

**PREDIKSI SUHU RUANGAN UNTUK SMART AC MENGGUNAKAN
SUPPORT VECTOR REGRESSION DENGAN KERNEL LINEAR**

SKRIPSI

**Oleh :
ASRUL MAALIY
NIM. 210605110063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**PREDIKSI SUHU RUANGAN UNTUK *SMART AC* MENGGUNAKAN
SUPPORT VECTOR REGRESSION DENGAN *KERNEL LINEAR***

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh :
ASRUL MAALIY
NIM. 210605110063

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

PREDIKSI SUHU RUANGAN UNTUK *SMART AC* MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR REGRESSION* DENGAN *KERNEL LINEAR*

SKRIPSI

Oleh :
ASRUL MAALIY
NIM. 210605110063

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 12 Juni 2025

Pembimbing I,



Shoffin Nafhwa Utama, M. T
NIP. 198607032 02012 1 003

Pembimbing II,



Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PREDIKSI SUHU RUANGAN UNTUK *SMART AC* MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR REGRESSION* DENGAN *KERNEL LINEAR*

SKRIPSI

Oleh :
ASRUL MAALIY
NIM. 210605110063

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 18 Juni 2025

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: <u>Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom</u> NIP. 198312132019031004	()
Anggota Penguji I	: <u>Ajib Hanani, M.T</u> NIP. 198407312023211013	()
Anggota Penguji II	: <u>Shoffin Nafhwa Utama, M. T</u> NIP. 198607032 02012 1 003	()
Anggota Penguji III	: <u>Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU</u> NIP. 19771020 200912 1 001	()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asrul Maaliy
NIM : 210605110063
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Prediksi Suhu Ruangan untuk *Smart AC*
Menggunakan *Support Vector Regression* dengan
Kernel Linear

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 12 Juni 2025
Yang membuat pernyataan,



Asrul Maaliy
NIM.210605110063

MOTTO

“... Kacang ...”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kemudahan Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Tak lupa, shalawat dan salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Karya ini penulis persembahkan dengan hati yang penuh kebahagiaan kepada:

Ibunda dan ayahanda tercinta, Tholib Sholihy dan Siti Nuriyah yang senantiasa memberikan kasih sayang, nasehat yang tiada henti, dan doa yang tulus.

Teruntuk saudara-saudariku, Ulfi Hamadah dan Farhan Masrury terima kasih atas dukungan baik materi maupun non materi, semangat, dan dukungan tak henti kepada penulis.

Teman-teman seperjuangan, Khususnya keluarga besar Teknik Informatika Angkatan 2021 dan KKM 72-73, terima kasih telah berbagi ilmu, semangat yang menyala, dan pengalaman hidup.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat manusia. Skripsi ini berjudul "Prediksi Suhu Ruangan untuk *Smart AC* menggunakan *Support Vector Regression* dengan Kernel linear." Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memprediksi suhu ruangan untuk dapat mengontrol AC secara otomatis yang menjadikannya *Smart AC*. Proses penelitian ini merupakan perjalanan yang penuh dengan tantangan, pembelajaran, dan eksplorasi konsep-konsep baru.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan kekuatan selama proses penulisan skripsi ini.
2. Keluarga Tercinta, khususnya kepada Ibu dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang yang tak terhingga.
3. Dosen Pembimbing, atas bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga dalam menyusun skripsi ini.
4. Teman-teman Mahasiswa, yang selalu memberikan semangat, inspirasi, dan pengalaman menarik sepanjang perjalanan perkuliahan.

Semua dukungan dan kontribusi dari pihak-pihak tersebut menjadi pendorong utama penyelesaian skripsi ini. Meskipun masih jauh dari kesempurnaan, penulis berharap bahwa skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif, terutama dalam pengembangan teknologi IOT di lingkungan UIN Malang hingga Indonesia.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa setiap kritik dan saran yang membangun akan sangat berarti untuk pengembangan diri. Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat memberikan inspirasi bagi pembaca yang tertarik dalam bidang pengembangan IOT. Terima kasih.

Malang, 2025

Asrul Maaliy

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pernyataan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II STUDI PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 <i>Air Conditioner</i> (AC)	11
2.3 ESP 8266.....	12
2.4 DHT11.....	13
2.5 IR Transmitter	14
2.6 Django	14
2.7 <i>Support Vector Regression</i> (SVR)	15
2.8 Algoritma Sequential Learning	16
2.9 Kernel Linear	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Desain Penelitian.....	20
3.2 Akuisisi Data	21
3.3 Perancangan Sistem	21
3.4 Implementasi SVR	23
3.4.1 Praprosesing	24
3.4.2 Model SVR.....	27
3.4.3 Kernel Linear	28
3.4.4 Matriks Hessian.....	28
3.4.5 Algoritma <i>Sequential Learning</i>	29
3.4.6 Logika <i>Smart AC</i>	33
3.5 Pengujian Sistem.....	33
3.5.1 Pengujian Alat.....	33
3.5.2 Pengujian Model	34
3.6 Analisis Hasil Performa	35

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Data Pengujian	36
4.2 Skenario Pengujian.....	37
4.3 Hasil Uji Coba Alat.....	38
4.4 Hasil Uji coba.....	45
4.4.1 Hasil <i>Smart AC</i>	51
4.5 Pembahasan.....	53
4.6 Integrasi Islam.....	55
4.6.1 Hablu ila Allah	56
4.6.2 Hablu ila nas.....	56
4.6.3 Hablu ila alam	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	20
Gambar 3. 2 Desain Sistem.....	21
Gambar 3. 3 Rangkaian Komponen	22
Gambar 3. 4 Flowchart SVR.....	23
Gambar 3. 5 Diagram SVR	27
Gambar 4. 1 Termometer	39
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Kalibrasi	40
Gambar 4. 3 Hasil Rangkaian	41
Gambar 4. 4 Dht 11 di luar ruangan.....	42
Gambar 4. 5 AC Sharp di Lab Robotik.....	43
Gambar 4. 6 Halaman remote web server.....	44
Gambar 4. 7 Halaman Dashboard	45
Gambar 4. 8 Grafi Hasil Skenario 1.....	47
Gambar 4. 9 Hasil Grafik Skenario 2.....	49
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Skenario 3.....	51
Gambar 4. 11 Dashboard Prediksi	52
Gambar 4. 12 Grafik perbandingan hasil skenario.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3. 1 Contoh 5 sampel.....	25
Tabel 3. 2 Hasil Normalisasi Data	26
Tabel 3. 3 hasil matriks hessian	29
Tabel 3. 4 Skenario Pengujian	34
Tabel 4. 1 Hasil Pengumpulan Data.....	37
Tabel 4. 2 Hasil Pembagian Data.....	38
Tabel 4. 3 Hasil Uji Kalibrasi	40
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Skenario 1	46
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Skenario 2	48
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian skenario 3.....	50
Tabel 4. 7 hasil implementasi model prediksi.....	52

ABSTRAK

Maaliy, Asrul. 2025. **Prediksi Suhu Ruangan untuk Smart AC menggunakan Support Vector Regression dengan Kernel linear**. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Shoffin Nahwa Utama, M.T (II) Dr. Fachrul, M.MT.

Kata Kunci: *Internet of Things*, Prediksi, suhu ruangan, *Machine Learning*, Support Vector Regression.

Suhu ruangan merupakan salah satu faktor penting dalam menciptakan kenyamanan ruangan terutama di Indonesia yang memiliki iklim tropis yang cenderung panas. Sebagian besar masyarakat memilih menggunakan *Air Conditioner* (AC) sebagai solusi untuk menjaga kenyamanan ruang. Banyaknya penggunaan AC ini berpotensi menyebabkan pemborosan energi listrik dan kerusakan lingkungan seperti fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Penggunaan AC yang tak terkontrol akan semakin memperburuk kerusakan dampak tersebut. Permasalahan utama yang diangkat adalah bagaimana sistem dapat memprediksi suhu ruangan menggunakan *Support Vector Regression* (SVR) dan mengendalikan AC secara otomatis berdasarkan hasil prediksi. Sistem ini dikembangkan menggunakan modul ESP8266 yang didukung oleh sensor-sensor pendukung seperti DHT11, IR LED, transistor dan komponen lainnya sebagai perangkat utama dalam pengambilan data. Data yang dikumpulkan kemudian diproses dan dimodelkan menggunakan metode SVR dengan bahasa pemrograman python di web server berbasis Django melalui protokol http. Diketahui setelah dilakukannya pengujian pada skenario uji 1 yang menggunakan 725 data training dan 88 data testing memperoleh nilai MAE 0,7 C dan MAPE 2,7%. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki performa prediksi yang cukup baik. Sistem juga mampu mengontrol AC secara otomatis menjadikannya sebagai *Smart AC*. Dengan penggunaan algoritma sederhana dan memberi suhu ideal pada suatu ruangan. Hal ini menandakan keberhasilan sistem dalam menjadikan AC sebagai *Smart AC*. Selain secara teknis, penelitian ini juga diintegrasikan dengan nilai – nilai spiritual keislaman, Hal ini mendorong peningkatan keimanan dan ketauhidan bahwa segala sesuatu telah diatur dengan penuh hikmah oleh Allah SWT.

ABSTRACT

Maaliy, Asrul. 2025. **Room Temperature Prediction for Smart AC using Support Vector Regression with Linear Kernel**. Thesis. Informatics Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Shoffin Nahwa Utama, M.Eng. (II) Dr. Fachrul, M.MT.

Keywords: Forecasting, Internet of Things, Machine Learning, Room Temperature, Support Vector Regression.

Room temperature is one of the key factors in creating comfort, especially in Indonesia, which has a hot tropical climate. Most people choose to use an Air Conditioner (AC) as a solution to maintain room comfort. However, the widespread use of ACs has the potential to cause excessive electricity consumption and environmental damage, such as the Urban Heat Island (UHI) phenomenon. Uncontrolled AC usage will only worsen these impacts. The main issue addressed in this research is how a system can predict room temperature using Support Vector Regression (SVR) and automatically control the AC based on the prediction results. This system is developed using the ESP8266 module, supported by various sensors such as DHT11, IR LED, transistors, and other components as the primary tools for data collection. The collected data is then processed and modeled using the SVR method, implemented in Python on a Django-based web server via the HTTP protocol. Testing on more than 700 data samples showed a Mean Absolute Error (MAE) of 0.8 and a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 2.7%. The error rate increases when fewer than 700 data samples are used. The test results indicate that the system has good prediction performance. Moreover, the system is capable of automatically controlling the AC, making it a Smart AC by providing an ideal room temperature using a simple algorithm. This demonstrates the success of the system in turning a conventional AC into a Smart AC. Beyond the technical aspect, this research is also integrated with Islamic spiritual values, encouraging increased faith and belief in the oneness of God (tawhid), recognizing that everything is wisely arranged by Allah SWT.

مستخلص البحث

.بنواة خطية (SVR) معالي، أرسل 2025 توقع درجة حرارة الغرفة لتكييف الهواء الذكي باستخدام الانحدار الداعم للمتجهات. البحث الجامعي. قسم هندسة المعلوماتية. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: 1 شوفين نحو أوتاما، الماجستير، 2 الدكتور فخرول، الماجستير

الكلمات الرئيسية: التنبؤ، درجة حرارة الغرفة، إنترنت الأشياء، التعلم الآلي، الانحدار الداعم للمتجهات

اعتُبرت درجة حرارة الغرفة من العوامل المهمة في توفير الراحة داخل الأماكن، لا سيما في إندونيسيا ذات المناخ الاستوائي كحل للحفاظ على راحة الغرفة. وقد أدى الاستخدام المتزايد (AC) الحار. لذلك، اعتمد كثير من الناس على أجهزة التكييف لأجهزة التكييف إلى هدر الطاقة الكهربائية والتسبب في مشكلات بيئية مثل ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية. ومن هنا، فإن الاستخدام غير المُنظَّم لأجهزة التكييف قد فاقم هذه الآثار السلبية. وتكمن المشكلة الرئيسة في كيفية تطوير نظام تمكّن من توقع درجة حرارة والتحكم تلقائيًا بجهاز التكييف بناءً على نتائج التنبؤ. وقد تم تطوير هذا النظام باستخدام وحدة SVR الغرفة باستخدام خوارزمية و بالأشعة تحت الحمراء، والترانزستور، وغيرها من المكونات الإلكترونية، DHT11 المدعومة بحساسات داعمة مثل ESP8266 بلغة بايثون من خلال SVR كأدوات رئيسية في جمع البيانات. وبعد جمع البيانات، تمت معالجتها وغذجتها باستخدام خوارزمية ومن خلال اختبار أكثر من 700 عينة بيانات، توصّل الباحث HTTP باستخدام بروتوكول Django خادم ويب بُني على إطار بلغت 2.7%. أما في حال كانت (MAPE) بلغ 0.8، ونسبة الخطأ المطلق المتوسطة (MAE) إلى أن متوسط الخطأ المطلق البيانات أقل من 700 عينة، فقد ازدادت نسبة الخطأ. وقد أظهرت نتائج الاختبارات أن النظام تمتع بكفاءة جيدة في التنبؤ، إضافة قدّم درجة حرارة مثالية للمكان باستخدام (Smart AC) إلى قدرته على التحكم التلقائي بجهاز التكييف، مما جعله تكييفًا ذكيًا، خوارزميات بسيطة. وعلاوةً على ذلك، فإن هذا البحث لم يقتصر على الجوانب التقنية فحسب، بل دمج أيضًا القيم الروحية الإسلامية مما أسهم في تعزيز الإيمان والتوحيد، بأن كل شيء قُدّر بحكمة من الله سبحانه وتعالى

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis dengan suhu udara yang cenderung panas dan lembab sepanjang tahun (Hamdy et al., 2021). Kondisi ini membuat penggunaan AC menjadi hal yang umum di berbagai tempat, seperti rumah, kantor, industry hingga sekolah untuk menciptakan lingkungan yang lebih nyaman (Abdurrahman, 2023). Penggunaan AC dalam lingkup masyarakat semakin banyak yang juga membawa dampak signifikan terhadap konsumsi listrik. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), AC menyumbang sekitar 40% dari total konsumsi listrik di sektor perumahan dan komersial (Wijata, 2023). Penggunaan AC yang berlebihan dapat menyebabkan pemborosan energi dan meningkatkan biaya listrik secara drastis.

Salah satu masalah utama dalam penggunaan AC adalah kebiasaan menyalakannya secara terus-menerus tanpa pengaturan yang bijak. Banyak orang lupa mematikan AC saat meninggalkan ruangan atau mengatur suhu terlalu rendah, sehingga energi listrik terbuang sia-sia (Firdaus & Yuwono, 2024). Sistem AC konvensional masih bekerja dengan pola tetap tanpa mempertimbangkan kondisi lingkungan. AC jenis ini beroperasi secara statis berdasarkan pengaturan awal pengguna dan tidak dapat menyesuaikan diri dengan perubahan di dalam ruangan, seperti waktu, tingkat kelembaban, maupun suhu udara sekitar di dalam. Penggunaan AC seperti itu mengakibatkan konsumsi energi listrik menjadi tidak

efisien dan boros, yang pada akhirnya meningkatkan beban listrik dan biaya operasional rumah tangga, perkantoran maupun perkuliahan.

Penggunaan AC yang tidak efisien juga berkontribusi terhadap pemanasan global melalui dua mekanisme utama: efek rumah kaca dan *Urban Heat Island* (UHI) (Pratama, 2024). AC menggunakan refrigeran yang dapat menghasilkan gas rumah kaca seperti HFC (*Hydrofluorocarbon*). HFC memiliki potensi pemanasan global yang jauh lebih besar daripada CO₂ (Sumeru et al., 2023). Gas ini dapat terlepas ke atmosfer dan mempercepat pemanasan global. AC juga membuang panas ke luar ruangan, yang dapat meningkatkan suhu lingkungan di sekitarnya terutama di area perkotaan dengan jumlah AC yang tinggi. Fenomena ini dikenal sebagai *Urban Heat Island* (UHI), di mana suhu di perkotaan menjadi jauh lebih panas dibandingkan daerah sekitarnya karena akumulasi panas dari bangunan, kendaraan, dan perangkat elektronik, termasuk AC (Ridwan, 2024).

Sebagai manusia kita memiliki tanggung jawab untuk menjaga keseimbangan lingkungan dan mencegah kerusakan bumi akibat penggunaan teknologi yang tidak bijak. Allah SWT berfirman dalam QS. *Al-A'raf*: 56

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ حَوْفًا وَقَطْمًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

“Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diciptakan dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut sehingga kamu lebih khusyuk dan terdorong untuk menaati-Nya, dan penuh harap terhadap anugerah-Nya dan pengabulan doamu. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.” (QS. *Al-A'raf*: 56)

Ayat ini mengingatkan kita untuk tidak merusak lingkungan yang telah diciptakan dalam keseimbangan yang sempurna (Shihab, 2002). Solusi yang lebih

cerdas diperlukan dalam penggunaan AC agar tetap nyaman tanpa boros energi dan tanpa memperburuk pemanasan global, salah satu solusinya adalah penggunaan sistem AC pintar.

AC pintar dilengkapi dengan sensor yang dapat menyesuaikan suhu secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan (Lesmana et al., 2024). AC dapat bekerja lebih efisien tanpa mengorbankan kenyamanan pengguna. AC pintar juga dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi di *Smartphone*, sehingga pengguna bisa mengontrol penggunaan AC dengan lebih baik (Gea, 2023). AC pintar diharapkan membuat konsumsi energi bisa lebih hemat, emisi gas rumah kaca berkurang, dan suhu lingkungan perkotaan tidak semakin meningkat akibat efek UHI.

Smart AC bekerja dengan memprediksi suhu ruangan dan secara otomatis menyesuaikan pengaturan suhu agar tetap konsisten pada tingkat kenyamanan optimal. Teknologi *Smart AC* membuat AC dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti perubahan kelembaban udara, suhu sekitar serta waktu sehingga kinerja tetap efisien tanpa mengorbankan kenyamanan pengguna. Untuk mengoptimalkan sistem ini, penerapan *Machine Learning* menjadi solusi yang dapat dipertimbangkan, terutama dengan pendekatan *Support Vector Regression* (SVR).

Penerapan *Machine Learning* menjadi solusi yang layak dipertimbangkan terutama dengan pendekatan SVR. SVR adalah metode yang mampu mempelajari pola hubungan antara suhu ruangan dan berbagai faktor lingkungan secara akurat, bahkan dalam kondisi yang tidak linier (Ardhiyah, 2019). Model ini dapat

menganalisis parameter seperti suhu awal ruangan, suhu yang diatur di AC, kelembaban udara, waktu yang digunakan untuk memberikan prediksi suhu yang lebih presisi.

Dibandingkan dengan regresi linear berganda SVR lebih unggul karena dapat menangkap pola kompleks yang lebih sesuai dengan dinamika perubahan suhu di dalam ruangan (Astari & Ardiyasa, 2024). Dibandingkan dengan fuzzy logic yang mengandalkan aturan-aturan yang harus ditentukan secara manual, SVR lebih fleksibel karena mampu menyesuaikan pola berdasarkan data historis tanpa perlu aturan eksplisit yang mungkin tidak mencakup semua kondisi yang ada (Ahmad Firly Akbar, Abdurrahman, 2023).

Dengan prediksi suhu yang lebih akurat, SVR memungkinkan *Smart AC* untuk mengatur suhu secara otomatis guna mencapai manfaat yang lebih baik. Penerapan SVR dalam sistem pendingin udara ini juga mendukung konsep *Smart building*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengoptimalkan kinerja *Smart AC* dengan menggunakan model SVR. *Smart AC* tidak hanya lebih hemat energi dan ramah lingkungan, tetapi juga dapat membantu mengurangi konsumsi listrik yang berlebihan serta meningkatkan kenyamanan pengguna secara real-time.

Dalam Islam pemanfaatan teknologi bertujuan untuk menjaga lingkungan dan menghindari pemborosan merupakan bagian dari sikap tanggung jawab terhadap amanah Allah SWT sebagaimana sabda nabi Muhammad SAW:

قال رسول الله ص.م مَنْ أَحْيَى أَرْضًا مَيِّتَةً فَهِيَ لَهُ

“Barangsiapa menghidupkan bumi yang mati, maka (bumi) itu menjadi meilikny”
(HR. Tirmidzi)

Hadis ini mengandung makna bahwa setiap upaya untuk memakmurkan dan menjaga keberlanjutan lingkungan dipandang sebagai Tindakan mulia yang memiliki nilai ibadah. Pengembangan teknologi seperti AC pintar menjadi bentuk konkret dari usaha tersebut. AC pintar memanfaatkan sistem cerdas untuk mengendalikan suhu ruangan secara efisien dan dapat mengurangi efek pemanasan global.

1.2 Pernyataan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini berusaha menjawab pertanyaan sebagai berikut: Bagaimana memprediksi suhu ruangan menggunakan algoritma SVR untuk *Smart AC*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang di tetapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel yang digunakan meliputi suhu dan kelembapan di luar ruangan, power ac (on / off), mode AC (Cool, Heart, Dry, Auto) dan suhu AC.
2. Model prediksi suhu diuji pada ruangan berukuran 7.5 x 7.5 meter dalam lingkungan ruang belajar.
3. *Air Conditioner* merek Sharp yang kompatibel dengan format sinya infrared Kelvinator

4. Hanya menggunakan *Support Vector Regression* dengan Kernel linear sebagai metode utama, tidak membandingkan metode lain.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pernyataan masalah yang sudah dijabarkan, Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi suhu ruangan menggunakan algoritma SVR. Hasil prediksi nantinya dapat dimanfaatkan untuk *Smart AC*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk mengendalikan penggunaan AC secara otomatis berdasarkan kondisi yang telah ditentukan dan dapat menghemat daya listrik dari penggunaan AC.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian (Natsir et al., 2019) mengembangkan sistem kendali AC otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk menjaga suhu ruang kelas tetap dalam kisaran nyaman, yaitu 18°C - 28°C dengan kelembapan antara 40% - 60%. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi jumlah orang di dalam ruangan dan secara otomatis menyesuaikan pengaturan AC tanpa memerlukan remote kontrol manual. Meskipun sistem berhasil mengotomatisasi pengendalian suhu berdasarkan jumlah orang di dalam ruangan, penelitian ini menemukan bahwa akurasi sistem dalam mempertahankan suhu optimal masih kurang stabil. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan ketepatan kontrol suhu agar sistem menjadi lebih efisien dan dapat bekerja secara optimal dalam berbagai kondisi lingkungan.

Penelitian (Widodo et al., 2021) mengembangkan perangkat *Smart AC Remote* yang memudahkan pengguna dalam mengontrol suhu ruangan secara otomatis dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT). Berdasarkan standar kenyamanan termal di Indonesia, yang mengacu pada ANSI/ASHRAE 55-1992, suhu ruangan yang nyaman berada di kisaran 22°C - 26°C, sementara penelitian lain menyebutkan bahwa pekerja di Indonesia merasa nyaman pada suhu 24,09°C - 28,5°C. *Smart AC Remote* bekerja dengan sensor suhu yang terus-menerus mendeteksi perubahan suhu ruangan dan secara otomatis menyesuaikan pengaturan

AC melalui aplikasi Blynk. Ketika suhu ruangan lebih tinggi dari suhu yang diinginkan, sistem akan menurunkan suhu AC, dan sebaliknya jika suhu lebih rendah, sistem akan menaikkan suhu AC. Dengan fitur ini, pengguna hanya perlu mengatur suhu sekali, dan sistem akan mengelola suhu ruangan secara otomatis, meningkatkan efisiensi energi serta kenyamanan pengguna.

Penelitian (Ahmad Firly Akbar, Abdurrahman, 2023) membandingkan dua metode *Fuzzy Logic*, yaitu *Sugeno* dan *Tsukamoto*, dalam mengontrol suhu AC berdasarkan data suhu dalam ruangan, suhu luar ruangan, serta jumlah orang yang berada di dalam ruangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Sugeno* memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode *Tsukamoto*, dengan persentase keakuratan mencapai 91,25%, sedangkan metode *Tsukamoto* hanya mencapai 58,75%. Keunggulan metode *Sugeno* terletak pada kemampuannya dalam menangani variabel *input* yang lebih kompleks dan menghasilkan keputusan yang lebih akurat. Metode *Sugeno* lebih direkomendasikan untuk diterapkan dalam sistem otomatisasi AC guna meningkatkan kenyamanan pengguna serta efisiensi penggunaan energi.

Penelitian (Shamrat et al., 2018) mengembangkan sistem otomatisasi AC berbasis prediksi suhu ruangan dengan menggunakan sensor suhu termal dan sensor inframerah (IR). Sistem ini bekerja dengan cara mendeteksi suhu ruangan secara *real-time* serta keberadaan objek atau orang di dalam ruangan untuk menentukan apakah AC perlu dinyalakan atau dimatikan. Data dari sensor digunakan untuk menghitung suhu rata-rata ruangan, kemudian algoritma membandingkan suhu aktual dengan suhu ideal yang ditetapkan, yaitu 18°C. Jika suhu lebih tinggi dari

18°C, sistem akan mengaktifkan AC, sedangkan jika suhu lebih rendah, AC akan dimatikan. Dengan pendekatan ini, sistem dapat mengoptimalkan penggunaan AC secara efisien, mengurangi konsumsi energi, dan memastikan kenyamanan penghuni ruangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memprediksi suhu ruangan dengan akurasi tinggi sehingga dapat diterapkan dalam berbagai lingkungan untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna.

Penelitian (Astari & Ardiyasa, 2024) menggunakan pendekatan regresi linier berganda untuk memprediksi suhu AC berdasarkan riwayat data suhu dan kelembapan udara di dalam serta di luar ruangan. Data yang digunakan berasal dari sensor suhu dan kelembapan yang mencatat perubahan setiap 5 menit, dengan total 4.581 sampel yang dikumpulkan selama periode 13 hingga 31 Agustus 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model regresi yang dikembangkan memiliki tingkat error yang relatif rendah, dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 4,33%. Nilai ini menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi hanya sekitar 4,33% dari suhu aktual, yang berarti model dapat memberikan estimasi suhu AC yang cukup akurat. Model ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengaturan suhu AC secara otomatis guna meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan ruangan.

Penelitian (Cheng et al., 2022) mengembangkan model prediksi beban pendingin pada sistem penyimpanan es untuk *Air Conditioner* (AC) menggunakan algoritma *Support Vector Regression* (SVR). Data yang digunakan mencakup variabel meteorologi dan beban pendingin dalam satuan kWh. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa model SVR memiliki kinerja yang sangat baik dalam memprediksi beban pendingin, dengan nilai MAPE sebesar 0,4319% dan RMSE sebesar 4,8511. Dibandingkan dengan metode lain termasuk jaringan saraf tiruan (Neural Network), SVR menunjukkan keunggulan dalam kondisi data sampel yang terbatas. Model SVR lebih stabil dan kokoh dalam melakukan prediksi, sehingga dapat membantu dalam pengoptimalan konsumsi energi, pengurangan biaya operasional AC, serta peningkatan efisiensi energi pada bangunan.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Data	Hasil	Persamaan	Perbedaan
1	Implementasi IoT untuk Sistem Kendali AC Otomatis pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya (2019)	Sensor gerak untuk deteksi jumlah orang	Akurasi tinggi karena menggunakan algoritma if else sederhana	Sistem kendali otomatis suhu AC pada ruangan	Algoritma / metode prediksi yang digunakan
2	<i>Smart AC Remote: Pengontrol Suhu Air Conditioner Otomatis Berbasis Internet of Things</i> (2021)	Sensor suhu ruangan	Akurasi tinggi karena menggunakan algoritma sederhana	<i>Smart remote</i> AC	Algoritma / metode prediksi yang digunakan
3	Penerapan Fuzzy Logic Menggunakan Metode Sugeno dan Tsukamoto untuk Mengontrol Suhu AC (2023)	Sensor suhu in / out dan jumlah orang	Akurasi fuzzy sugeno 91% lebih baik dari tsukamoto dengan data yang ditentukan	Penggunaan pembelajaran mesin untuk prediksi suhu ac	Metode / algoritma yang digunakan
4	Implementation of a <i>Smart AC Automation System with Room Temperature Prediction</i> (2023)	Sensor suhu ruangan in / out dan jumlah orang	Sistem mampu memprediksi suhu dengan pembelajaran mesin	Prediksi suhu ruangan dan tipe pembelajaran mesin	Algoritma yang digunakan
5	Prediksi Suhu AC Berdasarkan Riwayat Data Suhu dan Kelembapan Udara Menggunakan Regresi Linier Berganda (2024)	Suhu dan kelembapan in / out. dikumpulkan 13 – 31 agustus 2023	MAPE = 4,33% menunjukkan akurasi baik namun dengan data linier	Prediksi suhu dan data yang digunakan sepenuhnya sama	Algoritma yang digunakan untuk mengatasi data non-linier

No	Judul	Data	Hasil	Persamaan	Perbedaan
6	Penerapan Algoritma Linear Regression dan <i>Support Vector Regression</i> dalam Prediksi Temperatur Udara di Malang (2025)	Data meteorologi cuaca	Model SVR lebih baik dari pada model Linier Regresi Berganda	Model yang digunakan	Studi kasus yang digunakan
7	Short-term Hybrid Forecasting Model of Ice Storage Air-conditioning Based on Improved SVR (2022)	Data sensor kualitas udara , dan beban listrik	MAPE sebesar 0,4319% dan RMSE sebesar 4,8511 , model sangat baik	Model / metode yang digunakan	Studi kasus yang digunakan

Berdasarkan tinjauan penelitian terkait dari 2019 hingga 2025, perbedaan yang signifikan terletak pada metode yang digunakan. Studi kasus yang serupa dapat terus ditingkatkan dengan pendekatan yang lebih mutakhir, khususnya melalui penerapan model pembelajaran mesin. Dalam penelitian yang sudah dilakukan beberapa peneliti, belum ada peneliti yang menggunakan model pembelajaran mesin SVR dengan adopsi linear kernel. Peneliti sebelumnya menggunakan metode metode yang sudah populer pada zaman 2000-an seperti fuzzy dan regresi linear. Metode SVR diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja *Smart AC* seperti pada kasus peneliti lainnya yang menggunakan SVR, sehingga sistem IoT dapat menyesuaikan suhu secara cerdas untuk menciptakan kenyamanan ruangan sekaligus mengurangi konsumsi energi secara efisien

2.2 *Air Conditioner* (AC)

AC atau *Air Conditioner* merupakan salah satu sistem dalam ruangan yang berfungsi untuk menjaga suhu agar tetap nyaman. Jika suhu dalam ruangan terasa panas, AC yang diaktifkan akan menyerap udara panas sehingga suhu ruangan

menurun (Ahmad Firly Akbar, Abdurrahman, 2023). Jika udara dalam ruangan terlalu lembab, AC akan mengurangi kelembaban sehingga udara tetap berada pada tingkat yang sesuai menggunakan remote. Udara yang dikeluarkan oleh AC cenderung lebih kering dan telah melalui proses penyaringan sehingga lebih bersih serta bebas dari debu dan kotoran.

AC sering dianggap sebagai barang mewah karena harganya yang cukup mahal serta konsumsi listriknya yang tinggi. AC sudah menjadi kebutuhan karena manfaatnya dalam mengatur suhu udara sehingga memberikan kenyamanan bagi tubuh. Selain mendinginkan ruangan, AC juga berfungsi untuk menjaga kebersihan dan kelembaban udara sehingga menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan nyaman. Dalam bangunan dengan ukuran sedang hingga besar, sistem pengaturan udara seperti AC sering digunakan untuk menciptakan kenyamanan atau yang dikenal sebagai *comfort air conditioning*. Dengan demikian, AC tidak hanya berperan dalam menyejukkan ruangan tetapi juga menciptakan kondisi udara yang lebih berkualitas.

2.3 ESP 8266

ESP8266 adalah *mikrokontroler* yang dirancang oleh *Espressif Systems*, perusahaan berbasis di Shanghai, China. *Mikrokontroler* ini telah dilengkapi dengan modul *Wi-Fi* terintegrasi, sehingga sangat mendukung pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) tanpa memerlukan modul tambahan (Ferry, 2019). Dengan fitur konektivitas nirkabel yang terintegrasi, ESP8266 memungkinkan perangkat untuk terhubung ke jaringan dan berkomunikasi secara

efisien. Hal ini menjadikannya pilihan populer dalam berbagai aplikasi IoT seperti otomatisasi rumah, pemantauan jarak jauh, dan perangkat pintar lainnya.

ESP8266 memiliki prosesor 32-bit *Tensilica* L106 dengan kecepatan hingga 80–160 MHz, serta mendukung berbagai protokol komunikasi seperti SPI, I2C, dan UART sehingga dapat dengan mudah berinteraksi dengan sensor dan aktuator. Meskipun hanya memiliki satu inti (*single-core*), ESP8266 cukup andal untuk aplikasi IoT skala kecil hingga menengah (Lukman, 2024). Konsumsi daya yang rendah membuatnya ideal untuk digunakan dalam sistem yang memerlukan efisiensi energi, seperti pada sistem monitoring berbasis baterai. Dibandingkan dengan ESP32, ESP8266 juga lebih terjangkau dari segi harga, sehingga menjadi solusi ekonomis bagi pengembang atau pelajar yang ingin membangun proyek IoT dengan biaya rendah namun tetap fungsional (Lestari, 2024).

2.4 DHT11

Sensor DHT11 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur kelembaban dan suhu relatif di sekitarnya. Sensor ini bekerja dengan menggunakan kapasitor dan termistor untuk mendeteksi perubahan kondisi udara, kemudian mengirimkan data dalam bentuk sinyal digital melalui pin data. DHT11 memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem pemantauan lingkungan, perangkat IoT serta pengendalian suhu dan kelembaban dalam ruangan (Basori et al., 2024).

Sensor DHT11 adalah salah satu jenis sensor suhu dari keluarga DHT yang dapat mengukur suhu dan kelembaban. Sensor ini secara otomatis mengumpulkan data setiap 2 detik dan mengirimkan sinyal data ke pin *output* sensor. DHT11 dapat

beroperasi dengan tegangan antara 3 hingga 5 Volt DC dan arus maksimal 2,5 miliampere. Rentang suhu yang dapat diukur oleh sensor ini berkisar antara -40 hingga 80 derajat Celsius, sedangkan kelembaban yang dapat dideteksi berada dalam rentang 0 hingga 100% (Ladyada, 2015). Dalam penelitian ini, sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban di dalam ruangan, kemudian data yang diperoleh dikirim ke server (Ahmad Firly Akbar, Abdurrahman, 2023).

2.5 IR Transmitter

IR Transmitter adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memancarkan cahaya inframerah sebagai media komunikasi antar perangkat. Komponen ini terdiri dari chip detektor inframerah digital yang di dalamnya terdapat fotodioda dan amplifier untuk memperkuat sinyal. *IR Transmitter* ini menggunakan LED inframerah yang dapat mengirimkan sinyal yang tidak terlihat oleh mata manusia. *IR Transmitter* memiliki tiga pin utama, yaitu pin GND sebagai jalur arus negatif, pin VCC yang menerima tegangan antara 3V hingga 5V, serta pin data keluaran yang digunakan untuk mengirimkan sinyal ke perangkat penerima. Perangkat ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti remote control, sistem komunikasi nirkabel jarak pendek, serta sensor keamanan dan otomatisasi perangkat (Deswar & Pradana, 2021).

2.6 Django

Django adalah framework web berbasis Python yang dirancang untuk mempercepat proses pengembangan aplikasi dengan konsep rapid development.

Framework django bersifat *full-stack* artinya mencakup baik sisi *front-end* maupun *back-end*. Django banyak digunakan karena memiliki *Object-Relational Mapping* (ORM), yang memungkinkan pengelolaan basis data tanpa harus menulis query SQL secara manual (Rahimah et al., 2019). Django memudahkan pembuatan website dengan fitur bawaan seperti admin interface otomatis, template sistem, *cache system*, serta mendukung pembuatan URL yang fleksibel. Framework django juga mendukung pengembangan multibahasa dan memiliki web server bawaan untuk proses pengembangan tanpa perlu menginstal server tambahan.

Beberapa situs terkenal yang menggunakan Django antara lain Instagram, Disqus, Mozilla, dan Bitbucket. Django banyak dipilih oleh pengembang karena mendukung keamanan yang baik, pengelolaan basis data yang efisien, serta kemudahan dalam membangun sistem yang kompleks dengan kode yang lebih rapi dan terstruktur (Dirgantara et al., 2014).

2.7 *Support Vector Regression (SVR)*

Support Vector Regression (SVR) merupakan algoritma *Machine Learning* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan regresi, yaitu memprediksi nilai dalam bentuk angka riil atau kontinu (Maulana et al., 2019). SVR dirancang untuk menemukan garis regresi terbaik atau *hyperplane* yang mampu meminimalkan kesalahan prediksi dalam batas toleransi tertentu berbeda dengan *Support Vector Machine (SVM)* yang digunakan untuk klasifikasi. Salah satu keunggulan dari SVR adalah kemampuannya dalam mengatasi masalah *overfitting*, yaitu kondisi di mana model terlalu cocok dengan data latih sehingga kurang mampu menggeneralisasi pada data baru (Yasin et al., 2014).

Dengan menerapkan margin atau jarak tertentu dari *hyperplane* ke titik data terdekat, SVR menjaga agar prediksi tetap akurat tanpa menjadi terlalu kompleks. Titik data yang berada di tepi margin ini disebut *support vectors* karena mereka menjadi elemen penting dalam pembentukan model. Dalam kasus ini, hanya sebagian kecil dari koefisien $\alpha_i^* - \alpha_i$ yang memiliki nilai tidak nol, dan titik data yang berasosiasi dengannya disebut sebagai *Support Vectors* (Vijayakumar & Wu, 1999). Proses ini dirumuskan dalam bentuk fungsi prediksi pada rumus 2.1:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i^* - \alpha_i)(K(x_i, x) + \lambda^2) \quad (2.1)$$

Di mana $\alpha_i^* - \alpha_i$ adalah *Lagrange multiplier*, x_i adalah data ke-I, $K(x_i, x)$ fungsi kernel, dan λ (*lambda*) adalah variabel scalar. Pada rumus persamaan 2.1 $\alpha_i^* - \alpha_i$ merepresentasikan selisih antara dua *lagrange multiplier* yang digunakan dalam optimasi fungsi prediksi pada metode SVR. Nilai ini menentukan kontribusi tiap sampel data pelatihan dalam membentuk model. Variabel x_i menunjukkan data *input* ke-i yang merepresentasikan fitur dari data pelatihan. Fungsi $K(x_i, x)$ adalah fungsi kernel yang dijelaskan di subbab kernel linear. Variabel skalar digunakan untuk merepresentasikan objek data berukuran tetap. λ (*lambda*) merupakan variabel skalar yang berkaitan dengan parameter regulasi dan digunakan untuk mengontrol kompleksitas model agar tidak terjadi *overfitting*.

2.8 Algoritma Sequential Learning

Algoritma *Sequential Learning* merupakan salah satu metode untuk mengoptimalkan SVR, yang bertujuan menemukan nilai terbaik dari parameter α dan α^* (*Lagrange multipliers*) guna menghasilkan *hyperplane* atau garis regresi

yang paling sesuai. Paragraf berikut akan menjelaskan langkah-langkah dalam Algoritma *Sequential Learning*.

Pertama yaitu Inisialisasi, semua nilai parameter dual diset ke nol: $\alpha_i = 0$, $\alpha_i^* = 0$, kemudian hitung matrik R_{ij} dengan persamaan 2.2.

$$R_{ij} = (K(x_i, x_j) + \lambda^2) \quad (2.2)$$

Dimana R_{ij} = matriks *Hessian*, x_i = data ke - i, x_j = data ke - j, λ = variabel skalar. Parameter *lambda* (λ) atau variabel skalar menunjukkan ukuran skalar pemetaan ruang pada kernel SVR. Matriks *Hessian* digunakan untuk menyusun sistem persamaan kuadratik yang menjadi inti dari proses optimasi pada SVR. Kedua, Iterasi untuk setiap data latih untuk setiap data training, $i = 1$ sampai n dihitung.

Ketiga, menghitung nilai eror dengan persamaan 2.3, Untuk setiap data ke-i, dihitung selisih antara nilai aktual dan prediksi SVR dengan rumus:

$$E_i = y_i - \sum_{j=1}^n (\alpha_j^* - \alpha_j) R_{ij} \quad (2.3)$$

y_i pada rumus 2.3 adalah nilai aktual data target, rumus 2.3 juga menunjukkan nilai E_i bisa juga ditulis dengan $y_i - f(x)$ yang mana $f(x)$ adalah rumus 2.1. Kemudian nilai error tersebut digunakan untuk menghitung perubahan parameter α_j dan α_j^* dengan persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \delta \alpha_i^* &= \min\{\max[\gamma(E_i - \varepsilon), -\alpha_i^*], C - \alpha_i^*\} \\ \delta \alpha_i &= \min\{\max[\gamma(-E_i - \varepsilon), -\alpha_i], C - \alpha_i\} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Pada rumus 2.4 nilai $\delta \alpha_i$ dan $\delta \alpha_i^*$ merupakan perubahan nilai *Lagrange multiplier* α_i dan α_i^* dalam proses optimasi SVR. E_i adalah nilai dari hasil rumus

2.3. Setelah nilai perubahan $\delta\alpha$ diperoleh, dilakukan pembaruan *alpha* dengan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_i^* &= \alpha_i^* + \delta\alpha_i^* \\ \alpha_i &= \alpha_i + \delta\alpha_i\end{aligned}\tag{2.5}$$

Dimana α_i^* = *lagrange multiplier* untuk pelanggaran batas bawah, α_i = *lagrange multiplier* untuk pelanggaran batas atas, $\delta\alpha_i^*$ = variabel tunggal bukan bentuk dari perkalian δ dengan α_i^* , $\delta\alpha_i$ = variabel tunggal bukan bentuk dari perkalian δ dengan α_i . Pada rumus 2.4 γ = Nilai *Learning Rate*, ε = parameter *epsilon*, C = parameter kompleksitas model. Parameter untuk menghitung nilai $\delta\alpha_i^*$ dan $\delta\alpha_i$ menggunakan 3 parameter yakni nilai parameter gamma (γ), *epsilon* (ε), dan *Complexity* (C). Cara menghitung parameter gamma γ ditunjukkan dalam persamaan 2.6 (Vijayakumar & Wu, 1999b).

$$\gamma = \frac{2}{\max R_{ij}}\tag{2.6}$$

Selanjutnya untuk parameter yang digunakan untuk menghitung nilai $\delta\alpha_i^*$ dan $\delta\alpha_i$ yakni parameter *epsilon* (ε). Parameter *epsilon* (ε) digunakan dalam mengatur batas kesalahan fungsi $f(x)$, nilai tersebut menyelubungi nilai dari fungsi $f(x)$ sehingga akan membentuk yang disebut daerah *error - zone*. Dan jika nilai $f(x)$ melebihi *error - zone* yang terbentuk maka akan dikenai penalti sebesar dari parameter C yang telah diatur (Maulana et al., 2019). Dan yang terakhir nilai parameter C yakni mempresentasikan batas penalti toleransi terhadap kesalahan peramalan. Nilai C yang besar menunjukkan bahwa model memiliki toleransi yang rendah terhadap kesalahan sehingga lebih ketat dalam memisahkan data dan berpotensi menghasilkan model yang kompleks.

Selanjutnya, kembali ke Langkah ketiga sampai kondisi iterasi maksimum atau $\max (|\delta\alpha_i| < \varepsilon$ dan $\max (|\delta\alpha_i^*| < \varepsilon$. Terakhir, fungsi regresi atau fungsi utama yaitu dengan persamaan seperti 2.1 yang telah dijelaskan di awal pembahasan SVR

2.9 Kernel Linear

Untuk menyelesaikan permasalahan prediksi menggunakan algoritma SVR, dapat digunakan fungsi kernel sebagai solusi untuk memetakan data ke ruang fitur. Untuk kasus yang dapat diselesaikan secara linier, fungsi kernel linear cukup digunakan tanpa perlu transformasi eksplisit ke ruang berdimensi tinggi. Keunggulan dari penggunaan fungsi kernel ini yaitu tetap memungkinkan pemodelan hubungan antar data menggunakan metode inner product yang sederhana namun efektif untuk data linear (Furi et al., 2015). Kinerja dari algoritma SVR sangat bergantung pada pemilihan fungsi kernel yang tepat dan pengaturan parameter regulasi (Fu et al., 2014). Salah satu fungsi kernel yang sering digunakan untuk data linear adalah fungsi kernel linear, dengan persamaan sebagai berikut (Karnisih et al., 2025)

$$K(x_i, x_j) = x_i^T x_j \quad (2.7)$$

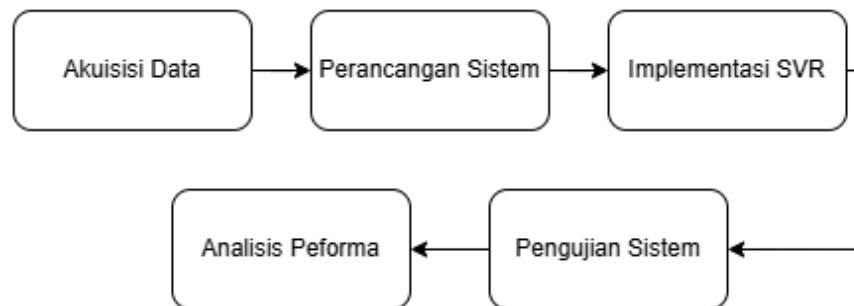
Dimana x_i adalah data ke-i, x_j adalah data ke-j. Kernel linear menggunakan inner product antara dua vektor data tanpa perlu pemetaan eksplisit ke ruang berdimensi lebih tinggi. Tidak terdapat parameter sigma (σ) dalam fungsi kernel linear, sehingga penggunaannya lebih sederhana dalam hal tuning parameter (Furi, Jordi, & Saepudin, 2015).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Tahapan penelitian ini merupakan alur utama yang menggambarkan proses pelaksanaan penelitian secara keseluruhan. Desain penelitian yang digunakan disusun secara terstruktur sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain Penelitian

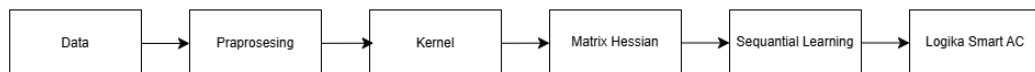
Gambar 3.1 menunjukkan tahapan penelitian implementasi SVR dalam menentukan prediksi suhu ruangan untuk membangun sistem AC pintar. Tahap pertama adalah akuisisi data, yaitu pengambilan data dari komponen ESP8266 yang menerima sampel data dari sensor-sensor yang dibutuhkan. Tahap kedua adalah perancangan sistem yang meliputi pembuatan komponen ESP8266, web server, dan integrasi keduanya. Tahap ketiga adalah implementasi SVR ke dalam sistem yang telah dirancang menggunakan bahasa Python berbasis Django Framework. Tahap keempat adalah pengujian sistem SVR dengan membagi data sesuai perbandingan yang telah ditentukan. Tahap terakhir adalah analisis performa untuk mengevaluasi seberapa dekat hasil prediksi model dengan data asli.

3.2 Akuisisi Data

Penelitian ini menggunakan data dari ESP8266 yang menerima input dari berbagai sensor pendukung. Sensor-sensor tersebut mengirimkan sampel data ke ESP8266 setiap satu menit, kemudian data dirata-rata setiap lima menit selama lima hari secara real-time. Data dari sensor dikirimkan ke server melalui protokol HTTP. Server mengumpulkan sampel data tersebut hingga membentuk satu set data yang lengkap dan siap dipakai untuk melatih model. Total data yang digunakan 875 data yang direkam pada ruangan lab Robotik UIN MALIKI.

3.3 Perancangan Sistem

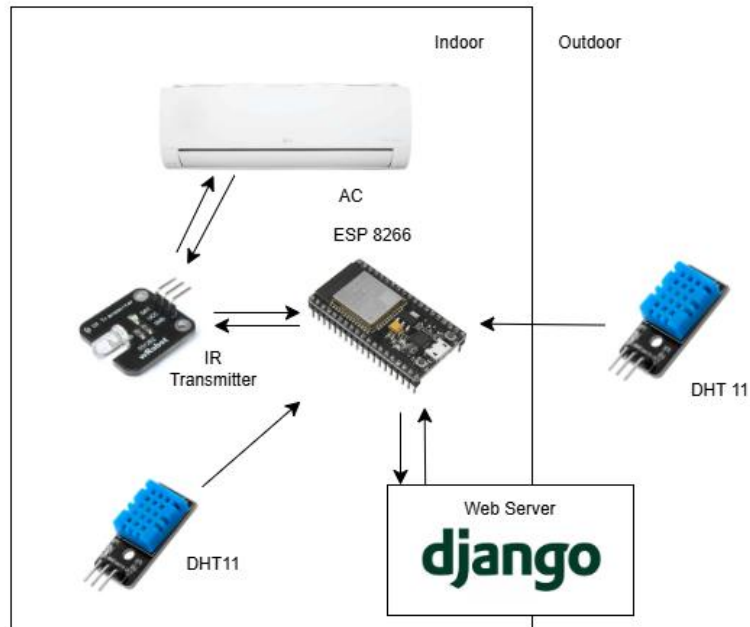
Perancangan sistem merupakan tahapan yang ditempuh dalam proses pembangunan sistem. Gambar 3.2 menampilkan skema desain sistem yang digunakan.



Gambar 3. 2 Desain Sistem

Pada gambar 3.2 menjelaskan data yang diperoleh dari rangkaian komponen masuk ke tahap pertama yaitu praproses. Setelah praproses dilakukan perhitungan kernel linear yang menjadi jenis kernel utama dalam penelitian ini. Hasil perhitungan kernel kemudian dibentuk menjadi matriks *Hessian* untuk menghitung bobot atau nilai *alpha* menggunakan algoritma *Sequential Learning*. Setelah nilai prediksi diperoleh sistem menjalankan logika *Smart AC* untuk mengontrol AC secara otomatis.

Untuk merealisasikan desain sistem tersebut diperlukan perancangan rangkaian komponen yang lebih jelas seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.

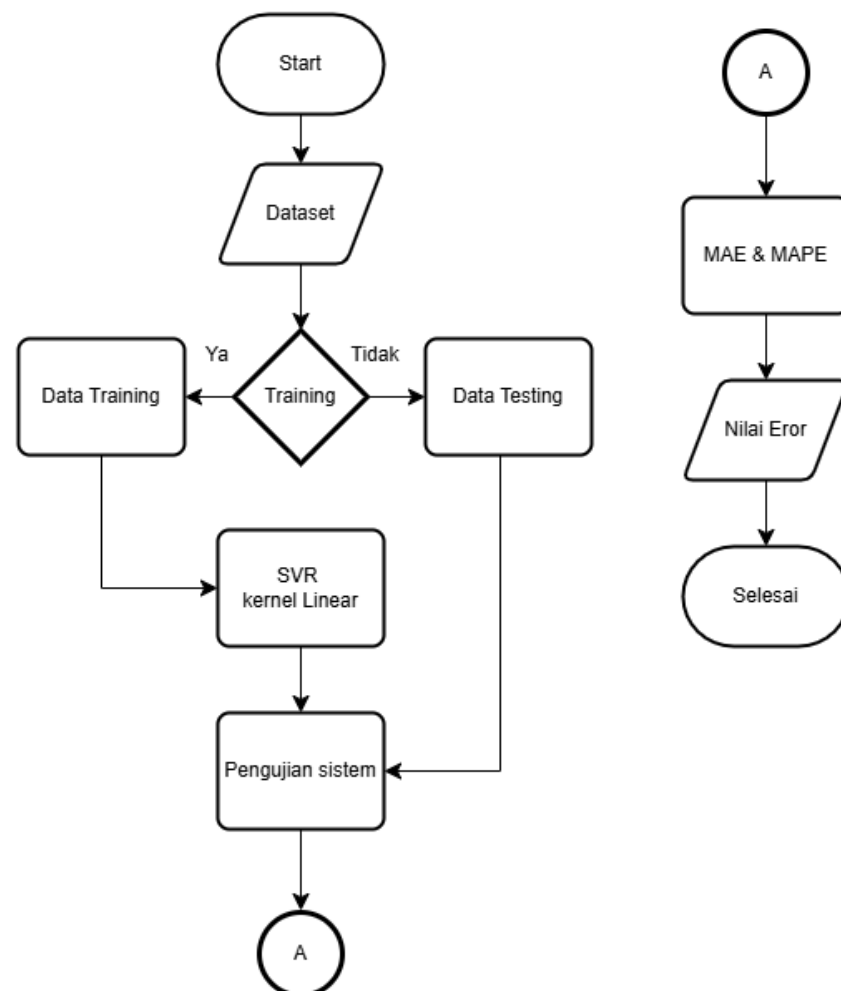


Gambar 3. 3 Rangkaian Komponen

Desain rangkaian komponen pada Gambar 3.3 menunjukkan keterlibatan antara sensor-sensor, ESP8266, AC, dan web server. ESP8266 merekam seluruh sampel data yang diperoleh dari sensor DHT11, baik di dalam maupun di luar ruangan, serta dari sensor *IR Transmitter* yang mencatat kondisi AC terakhir. Sampel data dikirim oleh ESP8266 ke web server seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.3 dengan Django Framework sebagai basisnya untuk dikumpulkan menjadi data yang lengkap dan siap pakai. Web server juga berfungsi menentukan logika *Smart AC* yang kemudian dikirim kembali ke ESP8266 untuk mengontrol AC secara otomatis melalui IR LED.

3.4 Implementasi SVR

Implementasi *Support Vector Regression* (SVR) dalam penelitian ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python berbasis Django Framework yang dijalankan pada platform web server. SVR digunakan untuk memprediksi nilai variabel target dalam sistem. Gambar 3.4 menunjukkan flowchart implementasi SVR dalam sistem *Smart AC*.



Gambar 3. 4 Flowchart SVR

Gambar 3.4 menunjukkan alur pelatihan SVR yang membagi data menjadi dua bagian yaitu data training dan data testing. Jika data akan di training maka

masuk ke data training dan jika tidak maka masuk ke data testing. Pembagian data ini dilakukan untuk mengukur performa model yang akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian pengujian sistem di subbab 3.5. Data training digunakan untuk melatih model sedangkan data testing digunakan untuk menguji hasil dari model yang telah dilatih. Pengujian sistem dilakukan menggunakan rumus MAE dan MAPE untuk memperoleh nilai error yang kemudian dianalisis untuk menilai performa model. Subbab selanjutnya adalah langkah-langkah dalam proses SVR dengan kernel linear setelah data training masuk sebagaimana telah dijelaskan pada desain sistem pada Gambar 3.1.

3.4.1 Praprosesing

Praprosesing data merupakan langkah awal yang penting dalam mempersiapkan data sebelum diolah oleh algoritma pembelajaran mesin. Praprosesing data dalam penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu inisialisasi variabel, pengolahan data kosong, dan normalisasi data. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai masing-masing tahap tersebut.

a. Variabel X dan Y

Inisialisasi variabel X dan Y bertujuan untuk memisahkan antara data yang akan diprediksi atau biasa disebut data target dengan data yang menjadi fitur pendukung dalam proses prediksi.

Tabel 3. 1 Contoh 5 sampel

No	Variable X							Variable Y
	Waktu (jam)	Suhu out (Celcius)	Suhu AC (Celcius)	Kelembapan out (%)	AC (on/off)	Mode AC	AC Fan (on/off)	Suhu in (Celcius)
1	1	28.5	20	78	1	1	1	27
2	1	28	20	79	1	1	1	26.8
3	1	28	20	79	0	1	1	26.8
4	1	27.6	20	87	0	1	1	27
5	1	27.6	20	87	0	1	1	27

Tabel 3.1 menunjukkan data asli yang telah diinisialisasi untuk memisahkan fitur dengan data target yang akan diprediksi. Variabel X pada tabel berisi waktu (jam), suhu luar, suhu AC, kelembapan luar, status daya AC, mode AC (Fan, Cool, Dry, Auto), dan status kipas AC (low, medium, high). Variabel Y adalah variabel target yaitu suhu dalam ruangan yang akan diprediksi. Tabel tersebut menampilkan lima contoh sampel data yang telah dikumpulkan.

b. Missing Value

Missing value adalah data yang hilang atau kosong dalam suatu dataset. Hal ini dapat terjadi karena sensor tidak berfungsi saat mengirim sampel data atau akibat kegagalan sistem antara ESP8266 dan server atau kemungkinan lainnya. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengatasi missing value ini antara lain memperbaiki data yang hilang, imputasi menggunakan data tambahan, dan metode lainnya. Sampel data yang kosong atau tidak tersedia dalam dataset pada penelitian ini dihapus dari dataset tersebut.

c. Normalisasi Data

Normalisasi data adalah proses untuk mengubah skala nilai atribut dalam dataset agar berada dalam rentang tertentu, biasanya antara 0 dan 1. Tujuan dari normalisasi adalah untuk menghilangkan efek perbedaan skala antar atribut

sehingga semua fitur dapat memberikan pengaruh yang seimbang dalam proses analisis atau pelatihan model. Dengan normalisasi, model tidak akan terpengaruh oleh atribut yang memiliki skala lebih besar yang dapat menyebabkan hasil prediksi menjadi kurang efektif. Salah satu metode yang umum digunakan dalam normalisasi data adalah Min-Max Scaling. Fungsi ini mengubah nilai data ke dalam rentang [0, 1] dengan rumus sebagai berikut:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (3.1)$$

Pada rumus (3.1) x adalah nilai asli dari suatu atribut, $\min(x)$ adalah nilai terkecil dalam atribut tersebut, $\max(x)$ adalah nilai terbesarnya. Hasil dari rumus tersebut, yaitu x' merupakan nilai yang telah dinormalisasi ke dalam rentang [0, 1].

Tabel 3. 2 Hasil Normalisasi Data

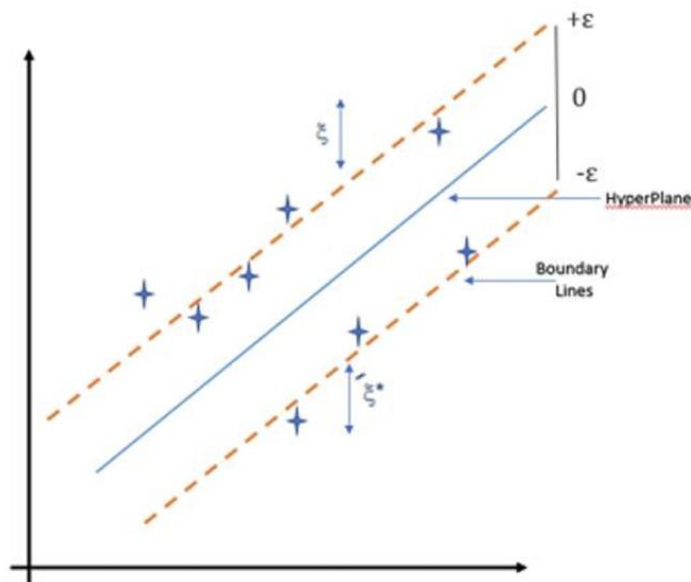
No	Waktu	Suhu AC	Suhu out	Kelembapan out	Mode AC	AC Fan	AC (on/off)
1	0,0	0,0	1,000	0,000	0,0	0,0	1
2	0,0	0,0	0,444	0,111	0,0	0,0	1
3	0,0	0,0	0,444	0,111	0,0	0,0	0
4	0,0	0,0	0,000	1,000	0,0	0,0	0
5	0,0	0,0	0,000	1,000	0,0	0,0	0

Tabel 3.2 menunjukkan hasil normalisasi dari lima sampel data yang sebelumnya telah diinisialisasi pada Tabel 3.1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa atribut seperti waktu, suhu AC, mode AC, kipas AC, dan status AC memiliki nilai 0,0. Nilai 0,0 ini menunjukkan hasil normalisasi dari nilai asli yang memang bernilai rendah atau bahkan sama dengan nol. Nilai-nilai ini tetap valid dan bermakna dalam proses analisis. Untuk atribut suhu luar dan kelembapan luar,

nilai yang ditampilkan masih memiliki variasi desimal yang lebih jelas terlihat setelah normalisasi.

3.4.2 Model SVR

Model SVR merupakan pengembangan dari SVM yang dirancang khusus untuk tugas regresi atau prediksi. Gambaran umum tentang konsep SVR dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut:



Gambar 3. 5 Diagram SVR

Pada gambar 3.5 terdapat garis yang dikenal sebagai *hyperplane* yang berfungsi sebagai garis utama dalam melakukan prediksi. Dua garis sejajar di atas dan di bawah *hyperplane* membentuk margin toleransi yang disebut *epsilon-insensitive zone*. Prediksi dianggap akurat selama berada dalam zona ini. Area di antara kedua garis tersebut merupakan zona toleransi kesalahan di mana kesalahan prediksi masih dapat diterima dan tidak dikenakan penalti. Simbol ε (*epsilon*) menunjukkan margin kesalahan atau lebar batas toleransi dari *hyperplane*. Dengan

adanya *hyperplane* dan zona ε , model SVR dapat menghasilkan prediksi yang lebih fleksibel terhadap data yang memiliki sedikit deviasi.

3.4.3 Kernel Linear

Kernel linear adalah salah satu dari beberapa algoritma kernel yang dimiliki oleh metode SVR. Penelitian ini menggunakan kernel linear karena pada penelitian sebelumnya, kasus serupa seperti sistem *Smart AC* juga menggunakan metode regresi linier. Penggunaan kernel linear bertujuan untuk mengimbangi atau bahkan melampaui performa penelitian sebelumnya. Contoh perhitungan manual kernel linear ditunjukkan pada persamaan 3.2 menggunakan rumus 2.7:

$$K(x_0, x_1) = (0,0 \cdot 0,0) + (1,0 \cdot 0,4444) + (0,0 \cdot 0,1111) = 0,4444 \quad (3.2)$$

$K(x_0, x_1)$ merupakan hasil perhitungan kernel linear antara dua vektor. Di mana x_0 adalah vektor data awal dan x_1 adalah variabel kedua. Berdasarkan Tabel 3.2 (hasil normalisasi), vektor data awal adalah $[0, 0, \dots]$ dan vektor data kedua adalah $[1, 0.444, \dots]$, sehingga hasil perhitungan kernel linear adalah 0.444.

3.4.4 Matriks Hessian

Pada proses pembentukan matriks *Hessian* diperlukan nilai hasil perhitungan kernel seperti yang telah dijelaskan pada perhitungan manual 3.1. Salah satu contohnya ditunjukkan dalam persamaan 3.3 dengan menggunakan rumus 2.2:

$$R_{0,1} = 0,4444 + 0,005 = 0,4494 \quad (3.3)$$

Fungsi dari Matriks *Hessian* adalah untuk mengidentifikasi optimum relative suatu nilai fungsi (Biantong et al., 2019). Nilai R merupakan elemen dari matriks *Hessian* pada baris ke-0 dan kolom ke-1. Nilai 0,4444 berasal dari hasil perhitungan

kernel linear, sedangkan nilai 0,005 merupakan hasil dari penambahan nilai gamma kuadrat untuk menjaga kestabilan numerik. Matriks ini menjadi dasar dalam menentukan solusi optimal dari fungsi tujuan. Berikut adalah Tabel 3.3 yang menampilkan sebagian hasil dari perhitungan matriks *Hessian*:

Tabel 3. 3 hasil matriks hessian

	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4
Data 1	1.005	0.4494	0.4494	0.005
Data 2	0.4494	~0.2161	~0.2161	~0.0494
Data 3	0.4494	~0.2161	~0.2161	~0.0494
Data 4	0.005	~0.0494	~0.0494	1.005

Tabel 3.3 menampilkan empat contoh sampel hasil perhitungan matriks *Hessian*. Setiap nilai merupakan hasil dari kombinasi perhitungan kernel antar data dengan penambahan nilai kecil dari gamma kuadrat. Matriks ini akan digunakan untuk mengoptimalkan pembaruan nilai bobot dalam proses pembelajaran SVR.

3.4.5 Algoritma *Sequential Learning*

Dalam perhitungan untuk mencari nilai *Lagrange multiplier alpha* dan *alpha star*, terdapat beberapa algoritma yang digunakan dalam metode SVR. Penelitian ini menggunakan algoritma *Sequential Learning* sebagai metode optimasi. Proses perhitungannya melibatkan beberapa komponen, yaitu nilai error, *delta alpha*, dan pembaruan *Lagrange multiplier alpha*. Parameter *lambda* tidak selalu secara eksplisit disebut, karena sering dipandang sebagai kebalikan dari *C* ($\lambda \approx 1/2C$) sebagai parameter regularisasi (Smola & Olkopf, 2004)

Pada iterasi pertama, nilai parameter atau variabel skalar yang digunakan mengacu pada nilai default dari pustaka SVR pada scikit learn, yaitu:

- *Epsilon* (ϵ) = 0.1

- Kompleksitas ($\mathcal{C}$) = 1

Sementara itu nilai awal dari *Lagrange multipliers* adalah :

$$\alpha_0 = 0 \qquad \alpha_0^* = 0$$

Karena nilai α_0 dan α_0^* adalah nol, maka perhitungan pertama adalah mencari nilai eror menggunakan rumus 2.3 dan berikut perhitungan manual 3.4:

$$E_0 = y_0 - f(x_0) = 1.0 - 0 = 1.0 \quad (3.4)$$

Pada perhitungan manula 3.1 nilai 1.0 merupakan nilai target dari data testing dan 0 adalah hasil prediksi awal yang belum dilatih. Hasil error ini dapat digunakan untuk menghitung *delta alpha* dan *delta alpha star* pada data ke – 0 menggunakan rumus 2.4:

Menghitung *delta alpha star*:

$$\begin{aligned} \delta\alpha_0^* &= \min\{\max|[\gamma(E_0 - \epsilon), -\alpha_0^*], C - \alpha_0^* \} \\ &= \min\{\max|[0.0995(1.0 - 0.1), -0], 1 \} \\ &= \min\{0.08955, 1\} = 0.0895 \end{aligned}$$

Sedangkan *delta alpha*:

$$\begin{aligned} \delta\alpha_0 &= \min\{\max|[\gamma(E_0 - \epsilon), -\alpha_0], C - \alpha_0 \} \\ &= \min\{\max|[0.0995(1.0 - 0.1), -0], 1 \} \\ &= \min\{0.08955, 1\} = 0.0895 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Perhitungan manual 3.5 merupakan rumus untuk mencari *delta alpha* dan *delta alpha star* yang menggunakan dua parameter skalar yaitu *epsilon* dan kompleksitas yang telah diinisialisasi sebelumnya. Hasil dari *delta alpha* dan *delta alpha star* digunakan untuk memperbarui nilai *alpha* dan *alpha star* dengan rumus 2.5 dan berikut perhitungan manual 3.6.:

$$\begin{aligned}\alpha_0^* &= 0 + 0.08955 = 0.08955 \\ \alpha_0 &= 0 + 0 = 0\end{aligned}\tag{3.6}$$

Sehingga, pada akhir iterasi pertama didapatkan:

- $\alpha_0^* = 0.08955$
- $\alpha_0 = 0$

Perhitungan manual 3.3 dapat diketahui nilai *alpha* terakhir dari iterasi pertama ini. Hasil dari *alpha* dipakai Kembali pada iterasi selanjutnya untuk memperbarui lagi *alpha* hingga nilai *konvergence*. Pada iterasi kedua, mengulangi perhitungan seperti pada iterasi pertama menggunakan data ke-1 dengan $y_1=1.0$ dan nilai *alpha* sebelumnya $\alpha_0 = 0,08955$, $\alpha_0^* = 0$

Nilai-nilai *alpha* ini kemudian digunakan dalam iterasi kedua untuk memperbarui nilai *alpha* pada data berikutnya. Misalnya pada itersasi kedua (data ke-1) dengan $y_1=1.0$ dan nilai *alpha* sebelumnya $\alpha_0 = 0,08955$, $\alpha_0^* = 0$ da $R_{1,0} = 0,4494$, maka error dihtiung:

$$E_1 = y_1 - \sum(\alpha_j^* - \alpha_j)R_{1j} = 1.0 - (0.08955 \times 0.4494) = 0.9597\tag{3.7}$$

Berbeda dengan perhitungan manual 3.2 , perhitungan manual 3.7 memiliki nilai y prediksi tidak lagi 0 karena nilai *alpha* dan lainnya sudah terdefinisi pada iterasi pertama. Hasil Dari error kedua ini digunakan untuk menghitung *delta alpha star* data ke - 1:

$$\begin{aligned}\delta\alpha_0^* &= \min\{\max|[\gamma(E_1 - \epsilon), -\alpha_0^*], C - \alpha_0^* \} \\ &= \min\{\max|\gamma[0.9597, -0], 1 \} \\ &= 0.0855\end{aligned}$$

Karena $-E1 - \varepsilon$ negatif, maka *delta alpha* data ke-1 adalah:

$$\delta_{\alpha_1} = 0 \text{ (karena } -E1 - \varepsilon \text{ negatif)} \quad (3.8)$$

Kemudian dilakukan pembaruan nilai *alpha* dan *alpha star* :

$$\begin{aligned} \alpha_1^* &= 0 + 0.0855 = 0.0855 \\ \alpha_1 &= 0 + 0 = 0 \end{aligned} \quad (3.9)$$

Setelah mendapatkan nilai update *alpha star* dan *alpha* dan dalam contoh ini dianggap selesai iterasinya, selanjutnya hasil dari *alpha* akan digunakan pada fungsi regresi $f(x)$ yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 Contoh implementasi sistem prediksi pada model yang telah di training ditunjukkan di perhitungan manual 3.10:
 $x = [0.0, 0.444, 0.111]$ (data ke-0)

Dengan $\alpha_0^* = 0.08955$ dan $\alpha_i^* = 0.0855$, maka:

$$f(x) = 0.08955 \cdot (K(x_0, x) + 0.005) + 0.0855 \cdot K(x_i, x) + 0.005$$

Dengan $K(x_0, x) = 0.444$, $K(x_i, x) = 0.2161$, sehingga:

$$\begin{aligned} f(x) &= 0.08955 \cdot 0.4494 + 0.0855 \cdot 0.2211 = 0.0402 + 0.0189 \\ f(x) &= 0.0591 \end{aligned} \quad (3.10)$$

Nilai x adalah sampel data dari data ke-0 pada tabel 3.1 yang berbentuk array. fungsi regresi menjadi penentu hasil dari nilai prediksi ini dengan *alpha* yang sudah diperbaharui ditiap iterasinya. Nilai fungsi regresi ini masih dalam bentuk hasil normalisasi. Untuk memperoleh suhu prediksi akhir, nilai ini perlu dilakukan denormalisasi agar mendapatkan prediksi akhir dari nilai target yaitu suhu dalam ruangan. Suhu hasil prediksi kemudian digunakan dalam proses pengambilan

keputusan logika *Smart AC* untuk menentukan suhu AC yang paling sesuai secara otomatis.

3.4.6 Logika *Smart AC*

Logika *Smart AC* berfungsi mengatur perubahan suhu, mode, dan status AC secara otomatis berdasarkan hasil prediksi suhu ruangan. Sistem ini menggunakan pendekatan if-else untuk menentukan kapan AC perlu diubah pengaturannya. Jika suhu ruangan di bawah batas ideal, maka suhu AC akan dinaikkan atau AC dimatikan. Jika suhu ruangan terlalu panas, sistem akan menurunkan suhu atau mengaktifkan mode pendingin. Batas suhu ideal ditentukan melalui wawancara dengan mahasiswa pengguna ruangan. AC dapat beroperasi secara otomatis tanpa intervensi pengguna sehingga lebih efisien dan nyaman.

3.5 Pengujian Sistem

Tahap sebelum akhir dari penelitian ini adalah pengujian sistem yang bertujuan untuk mendeteksi dan menganalisis performa sistem secara menyeluruh. Pengujian ini dilakukan mulai dari rancang bangun rangkaian komponen, implementasi model pada web server, hingga uji kalibrasi terhadap variabel target. Langkah ini penting untuk memastikan bahwa setiap bagian dari sistem mulai dari pengambilan data sensor hingga pengambilan keputusan oleh model prediksi, berjalan dengan baik dan menghasilkan keluaran yang sesuai.

3.5.1 Pengujian Alat

Uji kalibrasi sensor dht11 dilakukan untuk memastikan akurasi data yang digunakan dalam model prediksi suhu ruangan sesuai dengan kondisi asli ruangan.

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan termometer digital standar. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik suhu dengan variasi kondisi ruangan. Hasil pengukuran dianalisis menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) untuk mengetahui tingkat kesalahan sensor (Sugeng et al., 2024). Jika ditemukan deviasi signifikan data akan dikoreksi sebelum digunakan dalam proses pelatihan model SVR.

3.5.2 Pengujian Model

Untuk menguji performa model dilakukan skenario pengujian berupa serangkaian langkah uji yang dirancang untuk mempermudah evaluasi sistem yang telah dibangun. Dataset dalam penelitian ini dibagi ke dalam tiga skenario berbeda berdasarkan jumlah data antara data latih dan data uji. Tujuannya adalah untuk menemukan skenario yang memberikan performa model terbaik. Pembagian dataset dapat dilihat rasionya pada Tabel 3.5 berikut:

Tabel 3. 4 Skenario Pengujian

Skenario	Presentase Data Latih	Presentase Data Uji
1	90%	10%
2	80%	20%
3	70%	30%

Tabel 3.4 menunjukkan skenario pertama memiliki rasio 90 : 10 dari dataset, skenario 2 memiliki rasio 80:20 dari dataset dan skenario 3 dengan rasio 70:30. Variasi skenario yang digunakan hanya dengan perbedaan jumlah data yang digunakan dari terbanyak hingga paling sedikit data latih yang digunakan. Untuk mengukur tingkat kesalahan prediksi penelitian ini menggunakan rumus *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai indikator utama dalam menilai kinerja model. MAE digunakan untuk menghitung

nilai keakuratan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Ini dilakukan untuk menghitung rata-rata selisih mutlak antara nilai sebenarnya (aktual) dan nilai prediksi (peramalan). Semakin rendah MAE, Semakin baik model tersebut dalam melakukan peramalan (Chai. T., Draxler, 2014). rumus MAE dapat ditunjukkan pada persamaan 3.11. MAE menghitung rata-rata selisih mutlak antara nilai aktual dan nilai prediksi. Semakin rendah nilai MAE semakin baik model tersebut dalam melakukan peramalan (Chai & Draxler 2014).

3.6 Analisis Hasil Performa

Analisis hasil performa dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam memprediksi nilai target, yaitu suhu ruangan. Evaluasi dilakukan berdasarkan hasil pengujian model yang diperoleh dari data training dan diuji menggunakan rumus evaluasi, salah satunya adalah MAE dan MAPE. Hasil perhitungan MAE dan MAPE menunjukkan seberapa baik model dalam memprediksi suhu ruangan untuk mendukung tercapainya sistem *Smart AC* yang optimal.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Pengujian

Langkah pertama sebelum melakukan pengujian adalah mempersiapkan data yang akan digunakan dalam penelitian. Seperti yang telah dijelaskan pada Subbab 3.2, dataset yang digunakan adalah hasil dari sensor sensor yang telah dirancang pada Subbab 3.3 setelah desain sistem. Jumlah data yang telah dikumpulkan adalah 875 data sampel dan memiliki 8 kolom yang terdiri dari suhu luar, kelembapan luar, suhu dalam, kelembapan dalam, suhu ac, mode ac, fan ac dan status ac. Data numerik ini kemudian masuk ke dalam tahap *praprocessing*, yaitu inisialisasi variabel X dan y, missing value dan normalisasi data menggunakan *min-max scaler*. Setelah melewati *praprocessing*, setiap baris data akan masuk digunakan mencari kernel. Kernel yang digunakan pada penelitian ini adalah *kernel linear*. Hasil dari kernel tiap baris ini dipakai untuk membentuk matriks *hessian*. Matriks *hessian* yang terbentuk digunakan untuk mencari alpha atau biasa dikenal bobot pada SVR. Algoritma yang digunakan pada penelitian ini untuk mencari alpha adalah algoritma *sequential learning*. Alpha yang dihasilkan dapat digunakan untuk prediksi. Tabel 4.1 menampilkan 10 baris pertama hasil dari data yang telah dikumpulkan.

Tabel 4. 1 Hasil Pengumpulan Data

No	Suhu Dalam	Kelembapan Dalam	Suhu Luar	Kelembapan Luar	Status AC	Mode AC	Suhu AC	Kipas AC	Jam
1	26.1	57.0	25.8	64.0	TRUE	1	22	1	17
2	26.1	57.0	25.8	64.0	TRUE	1	22	1	17
3	26.1	57.0	25.8	64.0	TRUE	1	22	1	16
4	26.1	56.0	25.8	63.0	TRUE	1	22	1	16
5	26.1	55.0	25.8	62.0	TRUE	1	22	1	16
6	26.1	55.0	26.2	61.0	TRUE	1	22	1	16
7	26.0	54.0	26.2	60.0	TRUE	1	22	1	16
8	25.9	53.0	26.2	60.0	TRUE	1	22	1	16
9	25.8	52.0	26.7	59.0	TRUE	1	22	1	16
10	25.8	52.0	26.7	59.0	TRUE	1	24	1	16

4.2 Skenario Pengujian

Pada scenario pengujian akan dilakukan dengan menggunakan pembagian data yang berbeda untuk menguji kinerja sistem dalam memprediksi tingkat keakuratan nilai suhu ruangan. Pembagian data ini akan digunakan untuk mengetahui kombinasi mana yang memeberikan hasil terbaik dalam prediksi suhu ruangan. Dengan demikian, pengujian ini bertujuan untuk melihat seberapa baik prediksi sistem sesuai dengan suhu asli ruangan dari sensor yang sengaja tidak dicopot pada implementasi *smart AC*. Peforma ini diukus dengan menggunakan nilai MAE dan MAPE yang dihitung dari perbandingan hasil suhu prediksi dengan suhu asli. Berikut adalah rumus MAE ditunjukkan pada persamaan 4.1.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |A_i - F_i| \quad (4.1)$$

MAPE adalah metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur seberapa akurat suatu model prediksi. Nilai MAPE yang lebih rendah menunjukkan bahwa model peramalan tersebut lebih akurat (Zhang et al. 2019). Nilai MAPE dinyatakan dalam presentase (%) dan dihitung menggunakan rumus berikut: Sementara itu MAPE digunakan untuk mengukur tingkat akurasi model dalam bentuk persentase.

Nilai MAPE yang lebih rendah menunjukkan model yang lebih akurat (Zhang et al. 2019). Rumus MAPE sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (4.2)$$

Pembagian data yang digunakan pada penelitian ini dari jumlah data yang telah diperoleh dibagi menjadi 3 skenario uji. Skenario uji 1 yang memiliki rasio 90% data latih dan 10% data uji, skenario uji 2 memiliki 80% data latih dan 20% data uji dan skenario uji 3 dengan 70% data latih dan 30% data uji. Hasil dari pembagian ini dapat dilihat di tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Pembagian Data

Skenario	Data Latih	Data Uji
1	787	88
2	700	175
3	612	263

Tabel 4.2 menunjukkan hasil dari pembagian data yang telah ditentukan mengikuti skenario pembagian data yang terbagi menjadi 3. Pada skenario 1 dari 875 data yang telah dikumpulkan 787 digunakan untuk melatih model dan sisanya untuk pengujian model. Skenario 2 terdapat 700 data untuk melatih model dan 175 data untuk menguji model. Dan pada skenario 3 data untuk melatih model berjumlah 612 dan sisanya yaitu 263 untuk menguji model.

4.3 Hasil Uji Coba Alat

Sebelum mencapai tujuan utama penelitian yaitu mengevaluasi performa model, pengujian dilakukan terlebih dahulu pada alat pendukung yang digunakan dalam sistem dari *hardware* hingga *software*. Perlu diketahui alat yang diuji juga berhasil dibuat pada penelitian ini. Hasil pengujian alat menunjukkan kinerja dari

beberapa komponen, baik perangkat lunak maupun perangkat keras, yang telah dibangun dalam sistem.

a. Hasil uji kalibrasi

Uji kalibrasi pada salah satu sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu dht11 yang berada di dalam ruangan. Sensor Dht11 didalam ruangan diuji karena digunakan sebagai nilai target pada model. Berikut gmabar 4.1 alat termometer sebagai pembanding nilai suhu dengan sensor dht11.



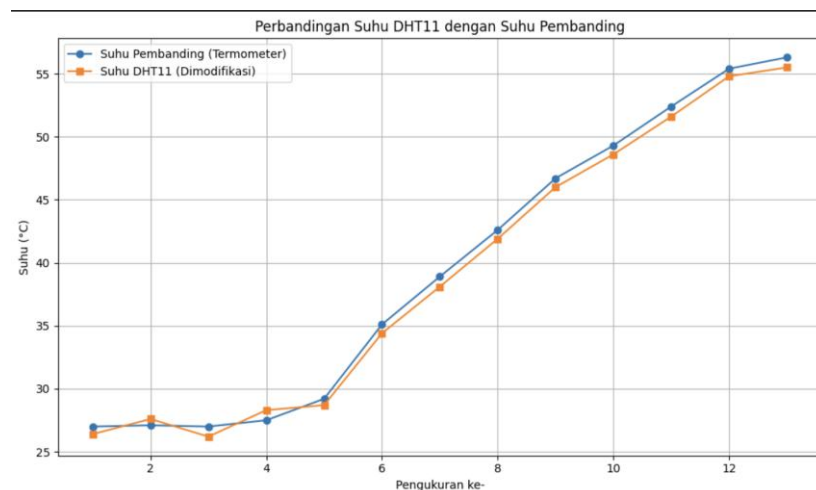
Gambar 4. 1 Termometer

Termometer pada Gambar 4.1 dipilih karena merupakan jenis yang umum digunakan oleh masyarakat Indonesia dalam mengukur suhu ruangan. Pengujian dilakukan pada waktu dan tempat yang berbeda, kemudian hasil pengukuran dicatat untuk membentuk Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Kalibrasi

No	Suhu DHT11(°C)	Suhu Termometer (°C)	Selisih
1	26,4	27	0,6
2	27,6	27,1	0,5
3	28,4	27	1,4
4	28,3	27,5	0,8
5	28,7	29,2	0,5
6	34,4	35,1	0,7
7	28,1	28	0,1
8	41,9	42,8	0,9
9	46,0	46,8	0,8
10	48,6	49,3	0,7
11	51,6	52,4	0,8
12	54,6	55,4	0,8
13	26,4	27	0,6
14	27,6	27,1	0,5

Tabel 4.3 menampilkan perbandingan antara data suhu dari sensor DHT11 dan termometer digital. Pengujian dilakukan sebanyak 14 kali untuk meningkatkan tingkat kepercayaan dalam analisis kesalahan. Terdapat tiga kolom utama pada tabel: suhu DHT11, suhu termometer, dan selisih nilai pada setiap sampel data. Hasil dari tabel ini divisualisasikan dalam grafik seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Kalibrasi

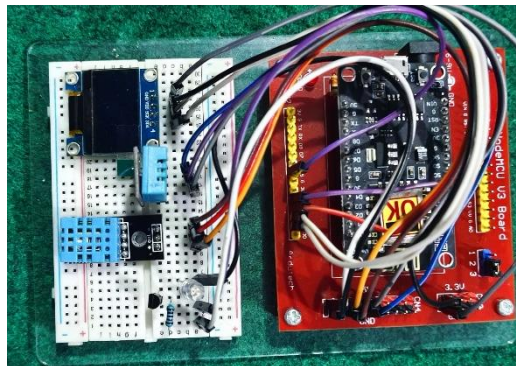
Gambar 4.2 menunjukkan kesesuaian antara nilai suhu yang terbaca oleh sensor DHT11 dan termometer. Garis oranye menunjukkan hasil pembacaan dari

sensor DHT11, sedangkan garis biru menunjukkan hasil dari termometer. Kedua garis memiliki pola yang hampir sejajar dan konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT11 mengikuti tren suhu aktual dengan cukup baik. Evaluasi dilakukan menggunakan perhitungan *Mean Absolute Error* (MAE) seperti pada Persamaan 4.3.

$$MAE = \frac{9,0}{13} \approx 0,69 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.3)$$

b. Hasil rangkaian

Rangkaian pada penelitian ini berfungsi sebagai pendukung utama dalam implementasi konsep *Smart AC* atau kontrol AC otomatis. Komponen yang digunakan dalam rangkaian terdiri atas dua sensor DHT11, satu IR LED sebagai pemancar sinyal infrared, serta *Mikrokontroler* utama berupa ESP8266.



Gambar 4. 3 Hasil Rangkaian

Gambar 4.3 menunjukkan keseluruhan rangkaian yang digunakan dalam penelitian ini. Semua komponen sensor terhubung secara terpusat ke ESP8266 yang bertugas mengirimkan setiap sampel data ke server melalui protokol HTTP. Sensor DHT11 pertama berfungsi untuk mendeteksi suhu ruangan dalam dan terhubung pada pin D5. Sensor DHT11 kedua digunakan untuk mendeteksi suhu luar ruangan

dan terhubung pada pin D1. IR LED dipasang pada pin D2 karena secara default pustaka IRremoteESP8266 menggunakan pin tersebut. IR LED berfungsi sebagai pemancar sinyal infrared (*IR Transmitter*) dan dilengkapi dengan transistor agar sinyal infrared dapat dideteksi dan dikirim melalui ESP8266.



Gambar 4. 4 Dht 11 di luar ruangan

Gambar 4.4 menunjukkan pemasangan sensor DHT11 yang dilingkari sedang berada di luar ruangan, tepatnya di luar ruangan Laboratorium Robotik lantai 3 yang menghadap ke arah masjid kampus. Sensor ini disambungkan ke ESP8266 menggunakan kabel kecil berukuran panjang kurang lebih 7 meter agar tetap dapat mengukur suhu luar ruangan meskipun ESP8266 berada di dalam ruangan. Salah satu komponen penting dalam penelitian ini adalah AC bermerek Sharp yang digunakan sebagai objek kontrol utama oleh sistem *Smart AC*.

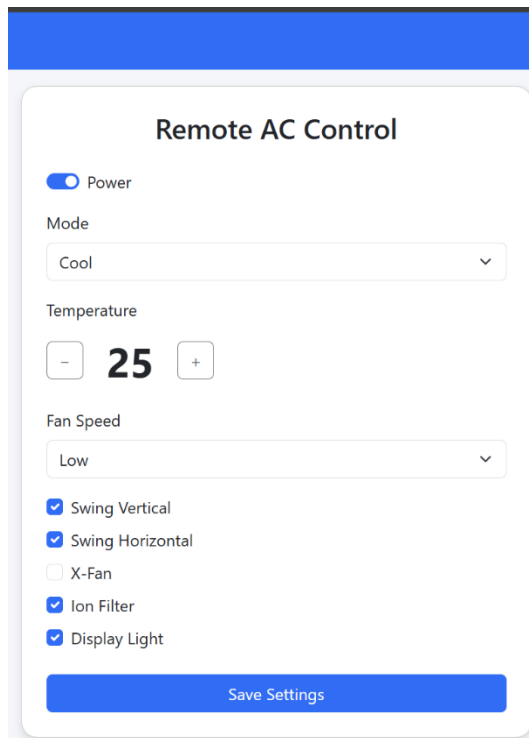


Gambar 4. 5 AC Sharp di Lab Robotik

Gambar 4.5 menunjukkan AC Sharp yang digunakan dalam penelitian. AC ini mendukung protokol infrared dengan format kode hex yang kompatibel dengan pustaka IRremoteESP8266 pada Arduino IDE. Pemilihan AC Sharp bertujuan untuk mempermudah proses implementasi karena pustaka IR Arduino telah menyesuaikan format kode hex dengan perangkat tersebut.

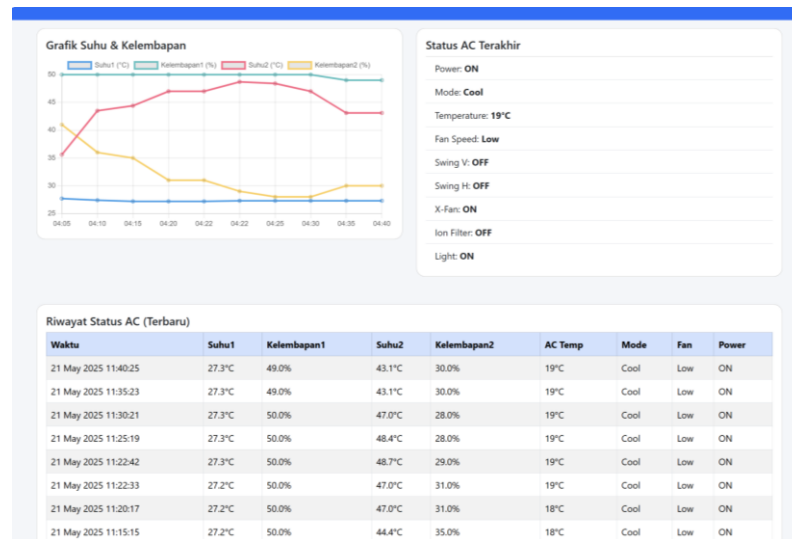
c. Hasil server django

Server ini memiliki peran penting dalam mengatur dan mengendalikan semua fitur *Smart AC*. Halaman yang paling sering digunakan untuk pengumpulan dan pengiriman data adalah halaman remote, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.6.

The image shows a web interface titled "Remote AC Control". It features a blue header bar. Below the title, there is a "Power" toggle switch which is currently turned on. Underneath, the "Mode" is set to "Cool" in a dropdown menu. The "Temperature" is displayed as "25" with minus and plus buttons for adjustment. The "Fan Speed" is set to "Low" in another dropdown menu. At the bottom, there are five checked checkboxes: "Swing Vertical", "Swing Horizontal", "X-Fan", "Ion Filter", and "Display Light". A blue "Save Settings" button is located at the very bottom of the control panel.

Gambar 4. 6 Halaman remote web server

Halaman remote pada Gambar 4.6 dirancang menyerupai fungsi remote AC Sharp pada umumnya. Fitur-fitur yang tersedia meliputi tombol power (on/off), pengaturan mode (seperti cool, dry, auto), pengaturan suhu yang dibatasi antara 16°C hingga 28°C, serta pengaturan kecepatan kipas, pengaturan *swing* vertical untuk mengatur arah keluaran udara secara vertikal, dan *swing* horizontal untuk mengatur arah udara secara horizontal. Fitur tambahan seperti X-Fan, ION Display, dan ION Filter juga dapat diaktifkan atau dinonaktifkan melalui halaman ini. Semua pengaturan tersebut dapat dilakukan secara daring dan real-time melalui web server. Status pengaturan dapat dipantau pada halaman dashboard seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Halaman Dashboard

Halaman dashboard digunakan untuk memantau seluruh aktivitas ESP8266 termasuk status AC dan waktu operasionalnya. Pada bagian atas kanan halaman dashboard terdapat grafik visualisasi data yang menunjukkan suhu dalam ruangan, suhu luar ruangan, kelembapan dalam, kelembapan luar, serta suhu AC terkini.

4.4 Hasil Uji coba

Pengujian model merupakan tujuan utama dari penelitian ini karena menjadi dasar dalam menilai performa sistem prediksi suhu ruangan. Model diuji melalui tiga skenario pembagian data, sebagaimana dijelaskan pada Tabel 3.4. Setiap skenario dirancang untuk mengevaluasi pengaruh proporsi data latih dan data uji terhadap hasil prediksi. Skenario ini diharapkan dapat diketahui bagaimana variasi jumlah data pelatihan memengaruhi akurasi model. Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan dua metrik yaitu *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan

prediksi dan sejauh mana model mampu menjelaskan variabilitas data suhu dalam ruangan.

a. Skenario 1

rasio pembagian data yang digunakan pada skenario 1 adalah 90:10 dengan 787 data sebagai data latih dan 88 data sebagai data uji. Waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil pengujian skenario ini sekitar 20 detik. Berikut adalah tabel hasil evaluasi pengujian skenario 1:

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Skenario 1

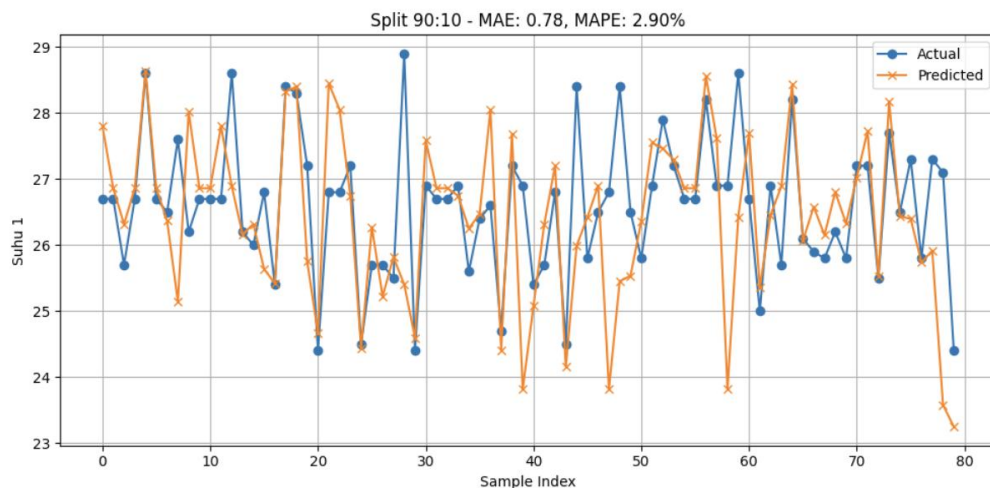
N o	suhu 2	kelembapa n2	ac_pow er	ac_mo de	ac_tem p	ac_xfa n	tim e	Actu al Suhu 1	Predicte d Suhu1
0	49	30	True	True	23	1	10	26,7	27,8
1	43	36	True	True	16	3	10	26,7	26,8
2	30	71	True	True	21	1	8	25,7	26,3
3	43	36	True	True	16	3	10	26,7	26,8
4	25	90	False	True	16	1	17	28,6	28,6

Tabel 4.4 menampilkan hasil prediksi suhu yang dihasilkan oleh model SVR beserta parameter masukan yang dikirim ke web server. Dari data yang ditampilkan, terlihat bahwa model mampu memprediksi suhu dengan akurasi yang cukup tinggi atau nilai error yang sangat rendah. Selisih antara suhu aktual dan suhu prediksi tergolong kecil yang menandakan nilai error rendah. Dapat dibuktikan dengan perhitungannya menggunakan rumus 4.1 dan rumus 4.2

$$MAE = \frac{|26,7-27,8|+|26,7-26,8|+ \dots}{88} = 0,78 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.4)$$

$$MAPE = \frac{4,1\%+0,6\%+2,4\%+ \dots}{88} = 2,90\% \quad (4.5)$$

Hasil dari perhitungan manual 3.3 yang ditampilkan cukup memuaskan dalam hal prediksi. Hasil dari MAE atau rata rata error berkisar 0,78 yang mana hal ini baik untuk diterapkan ke sistem ac pintar. Gambar 4.8 akan memberikan visualisasi bagaimana akurasi dari model pada skenario ini.



Gambar 4. 8 Grafi Hasil Skenario 1

Gambar 4.8 menunjukkan evaluasi nilai performa pengujian dengan menggunakan error rate. Kernel linier pada SVR di skenario 90:10 ini mendapatkan MAE terendah sebesar 0,78. Hyperparameter yang digunakan mengikuti library SVR yaitu $C = 1$ dan $Epsilon = 0.1$. Selanjutnya nilai MAPE pada skenario ini juga mendapatkan nilai terendah sebesar 2,90% yang dihitung sesuai gambar 4.8. Visualisasi dari 80 data uji yang divisualisasikan menunjukkan bahwa pola prediksi model cukup konsisten mengikuti nilai aktual. Hal Ini memperkuat bahwa model SVR dengan kernel linier berhasil menangkap pola hubungan antar parameter input dan suhu target secara efektif

b. Skenario 2

Dalam skenario 2 pengujian rasio pembagian data yang digunakan adalah 80:20, dengan 700 data latih dan 175 untuk data uji. Waktu eksekusi yang diperlukan untuk mendapatkan hasil pengujian skenario 2 sekitar 9 detik. Hasil evaluasi ditampilkan pada tabel 4.5

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Skenario 2

N o	suhu 2	kelembapa n2	ac_pow er	ac_mo de	ac_tem p	ac_xfa n	tim e	Actu al Suhu 1	Predict ed Suhu1
1	49	30	True	True	23	1	10	26,7	27,8
2	43	36	True	True	16	3	10	26,7	26,7
3	30	71	True	True	21	1	8	25,7	26,24
4	43	36	True	True	16	3	10	26,7	26,7
5	25	90	False	True	16	1	17	28,6	28,6

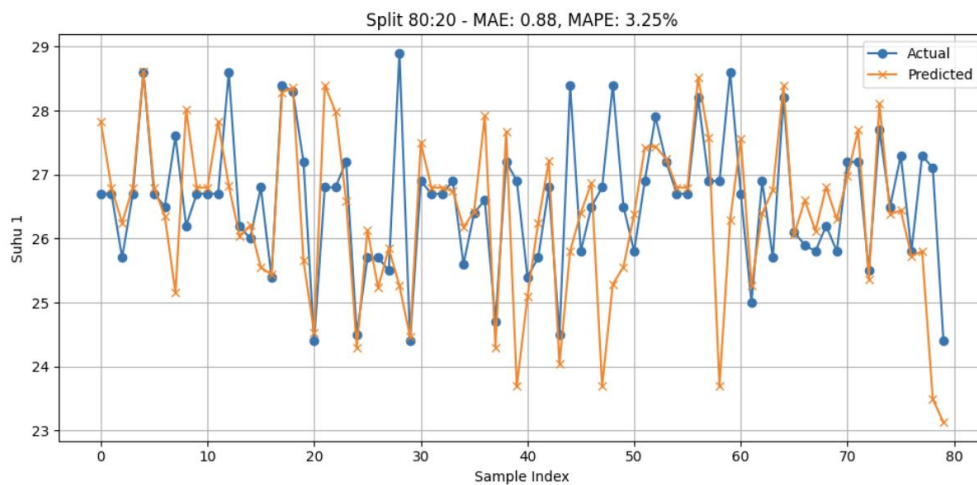
Tabel 4.5 menyajikan hasil prediksi suhu yang dihasilkan oleh sistem berbasis SVR, dengan memanfaatkan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya dan dikirimkan ke web server sebagai input model. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa model mampu melakukan prediksi suhu dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Keakuratan prediksi ini dapat dilihat dari nilai error yang relatif kecil antara suhu aktual dan suhu hasil prediksi. Selanjutnya perhitungan manual menggunakan rumus 4.1 dan rumus 4.2

$$MAE = \frac{|26,7-27,8|+|26,7-26,8|+ \dots}{175} = 0,88 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.6)$$

$$MAPE = \frac{4,1\%+0,6\%+2,4\%+ \dots}{175} = 3,25\% \quad (4.7)$$

Dalam perhitungan manual kernel linier pada SVR di skenario 80:20 ini mendapatkan nilai MAE diatas hasil uji skenario 1 sebesar 0,88. Selanjutnya nilai

MAPE pada skenario ini juga mendapatkan nilai setelah hasil skenario uji 1 sebesar 3,25% yang dihitung sesuai dengan perhitungan manual 4.6 dan 4.7. Ini menunjukkan bahwa pembagian data dengan rasio 90:10 memberikan hasil prediksi yang lebih akurat dibandingkan dengan rasio 80:20. Skenario 2 lebih buruk dibandingkan skenario 1 yang memiliki MAE 0,78 C.



Gambar 4. 9 Hasil Grafik Skenario 2

Gambar 4.9 terlihat model masih menunjukkan evaluasi nilai performa pengujian dengan baik. Akurasi model juga diperkuat melalui visualisasi perbandingan antara suhu prediksi dan suhu aktual. Visualisasi ini dilakukan terhadap 80 sampel data uji yang menunjukkan pola prediksi model cukup konsisten mengikuti nilai aktual. Hal ini mengindikasikan bahwa algoritma SVR yang diterapkan berhasil menangkap pola hubungan antara parameter masukan dan suhu yang diprediksi secara efektif. Gambar 4.9 adalah contoh visualisasinya tetapi tetap dibawah dengan hasil skenario 1.

c. Skenario 3

Dalam skenario 3 pengujian rasio splitting data yang digunakan adalah 70:30, dengan 612 data latih dan 263 untuk data uji. Waktu yang diperlukan untuk mendapatkan hasil pengujian skenario 3 sekitar 7 detik. Berikut adalah hasil evaluasi pengujian skenario 3.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian skenario 3

N o	suhu 2	kelembapan2	ac_power	ac_mode	ac_temperature	ac_xfan	time	Actual Suhu1	Predicted Suhu1
1	49	30	True	True	23	1	10	26,7	27,9
2	43	36	True	True	16	3	10	26,7	26,7
3	30	71	True	True	21	1	8	25,7	26,26
4	43	36	True	True	16	3	10	26,7	26,7
5	25	90	False	True	16	1	17	28,6	28,6

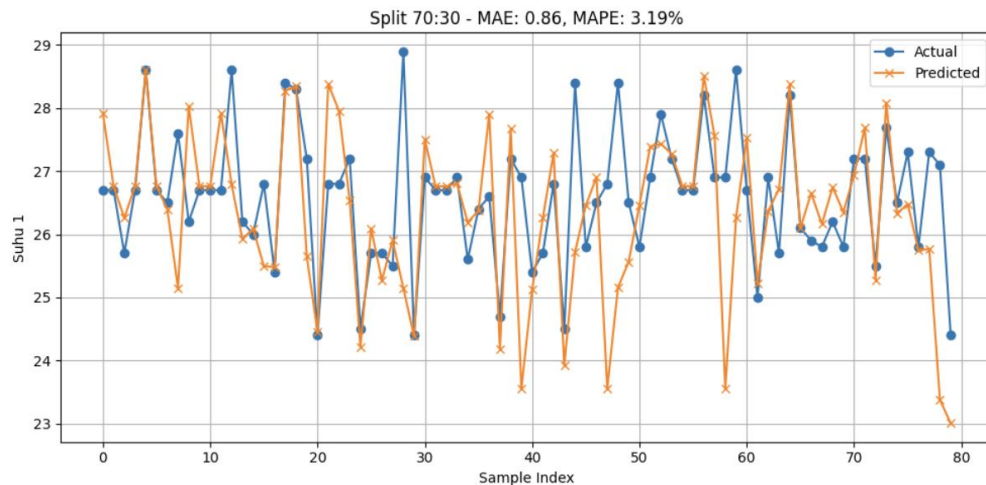
Tabel 4.6 menyajikan hasil prediksi suhu yang dihasilkan oleh sistem berbasis SVR, dengan memanfaatkan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya dan dikirimkan ke web server sebagai input model. Pada skenario 3 masih tetap terlihat baik yang mana tidak ada jarak yang signifikan antar suhu actual dengan suhu prediksi. Bisa dilihat perhitungannya menggunakan MAE dan MAPE pada perhitungan manual 4.8 dan 4.9.

$$MAE = \frac{|26,7-27,8|+|26,7-26,8|+ \dots}{225} = 0,86 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.8)$$

$$MAPE = \frac{4,1\%+0,6\%+2,4\%+ \dots}{225} = 3,16\% \quad (4.9)$$

Hasil dari perhitungan manual 4. membuktikan dengan data paling kecil masih memiliki eror yang rendah yaitu nilai MAE 0,86 dan nilai MAPE 3,16%. Nilai MAE dan MAPE pada skenario ke 3 tetap tidak bisa mengnyaingi skenario 1

namun sedikit diatas skenario 2. . Berikut gambar 4.14 adalah visualisasi analisis hasil prediksi dengan data asli dari tabel 4.6.

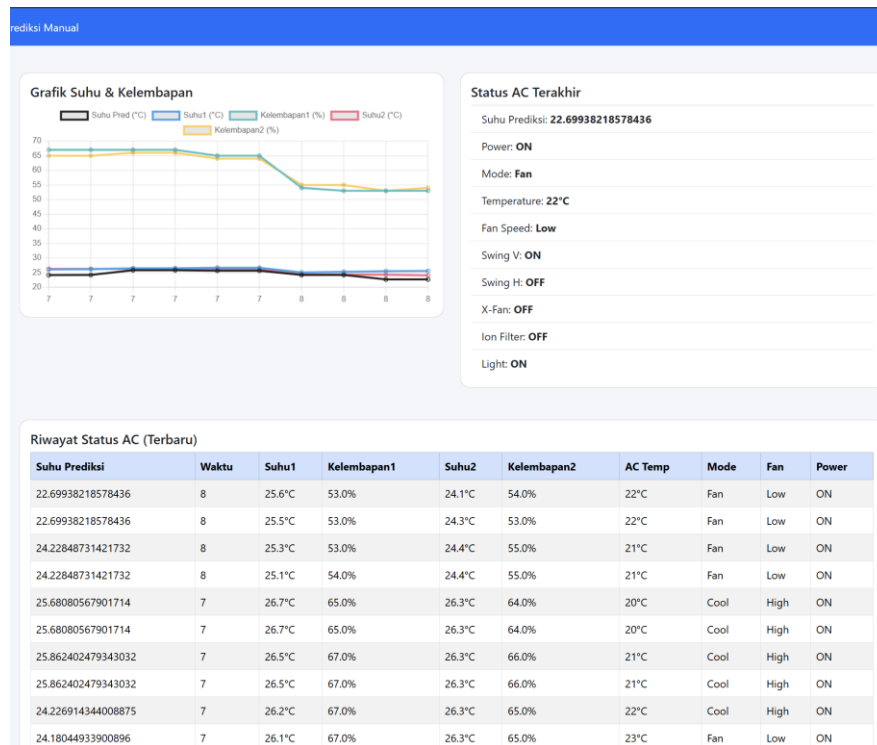


Gambar 4. 10 Grafik Hasil Skenario 3

Gambar 4.10 dapat diamati pada perbedaan garis antara garis atau dot suhu prediksi yang berwarna oranye dan suhu actual yang berwarna biru. Secara keseluruhan peforma dalam skenario 3 masih dapat diterima meskipun tidak sebaik pada skenario 1.

4.4.1 Hasil *Smart AC*

Implementasi sistem prediksi suhu ruangan dilakukan untuk mendukung pengendalian AC secara otomatis berdasarkan data suhu. Nilai error dari hasil prediksi dapat dilihat pada Gambar 4.12. Hasil prediksi suhu ini digunakan untuk menentukan pengaturan suhu AC, mode AC, dan kecepatan kipas (fan) guna menjaga kestabilan suhu ruangan secara otomatis. Gambar 4.11 menampilkan hasil implementasi berupa dashboard prediksi



Gambar 4. 11 Dashboard Prediksi

Gambar 4.11 menunjukkan dashboard dari web server untuk monitoring hasil prediksi berdasarkan fitur-fitur yang digunakan. Untuk mengetahui bagaimana hasil perbandingannya di jelaskan di tabel 4.5. Dashboard prediksi yang memperlihatkan perbandingan antara suhu prediksi, suhu dalam ruangan, serta pengaturan AC seperti suhu AC, mode, dan fan yang ditentukan menggunakan logika if-else berdasarkan suhu ideal. Suhu ideal diambil dari wawancara ke beberapa mahasiswa yang menggunakan lab ini untuk berkegiatan. Berikut adalah tabel 4.7 hasil perbandingan suhu prediksi dan suhu asli:

Tabel 4. 7 hasil implementasi model prediksi

No	Suhu Pred	Suhu Akt	Kelembapan In	Suhu out	Kelembapan out	Suhu AC	Mode	Fan	Power
1	22,7	24,1	54	25,6	53	22	3	1	True
2	22,7	24,3	53	25,5	53	22	3	1	True
3	24,2	24,4	55	25,3	53	21	3	1	True
4	24,2	24,4	55	25,1	54	21	3	1	True

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 dimana hasil dari suhu prediksi menunjukkan nilai yang tidak terlalu jauh dari suhu asli. Selisih antara suhu prediksi dan suhu aktual menunjukkan bahwa model prediksi yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup saja. Ketepatan ini diperkuat dengan perhitungan nilai MAE dan MAPE yang rendah, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.8 dalam skenario 1 yang memiliki hasil pengujian dengan nilai eror terkecil. Nilai-nilai kesalahan prediksi yang relatif kecil tersebut menunjukkan bahwa metode yang diterapkan dalam sistem mampu memprediksi suhu dengan cukup akurat, sehingga dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengendalian suhu AC secara otomatis .

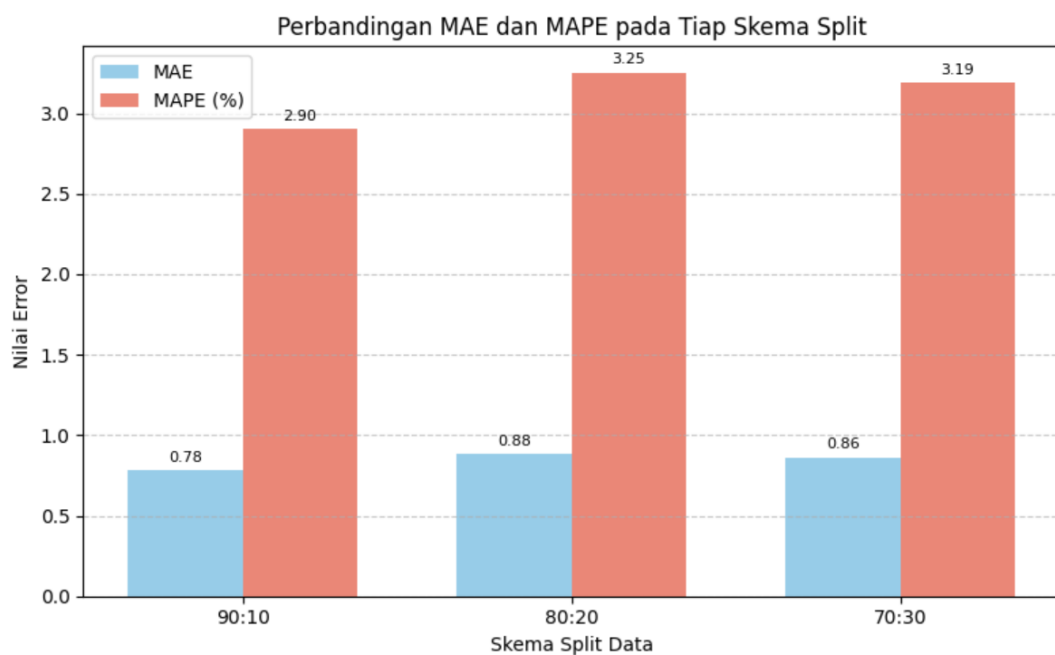
4.5 Pembahasan

Dalam penelitian ini penulis menggunakan 875 data rekam IoT pada ruangan lab Robotik UIN MALIKI. Dilakukan tiga skenario pengujian dengan variasi pembagian data pelatihan dan data pengujian untuk mengevaluasi performa algoritma SVR dalam memprediksi variabel target. Ketiga skenario tersebut adalah pembagian data 90:10 (skenario 1), 80:20 (skenario 2), dan 70:30 (skenario 3) seperti pada tabel 3.4.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa skenario 1 (pembagian 90:10) memberikan performa terbaik dibandingkan dua skenario lainnya. Pada skenario 1 ini, model SVR dengan kernel linear mampu menghasilkan nilai error yang paling rendah yaitu MAE sebesar 0,78 dan MAPE sebesar 2,9%. Nilai ini menunjukkan bahwa model mampu melakukan prediksi dengan tingkat akurasi yang cukup baik meskipun data yang digunakan memiliki kompleksitas. Pada skenario 2 (80:20),

model menghasilkan MAE sebesar 0,88 dan MAPE sebesar 3,25%, sedikit lebih tinggi dibanding skenario 1. Pada skenario 2 (70:30) performa model menurun dibanding skenario 1 dengan MAE sebesar 0,86 dan MAPE sebesar 3,19%. Penurunan ini mengindikasikan bahwa semakin sedikit data yang digunakan untuk pelatihan, semakin besar kemungkinan model kehilangan informasi penting dalam proses belajar, sehingga kesalahan prediksi meningkat.

Perbandingan nilai MAE dan MAPE pada ketiga skenario tersebut dapat dilihat pada gambar 4.12, yang secara jelas menggambarkan performa relatif masing-masing pembagian data terhadap hasil prediksi model.



Gambar 4. 12 Grafik perbandingan hasil skenario

Gambar diatas menunjukkan visual perbandingan antara 3 skenario pengujian model yang telah diuji selama penelitian ini. Warna biru menunjukkan nilai MAE sedangkan warna oren munjukkan nilai MAPE. Dengan data yang lebih banyak model akan lebih dapat mengenali pola tiap fitur untuk meprediksi nilai target yaitu

suhu ruangan. Pengujian pembagian data ini sangat mempengaruhi performa model yang mana dapat dilihat hasil dari tiap skenario yang bervariasi.

Penelitian ini menegaskan pentingnya pemilihan rasio pembagian data pelatihan dan pengujian yang tepat untuk memperoleh hasil prediksi yang optimal. Perlu digarisbawahi bahwa penelitian ini berfokus pada prediksi suhu ruangan menggunakan SVR yang ditujukan untuk sistem kontrol otomatis AC atau dikenal sebagai *Smart AC*. Nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,78 pada skenario terbaik di penelitian ini menunjukkan tingkat kesalahan yang relatif tinggi, mengingat rentang suhu operasi *Smart AC* hanya berkisar antara 23°C hingga 28°C. Selisih prediksi dengan rata-rata kesalahan seperti itu dapat berdampak signifikan terhadap akurasi dan efektivitas sistem dalam mengatur suhu secara otomatis.

4.6 Integrasi Islam

Prinsip-prinsip Islam memberikan panduan agar teknologi digunakan secara bijak, tidak merusak, dan membawa manfaat bagi kehidupan. Dalam pembahasan ini akan dikaitkan bagaimana konsep penggunaan teknologi bisa dilihat dari perspektif ajaran Islam yang holistik, sebagai bagian dari amanah manusia sebagai khalifah di bumi. Nilai-nilai religius ini menjadi penting agar inovasi teknologi tidak hanya berorientasi pada aspek fungsional dan efisiensi, tetapi juga mencerminkan akhlak, tanggung jawab dan keberkahan dalam kehidupan.

4.6.1 Hablu ila Allah

Sebagai manusia, kita memiliki tanggung jawab untuk menjaga keseimbangan lingkungan dan mencegah kerusakan bumi akibat penggunaan teknologi yang tidak bijak. Allah SWT berfirman dalam QS. *Al-Mulk*: 3

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا ۚ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ ۚ فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ ۚ

“Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?” (QS. *Al-Mulk*: 3)

Menurut Imam Ibnu Katsir dalam kitabnya yaitu *Tafsir Ibnu Katsir* menjelaskan semua ciptaan Allah sempurna dan seimbang. Apa saja yang kita lihat segalanya tampak sempurna, Allah Subhanahu wa ta'ala menciptakan segalanya sempurna sesuai dengan porsinya masing-masing (Syakir, 2012). Ayat ini mengandung prinsip keteraturan, keseimbangan, dan efisiensi yang menginspirasi pengembangan teknologi ramah lingkungan seperti *Smart AC*. Sistem *Smart AC* dalam penelitian ini meniru keteraturan tersebut melalui algoritma SVR untuk mengatur suhu secara otomatis. Makna lebih dalamnya ayat ini memperkuat nilai tauhid, mendorong keimanan, dan menjadikan teknologi sebagai sarana mendekatkan diri kepada Allah.

4.6.2 Hablu ila nas

Dalam Islam, hubungan antar sesama manusia sangat ditekankan dalam *Ar-Rahman*: 7-9;

وَالسَّمَاءَ رَفَعَهَا وَوَضَعَ الْمِيزَانَ ﴿٧﴾ أَلَّا تَطْغَوْا فِي الْمِيزَانِ ﴿٨﴾ وَأَقِيمُوا الْوَزْنَ بِالْقِسْطِ وَلَا تُخْسِرُوا الْمِيزَانَ ﴿٩﴾

“Dan langit telah ditinggikan-Nya dan Dia ciptakan keseimbangan. Agar kamu jangan merusak keseimbangan itu. dan tegakkanlah keseimbangan itu dengan adil dan janganlah kamu mengurangi keseimbangan itu.” (QS: Al-Rahman: 7-9)

Menurut Imam al-Qusyairi Allah SWT memerintahkan kepada manusia untuk menjaga dan merawat keadilan di segala sesuatu. Manusia diperintahkan untuk menjamin hak-hak sesama manusia, dan juga menjaga hak-hak Allah SWT. Bagi al-Qusyairi manusia ditntun untuk beramal dengan ikhlas, jujur di setiap aktivitas, dan mementingkan hak pribadi dan orang lain dari sisi lahir dan batin.

pengembangan *Smart AC* yang hemat energi merupakan bentuk implementasi prinsip *mīzān*, yakni menjaga keseimbangan sosial dan ekologis. Teknologi ini tidak hanya memberikan kenyamanan, tetapi juga mengurangi konsumsi energi berlebihan yang dapat merugikan lingkungan dan generasi mendatang. Dengan demikian, penelitian ini menjadi kontribusi nyata dalam menjaga keadilan dan keseimbangan sebagaimana diajarkan dalam Al-Qur'an.

4.6.3 Hablu ila alam

Dalam surah *Ar-Rum: 41*, Allah berfirman:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: "Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar)." (QS. Ar-Rum: 41)

Menurut Profesor Quraish Shihab dalam kitab Tafsir Al-Misbah mengatakan bencana alam yang terjadi di muka bumi juga tidak terlepas dari perilaku manusia yang merusak lingkungan. Manusia yang berbuat dosa dan melanggar aturan akan menyebabkan sistem keseimbangan kehidupan menjadi tidak terkendali. Ayat di atas menyebut darat dan laut sebagai tempat terjadinya kerusakan itu.

Ayat ini mengajarkan bahwa alam merespons perilaku manusia. Eksploitasi sumber daya, termasuk penggunaan energi berlebihan seperti AC konvensional, dapat memicu pemanasan global dan kerusakan ekosistem. Penggunaan teknologi hemat energi seperti *Smart AC* bukan hanya solusi ilmiah, tetapi juga wujud tanggung jawab spiritual dan moral dalam Islam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem prediksi suhu ruangan berbasis *Support Vector Regression* (SVR) yang dikombinasikan dengan perangkat keras ESP8266 dan berbagai sensor seperti DHT11 serta komponen pendukung lainnya. Proses pengambilan data dilakukan secara real-time melalui ESP dan dikirimkan ke web server. Dari serangkaian skenario pengujian, skenario 1 dengan nilai MAE terendah dan MAPE yang cukup baik. Sistem juga mampu mengontrol suhu, mode, dan kecepatan kipas AC berdasarkan hasil prediksi, menjadikan AC sebagai perangkat *Smart* yang hemat energi dan adaptif terhadap kondisi lingkungan. Penggunaan kernel linear ini tidak bisa memaksimalkan metode SVR. Hal ini disebabkan data yang di gunakan memiliki pola non linear maka dari itu hasil akan tidak sesuai harapan yang di paparkan pada kajian pustaka.

5.2 Saran

Peneliti ingin mengoptimalkan performa SVR dalam menghadapi kasus prediksi suhu ruangan ini. Berikut adalah saran dari peneliti yang dapat dipertimbangkan di penelitian selanjutnya, seperti:

1. **Fitur**

Untuk meningkatkan akurasi prediksi, penelitian selanjutnya dapat menambahkan fitur-fitur tambahan yang relevan, seperti jumlah orang di dalam

ruangan, waktu (jam dan hari), intensitas cahaya matahari, serta kondisi ventilasi atau sirkulasi udara. Fitur-fitur ini dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang faktor-faktor yang memengaruhi suhu ruangan, sehingga model SVR dapat mengenali pola dengan lebih baik

2. Kernel SVR

Implementasi ke semua Kernel pada SVR: Untuk meningkatkan fleksibilitas dan akurasi prediksi, sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menerapkan berbagai jenis kernel pada algoritma SVR, seperti Polynomial Kernel, Radial Basis Function (RBF), dan Sigmoid Kernel. Dengan membandingkan performa dari masing-masing kernel, diharapkan dapat ditemukan konfigurasi terbaik yang sesuai dengan karakteristik data suhu dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Firly Akbar, Abdurrahman, S. R. (2023). ... Kontrol Suhu Ac (Air Conditioner) Pada Ruangan Meeting Secara Otomatis Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Iot. *Teliska*, 16(Iii), 15–22.
- Ardhiyah, N. (2019). Prediksi awal waktu shalat berdasarkan titik belok kecerahan langit menggunakan metode *Support Vector Regression* dan Restricted Cubic Spline. *UIN Sunan Ampel Surabaya*.
- Astari, N. M. A. J., & Ardiyasa, I. W. (2024). Prediksi Suhu AC Berdasarkan Riwayat Data Suhu dan Kelembapan Udara Menggunakan Regresi Linier Berganda. *Jurnal Sistem Dan Informatika (JSI)*, 18(2), 159–166.
- Basori, A. M., Maulana, A., Suwarno, E. R., Adhiaraka, Y., & Susanto, R. (2024). *Implementasi Kontrol Lampu Hias Batik Dengan Arduino Nano dan Module Bluetooth HC-05 Secara Seri dan Paralel*. 114–120.
- Bhaskoro, S. B., & Erliansyah, M. F. (2024). *Manajemen Pengondisian Suhu Ruangan Berdasarkan Beban Termal Menggunakan Sensor Thermopile Infrared Array*. 13(2), 277–288.
- Cheng, R., Yu, J., Zhang, M., Feng, C., & Zhang, W. (2022). Short-term hybrid forecasting model of ice storage air-conditioning based on improved SVR. *Journal of Building Engineering*, 50, 104194.
- Deswar, F. A., & Pradana, R. (2021). Monitoring Suhu Pada Ruang Server Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis *Internet of Things* (Iot). *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 12(1), 25. <https://doi.org/10.31602/tji.v12i1.4178>
- Dirgantara, U., Suryadarma, M., & Mandiri, U. N. (2014). Perancangan Sistem Informasi Manajemen Invoice Menggunakan Generator Freamwork Django-Python Berbasis Website Pada Pt. Lampuind Tekno Elektrik. *Jurnal Sistem Informasi Universitas Suryadarma*, 10(1). <https://doi.org/10.35968/jsi.v10i1.999>
- Ferry, A. (2019). Rancang Bangun Kontrol Dan Monitoring Meteran AIR PDAM Berbasis *Internet of Things* . *Stikom Surabya*.
- Firdaus, F., & Yuwono, T. (2024). Sistem Kontrol Cahaya dan Udara pada Ruangan Kelas (Smart Class) untuk Mendukung UI GreenMetric. *Proceedings of the National Conference on Electrical Engineering, Informatics, Industrial Technology, and Creative Media*, 4(1), 158–170.

- Fu, R., Guo, J., Qin, B., Che, W., Wang, H., & Liu, T. (2014). *Learning Semantic Hierarchies via Word Embeddings*.
- Furi, R. P., Si, M., & Saepudin, D. (2015). *Prediksi Financial Time Series Menggunakan Independent Component Analysis dan Support Vector Regression Studi Kasus: IHSB dan JII*.
- Gea, A. (2023). *Sistem pengendali AC (Air Conditioner) berbasis IOT (Internet of Things)*. ITNY.
- Hamdy, M. A., Hamzah, B., Wikantari, R., & Mulyadi, R. (2021). Lingkungan dan Kenyamanan Termal Dalam Bangunan di Iklim Tropis Panas dan Lembab: Studi Literatur Sistematis. *Jurnal Arsitektur Sulapa*, 3(2).
- Imaduddin. (2020) " Tafsir Surat Al-Rahman Ayat 7-9: Perintah Berlaku Adil dan Seimbang", Tangerang Selatan Available at: <https://islami.co/tafsir-surat-al-rahman-ayat-7-9-perintah-berlaku-adil-dan-seimbang/>
- Karnisih, K., Sunarno, S., Iqbal, I., Djuniadi, D., & Pribadi, F. (2025). Penerapan Algoritma Linear Regression dan *Support Vector Regression* dalam Prediksi Temperatur Udara di Malang. *Techno.Com*, 24, 218–229. <https://doi.org/10.62411/tc.v24i1.12094>
- Lesmana, S. P., Merah, A. P. S. B., Hermawati, D., & Puspitasari, N. (2024). Dampak Implementasi IoT pada Sistem Smart Home untuk Efisiensi Energi dan Keamanan di Kota Berkembang. *Prosiding Seminar Nasional Amikom Surakarta*, 2, 1265–1278.
- Lestari, M. T. (2024). *Sistem Monitoring Lingkungan Kerja Di Pabrik Semen Tonasa Berbasis Internet Of Things (IOT)*.
- Lukman, H. (2024). *Mikrokontroller Dan Internet Of Things*.
- Maulana, N. D., Setiawan, B. D., & Dewi, C. (2019). *Implementasi Metode Support Vector Regression (SVR) Dalam Peramalan Penjualan Roti (Studi Kasus: Harum Bakery)*.
- Natsir, M., Rendra, D. B., & Anggara, A. D. Y. (2019). Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal Prosisko*, 6(1), 69–72.
- Nurhayati, A., Ummah, Z. I., & Shobron, S. (2018). Kerusakan lingkungan dalam Al-Qur'an. *Suhuf*, 30(2), 194–220.
- Pahlevi, A. F. A. (2024). *Penerapan Support Vector Regression untuk Estimasi Biaya Pembuatan Software*.

- Pratama, M. A. F. (2024). *Penentuan strategi mitigasi urban heat island (UHI) menggunakan metode simple additive weighting (SAW) pada game help the city*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Rahimah, A. N., Rusdianto, D. S., & Ananta, M. T. (2019). Pengembangan Sistem Pengelolaan Ruang Baca Berbasis Web Dengan Menggunakan Django Framework (Studi Kasus: Ruang Baca Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya). *Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(5), 4439–4446.
- Ridwan, M. K. (2024). *Fisika Energi Lingkungan Perkotaan: Upaya Memahami dan Mengurangi Iklim Panas Perkotaan*. UGM PRESS.
- Rifqi, M. R., Setiawan, B. D., & Bachtiar, F. A. (2018). *Support Vector Regression Untuk Peramalan Permintaan Darah: Studi Kasus Unit Transfusi Darah Cabang-PMI Kota Malang*. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(10), 3332–3342.
- Shamrat, F. J. M., Allayear, S. M., & Jabiullah, M. I. (2018). Implementation of a Smart AC automation system with room temperature prediction. *Journal of the Bangladesh Electronic Society*, 18(1–2), 1816–1510.
- Smola, A. J., & Olkopf, B. S. (2004). *A tutorial on Support Vector Regression* .
- Sumeru, K., Pramudantoro, T. P., Badarudin, A., Nugraha, R., Simbolon, L. M., & bin Sukri, M. F. (2023). Kaji Eksperimental Retrofit R404a Dengan Refrigeran Ramah Lingkungan R290 Pada Freezer. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 9(2), 148–155.
- Shihab, M. Q. (2002). Tafsir al-misbah. *Jakarta: Lentera Hati*, 2, 52–54.
- Syakir, S. A. (2012). *Tafsir Ibnu Katsir*.
- Vijayakumar, S., & Wu, S. (1999a). *Sequential Support Vector Classi ers and Regression*.
- Vijayakumar, S., & Wu, S. (1999b). *Sequential Support Vector Classi ers and Regression*.
- Widodo, A., Afika, A. N., Kholis, N., & Anifah, L. (2021). Smart AC Remote: Pengontrol Suhu Air Conditioner Otomatis Berbasis Internet of Thing Berdasarkan Suhu Aktual Ruangan. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(3), 681–688.
- Wijata, M. B. T. (2023). Simulasi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Gedung Advance Research Laboratory Universitas Udayana. *ETNIK: Jurnal Ekonomi Dan Teknik*, 2(5), 389–398.

Yasin, H., Prahutama, A., & Utami, T. W. (2014). Prediksi Harga Saham Menggunakan *Support Vector Regression* Dengan Algoritma Grid Search. *Media Statistika*, 7(1), 29–35. <https://doi.org/10.14710/medstat.7.1.29-35>

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/13DIOPovF00yRMRTTVCCHic8wJFZEAuQ/edit?usp=sharing&ouid=106130914225320778875&rtpof=true&sd=true>

Lampiran 2

Link Website

<https://asrulmaliy369.pythonanywhere.com/skripsi/>