leq \text{IPM} < 70$), tinggi ($70 \leq \text{IPM} < 80$), dan sangat tinggi (≥ 80). Indeks IPM tinggi hingga sangat tinggi hanya tersedia di kabupaten/kota besar di Indonesia. Karena, kabupaten/kota besar

ini memiliki fasilitas kesehatan, pendidikan, dan keuangan yang memadai.

Data mining adalah proses untuk mencari nilai tambah secara manual berupa pengetahuan yang tidak diketahui dari kumpulan data yang sangat besar. Data mining memiliki algoritma klasifikasi yang merupakan operasi yang memisahkan beberapa entitas ke dalam kelas yang berbeda (Irmawati et al., 2020) (Kranjčić, Medak, Župan, & Rezo, 2019). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan akurasi data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) antara dua metode klasifikasi yaitu *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Support Vector Machine* (SVM) untuk mendapatkan metode klasifikasi yang terbaik.

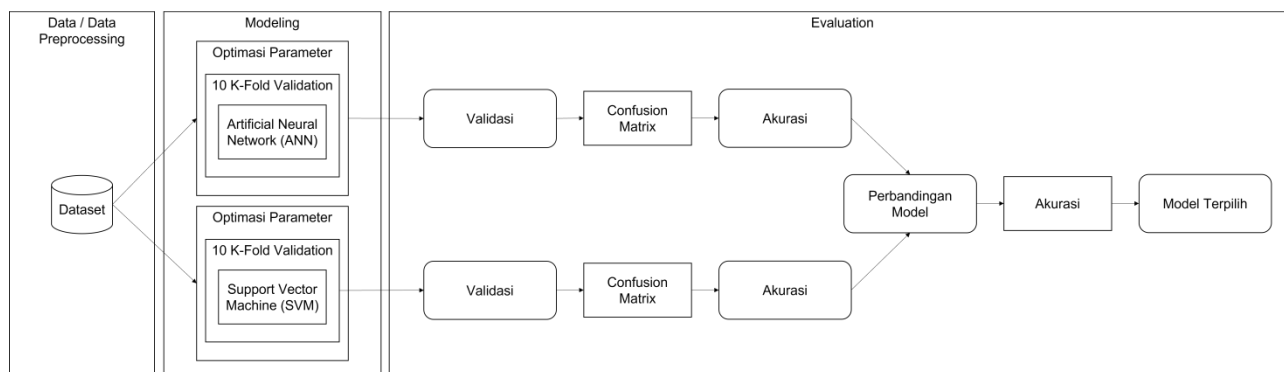
Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan yaitu tentang "Klasifikasi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada Provinsi Jawa Tengah menggunakan Metode *k-Nearest Neighbour* (k-NN) dan *Support Vector Machine* (SVM)" oleh (Fauzi, 2017) menghasilkan perbandingan akurasi klasifikasi sebesar 91.64 % pada metode *k-Nearest Neighbour* (k-NN) dan sebesar 95.36 % pada metode *Support Vector Machine* (SVM), maka disimpulkan bahwa metode yang tepat untuk Klasifikasi IPM pada Provinsi Jawa Tengah adalah *Support Vector Machine* (SVM) dengan akurasi mencapai 95.36 %. Selain itu, penelitian lain tentang "Perbandingan Metode *Support Vector Machine* (SVM) dan *Neural Network* (NN) untuk Tingkat Akurasi Prediksi Tertinggi Harga Saham" oleh (Kusumodestoni & Sarwido, 2017) didapatkan akurasi prediksi menggunakan metode RMSE pada model *Neural Network* (NN) sebesar 0.503 +/- 0.009 (micro 503) dan model *Support Vector Machine* (SVM) sebesar 0.477 +/- 0.008 (micro 0477), kemudian dapat disimpulkan bahwa model *Neural Network* (NN) memiliki trend prediksi lebih besar dari pada model *Support Vector Machine* (SVM). Kemudian pada penelitian yang dilakukan (Sihombing, 2020) tentang "Klasifikasi Kinerja Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Indonesia menggunakan Komparasi model *Artificial Neural Network*

(ANN) dan *Support Vector Machine* (SVM)" dijelaskan bahwa model *Artificial Neural Network* (ANN) memiliki nilai akurasi 83.93 % dan nilai presisi sebesar 86.36 % sedangkan model *Support Vector Machine* (SVM) memiliki nilai akurasi 82.14 % dan nilai presisi sebesar 80 %. Sehingga dapat di ambil kesimpulan bahwa model *Artificial Neural Network* (ANN) dapat digunakan untuk memprediksi kinerja Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Indonesia. Namun, belum adanya penelitian tentang studi kasus Klasifikasi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan metode *Artificial Neural Network* (ANN) serta *Support Vector Machine* (SVM), maka dalam penelitian ini akan mencoba meneliti tentang klasifikasi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Support Vector Machine* (SVM). Pada penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat akurasi dari model *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Support Vector Machine* (SVM).

METODE

Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen dengan dua macam metode klasifikasi, yaitu *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Support Vector Machine* (SVM). Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan *software RapidMiner Studio Version 9.3*. Hasil dari klasifikasi dari dua metode tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan metode terbaik berdasarkan nilai akurasi yang paling tinggi.

Tahapan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Pemodelan menggunakan Dataset. Dataset ini diperlukan sebagai data *training* dan data *testing* untuk klasifikasi. Setiap sampel Dataset memiliki atribut dan kelas atau label. Algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Support Vector Machine* (SVM) menggunakan Dataset yang sama dengan atribut dan label untuk menghasilkan model yang akan digunakan. Model akan di uji menggunakan metode *k-Fold Cross Validation* sebanyak 10 kali. Verifikasi diwakili oleh *Confusion Matrix* untuk menghitung akurasi model secara keseluruhan.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

DATA

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari berbagai hasil survei yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik dengan unit observasi 154 kabupaten/kota yang ada di pulau Sumatera. Periode waktu yang digunakan adalah tahun 2020 (Badan Pusat Statistik, 2020). Di dalam penelitian ini terdapat variabel Status IPM sebagai label yang terdiri dari 3 kelas dan variabel Angka Harapan Hidup (AHH), *Expected Year School* (EYS) atau harapan lama sekolah, *Mean Year School* (MYS) atau rata-rata lama sekolah, dan pengeluaran per kapita yang disesuaikan sebagai atribut (Talakua, Leleury, & Talluta, 2017).

DATA PREPARATION

Data Preparation atau sering juga disebut *Data Preprocessing* merupakan sebuah proses persiapan data sebelum diolah menggunakan metode analisis dalam *data mining* (Kusumodestoni & Sarwido, 2017). Persiapan data dapat berupa seleksi, pembersihan, atau transformasi data ke dalam wujud yang dikehendaki. Satu set himpunan data dalam *data mining* terdiri dari objek data yang disebut sebagai sampel/contoh/*tuple* dan data field atau atribut yang merepresentasikan karakteristik/fitur dari objek. Atribut spesial yang merupakan target dalam analisis klasifikasi disebut sebagai label.

MODELLING

Proses ini memuat algoritma klasifikasi dari data yang telah dipersiapkan sebelumnya. Pada tahap ini akan dilakukan pembentukan model yang dapat membedakan kelas data. Data dibagi menjadi dua jenis dataset yang berasal dari data hasil *preprocessing* yaitu *training data* dan *testing data*. *Training data* merupakan dataset yang digunakan untuk membangun model. *Testing data* merupakan dataset yang digunakan untuk menghitung *performance* dari model yang terbentuk. *Performance* dari model tersebut diukur dengan membandingkan label data sebenarnya dengan label data hasil prediksi (Tomasevic, Gvozdenovic, & Vranes, 2020). Pembentukan kedua jenis dataset tersebut dapat menggunakan metode *k-Fold Cross Validation* yang merupakan bentuk dari *resampling* yang mengambil beberapa sampel dari keseluruhan observasi dan menjadikannya sebagai *training data* untuk model. Setelah dua jenis *dataset* tersebut terbentuk, dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma *Artificial Neural Network* dan *Support Vector Machine*.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)

Artificial Neural Network (ANN) merupakan tipe jaringan saraf tiruan yang memodelkan sistem saraf otak untuk melaksanakan tugas pengenalan pola, khususnya klasifikasi (Sihombing, 2020). Algoritma *Backpropagation* ANN adalah sebagai berikut:

1. Inialisasi semua bobot serta menentukan fungsi aktivasi dan *learning rate*.
2. Aktivasi jaringan dengan menerapkan input dan output.
3. Memperbarui bobot dengan mengoreksi bobot saat error dikembalikan sesuai arah kembalinya sinyal output.
4. Iterasi dilakukan hingga error pada bobot lebih kecil dari nilai yang dikehendaki.

SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

Support Vector Machine (SVM) adalah sebuah metode pengelompokan diskriminatif dengan menggunakan sebuah *hyperplane* pemisah. SVM menganalisis *hyperplane* paling optimal dalam menggambarkan klasifikasi kelompok (Kranjčić et al., 2019) (Fauzi, 2017). Beberapa parameter yang digunakan dalam optimasi parameter adalah sebagai berikut:

1. Kernel merupakan fungsi yang digunakan untuk membentuk fungsi *hyperplane* pemisah.
2. C menunjukkan seberapa besar kemungkinan menghindari misklasifikasi.
3. *Gamma* mendefinisikan seberapa dekat dataset yang terjangkau sebagai *support vector* dengan *hyperplanenya*.

EVALUATION

Evaluasi dilakukan untuk memilih metode klasifikasi yang mana yang dapat menghasilkan tingkat akurasi tertinggi dengan memperhatikan *Confusion Matrix*. *Confusion Matrix* merupakan sebuah alat untuk mengetahui sejauh mana pengklasifikasian dapat mengenal atau memprediksi kelas data (Rahmad, Suryanto, & Ramli, 2020). *Confusion Matrix* berukuran *mx* dimana *m* merupakan jumlah kelas. Bagian kolom diisi oleh label aktual untuk tiap kelas, sementara bagian baris diisi oleh label kelas hasil prediksi. Seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Confusion Matrix

Prediction	Actual		Total
	+	-	
+	True Positive (TP)	False Negative (FN)	P'
-	False Positive (FP)	True Negative (TN)	N'
Total	P	N	P + N = P' + N'

Akurasi merupakan persentase dari jumlah *tuple* dalam *data testing* yang diklasifikasikan dengan benar oleh classifier.

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{P+N} \tag{1}$$

$$Error Rate = 1 - Akurasi = \frac{FP + FN}{P + N} \tag{2}$$

persentase *tuple* positif yang dilabeli sebagai positif atau disebut juga ukuran kelengkapan.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FN} = \frac{TP}{P'} \tag{3}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FP} = \frac{TP}{P} \tag{4}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur dari data yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen dengan dua macam metode klasifikasi, yaitu *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Support Vector Machine* (SVM). Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan *software*

Ukuran lain yang dapat digunakan dalam mengevaluasi pengklasifikasian adalah *precision* dan *recall*. *Precision* merupakan persentase *tuple* yang dilabeli sebagai positif adalah benar pada kenyataannya atau disebut juga sebagai ukuran kepastian. *Recall* merupakan

RapidMiner Studio Version 9.3. Hasil dari klasifikasi dari dua metode tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan metode terbaik berdasarkan nilai akurasi yang paling tinggi. Untuk keperluan pemodelan dan evaluasi model, data dibagi menjadi data *training* dan data *testing*. Dalam hal ini, digunakan metode *10-folds* untuk

melakukan *cross-validation*. Data dibagi ke dalam 10 kelompok secara acak, 9 kelompok akan menjadi data *training* dan 1 kelompok lainnya menjadi data *testing*. Proses ini dilakukan 10 kali hingga masing-masing kelompok pernah menjadi data *testing*.

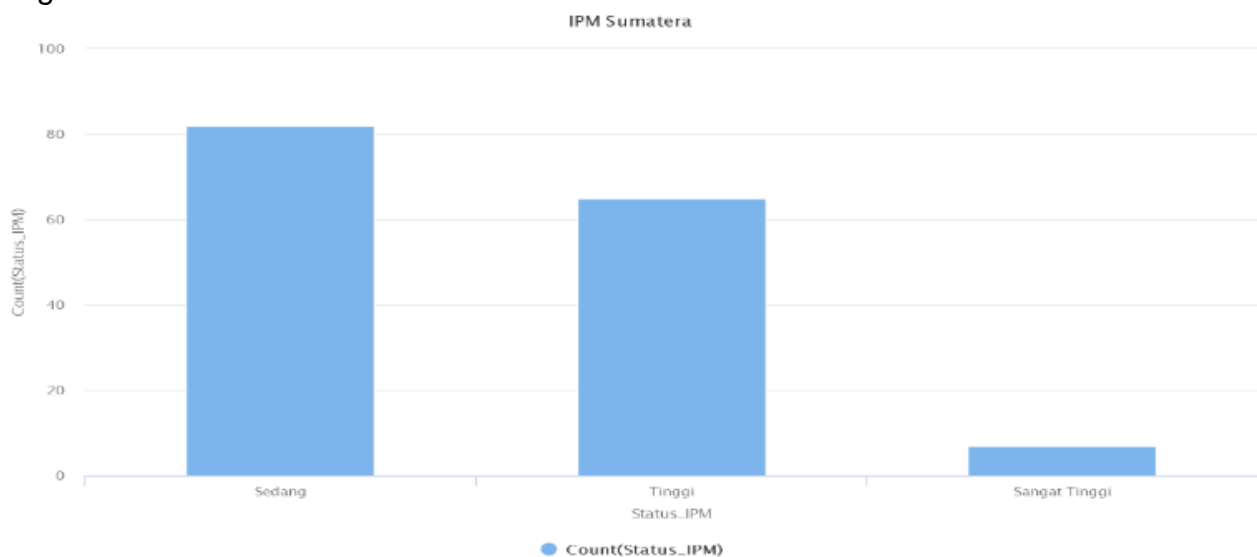
Tabel 2. Struktur Data

Atribut	Definisi	Kategori	Skala
Status_IPM	Indeks Pembangunan Manusia	1 = Sedang 2 = Tinggi 3 = Sangat Tinggi	Polinomial
AHH	Angka Harapan Hidup	-	Rasio
EYS	Harapan Lama Sekolah	-	Rasio
MYS	Rata-rata Lama Sekolah	-	Rasio
Pengeluaran	Pengeluaran per kapita yang disesuaikan	-	Rasio

ANALISA DESKRIPTIF

Rata-rata IPM di Pulau Sumatera pada tahun 2020 adalah sebesar 70.69 dengan kategori tinggi. IPM tertinggi sebesar 85.41 yang berada di Kota Banda Aceh

sedangkan IPM terendah sebesar 61.09 berada di Kabupaten Kepulauan Mentawai. Berikut adalah jumlah klasifikasi kabupaten/kota di Pulau Sumatera.



Gambar 2 Diagram Klasifikasi Kabupaten/Kota Di Pulau Sumatera

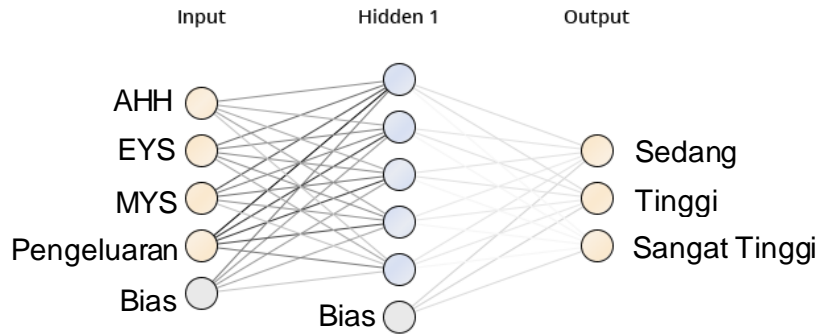
Berdasarkan gambar 2 di atas, kabupaten/kota di Pulau Sumatera pada tahun 2020 yang tergolong ke dalam

kategori sedang terdapat 82 kabupaten/kota, 65 kabupaten/kota tergolong ke dalam kategori tinggi dan 7

kabupaten/kota masuk ke dalam kategori sangat tinggi.

Artificial Neural Network yang dihasilkan menggunakan tiga *layer* yang terdiri dari *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer* seperti pada Gambar 3.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)



Gambar 3 *Artificial Neural Network*

Layer pertama merupakan input layer yang terdiri dari 5 simpul, yaitu 4 simpul atribut predictor (AHH, EYS, MYS, dan Pengeluaran) dan 1 simpul bias. Layer kedua merupakan hidden layer yang terdiri dari 5 simpul dan 1 simpul bias. Layer ketiga merupakan output layer yang memiliki 3 simpul yang mewakili kelas pada atribut Status_IPM, yaitu sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

dengan tepat masuk ke dalam kategori IPM tinggi, dan 6 kabupaten/kota terprediksi dengan tepat masuk ke dalam kategori IPM sangat tinggi. Sementara itu, terdapat 2 kabupaten/kota diprediksi IPM sedang tetapi ternyata masuk ke dalam IPM tinggi, serta 1 kabupaten/kota diprediksi IPM tinggi tetapi ternyata masuk ke dalam IPM sedang, dan 1 kabupaten/kota diprediksi IPM tinggi tetapi ternyata masuk ke dalam IPM sangat tinggi.

Hasil pengujian data *training* dengan metode *Artificial Neural Network* (ANN) memiliki akurasi sebesar 97.4%. Berdasarkan tabel *Confusion Matrix* yang disajikan pada Tabel 3, dari 154 data kabupaten/kota di Pulau Sumatera, terdapat 81 kabupaten/kota yang diprediksi dengan tepat masuk ke dalam kategori IPM sedang, 63 kabupaten/kota terprediksi

Berdasarkan gambar di atas, kabupaten/kota di Pulau Sumatera pada tahun 2020 yang tergolong ke dalam kategori sedang terdapat 82 kabupaten/kota, 65 kabupaten/kota tergolong ke dalam kategori tinggi dan 7 kabupaten/kota masuk ke dalam kategori sangat tinggi.

Tabel 3. Confusion Matrix Artificial Neural Network

	True Sedang	True Tinggi _i	True Sangat Tinggi
Pred. Sedang	81	2	0
Pred. Tinggi	1	63	1
Pred. Sangat Tinggi	0	0	6

SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

Metode *Support Vector Machine* (SVM) yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan dengan cara uji coba menggunakan parameter kernel *Radial*

Basis Function (RBF) (Fauzi, Yamin, & Wahyu, 2017) serta nilai parameter Gamma dan C yang digunakan adalah 0.1, 1, dan 10. Hasil dari percobaan tersebut ditunjukkan melalui Tabel 4.

Tabel 4. SVM Berdasarkan Parameter

Kerne	Parameter		Akurasi
	I	Gamma C	
RBF	1	0.1	0.534
		0.1	0.534
		0.1	0.532
		1	0.533
	10	1	0.533
		1	0.532
		10	0.534
		10	0.528
		10	0.533

Hasil pengujian data *training* dengan metode *Support Vector Machine* (SVM) memiliki akurasi sebesar 53.25%. Berdasarkan tabel *Confusion Matrix* yang disajikan pada Tabel 5, dari 154 data kabupaten/kota di Pulau Sumatera, terdapat 82 kabupaten/kota yang diprediksi dengan tepat masuk ke dalam kategori IPM sedang, sedangkan tidak ada

kabupaten/kota terprediksi dengan tepat masuk ke dalam kategori IPM tinggi dan sangat tinggi. Sementara itu, terdapat 65 kabupaten/kota diprediksi IPM sedang tetapi ternyata masuk ke dalam IPM tinggi dan 7 kabupaten/kota diprediksi IPM sedang tetapi ternyata masuk ke dalam IPM sangat tinggi.

Tabel 5. *Confusion Matrix Support Vector Machine*

	True Sedang	True Tinggi	True Sangat Tinggi
Pred. Sedang	82	65	7
Pred. Tinggi	0	0	0
Pred. Sangat Tinggi	0	0	0

PERBANDINGAN METODE

Berdasarkan hasil analisis dari kedua metode, maka nilai akurasi dari masing-

masing metode dibandingkan, kemudian hasil dari perbandingan akurasi masing-masing model dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Akurasi

Metode	Akurasi
<i>Artificial Neural Network</i>	97.4%
<i>Support Vector Machine</i>	53.25%

Dari tabel 6 di atas terlihat bahwa nilai akurasi metode *Artificial Neural Network* (ANN) lebih tinggi yaitu 97.4% dibandingkan dengan nilai akurasi metode *Support Vector Machine* (SVM) sebesar 53.25%. Oleh karena itu, hasil klasifikasi dari metode *Artificial Neural Network* (ANN) dapat diterapkan untuk mengklasifikasi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Pulau Sumatera.

PENUTUP

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode *Artificial Neural Network* dan *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengklasifikasikan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Pulau Sumatera. Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini didapatkan nilai akurasi untuk metode *Artificial Neural Network* (ANN) sebesar 97.4%, sedangkan nilai akurasi untuk metode *Support Vector Machine*

(SVM) sebesar 53.25%. Dari kedua nilai akurasi pada masing-masing metode tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa metode *Artificial Neural Network* (ANN) dapat digunakan untuk mengklasifikasikan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Pulau Sumatera karena nilai akurasi pada metode *Artificial Neural Network* (ANN) lebih tinggi dibandingkan nilai akurasi pada metode *Support Vector Machine* (SVM).

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2020). Indeks Pembangunan Manusia.
- Fauzi, Fatkhurokhan. (2017). K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Support Vector Machine (SVM) untuk Klasifikasi Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Mipa*, 40(2), 118–124.
- Fauzi, Fatkhurokhan, Yamin, Moh, & Wahyu, Tiani. (2017). Klasifikasi Indeks Pembangunan Manusia Kabupaten / Kota Se-Indonesia dengan Pendekatan Smooth Support Vector Machine (SSVM) Kernel Radial Basis Function (RBF). *Seminar Nasional Pendidikan, Sains Dan Teknologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang*, 88–97. Retrieved from <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/psn/12012010/article/view/2986>
- Irmawati, Irmawati, Zainudin, Zahir, & Yuyun, Yuyun. (2020). Data Mining Untuk Penentuan Model Kelulusan Murid Sma Pada Perguruan Tinggi Negeri; Studi Kasus Di lain Bone. *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 3(2), 113–118. <https://doi.org/10.33387/jiko.v3i2.1800>
- Kranjčić, Nikola, Medak, Damir, Župan, Robert, & Rezo, Milan. (2019). Support Vector Machine accuracy assessment for extracting green urban areas in towns. *Remote Sensing*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/rs11060655>
- Kusumodestoni, R. Hadapiningradja, & Sarwido, Sarwido. (2017). Komparasi Model Support Vector Machines (Svm) Dan Neural Network Untuk Mengetahui Tingkat Akurasi Prediksi Tertinggi Harga Saham. *Jurnal Informatika Upgris*, 3(1). <https://doi.org/10.26877/jiu.v3i1.1536>
- Matdoan, Muhammad Yahya. (2020). Penerapan Analisis Cluster Dengan Metode Hierarki Untuk Klasifikasi Kabupaten/Kota Di Provinsi Maluku Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia. *Statmat: Jurnal Statistika Dan Matematika*, 2(2), 20. <https://doi.org/10.32493/sm.v2i2.4740>
- Rahmad, F., Suryanto, Y., & Ramli, K. (2020). Performance Comparison of Anti-Spam Technology Using Confusion Matrix Classification. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 879(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/879/1/012076>
- Sihombing, Pardomuan Robinson. (2020). Perbandingan Metode Artificial Neural Network (ANN) dan Support Vector Machine (SVM) untuk Klasifikasi Kinerja Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Indonesia. *Jurnal Ilmu Komputer*, 13(1), 9. <https://doi.org/10.24843/jik.2020.v13.i01.p02>
- Talakua, M. W., Leleury, Z. A., & Talluta, A. W. (2017). Analisis Cluster Dengan Menggunakan Metode Provinsi Maluku Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia Tahun 2014 Cluster Analysis By Using K-Means Method for Grouping of District / City in Maluku Province Industrial Based on Indicators of Maluku Dev. *Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 11, 119–128.
- Tomasevic, Nikola, Gvozdenovic, Nikola, & Vranes, Sanja. (2020). An overview and comparison of supervised data mining techniques for student exam performance prediction. *Computers and Education*, 143(February 2019), 103676. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103676>
- United Nations Development Programme. (2019). Human Development Report 2019: beyond income, beyond averages, beyond today. In *United Nations Development Program*.