

**ANALISIS TEKNIK *ENSEMBLE MACHINE LEARNING* UNTUK
PREDIKSI KINERJA AKADEMIK SISWA BERDASARKAN INTERAKSI
SISWA PADA PEMBELAJARAN DARING**

**Tesis
untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat S-2 Program Studi
Magister Sistem Informasi**



**Mifta Ardianti
30000320410029**

**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**ANALISIS TEKNIK *ENSEMBLE MACHINE LEARNING* UNTUK
PREDIKSI KINERJA AKADEMIK SISWA BERDASARKAN
INTERAKSI SISWA PADA PEMBELAJARAN DARING**

Oleh :
Mifta Ardianti
30000320410029

Telah diujikan dan dinyatakan lulus ujian tesis pada tanggal 4 April 2023 oleh tim penguji Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro

Semarang, 4 April 2023

Mengetahui,

Penguji I



Prof. Dr. Rahmat Gernowo, M.Si
NIP. 196511231994031003

Penguji II



Dr. Ir. R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T., IPU, ASEAN Eng.
NIP. 197007272000121001

Pembimbing I



Dr. Oky Dwi Nurhayati, S.T., M.T.
NIP. 197910022009122001

Pembimbing II



Dr. Budi Warsito, S.Si., M.Si
NIP. 1975082419999031003

Mengetahui :

**Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro**

**Ketua Program Studi
Magister Sistem Informasi**

Dr. R. B. Sularto, S.H., M.Hum
NIP. 196701011991031005

Drs. Bayu Surarso, M. Sc., Ph.D
NIP. 196311051988031001

**PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mifta Ardianti
NIM : 30000320410029
Program Studi : Magister Sistem Informasi
Program : Sekolah Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Teknik *Ensemble Machine Learning* untuk Prediksi Kinerja Akademik Siswa Berdasarkan Interaksi Siswa pada Pembelajaran Daring

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Dibuat di : Semarang
Pada tanggal : 28 Desember 2022
Yang Menyatakan



Mifta Ardianti
NIM.30000320410029

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara serta tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 28 Desember 2022



Mifta Ardianti

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada baginda besar Nabi Muhammad SAW dan atas izin-Nya penulis mempertanggung jawabkan serta dimampukan menyelesaikan penyusunan tesis ini.

Tesis ini ditulis dalam rangka memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Magister (S 2) di Universitas Diponegoro. Penulis menyadari bahwa tesis dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis berterima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan kontribusi dalam menyelesaikan Tesis ini. Selanjutnya ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dr. R.B Sularto, S.H., M.Hum, selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
2. Drs. Bayu Surarso, M.Sc., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro.
3. Dr.Okny Dwi Nurhayati, S.T., M.T., dosen pembimbing I yang mendorong penulis untuk mendapatkan gelar magister. Semoga kebahagiaan penulis menjadi kebahagiaan “guru” terhadap muridnya yang masih banyak kekurangan ini. Terima kasih banyak Bu Okny, selalu berbagi ilmu dan pengalamannya.
4. Dr. Budi Warsito, S.Si., M.Si, dosen pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan arahan serta meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
5. Seluruh Guru Besar dan Dosen Program Magister Sistem Informasi yang telah mendidik selama penulis belajar di Program Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro.
6. Seluruh Staf dan Karyawan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
7. Ayah Hanriadi S.Pd., M.Pd dan Ibu Helmiayti S.Pd, yang telah merawat dan memberikan didikan terbaik sehingga penulis dapat tumbuh dengan sehat, berakal, dan bermimpi besar. Terima kasih atas banyak doa yang dipintakan pada tiap sujud, dukungan untuk menguatkan penulis bangkit saat jatuh, dan tegak saat rapuh.
8. Adikku Inayah Arif Ardiyanti, yang dalam candanya menyemangati, meramaikan sorak sorai perjuangan menggapai mimpi-mimpi. Terima Kasih untuk masa-masa yang seru.

9. Teman-teman Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro angkatan 2020, bersama kalian studi ini sangat berkesan, saling mendukung dan memotivasi demi selesainya studi ini.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.3 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori.....	12
2.2.1 Kecerdasan Buatan (<i>Artificial Intelligence</i>).....	12
2.2.2 Pembelajaran Mesin (<i>Machine Learning</i>).....	15
2.2.3 <i>Ensemble Machine Learning</i>	17
2.2.4 <i>Bagging</i>	21
2.2.5 <i>Boosting</i>	24
2.2.6 <i>Voting</i>	25
2.2.7 <i>Algoritma Random Forest</i>	28
2.2.8 <i>AdaBoost</i>	31
2.2.9 <i>Logistic Regression</i>	34
2.2.10 <i>Support Vector Machine (SVM)</i>	37
2.2.11 <i>Python dan Jupyter Notebook</i>	41
2.2.12 <i>Confusion Matrix (Pengukuran Kinerja)</i>	44
2.2.13 Aplikasi <i>Data mining</i> pada Data Pendidikan.....	45
2.2.14 Perilaku Belajar dan Kinerja Akademik Siswa.....	46
2.2.15 <i>Adaptive Learning Management System (ALMS)</i>	49
2.2.16 <i>Learning Management System Kalboard 360</i>	51
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	53
3.1 Bahan dan Alat Penelitian.....	53
3.2 Prosedur Penelitian.....	53
3.3 Kerangka Sistem Informasi.....	66
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	68
4.1 Hasil Penelitian.....	68

4.1.1 Tahap Pemroses Data.....	68
4.1.2 Tahap Pemodelan.....	72
4.1.3 Pelatihan Model.....	74
4.1.3 Model Evaluasi.....	78
4.1.4 Model Prediksi Kinerja Siswa.....	85
4.1.5 <i>Deployment</i> Model Prediksi Kinerja Siswa.....	87
4.2 Pembahasan.....	88
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA.....	xiv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi hubungan AI, ML dan DL	14
Gambar 2.2 Struktur <i>ensemble model</i>	18
Gambar 2.3 Bias dan variance	20
Gambar 2.4 Tahap <i>training bagging</i>	22
Gambar 2.5 Struktur teknik <i>boosting</i>	25
Gambar 2.6 Struktur teknik <i>voting</i>	26
Gambar 2. 7 Ilustrasi konsep <i>random forest</i>	29
Gambar 2.8 <i>Hyperplane</i>	38
Gambar 2.9 Model <i>support vector machine</i>	38
Gambar 3.1 Prosedur penelitian.....	49
Gambar 3.2 Grafik distribusi LabelKelas	52
Gambar 3.3 Distribusi setiap kelas.....	52
Gambar 3.4 Grafik persentase dari setiap kelas	53
Gambar 3.5 Info <i>dataset</i>	54
Gambar 3.6 Deskripsi statistik <i>dataset</i>	55
Gambar 3.7 Output duplikasi data	55
Gambar 3.8 Normalisasi data.....	56
Gambar 3. 9 Mengubah data numerik ke kategorik.....	57
Gambar 3.10 Hasil manipulasi data	58
Gambar 3.11 Kerangka sistem informasi.....	60
Gambar 4.1 Analisis statistik dataset	62
Gambar 4.2 Hasil seleksi ciri	63
Gambar 4.3 Hasil akhir pra-pemroses data	64
Gambar 4.4 Korelasi antar variabel	65
Gambar 4.5 Hasil <i>feature importance</i>	66
Gambar 4.6 Hasil <i>training</i> teknik <i>bagging</i>	67
Gambar 4. 7 Hasil <i>training</i> teknik <i>boosting</i>	68
Gambar 4.8 Hasil <i>training</i> teknik <i>voting</i>	69
Gambar 4.9 Hasil <i>testing</i> teknik <i>bagging</i>	70
Gambar 4.10 Hasil <i>testing</i> teknik <i>boosting</i>	72
Gambar 4. 11 Hasil <i>testing</i> teknik <i>voting</i>	74
Gambar 4.12 Grafik model <i>training</i> dan <i>testing</i>	78
Gambar 4.13 Tampilan aplikasi web	79

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Penelitian terkait.....	10
Tabel 2.2 <i>Confusion matrix</i>	44
Tabel 3.1 Deskripsi ciri pada <i>dataset</i>	51
Tabel 4.1 <i>Confusion matrix</i> teknik <i>bagging</i>	71
Tabel 4.2 <i>Confusion matrix</i> teknik <i>boosting</i>	73
Tabel 4.3 <i>Confusion matrix</i> teknik <i>voting</i>	75
Tabel 4.4 <i>Performance</i> teknik <i>bagging</i>	76
Tabel 4.5 <i>Performance</i> teknik <i>boosting</i>	77
Tabel 4.6 <i>Performance</i> teknik <i>voting</i>	77

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

DAFTAR ARTI LAMBANG

Lambang	Arti Lambang
w	Bobot vektor
n	Jumlah atribut
b	<i>Scalar</i> yang disebut bias
$f(x)$	Fungsi
C_j	Klasifikasi individu
\hat{y}	Label kelas atau target

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan Singkatan
LMS	<i>Learning Management System</i>
ALMS	<i>Adaptive Learning Management System</i>
EDM	<i>Educational Data Mining</i>
RF	<i>Random Forest</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
AI	<i>Artificial Intelligence</i>
ANN	<i>Artificial Neural Network</i>

ANALISIS TEKNIK *ENSEMBLE MACHINE LEARNING* UNTUK PREDIKSI KINERJA AKADEMIK SISWA BERDASARKAN INTERAKSI SISWA PADA PEMBELAJARAN DARING

ABSTRAK

Institusi pendidikan saat ini menerapkan *Adaptive Learning Management System* (LMS) sebagai sarana pembelajaran *online*. LMS dapat merekam sejumlah besar data perilaku siswa pada *log* LMS. Data perilaku ini dapat dikumpulkan dan digunakan untuk memprediksi kinerja belajar siswa. Sehingga, diperlukan analisis yang dapat mengubah sejumlah data yang tersimpan tersebut menjadi sebuah pengetahuan yang dapat meningkatkan kualitas pengajaran dan proses pembelajaran pada institusi pendidikan. Pada penelitian ini, mengusulkan model prediksi kinerja belajar siswa menggunakan *ensemble machine learning* berdasarkan variabel yang berhubungan dengan interaksi siswa pada LMS. Pemodelan dilakukan dengan menerapkan algoritma *ensemble machine learning* dengan tiga jenis model yaitu ; *bagging*, *boosting* dan *voting* yang menggabungkan algoritma *logistic regression* dan *support vector machine*. Hasil penelitian ini adalah *ensemble machine learning* dapat diterapkan untuk memprediksi kinerja belajar siswa. Nilai akurasi tertinggi dari model *bagging* dengan algoritma *random forest* yaitu sebesar 80,21%, *precision* 0,7952, *recall* 0,7988 dan *f-measure* sebesar 0,7955. *Ensemble machine learning* dapat diterapkan untuk prediksi kinerja siswa berdasarkan perilaku belajar.

Kata kunci : *ensemble machine learning*, LMS, *educational data mining*, prediksi kinerja siswa.

ANALYSIS OF ENSEMBLE MACHINE LEARNING TECHNIQUES FOR PREDICTION OF STUDENTS ACADEMIC PERFORMANCE BASED ON STUDENT INTERACTION IN ONLINE LEARNING

ABSTRACT

Educational institutions are currently implementing Adaptive Learning Management System (ALMS) as a platform for online learning. The ALMS can record a large amount of student behavior data on the LMS log. This behavioral data can be collected and used to predict students' learning performance. Thus, an analysis is needed that can transform the amount of stored data into knowledge that can improve the quality of teaching and learning process in educational institutions. In this research, a student learning performance prediction model using ensemble machine learning is proposed based on variables related to student interactions on the ALMS. Modeling is done by applying the ensemble machine learning algorithm with three types of models namely; bagging, boosting and voting which combines logistic regression and support vector machine algorithms. The result of this research is that ensemble machine learning can be applied to predict student learning performance. The highest accuracy of bagging model with random forest algorithm is 80.21%, precision 0.7952, recall 0.7988 and f-measure of 0.7955.

Keyword : Ensemble Machine Learning, LMS, Educational Data Mining, Student Performance Prediction.