



**PERANCANGAN MODEL PREDIKSI-PROBABILITAS BERBASIS
MACHINE LEARNING UNTUK OPTIMASI SISTEM KONTROL HVAC
(HEATING, VENTILATION and AIR CONDITIONER)**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi persyaratan
dalam Menyelesaikan Starata-1 Fisika**

Oleh :

MUHAMMAD IBRAHIM

2011014210004

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
JULI 2024**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PERANCANGAN MODEL PREDIKSI-PROBABILITAS BERBASIS
MACHINE LEARNING UNTUK OPTIMASI SISTEM KONTROL HVAC
(HEATING, VENTILATION and AIR CONDITIONER)**

Oleh:

Muhammad Ibrahim

NIM. 2011014210004

Telah dipertahankan didepan Dosen Penguji pada tanggal:

Susunan Dosen Penguji,

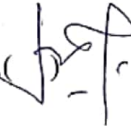
Pembimbing I




Amar Vijai Nasrulloh, S.Si., M.T., Ph.D.
NIP. 19780703 200501 1 002

Dosen Penguji:

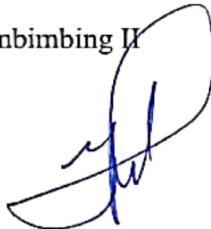
1. Dr. Nurma Sari, S.Si., M.Si.



2. Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si., M.Eng.



Pembimbing II



Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom.
NIP. 19740707 200212 1 003



Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom.
NIP. 19740707 2002 1 21003

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PERANCANGAN MODEL PREDIKSI-PROBABILITAS BERBASIS
MACHINE LEARNING UNTUK OPTIMASI SISTEM KONTROL HVAC
(HEATING, VENTILATION and AIR CONDITIONER)**

Oleh:

Muhammad Ibrahim

NIM. 2011014320004

Disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk disajikan dalam Seminar Hasil
Penelitian TA Skripsi

Pembimbing I



Amar Vijai Nasrulloh, S.Si., M.T., Ph.D
NIP. 19780703 200501 1 002

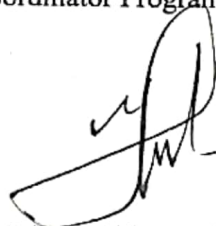
Pembimbing II



Dr. Ichsan Ridwan, S.Si, M.Kom.
NIP. 19740707 200212 1 003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Fisika



Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom.
NIP. 19740707 200212 1 003

PERSEMBAHAN

Penulis persembahkan karya sederhana ini untuk seluruh umat manusia yang dengan tulus memberikan cinta, dukungan, dan bantuan, baik dalam bentuk doa, semangat, maupun materi terhadap satu sama lain. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menginspirasi kita semua untuk terus berjuang demi kebaikan bersama. Terima kasih kepada setiap individu yang dengan cara mereka masing-masing berkontribusi untuk menciptakan dunia yang lebih baik dan harmonis.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Banjarbaru, Juli 2024



Muhammad Ibrahim
NIM. 2011014210004



ABSTRAK

PERANCANGAN MODEL PREDIKSI-PROBABILITAS BERBASIS *MACHINE LEARNING* UNTUK OPTIMASI SISTEM KONTROL HVAC (*HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONER*)

(Oleh : Muhammad Ibrahim; Pembimbing: Amar Vijai Nasrulloh, S.Si., M.T., Ph.D.; Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom., 2024)

ABSTRAK- *Heating Ventilation and Air Conditioner* (HVAC) menggunakan 50% energi gedung komersial dalam prosesnya. Maka dari itu, beberapa kajian berfokus pada simulasi dan optimasi konsumsi energi HVAC serta memprediksi konsumsi energi melalui kontruksi model yang prediktif dan probabilistik sehingga sistem HVAC bisa beroperasi optimal. Perancangan model yang dilakukan dan akurasi tergantung dari pemilihan variabel dan seberapa akurat model bisa diterapkan untuk pembacaan pola data. Data diperoleh dari *IEEE Residential Building*, yang berisikan 70.000 lebih data suhu dan suplai energi HVAC. Pada penelitian ini pemodelan dilakukan dengan algoritma *Machine Learning* yaitu *K-Means Clustering*-analisis regresi-*Naive Bayes Classifier* dan algoritma pembandingan pada *Deep Learning* berbasis *Recurrent Neural Network* (RNN) pada variabel suhu dalam ruangan dan luar ruangan sebagai variabel independen terhadap variabel permintaan energi listrik sebagai variabel dependen. Hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi algoritma *Machine Learning* konvensional masih tidak bisa membaca pola pada data yang begitu kompleks dan setelah dilakukan pendekatan regresi polinomial berbasis *cross-validation* didapatkan bahwa sistem stabil pada model yang mendekati orde ke-8. Model RNN diintegrasikan dengan LSTM dan sistem *Windowing* didapatkan bahwa model dapat mengenali pola yang kompleks pada data sehingga dapat melakukan prediksi. Hasil yang didapat pada LSTM-Model (24 windowing) nilai MAE sebesar 0.1251, pada model-LSTM (48 window) nilai MAE 0.0994 dan pada model-LSTM (72 window) nilai MAE 0.0954 serta verifikasi model dengan nilai CV-RMSE 21.37% dan NMBE 1.73%.

Kata Kunci: pemodelan, *Machine Learning*, optimasi, kontrol, HVAC

ABSTRACT

DESIGN OF MACHINE LEARNING-BASED PROBABILITY-PREDICTION MODEL FOR HVAC (HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONER) CONTROL SYSTEM OPTIMIZATION

(By: Muhammad Ibrahim; Supevisor: Amar Vijai Nasrulloh, S.Si., M.T., Ph.D.; Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom., 2024)

ABSTRACT- Heating Ventilation and Air Conditioner (HVAC) accounts for 50% of commercial building energy consumption. Therefore, several studies have focused on simulating and optimizing HVAC energy consumption and predicting energy consumption through predictive and probabilistic model construction so that HVAC systems can operate optimally. The design of the model and its accuracy depends on the selection of variables and how accurately the model can be applied. The data obtained is from IEEE Residential Building, which contains over 70,000 HVAC temperature and energy supply data. In this research, modeling is done with Machine Learning algorithms namely K-Means Clustering-Regression Analysis-Naive Bayes Classifier and comparison algorithm on Deep Learning based on Recurrent Neural Network (RNN) on indoor and outdoor temperature variables as independent variables against electrical energy demand variable as dependent variable. The results show that the combination of conventional Machine Learning algorithms still cannot read patterns in such complex data and after a cross-validation-based polynomial regression approach, it is found that the system is stable approximately at 8th order. With the RNN model integrated with LSTM and the Windowing system, it is found that the model can see complex patterns in the data so that it can make predictions. The results obtained on the LSTM-Model (24 windowing) MAE value of 0.1251, on the LSTM-model (48 window) MAE value of 0.0994 and LSTM-model (72 window) MAE 0.0954 also model verification value CV-RMSE 21.37% and NMBE 1.73%.

Keywords: modeling, Machine Learning, optimization, control, HVAC

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“Perancangan Model Prediksi-Probabilitas Berbasis *Machine Learning* Untuk Optimasi Sistem Kontrol HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioner*)”** ini dengan baik. Penulisan laporan skripsi ini merupakan bagian dari tugas akademik di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat, sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program Sarjana (S1) Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abdul Gafur, M.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.
2. Bapak Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom. selaku Koordinator Program Studi S-1 Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.
3. Bapak Amar Vijai Nasrulloh, S.Si.,M.T.,Ph.D., dan Bapak Dr. Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom. selaku dosen pembimbing skripsi I dan II yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, membantu kelancaran penyusunan skripsi, kritik dan saran, serta dukungan dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak Dr. Eka Suarso, S.Si., M.Si. pembimbing akademik yang senantiasa memberikan dukungan, masukan dan arahan, dalam perkembangan akademik sampai dengan penyusunan skripsi sehingga menjadi lebih baik.
5. Bapak Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si., M.Eng., dan Ibu Dr. Nurma Sari., S.Si., M.Si selaku dosen penguji I dan II yang telah memberikan kritik dan masukan yang sifatnya membangun, sehingga penelitian ini menjadi lebih baik.
6. Seluruh dosen dan staff Program Studi Fisika yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya selama kuliah.

7. Ibu Dr. Karlina Supelli, M.Sc. Astronom perempuan pertama Indonesia dan Filsuf Ilmu sebagai *role model* yang selalu memberikan inspirasi bagi penulis untuk terus maju dan terus belajar agar bisa memberikan sedikit sumbangsih pemikiran pada kemanusiaan.
8. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materil dalam penyelesaian laporan skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Banjarbaru, Juli 2024

Penulis



Muhammad Ibrahim

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem HVAC (<i>Heating Ventilation and Air Conditioner</i>).....	5
2.2 Pemodelan Sistem	6
2.3 Sistem Kontrol Otomatis	7
2.4 <i>Machine Learning</i> (Mesin Pembelajaran).....	8
2.5 <i>Machine Learning</i> Dalam Sistem Kontrol Otomatis dan Optimasi	9
2.6 <i>Deep Learning</i>	12
2.7 Evaluasi Model.....	13
2.8 Pengondisian Keadaan Ruang (Termodinamika)	14

BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Tahap Penelitian	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 <i>Eksploratory Data Analysis</i> (EDA).....	23
4.1.1 Pemrosesan Tiap Fitur Data Dengan Statistik Deskriptif	23
4.1.2 Pembersihan Data (<i>Data Cleaning</i>)	26
4.1.4 Agregasi Data dan Transformasi Data	27
4.2 Integrasi Model <i>Machine Learning</i>	30
4.2.1 Transformasi Data	30
4.2.2 <i>K-Means Clustering</i>	31
4.2.3 Analisis Regresi.....	33
4.3 Integrasi Model <i>Deep Learning</i>	35
4.3.1 <i>Windowing</i>	35
4.3.2 <i>Bseline Model</i>	36
4.3.3 <i>LSTM-Model (24 Window)</i>	36
4.4 Evaluasi Model	40
4.5 Implementasi Pada Pembacaan Sensor Laboratorium	41
BAB V PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47