

---

## KAJIAN KINERJA METODE SUPPORT VECTOR MACHINE DAN NEURAL TANGENT KERNEL UNTUK MEMPREDIKSI HASIL UJIAN SISWA

**Suryanto, Pahala Sirait, Andri**

STMIK Mikroskil, Jl. Thamrin No. 112, 124, 140, Telp. (061) 4573767, Fax. (061) 4567789

Jurusan Magister Teknologi Informasi, STMIK Mikroskil, Medan

e-mail: pahala@mikroskil.ac.id, andri@mikroskil.ac.id, synt333@gmail.com

---

### Abstrak

Data mining adalah salah satu teknik yang sangat populer dan bagus untuk prediksi. Salah satu algoritma yang sangat populer dalam data mining adalah SVM. Tetapi SVM ini memiliki kelemahan dalam menambang data-data yang besar. Untuk mengatasi hal ini terdapat metode kernel dimana salah satu metode kernel yang terbaru adalah *Neural Tangent Kernel (NTK)*. Kombinasi penggunaan SVM dan NTK dapat digunakan dalam prediksi. Penelitian ini mengkaji metode SVM dikombinasikan dengan NTK dalam menambang *Open Learning University Dataset* yang merupakan *Dataset* pembelajaran online negara Inggris yang memiliki database besar dan tersertifikasi. Hasil akurasi prediksi penelitian ini diukur dengan 10 Fold Validation menunjukkan hasil yang memuaskan yaitu akurasi dari Kondisi ( 85.23 % ) lalu Performa ( 84.03 % ) dan yang terakhir adalah Demografi ( 73.17 % ).

**Kata kunci:** SVM, NTK, Data Mining

### Abstract

*Data mining is one technique that is very popular and great for prediction. One of the algorithms that are very popular in data mining is SVM. But this SVM has a weakness in mining big data. To overcome this, there is a kernel method where one of the newest kernel methods is the Neural Tangent Kernel (NTK). The combination of the use of SVM and NTK can be used in prediction. This study examines the SVM method combined with NTK in mining the Open Learning University Dataset which is the UK's online learning dataset which has a large and certified database. The results of the prediction accuracy of this study measured by 10 Fold Validation showed satisfactory results, namely the accuracy of Condition (85.23%) then Performance (84.03%) and the last one was Demography (73.17%).*

**Keywords:** SVM, NTK, Data Mining.

### 1. Pendahuluan

Support Vector Machine (SVM) merupakan salah satu teknik Data Mining untuk klasifikasi yang sangat terkenal dalam pattern classification dan machine learning karena keandalannya dalam klasifikasi data multi dimensi (Kranjčić et al., 2019). SVM lemah terhadap Dataset Besar. Sehingga penelitian dalam bidang pendidikan yang penulis temukan hampir semuanya menggunakan Dataset kecil untuk ditambang dengan metode SVM.

Dalam studi jaringan saraf tiruan (JST), Neural Tangent Kernel (NTK) adalah kernel yang menjelaskan evolusi jaringan saraf tiruan dalam selama pelatihan mereka dengan penurunan gradien. Hal ini memungkinkan JST untuk dipelajari menggunakan alat teoritis dari Metode Kernel. NTK diperkenalkan pada tahun 2018 oleh Arthur Jacot, Franck Gabriel dan Clément Hongler. (Jacot et al, 2018). NTK merupakan metode yang baru saja ditemukan. Sehingga penulis hampir tidak bisa menemukan penelitian yang mengkombinasikan metode SVM dengan NTK sebagai trik kernelnya. Jika dibidang pendidikan penulis belum menemukan satupun penelitian yang memprediksi hasil ujian dengan metode SVM dan NTK.

Dataset Oulad merupakan database pembelajaran online yang besar dan harus diolah terlebih dahulu baru dapat digunakan, untuk Indonesia pembelajaran online tidak begitu terkenal sehingga belum penulis temukan penelitian dengan Dataset pembelajaran Online.

### 2. Landasan Teori

(Bydžovská, 2016) melakukan penelitian bertujuan untuk memprediksi nilai akhir siswa dalam mata pelajaran tertentu dengan menggunakan teknik data mining. Penelitian ini menggunakan beberapa metode data mining. Penelitian ini menyimpulkan SVM adalah metode terbaik dalam penelitian ini.

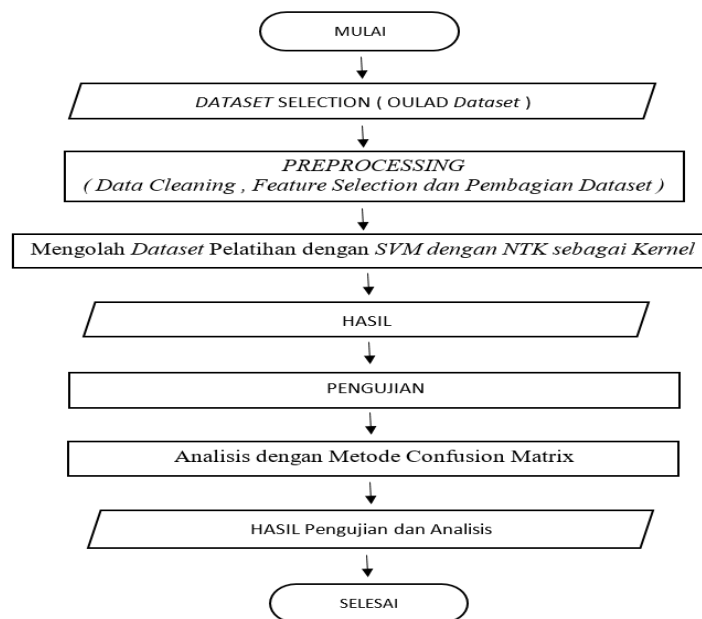
Kuzilek, et al, (2017) melakukan penelitian dengan judul “Data Descriptor: Open University Learning Analytics Dataset”. Penelitian ini bertujuan untuk membahas mengenai Dataset Oulad yang akan penulis gunakan

untuk melakukan penelitian ini. Penelitian ini menjelaskan apakah itu Dataset Oulad , bagaimana cara mendapatkannya, apa saja isi Dataset tersebut. Dalam penelitian ini juga dijelaskan bagaimana Dataset tersebut dapat dikumpulkan sambil tetap menjaga privasi dari pemberi data. Kesimpulannya adalah Dataset Oulad merupakan Dataset yang sangat bagus untuk digunakan untuk penelitian dan sudah tersertifikasi Open Data Institute. Dalam hal ini penulis melihat pemecahan untuk masalah kurangnya jumlah data yang dilakukan pada penelitian sebelumnya dan sangat tertarik dengan keunikan Dataset ini yang berisikan data pembelajaran online. Kebetulan pada masa pademi corona ini pembelajaran online sedang melonjak popularitasnya. Jacot, et al, (2018) melakukan penelitian dengan judul “Neural Tangent Kernel: Convergence and generalization in neural networks”. Tujuan dari penelitian tersebut adalah memperkenalkan alat baru untuk mempelajari JST, Neural Tangent Kernel (NTK), yang menjelaskan dinamika lokal JST selama penurunan gradien. Ini mengarah ke koneksi baru antara ANN pelatihan dan metode kernel. Hasil dari penelitian adalah kinerja JST dapat secara drastis meningkat saat lebar lapisannya bertambah besar. NTK menjelaskan evolusi jaringan saraf di bawah penurunan gradien dalam ruang fungsi. Perspektif ini adalah pemahaman tentang bagaimana jaringan saraf berkembang dalam ruang parameter, karena NTK didefinisikan dalam istilah gradien keluaran JST sehubungan dengan parameternya. Dalam batas lebar yang tak terhingga, hubungan antara kedua perspektif ini menjadi sangat menarik. Peneliti ini dan rekannya juga menjelaskan dalam penelitiannya dan menerangkan di video youtube bahwa NTK sangat bagus dikombinasikan dengan SVM.

Tomasevic, et al, (2020) melakukan penelitian dengan judul “An overview and comparison of supervised data mining techniques for student exam performance prediction”. Tujuan penelitian tersebut yaitu untuk menyediakan analisa perbandingan dari teknik supervised machine learning yang diaplikasikan untuk menyelesaikan prediksi perfoma ujian murid. tugas prediksi kinerja ujian siswa, yaitu menemukan siswa pada "risiko tinggi" untuk Drop Out, dan memprediksi pencapaian masa depan mereka, seperti misalnya, hasil ujian akhir. Data uji menggunakan Kumpulan data Open University Learning Analytics (OULAD).

### 3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan untuk memprediksi hasil ujian siswa dengan algoritma SVM dipadukan dengan NTK. Berikut ini akan dijelaskan tahapan-tahapan metode penelitian yang akan dilakukan antara lain dapat dilihat pada Gambar berikut:



**Gambar 1 Diagram Metode Penelitian**

#### Dataset Selection

Melakukan pemilihan Dataset. Tahap ini menyediakan Dataset untuk training dan testing. Dataset yang digunakan berupa Kumpulan data Open University Learning Analytics (OULAD) berisi subset data siswa Open University (OU) dari tahun 2013 dan 2014. Data tersebut mencakup data demografi siswa dan data interaksi dengan Virtual Learning Environment (VLE) universitas. . Dataset berisi 22 modul-presentasi dengan 32.593 siswa terdaftar dan tersedia secara gratis di [https://analyse.kmi.open.ac.uk/open\\_Dataset](https://analyse.kmi.open.ac.uk/open_Dataset). OULAD telah disertifikasi oleh Open Data Institute (<http://theodi.org/>). Untuk lebih ringkasnya Dataset berisi 32.593 data dengan atribut yang sangat banyak.

Untuk mereduksi atribut diperlukan tahap selanjutnya yaitu Preprocessing. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan Dataset dari modul dengan kode AAA.

### Preprocessing

Dataset Oulad merupakan database yang terdiri dari 7 file. Jika kita download Dataset ini dari sumbernya maka hanya terdapat 1 file zip bernama anonymisedData dengan 7 file berekstensi csv di dalamnya yang hanya dapat dibuka dengan Software Data Mining. Tahap preprocessing data merupakan tahapan sangat penting di data mining berkaitan dengan durasi waktu yang digunakan dalam proses pengujian agar meningkatkan keakuratan dan efisiensi pemodelan data. Tahapan dalam preprocessing dalam penelitian ini adalah :

1. Menggabungkan 7 File csv ke dalam satu file excel terlebih dahulu. Dalam penggabungan ini dipilih field-field yang akan digunakan dalam penambahan data.
2. Data cleaning yang merupakan langkah pembersihan data yang tidak valid, data kosong, data ganda, menghapus catatan yang tidak wajar. Pada Data cleaning penulis menggunakan metode seperti murid yang mendaftar pada kursus tetapi tidak mengikuti ujian dan sejenisnya agar tidak merusak hasil penelitian. Pada data cleaning ini kita dapat menggunakan metode seperti :
  - Menggunakan metode Duplicate Elimination untuk mengatasi duplikasi data.
  - Menggunakan metode inconsistency detection untuk mengatasi data yang tidak konsisten.
  - Menggunakan metode Handling Missing Entries untuk mengatasi data kosong.
3. Feature Selection merupakan salah satu teknik data mining yang umum digunakan pada tahapan pre-processing. Dalam penelitian ini penulis menggunakan teknik Feature Selection Filtler Approach yaitu fitur-fitur dipilih sebelum algoritma dijalankan. Teknik ini digunakan untuk mengurangi kompleksitas atribut yang akan dikelola pada processing dan analisis. Teknik ini dilakukan untuk mengetahui subset fitur yang paling signifikan dari data set . Pemilihan fitur sering digunakan untuk pengurangan dimensi model. Pemilihan fitur membantu mengurangi fitur domain, menghilangkan fitur yang berlebihan. Dengan cara ini akan membantu mempercepat proses pembelajaran/pemodelan . Dataset Oulad memiliki banyak attribut sehingga harus dilakukan Feature Selection sehingga hanya diambil atribut yang berpengaruh tinggi terhadap hasil ujian.

**Gambar 2 Gambar Tabel Feature Selection**

<i>Feature type</i>	DEMOGRAPHIC			CONDITION		PERFORMANCE	
<i>Feature description</i>	Gender	Highest Education	Age	Imd band	Disability	Studied Credit	No of Attempts
<i>Feature value range</i>	[0,1]	[ 0,0.25,0.5,0.75,1]	[0, 0.5,1]	0-1	[1,0]	[0-1]	[0-1]
<i>Feature value description</i>	0 : male 1 : female	0 : no formal 0.25 : below A level 0.5 : A level or equivalent 0.75 : HE qualif. 1 : Post graduate	0 : <35 0.5: 35-55 1: >55	0-N scaled to [0-1]	0-100 scaled to 0-1	0-N scaled to [60-240]	0-N scaled to [0-1]

4. Pembagian dataset dari 1 File Excel menjadi 3 Dataset yang terdiri dari Dataset Demographics, Dataset Condition dan Dataset Performance.
5. Pengkonversian Dataset menjadi data angka karena SVM hanya bisa memproses data yang berupa data angka.
6. Pembagian Dataset , dalam penelitian ini penulis menggunakan teknik Train-Test Split. Metode Train-Test Split membagi data training dan testing berdasarkan presentase. Untuk keperluan pelatihan dan pengujian, maka Dataset awal dibagi dalam proporsi masing-masing 80%: 20%. 80 % untuk data training. 20 % untuk data testing.

### Mengolah Dataset dengan SVM dan NTK

Dataset yang telah melalui tahap Data Preprocessing ditambah dengan metode SVM dan menggunakan NTK sebagai kernelnya.

### Pengujian Metode Cross Validation

Pada penelitian ini Misalkan saja kita memiliki data dimana kita akan melakukan K-fold Cross Validation pada data tersebut, dimana data akan dibagi menjadi data testing (untuk pengujian model) dan data training (untuk melatih model). Pada percobaan kita akan menentukan nilai K = 10 dimana data nantinya akan ada 10 lipatan/fold.

Analisis hasil menggunakan confusion matrix

Analisis hasil menggunakan confusion matrix dimana akan diperhitungkan akurasi model yang digunakan pada penelitian ini, kemudian melakukan analisis terhadap akurasi dari algoritma SVM dipadukan dengan NTK .

Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja suatu model khususnya kasus klasifikasi (supervised learning) pada machine learning adalah confusion matrix. Penulis akan menghitung tingkat ketepatan prediksi dari penelitian yang dilakukan dengan confusion matrix.

#### 4. Hasil penelitian

Dalam pengujian kita menggunakan 3 Set Dataset yang sudah dipersiapkan yaitu Demographics, Condition dan Performance. Apabila dijabarkan maka masing-masing dataset tersebut memiliki atribut dan jumlah record seperti tabel dibawah ini :

Dataset	Demographic			Condition		Performance	
Atribut	Gender	Highest Education	Age	Imd Band	Dissability	Studied Credit	No of Attempts
Jumlah Record Sebelum Preprocessing	748	748	748	748	748	748	748
Jumlah Record Setelah Preprocessing	563	563	563	563	563	563	563

Peneliti melakukan pengujian sebanyak 10 kali lipatan (Fold) karena pada penelitian ini menggunakan 10 Fold Cross Validation. Pegujian ini dilakukan pada Dataset Demographic, Dataset Condition dan Dataset Performance. Berikut penulis lampirkan hasil dari Pengujian dengan 10 Fold Cross Validation dalam Confusion Matrix.

	Demographics		Condition		Performance	
	True	False	True	False	True	False
Predicted True	392	58	477	76	464	69
Predicted False	93	20	7	2	21	9

**Gambar 3 Confusion Matrix Hasil Penelitian**

Hasil dari Demographics

Hasilnya adalah accuracy = 73.17 %, Class Precission True 87.11 % dan Class Recall 80.82%.

Hasil dari Condition

Hasilnya adalah accuracy = 85.23 %, Class Precission untuk True 86.26 % Class Recall untuk True 98.55%.

Hasil dari Performance

Hasilnya adalah accuracy = 84.03 %, Class Precission untuk True 87.05 % dan Class Recall untuk True 90.00 %.

Pada penelitian ini peneliti tidak menggunakan keseluruhan kelas dalam Dataset yang memiliki 32.593 record tetapi peneliti hanya memilih salah satu kelas yang diwakili dengan kode AAA hal ini dilakukan mengikuti penelitian yang telah dilakukan oleh (Tomasevic, Gvozdenovic and Vranes, 2020) sehingga kita dapat membandingkan hasil penelitian ini dengan metode lainnya yang ada dalam penelitian tersebut. Kelas yang dipilih adalah dengan kode AAA menimbang kualitas data yang bagus dan untuk memilih data murid yang sudah menguasai cara belajar online. Jika dilihat kelas seperti CCC pada kelas ini memiliki banyak data yang rusak dan banyak data yang tidak teratur.

Data yang terlalu banyak juga akan menyebabkan peluang akurasi yang menurun menimbang hal tersebut, peneliti menggunakan metode 10 Fold Validation. Semakin banyak pengujian akan semakin

memperbesar peluang akurasi dari prediksi menurun. Sehingga setelah proses Data Preprocessing maka total data menjadi 563 records.

Dalam proses pengkonversian data terdapat data siswa “Distinction” (Lulus sangat memuaskan) Peneliti memutuskan memasukkannya ke dalam kategori Lulus karena SVM hanya mengenal 2 tipe data label ( Binominal ). Dengan tipe data label yang sudah binominal baru peneliti dapat menambang datanya dan diterima dengan baik oleh software Rapid Miner.

Pengolahan data dari masing-masing Dataset menggunakan kombinasi dari berbagai perangkat lunak dapat dilakukan tetapi memerlukan upaya dan pengetahuan yang cukup besar. Dalam Penelitian ini penulis hanya menggunakan Rapid Miner ditambahkan dengan settingan dan perintah sehingga dapat menghasilkan hasil penelitian sesuai kebutuhan.

Settingan yang terdapat pada pengolahan data SVM di Rapid Miner juga sangat mempengaruhi hasil. Berikut penjelasan dari masing-masing settingan pada kernel NTK yang penulis perlu tekankan pada penelitian ini:

1. Kernel a : Ini adalah parameter kernel SVM a. Pilihan ini hanya tersedia jika parameter jenis kernel disetel ke neural. (Type data : real, Range:  $-\infty$  -  $+\infty$ , Default: 1.0 ). Peneliti memilih nilai default karena metode NTK merupakan metode yang baru ditemukan dan pada penelitian ini peneliti mencoba menggabungkan metode SVM dan NTK sebagai kernel. Jadi perubahan nilai dikhawatirkan menyebabkan hasil pengujian yang tidak original dimana kita membandingkan lagi hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.
2. C (opsional). Ini adalah konstanta kompleksitas SVM yang menetapkan toleransi untuk kesalahan klasifikasi, di mana nilai C yang lebih tinggi memungkinkan batas yang 'lebih lunak' dan nilai yang lebih rendah membuat batas yang 'lebih keras'. Konstanta kompleksitas yang terlalu besar dapat menyebabkan over-fitting, sedangkan nilai yang terlalu kecil dapat menyebabkan generalisasi yang berlebihan. Dalam penelitian ini peneliti membiarkan nilainya default.
3. Gunakan kerugian kuadrat untuk deviasi negatif. Parameter ini adalah bagian dari fungsi kerugian. Jenis: boolean Default: false. Jenis: real Range:  $-1.0$  -  $+\infty$  Default: 0.0

Semua Nilai parameter yang dipilih untuk SVM dan NTK merupakan nilai standart yang Rapid Miner berikan secara default supaya cocok dengan NTK. Jika melihat dari visualisasi yang dihasilkan maka penggunaan grafik tipe Dot memposisikan dengan jelas dot-dot dari masing-masing record. Dengan grafik NTK dapat dilihat garis pemisah antar masing-masing label. NTK yang merupakan pengembangan dari ANN memiliki layer-layer yang dapat divisualisasikan dengan jelas pada penelitian ini. Dari kernel ini juga kita dapat melihat perkembangan dari training dari machine learning yang kita lakukan serta memudahkan kita memahami ANN (Jacot, Gabriel and Hongler, 2018).

Pengujian Data menggunakan metode Cross Validation tidak menggunakan metode lainnya seperti Root-Mean-Square Error (RMSE) dikarenakan jika menggunakan metode RMSE maka akan menghasilkan hasil yang tidak begitu bagus dibandingkan metode Cross Validation melihat dari penelitian yang dilakukan oleh ( Vidya, 2015 ). Cross Validation yang dipilih juga 10 Fold Cross Validation karena melihat dari rasio jumlah data dan K yang cocok adalah 10. Peneliti mencoba menggunakan Nilai K=2 dan K=100 hasilnya juga dibawah dari Nilai K=10 yang berarti nilai K yang direncanakan peneliti sudah tepat dari awal.

Hasil yang didapat adalah cukup memuaskan melihat sudah ada faktor akurasi demografi yang mengungguli penelitian yang dilakukan oleh (Tomasevic, Gvozdenovic and Vranes, 2020) dimana pada penelitian tersebut didapatkan hasil Akurasi terbaik untuk Demografi adalah 72.02 % . Tabel IV-4 dapat kita lihat hasil yang didapat oleh penelitian (Tomasevic, Gvozdenovic and Vranes, 2020)

	<b>D</b>
<b>k-NN (no weights)</b>	0.6173
<b>k-NN (distance weights)</b>	0.6136
<b>SVM (linear kernel)</b>	0.7202
<b>SVM (RBF kernel)</b>	0.7202
<b>ANN (2x1)</b>	0.7127
<b>Decision trees</b>	0.6436
<b>Naïve Bayes</b>	0.567
<b>Regularized logistic regression</b>	0.6739

**Gambar 4 Hasil Penelitian terdahulu**

Dengan demikian pada penelitian ini juga terdapat peningkatan akurasi sebesar 1.15 % pada Demographic.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa SVM dengan Neural Tangent Kernel (NTK) sebagai kernelnya merupakan metode data mining yang dapat digunakan untuk memprediksi hasil ujian siswa lulus atau tidak. Melihat hasil prediksi yang cukup memuaskan dengan peningkatan sebesar 1.15% dibandingkan penelitian terdahulu dengan metode lain, maka penggabungan kedua metode ini sangat bagus. Tingkatan faktor yang mempengaruhi lulus atau tidak lulusnya suatu siswa juga dapat didapatkan dengan menyusun tingkat persentase dari tinggi ke rendah. Dimana bila diurutkan faktor-faktor itu adalah Kondisi ( 85.23 % ) lalu Performa ( 84.03 % ) dan yang terakhir adalah Demografi ( 73.17 % ). Dataset Oulad memiliki data yang sangat bagus dan dapat diandalkan kebenarannya untuk digunakan dalam penelitian data mining pembelajaran online. Salah satu kelemahan dari Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah memiliki sedikit perbedaan cara pendataan dibanding pendataan di negara Indonesia. Salah satu contoh perbedaannya adalah nilai minimum penentuan kelulusan bagi siswa.

## 6. Kesimpulan

- [1] Alpaydin, E. (2014) Introduction To Machine Learning third edition. Third Edit. Massachusetts Institute of Technology.
- [2] Aprilla, C, D. et al. (2013) BELAJAR DATA MINING dengan RAPID MINER. Jakarta.
- [3] Bert, W. (2019) An Introduction to Machine Learning Algorithms. Available at: <https://litslink.com/blog/an-introduction-to-machine-learning-algorithms> (Accessed: 24 November 2020).
- [4] Binti Hamzah, F. A. et al. (2020) 'CoronaTracker: World-wide Covid-19 outbreak data analysis and prediction', Bulletin of the World Health Organization, (March), p. Submitted. doi: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.20.255695>.
- [5] Bydžovská, H. (2016) 'A comparative analysis of techniques for predicting student performance', Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining, EDM 2016, 2, pp. 306–311.
- [6] Cattral, R., Oppacher, F. and Deugo, D. (2001) 'Supervised and unsupervised data mining with an evolutionary algorithm', Proceedings of the IEEE Conference on Evolutionary Computation, ICEC, 2(June), pp. 767–774. doi: 10.1109/cec.2001.934267.
- [7] Dickybrohim (2019) Supervised, Unsupervised, dan Semi Supervised (Machine Learning). Available at: <https://www.cleova.com/supervised-unsupervised-dan-semi-supervised-machine-learning/>.
- [8] Du, S. S. et al. (2019) 'Graph neural tangent kernel: Fusing graph neural networks with graph kernels', in arXiv. Vancouver: NeurIPS 2019.
- [9] Edwardo, T. O. (2018) Penggunaan Python untuk Data Mining. Available at: <https://socs.binus.ac.id/2018/11/16/penggunaan-python-untuk-data-mining/> (Accessed: 25 November 2020).
- [10] Eska, J. (2016) 'Penerapan Data Mining Untuk Prediksi Penjualan Wallpaper Menggunakan Algoritma C4.5', JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi), 2, pp. 9 – 13. doi: 10.31227/osf.io/x6svc.
- [11] Ghojogh, B. and Crowley, M. (2019) 'The theory behind overfitting, cross validation, regularization, bagging, and boosting: tutorial', arXiv, pp. 1–23.
- [12] Han, J., Kamber, M. and Pei, J. (2012) Data mining: Data mining concepts and techniques. Third Edit, Morgan Kaufmann. Third Edit. Waltham: Morgan Kaufmann.
- [13] Irmawati, Zainuddin, Z. and Yuyun (2020) 'DATA MINING UNTUK PENENTUAN MODEL TINGKAT KESUKSESAN KELULUSAN MURID SMA PADA PERGURUAN TINGGI NEGERI: STUDI KASUS DI IAIN BONE', JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer), 3(2), pp. 113–118.

- [14] Jacot, A., Gabriel, F. and Hongler, C. (2018) 'Neural tangent kernel: Convergence and generalization in neural networks', in *Advances in Neural Information Processing Systems*. London: arXiv.
- [15] Kamagi, D. H. and Hansun, S. (2014) 'Implementasi Data Mining dengan Algoritma C4.5 untuk Memprediksi Tingkat Kelulusan Mahasiswa', *Jurnal ULTIMATICS*, 6(1), pp. 15–20. doi: 10.31937/ti.v6i1.327.
- [16] Kim, B. H., Vizitei, E. and Ganapathi, V. (2018) 'GritNet: Student performance prediction with deep learning', arXiv.
- [17] Kranjčić, N. et al. (2019) 'Support Vector Machine accuracy assessment for extracting green urban areas in towns', *Remote Sensing*, 11(6). doi: 10.3390/rs11060655.
- [18] Kuzilek, J., Hlosta, M. and Zdrahal, Z. (2017) 'Data Descriptor: Open University Learning Analytics dataset', *Scientific Data*, 4, pp. 1–8. doi: 10.1038/sdata.2017.171.
- [19] Nugroho, A. S. (2007) 'Pengantar Support Vector Machine \*', *Jurnal Data Mining*, Jakarta.
- [20] Nugroho, K. S. (2019) *Confusion Matrix untuk Evaluasi Model pada Supervised Learning*. Available at: [https://medium.com/@ksnugroho/confusion-matrix-untuk-evaluasi-model-pada-unsupervised-machine-learning-bc4b1ae9ae3f#:~:text=Terdapat 4 istilah sebagai representasi,dan False Negative \(FN\).](https://medium.com/@ksnugroho/confusion-matrix-untuk-evaluasi-model-pada-unsupervised-machine-learning-bc4b1ae9ae3f#:~:text=Terdapat 4 istilah sebagai representasi,dan False Negative (FN).) (Accessed: 25 November 2020).
- [21] Nugroho, K. S. (2020) *Validasi Model Klasifikasi Machine Learning pada RapidMiner*. Available at: <https://medium.com/@ksnugroho/validasi-model-machine-learning-pada-rapidminer-50be0080df14> (Accessed: 25 November 2020).
- [22] Nurcahyo, S. B. et al. (2020) 'DETEKSI PLAT NOMOR KENDARAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE HOUGH TRANSFORM DAN SUPPORT VECTOR MACHINE', *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi (JIFoSI)*, 1(2), pp. 659–668.
- [23] Pingge, H. D. (2016) 'FAKTOR YANG MEMPENGARUHI HASIL BELAJAR SISWA SEKOLAH DASAR DI KECAMATAN KOTA TAMBOLAKA', *Jurnal Prima Edukasia*, 4(2), pp. 134–147. Available at: <https://journal.uny.ac.id/index.php/jpe/article/view/14288/pdf>.
- [24] Putra, A. P. H., Purwandari, E. P. and Desi, A. (2020) 'Identifikasi Pola Iris Mata Menggunakan Metode Support Vector Machine Dengan Ekstraksi Ciri Hue Saturation Value (Hsv) Histogram, Gabor Filter Dan Wavelet Transform', 8(1), pp. 23–32.
- [25] Putri, R. P. S. and Waspada, I. (2018) 'Penerapan Algoritma C4.5 pada Aplikasi Prediksi Kelulusan Mahasiswa Prodi Informatika', *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 4(1), p. 1. doi: 10.23917/khif.v4i1.5975.
- [26] Rahmad, F., Suryanto, Y. and Ramli, K. (2020) 'Performance Comparison of Anti-Spam Technology Using Confusion Matrix Classification', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 879(1). doi: 10.1088/1757-899X/879/1/012076.
- [27] Rahman, F., Muhammad, D. and Firdaus, I. (2016) 'Penerapan Data Mining Metode Naïve Bayes Untuk Prediksi Hasil Belajar Siswa Sekolah Menengah Pertama (Smp)', *Al Ulum Sains dan Teknologi*, 1(2), pp. 76–78. doi: p://dx.doi.org/10.31602/ajst.v1i2.436.g391.
- [28] SAGAR, R. (2019) *Neural Tangent Kernel (NTK): A New Tool For Understanding Machine Learning Training*. Available at: <https://analyticsindiamag.com/neural-tangent-kernel-infinite-width-networks-training-dynamics/> (Accessed: 22 November 2020).
- [29] Samsudiney (2019) *Penjelasan Sederhana tentang Apa Itu SVM?* Available at: <https://medium.com/@samsudiney/penjelasan-sederhana-tentang-apa-itu-svm-149fec72bd02> (Accessed: 25 November 2020).
- [30] Sembiring, K. (2007) *Penerapan Teknik Support Vector Machine untuk Pendeteksian Intrusi pada Jaringan*. Institut Teknologi Bandung.
- [31] Sihombing, P. R. and Hendarsin, O. P. (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), p. 9. doi: 10.24843/jik.2020.v13.i01.p02.
- [32] Sitorus, C. M. (2020) *K-Fold Cross Validation Secara Singkat*. Available at: <https://medium.com/@cmemories/k-fold-cross-validation-secara-singkat-30f8e5188f46> (Accessed: 25 November 2020).
- [33] Sodik, F., Dwi, B. and Kharisudin, I. (2020) 'Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Learning pada Data Bank Customers Menggunakan Python', *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 3, pp. 689–694.
- [34] Tomasevic, N., Gvozdenovic, N. and Vranes, S. (2020) 'An overview and comparison of supervised data mining techniques for student exam performance prediction', *Computers and Education*, 143(August 2019), p. 103676. doi: 10.1016/j.compedu.2019.103676.
- [35] Uricar, M. et al. (2016) 'Structured Output SVM Prediction of Apparent Age, Gender and Smile from Deep Features', *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, pp. 306–311. doi: 10.1109/CVPRW.2016.96.
- [36] Wakelam, E. et al. (2020) 'The potential for student performance prediction in small cohorts with minimal available attributes', *British Journal of Educational Technology*, 51(2), pp. 347–370. doi: 10.1111/bjet.12836.

- [37] Xu, R. Y. Da, Du, W. and Huang, W. (2020) 'On the Neural Tangent Kernel of Deep Networks with Orthogonal Initialization', arXiv, (11 Oct 2020).
- [38] Yaacob, Wan Fairos Wan et al. (2019) 'Supervised data mining approach for predicting student performance', Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 16(3), pp. 1584–1592. doi: 10.11591/ijeecs.v16.i3.pp1584-1592.