TUGAS AKHIR

ANALISIS DEVIASI ARAH MATAHARI TERHADAP BEBAN PENDINGIN SISTEM *AC* MESJID AGUNG MEDAN

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh:

SYAHRUL PRAYOGA
2207230021

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN

2026

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	:	Syahrul Prayoga
NPM	:	2207230021
Program Studi	:	Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	:	Analisis Deviasi Arah Matahari Terhadap Beban Pendingin Sistem *AC* Mesjid Agung Medan
Bidang Ilmu	:	Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
Dr. Sudirman Lubis, ST, MT	Chandra A Siregar, S.T., M.T
Dosen Penguji III	**Program Studi Teknik Mesin**
	Ketua,
Dr. Munawar A Siregar, S.T., MT	Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama Lengkap	: Syahrul Prayoga
Tempat/Tanggal Lahir	: Medan, 25 Januari 2003
NPM	: 2207230021
Fakultas	: Teknik
Program Study	: Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul,

"ANALISIS DEVIASI ARAH MATAHARI TERHADAP BEBAN PENDINGIN SISTEM AC MESJID AGUNG MEDAN"

Bukan merupakan plagiarism, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan versifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjaann saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2026

Saya yang menyatakan

Syahrul Prayoga

ABSTRAK

Deviasi arah matahari atau adalah perubahan posisi semu matahari terhadap bumi sepanjang tahun akibat kemiringan sumbu rotasi bumi (23,45°) terhadap bidang ekliptika. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh deviasi arah matahari terhadap beban pendingin sistem *Air Conditioner (AC)* pada ruang salat utama Masjid Agung Medan, menentukan kebutuhan kapasitas pendinginan, serta mengetahui waktu kritis peningkatan beban pendingin akibat radiasi matahari. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan melakukan analisis data desain *HVAC* dan denah bangunan menggunakan *AutoCAD*. Perhitungan dilakukan berdasarkan luas ruangan, kapasitas *AC*, *Heat Load*, dan nilai deviasi antara kebutuhan pendinginan teoritis dengan kapasitas sistem *AC* terpasang yang mengacu pada standar ASHRAE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruang salat utama memiliki luas 959 m² dengan kebutuhan cooling capacity sebesar 721.168 BTUH pada kondisi *Heat Load* tinggi. Nilai deviasi sistem *AC* FDR300QY1 (4) sebesar 21% (*low*), 14% (*medium*), dan 0% (*high*), sedangkan FDR250QY1 (4) sebesar 6%, -3%, dan -20%. Beban pendingin tertinggi terjadi pada pukul 12.00–15.00 WIB akibat peningkatan radiasi matahari. Hasil penelitian membuktikan bahwa deviasi arah matahari berpengaruh terhadap kebutuhan beban pendingin sehingga orientasi bangunan perlu diperhatikan dalam perencanaan sistem *HVAC* yang efisien.

Kata kunci: Deviasi arah matahari, beban pendingin, *AC*, *HVAC*, Masjid Agung Medan.

ABSTRACT

Solar directional deviation is the change in the sun's apparent position relative to Earth throughout the year, caused by the tilt of Earth's rotational axis (23.45°) relative to the ecliptic plane. This study aims to analyze the effect of sun direction deviation on the cooling load of the Air Conditioner (AC) system in the main prayer room of the Grand Mosque of Medan, determine the cooling capacity requirements, and determine the critical time for increasing cooling load due to solar radiation. The research method used is a quantitative method by analyzing HVAC design data and building plans using AutoCAD. Calculations are made based on the room area, AC capacity, Heat Load, and the deviation value between the theoretical cooling requirement and the installed AC system capacity referring to the ASHRAE standard. The results show that the main prayer room has an area of 959 m² with a cooling capacity requirement of 721,168 BTUH under high Heat Load conditions. The deviation value of the FDR300QY1 (4) AC system is 21% (low), 14% (medium), and 0% (high), while the FDR250QY1 (4) is 6%, -3%, and -20%. The highest cooling load occurs at 12:00–15:00 WIB due to increased solar radiation. The research results prove that the deviation of the sun's direction affects the cooling load requirements so that building orientation needs to be considered in planning an efficient HVAC system.

Keywords: *Sun direction deviation, cooling load, AC, HVAC, Medan Grand Mosque.*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul "ANALISIS DEVIASI PADA ARAH MATAHARI TERHADAP BEBAN PENDINGIN SISTEM *AC* MESJID AGUNG MEDAN".

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Ketua dan Sekretaris Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
5. Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya terutama kepada ibu tercinta, Ibunda Dewi Liana yang telah mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yamg tulus dan dukungan moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Rekan – rekan seperjuangan, Dwi Ricki Ardana, Muhammad Arif Suta, Muhammad Ferdyansyah, Ezrah Tri Wira Pranata, Fernando Wibowo, Kevin Yudha Pratama, Shandi Pratama Butar Butar, Ryzki Yunda Pratama, Dito Irfansyah, Adam Ramadhan.

8. Rekan – rekan seperjuangan kelas A1 Pagi Stambuk 2022, serta rekan – rekan bidang keahlian konversi manufactur yang telah banyak memberi saran dan dukungan kepada penulis.
9. Kepada Agiel Prio Anggoro S.P., penulis ingib menyampaikan terima kasih kepada Teman SMA saya yang telah membantu saya mencari jurnal dalam tugas akhir ini dan memberikan saya saran dalam melakukan tugas akhir ini.
10. Kepada Febrianto Tanjung S.M, penulis turut menyampaikan terima kasih sebagai teman sejak awal perkuliahan lintas jurusan hingga sekarang. Dukungan dan diskusi yang di lakukan sangan membantu.
11. Prayoga Harmaji S.H., penulis turut menyampaikan terima kasih atas diskusi dan saran-saran dalam membuat tugas akhir.
12. Kepada lagu-lagu, penulis turut menyampaikan terima kasih karena selalu menemani saya setiap malam dalam menulis tugas akhir.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, Agustus 2026
Penulis

Syahrul Prayoga

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL TUGAS AKHIR ii
ABSTRAK iii
ABSTRACT iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR NOTASI xi

BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Ruang Lingkup 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Radiasi Matahari dan Energi Surya 5
2.1.1 Pengertian Radiasi Matahari 5
2.1.2 Karakteristik Radiasi Matahari di Indonesia 5
2.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Besaran Radiasi 6
2.2 Deviasi Arah Matahari *(Solar Path Deviation)* 6
2.2.1 Deviasi Arah Matahari *(Solar Path Deviation)* 6
2.2.2 Dampak Deviasi Arah Matahari pada Bangunan 8
2.3. Termal Bangunan dan Perpindahan Panas 8
2.3.1 Mekanisme Perpindahan Panas pada Bangunan 8
2.4 Beban Pendingin Sistem Tata Udara *(AC)* 11
2.3.1 Prinsip kerja *Air Conditioner (AC)* 11
2.3.2 Jenis – Jenis *AC* 12
2.3.3 Standar dan Ketentuan Beban Pendingin 15
2.5 Analisis Deviasi Arah Matahari Terhadap Beban Pendingin 16
2.4.1 Analisa Data Hubungan Arah Matahari dengan Beban Pendingin 16

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 19
3.1 Tempat dan Waktu 19
3.1.1 Tempat Penelitian 19
3.1.2 Waktu Penelitian 19
3.2 Alat dan Bahan 19
3.2.1 Bahan Penelitian 19
3.2.2 Alat Penelitian 21
3.3 Bagan Alir Penelitian 22
3.4 Rancangan Alat Penelitian 23
3.5 Prosedur Penelitian 24
3.6 Variabel Yang Akan Diteliti 24

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 26
4.1 Hasil Penelitian 26
4.1.1 Luas Ruangan 26
4.1.2 Perhitungan *Cooling Capacity Area* 27
4.1.3 Data Kapasitas Sistem *AC* Terpasang 28
4.2 Analisis Pengaruh Deviasi Arah Matahari 34
4.2.1 Pengaruh Orientasi Bangunan terhadap Beban Pendingin 34
4.2.2 Analisis Beban Pendingin Berdasarkan Waktu 35
4.2.3 Hubungan Deviasi Matahari dengan Kinerja *AC* 35
4.3 Pembahasan 36

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 37
5.1 Kesimpulan 37
5.2 Saran 38

DAFTAR PUSTAKA
Lampiran 1. Lembar Asistensi
Lampiran 2. SK Pembimbing
Lampiran 3. Hasil Evaluasi Seminar
Lampiran 4. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian
Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Periode Waktu Radiasi Matahari 14
Tabel 2.2 *Estimated Cooling / Design Checks (Rule of Thumb)* 15
Table 3.1 Waktu Penelitian 17
Tabel 3.2 Variabel X 22
Tabel 3.3 Variabel Y 22
Tabel 3.4 Variable Z 22
Tabel 4.1 Perhitungan Luas Ruangan 24
Tabel 4.2 *Estimated Cooling / Design Checks (Rule of Thumb)* 24
Tabel 4.3 Perhitungan Cooling Capacity Area 25
Tabel 4.4 Data Spesifikasi Sistem AC Terpasang FDR300QY1 (4) 26
Tabel 4.5 Data Spesifikasi Sistem AC FDR250QY1 (4) 28
Tabel 4.6 Hubungan Waktu dan Beban Panas 32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Sun Path Diagram* 7
Gambar 2.2 Prinsip Kerja *AC* 11
Gambar 2.3 *AC Split Wall Mounted* 12
Gambar 2.4 *AC Cassette* 13
Gambar 2.5 *AC Split Duct* 14
Gambar 2.6 *AC Floor Standing* 14
Gambar 2.7 *AC VRV* 15
Gambar 3.1 Denah Lantai 1 Mesjid Agung Medan 20
Gambar 3.2 Desain Instalasi HVAC dengan SAG (Suplay Air Grile) Denah Lt. 1 Mesjid Agung Medan 20
Gambar 3.3 Desain Instalasi HVAC dengan SAG (Suplay Air Grile) Ducting menuju Denah Lt. 1 Mesjid Agung Medan 21
Gambar 3.4 Desain Instalasi HVAC Outdoor denah Lt. Rooftop Mesjid Agung Medan 21
Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian 22
Gambar 3.6 Model Skema Indoor Unit dengan Jalur Ducting pada Lantai 1 23
Gambar 3.7 Model Skema Indoor Unit dengan Jalur Ducting menuju Lantai 1 23
Gambar 4. 1 Denah Lantai 1 Ruang Shalat Utama 26
Gambar 4. 2 Hubungan *Heat Load* dengan Kapasitas AC FDR300QY1 (4) 30
Gambar 4. 3 Hubungan *Heat Load* dengan Kapasitas AC FDR250QY1 (4) 32
Gambar 4. 4 Perbandingan Kapasitas AC pada Deviasi *Heat Load* 33
Gambar 4. 5 Desain Instalasi *HVAC* Denah Lt. 1 Ruang Shalat Utama 34
Gambar 4. 6 Desain Instalasi *HVAC* dengan Duct menuju Denah Lt. 1 Ruang Shalat Utama 34

DAFTAR NOTASI

Symbol	Besaran	Satuan
L	Luas Area Ruangan	$m2$
P	Panjang area ruangan	m
l	Lebar area ruangan	m
Q_a	*Cooling capacity* area	$BTUH$
q	*Heat Load*	$(BTUH/m^2$
Q_t	Total *cooling capacity indoor* unit	BTU/HR
Q_{unit}	*Cooling capacity* unit	$BTUH$
n_{unit}	Jumlah *indoor* unit	-
n_{room}	Jumlah ruangan	-
$\Delta Q(\%)$	Deviasi	%

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masjid sebagai bangunan publik berfungsi bukan hanya sebagai tempat ibadah, tetapi juga pusat kegiatan sosial, pendidikan, dan budaya. Di wilayah kota Medan yang beriklim tropis, kenyamanan termal di ruang salat menjadi penting agar jamaah dapat beribadah dengan khusyuk dan berlangsungnya kegiatan pembelajaran/ceramah tidak terganggu. Untuk menjaga kenyamanan, banyak masjid modern memasang sistem pendingin udara/*Air Conditioning* (*AC*) yang harus dirancang dan dioperasikan dengan mempertimbangkan kondisi iklim setempat, pola pemakaian *(occupancy)* dan karakteristik bangunan seperti orientasi muka, bukaan, dan bahan selubung. Namun perencanaan yang kurang memperhitungkan faktor-faktor radiasi matahari dapat menyebabkan sistem *AC* bekerja berlebih, konsumsi energi meningkat, dan biaya operasional yang tidak efisien.

Kota Medan memiliki iklim tropis lembap dengan suhu rata-rata tahunan berkisar sekitar 25–29 °C dan kelembapan relatif yang tinggi (~80%+), serta curah hujan besar sepanjang tahun. Kondisi temperatur dan kelembapan ini meningkatkan beban pendingin yang harus ditangani sistem *HVAC* pada bangunan publik.(*Data and Graphs for Weather & Climate in Medan*, 2025.)

Beberapa studi internasional dan nasional telah menghitung beban pendingin untuk masjid dan menekankan pengaruh tata letak, bahan atap, ventilasi, dan orientasi terhadap kinerja termal. Studi perbandingan metode perhitungan beban pada masjid menunjukkan variasi hasil antar metode (manual vs *software*), sehingga menekankan kebutuhan verifikasi lapangan dan kajian kontekstual untuk tiap bangunan. Terdapat pula penelitian yang memfokuskan ulang perhitungan beban pendingin untuk masjid dan bangunan serupa, namun penelitian yang secara khusus menilai deviasi arah matahari (penyimpangan orientasi bangunan relatif terhadap arah matahari lokal) terhadap beban pendingin masjid masih terbatas, khususnya untuk Masjid Agung/ Masjid Raya di Medan.

Untuk masjid berkapasitas besar (ruang salat utama luas), kombinasi paparan matahari dan kepadatan jamaah berpotensi meningkatkan beban pendingin

internal dan eksternal secara signifikan, yang belum terkuantifikasi secara rinci untuk kondisi Medan. Data empiris lokal tentang seberapa besar deviasi orientasi memengaruhi kebutuhan kapasitas *AC* (*BTU*/kebutuhan unit) dan konsumsi energi operasional masjid masih minim(Maluegha & Luntungan, 2021).

Banyak studi menghitung beban pendingin umum untuk masjid, tetapi sedikit yang fokus pada analisis kuantitatif pengaruh deviasi orientasi matahari terhadap beban pendingin pada masjid di iklim tropis lembap seperti Medan(Shohan & Gadi, 2020).

Penelitian ini penting karena (1) memberikan data empiris lokal tentang seberapa besar deviasi orientasi matahari memengaruhi beban pendingin dan kebutuhan kapasitas *AC* di masjid besar di Medan; (2) membantu perancang dan pengelola masjid memilih strategi desain pasif (orientasi, shading, material atap/dinding, ventilasi) dan strategi operasional (setting suhu, zonasi *AC*) yang lebih efisien; (3) mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional serta meningkatkan kenyamanan ibadah; dan (4) menyumbang bukti ilmiah pada literatur teknik bangunan tropis mengenai interaksi orientasi—radiasi—beban pendingin. Adanya data lokal juga akan memperkuat rekomendasi teknis bagi otoritas bangunan dan manajemen masjid di Indonesia.

Kuantifikasi perubahan beban pendingin (dalam *kW* atau *BTU*) akibat variasi deviasi orientasi matahari pada ruang salat Masjid Agung Medan. Analisis sensitivitas yang menunjukkan jam kritis ketika pengaruh radiasi paling besar.

Dengan demikian penelitian ini mengisi gap empiris dan memberikan kontribusi praktis serta metodologis untuk perencanaan *HVAC* pada bangunan ibadah di daerah tropis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan sarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Bagaimana hubungan antara deviasi orientasi masjid terhadap arah matahari dengan besarnya beban pendingin total (*kW* atau *BTU*) ruang salat utama?
2. Apakah kebutuhan daya pendingin optimum pada orientasi bangunan agar suhu ruangan tetap nyaman?
3. Kapan Waktu paling kritis terhadap penerimaan radiasi matahari dan peningkatan beban pendingin?

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini memiliki Batasan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan berdasarkan model desain *AutoCAD* sistem beban pendingin *AC* Masjid Agung Medan tanpa melakukan pengujian langsung dilapangan.
2. Objek penelitian adalah Masjid Agung Medan lantai 1 ruang ibadah utama, dengan fokus pada analisis beban pendingin pada area yang menggunakan sistem *AC*.
3. Penelitian mencakup pengukuran dan perhitungan beban pendingin berdasarkan data radiasi matahari, dan luas ruangan serta sistem *AC* yang digunakan.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis hubungan antara deviasi orientasi masjid terhadap arah matahari dengan besarnya beban pendingin total (*kW* atau *BTU*) ruang salat utama.
2. Mengukur kebutuhan daya pendingin optimum pada orientasi bangunan agar suhu ruangan tetap nyaman.
3. Menghubungkan beban pendingin dengan waktu paling kritis terhadap penerimaan radiasi matahari dan peningkatan beban pendingin.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi desain dan tata letak sistem pendingin yang meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan di masjid.

2. Mengoptimalkan biaya operasional *Coefficient of Performance (COP)* dengan menekan konsumsi listrik yang berlebihan akibat ketidaksesuaian distribusi kapasitas *AC* terhadap beban aktual.
3. Meningkatkan kenyamanan termal jamaah, terutama pada area ruang salat yang paling terpapar radiasi selama jam-jam puncak.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radiasi Matahari dan Energi Surya

2.1.1 Pengertian Radiasi Matahari

Radiasi matahari (*solar radiation*) adalah bentuk energi elektromagnetik yang dipancarkan oleh Matahari dan dapat menembus atmosfer hingga ke permukaan Bumi (Taufiqi et al., 2025). Energi ini membawa panas (*thermal energy*) yang — ketika mengenai permukaan (tanah, air, bangunan) — dapat diserap lalu menaikkan suhu permukaan atau ruang. Radiasi ini terdiri dari komponen langsung (direct), tersebar (diffuse), dan pantulan (reflected).

Komponen radiasi matahari

Menurut (Bakır & Ergün, 2023) radiasi yang mencapai permukaan bumi terdiri dari tiga komponen utama:

1. *Direct Beam Radiation* (radiasi langsung) – energi yang datang langsung dari matahari tanpa mengalami hamburan di atmosfer. Besarnya bergantung pada sudut datang dan kejernihan atmosfer.
2. *Diffuse Radiation* (radiasi baur) – bagian dari radiasi matahari yang mengalami hamburan oleh partikel udara, awan, dan molekul atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi.
3. *Reflected Radiation* (radiasi pantulan) – radiasi yang dipantulkan oleh permukaan bumi atau objek di sekitarnya, seperti air, tanah, atau bangunan. Nilai albedo permukaan menentukan besarnya komponen ini.

2.1.2 Karakteristik Radiasi Matahari di Indonesia

Posisi geografis Indonesia

Posisi geografis Indonesia (lintang ±6° LU) Indonesia terletak di sekitar garis khatulistiwa (6° LU–11° LS, menjadikannya termasuk wilayah tropis dengan paparan radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun. Posisi ini memungkinkan durasi penyinaran rata-rata harian sekitar 10–12 jam (Octavianti, 2018).

Intensitas radiasi tahunan dan harian Rata-rata intensitas radiasi matahari di Indonesia berkisar antara 4,5 hingga 6,0 kWh/m² per hari, tergantung kondisi geografis dan cuaca (Intensitas et al., 2022).Nilai ini menjadikan Indonesia sangat potensial untuk pengembangan energi surya. Di wilayah timur seperti Nusa

Tenggara, intensitasnya cenderung lebih tinggi dibandingkan daerah dengan curah hujan tinggi seperti Sumatera.

Dampak iklim tropis terhadap bangunan Iklim tropis yang lembap dan panas menimbulkan kebutuhan desain bangunan yang memperhatikan orientasi terhadap radiasi matahari. Penyerapan panas berlebih dapat meningkatkan kebutuhan pendinginan ruangan. Oleh karena itu, strategi arsitektur pasif seperti ventilasi silang, penggunaan *shading*, serta pemilihan material beralbedo tinggi sangat disarankan (Octavianti, 2018).

2.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Besaran Radiasi

Awan, atmosfer, dan polusi Kondisi atmosfer sangat memengaruhi transmisi radiasi matahari. Kandungan awan, uap air, dan partikel polutan dapat menghamburkan serta menyerap radiasi, menurunkan jumlah energi yang mencapai permukaan bumi (Bakır & Ergün, 2023). Model estimasi berbasis *Hidden Markov* menunjukkan bahwa variabilitas awan menjadi salah satu faktor paling signifikan dalam perhitungan intensitas radiasi harian.

Sudut datang radiasi (*solar altitude* dan *azimuth*) Besarnya energi radiasi juga dipengaruhi oleh sudut elevasi *(altitude)* dan *azimuth* matahari, yang berubah sesuai waktu dan posisi geografis. Semakin besar sudut elevasi, semakin besar pula intensitas radiasi yang diterima permukaan. Oleh karena itu, perhitungan sudut datang sangat penting dalam perancangan panel surya dan orientasi bangunan (Pandey & Katiyar, 2013).

Orientasi permukaan bangunan Arah dan kemiringan permukaan bangunan menentukan seberapa efektif radiasi diserap. Di Indonesia, orientasi terbaik untuk memaksimalkan penerimaan radiasi adalah menghadap ke utara atau selatan dengan kemiringan sekitar 10°–15° terhadap(Intensitas et al., 2022). Pemahaman ini penting dalam penerapan desain arsitektur berkelanjutan dan sistem energi surya.

2.2 Deviasi Arah Matahari *(Solar Path Deviation)*

2.2.1 Deviasi Arah Matahari *(Solar Path Deviation)*

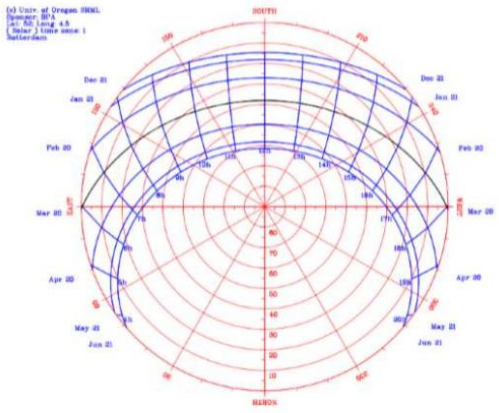
Deviasi arah matahari atau *solar path deviation* adalah perubahan posisi semu matahari terhadap bumi sepanjang tahun akibat kemiringan sumbu rotasi bumi (23,45°) terhadap bidang ekliptika. Deviasi ini menyebabkan pergeseran

lintasan harian matahari di langit, baik dalam arah timur–barat maupun tinggi sudut elevasi pada waktu tertentu(Li et al., 2025). Fenomena ini merupakan dasar dari variasi musim serta memengaruhi durasi dan intensitas radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi.

Perubahan posisi matahari bulanan dan tahunan. Menurut (Li et al., 2025) posisi matahari berubah secara periodik dengan siklus tahunan.

- Pada bulan Juni (solstis utara), matahari berada di posisi paling utara dengan deklinasi maksimum +23,45°, sehingga lintasan harian matahari menjadi lebih tinggi di langit belahan bumi utara.
- Sebaliknya, pada bulan Desember (solstis selatan), deklinasi bernilai -23,45°, menyebabkan lintasan matahari lebih rendah dan durasi penyinaran lebih singkat.
- Pada equinox (Maret dan September), matahari tepat berada di atas khatulistiwa, menghasilkan panjang siang dan malam yang hampir sama di seluruh dunia.

Grafik lintasan matahari (*solar path diagram*) menggambarkan perubahan posisi matahari terhadap waktu dan tanggal tertentu. Grafik ini menunjukkan hubungan antara azimuth (arah timur–barat) dan elevasi matahari sepanjang hari. Di Indonesia, lintasan matahari cenderung tinggi karena letaknya dekat khatulistiwa, menyebabkan intensitas radiasi relatif konstan sepanjang tahun. Diagram lintasan ini menjadi alat penting dalam perancangan arsitektur pasif dan analisis energi bangunan(Li et al., 2025).



Gambar 2.1 *Sun Path Diagram*

Sumber : NASA, 2016

2.2.2 Dampak Deviasi Arah Matahari pada Bangunan

a. Pengaruh terhadap temperatur dalam ruangan

Deviasi arah matahari berpengaruh langsung terhadap variasi suhu dalam bangunan karena menentukan durasi dan intensitas penyinaran pada setiap fasad. Orientasi bangunan yang tidak sesuai lintasan matahari dapat menyebabkan perbedaan signifikan antara suhu sisi timur dan barat, terutama pada musim panas (Li et al., 2025). Paparan langsung pada fasad barat pada sore hari, misalnya, meningkatkan suhu dinding dan suhu udara dalam ruangan secara signifikan.

b. Pengaruh terhadap beban pendingin

Perubahan lintasan matahari menyebabkan variasi radiasi yang diterima oleh bangunan sepanjang tahun, sehingga memengaruhi beban pendinginan (*cooling load*). Pada zona beriklim panas-lembap seperti Indonesia, fasad yang terpapar langsung (timur dan barat) akan menambah beban pendingin pada sistem *HVAC*, terutama pada sore hari ketika intensitas radiasi tinggi (Li et al., 2025). Desain orientasi yang tepat dapat menurunkan kebutuhan energi pendingin hingga 10–15% dibandingkan orientasi yang tidak optimal.

c. Pengaruh pada konsumsi energi sistem *HVAC*

Penelitian (Li et al., 2025) menunjukkan bahwa orientasi bangunan dan deviasi lintasan matahari memiliki pengaruh signifikan terhadap performa energi sistem *HVAC*. Dalam studi kasus bangunan pendidikan di zona iklim *"hot-summer-cold-winter"* di Tiongkok, orientasi utara–selatan menghasilkan efisiensi energi *HVAC* tertinggi dibandingkan orientasi timur–barat. Hal ini disebabkan oleh distribusi penyinaran yang lebih merata dan berkurangnya panas berlebih di dinding barat. Prinsip serupa dapat diterapkan di Indonesia dengan memperhatikan deviasi harian matahari dan ventilasi alami untuk menekan konsumsi energi.

2.3. Termal Bangunan dan Perpindahan Panas

2.3.1 Mekanisme Perpindahan Panas pada Bangunan

Perpindahan panas (heat transfer) merupakan proses perpindahan energi panas dari suatu media yang memiliki temperatur lebih tinggi menuju media dengan temperatur lebih rendah hingga tercapai kondisi kesetimbangan termal. Pada bangunan, perpindahan panas menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi kenyamanan termal penghuni serta besarnya energi yang diperlukan oleh sistem

pendingin udara (air conditioning/AC). Semakin besar panas yang masuk ke dalam bangunan melalui selubung bangunan (building envelope), semakin besar pula beban pendinginan (cooling load) yang harus ditanggung oleh sistem AC. Oleh karena itu, pemahaman mengenai mekanisme perpindahan panas menjadi dasar dalam analisis efisiensi energi bangunan(Putu et al., 2021).

Perpindahan panas terjadi melalui tiga mekanisme utama, yaitu **konduksi *(conduction)***, **konveksi *(convection)***, dan **radiasi *(radiation)***. Ketiga mekanisme tersebut berlangsung secara bersamaan pada bangunan, khususnya pada elemen selubung bangunan seperti dinding, atap, lantai, pintu, dan kaca. Dalam bangunan beriklim tropis seperti Indonesia, radiasi matahari merupakan sumber panas terbesar yang menyebabkan meningkatnya temperatur permukaan bangunan dan akhirnya meningkatkan beban pendinginan ruangan.

a. Perpindahan Panas Secara Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas melalui suatu material tanpa disertai perpindahan massa. Proses ini terjadi akibat adanya perbedaan temperatur antara dua sisi material sehingga energi panas mengalir dari sisi yang lebih panas menuju sisi yang lebih dingin.

Secara matematis, laju perpindahan panas konduksi dijelaskan menggunakan ***Hukum Fourier***:

$$Q = \frac{kA\Delta T}{L}$$

dengan:

- **Q** = laju perpindahan panas (W)
- **k** = konduktivitas termal material (W/m·K)
- **A** = luas permukaan (m^2)
- **ΔT** = perbedaan temperatur (K atau °C)
- **L** = ketebalan material (m)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai konduktivitas termal suatu material, maka semakin besar pula panas yang mampu dihantarkan menuju ruang dalam bangunan. Sebaliknya, material dengan konduktivitas termal rendah, seperti insulasi atau bata ringan, mampu mengurangi aliran panas sehingga dapat menekan konsumsi energi pendinginan(Putu et al., 2021).

b. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan panas yang terjadi antara permukaan bangunan dan fluida di sekitarnya, baik berupa udara maupun air. Pada bangunan, perpindahan panas konveksi terjadi ketika udara luar yang panas bersentuhan dengan permukaan dinding atau atap, kemudian panas tersebut diteruskan menuju permukaan bangunan.

Laju perpindahan panas konveksi dinyatakan melalui **Hukum Pendinginan *Newton (Newton's Law of Cooling)***:

$$Q = hA(T_s - T_f)$$

dengan:

- **h** = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m²K)
- **A** = luas permukaan
- **Ts** = temperatur permukaan
- **Tf** = temperatur udara

Besarnya koefisien konveksi dipengaruhi oleh kecepatan angin, kekasaran permukaan material, serta kondisi lingkungan sekitar bangunan. Pada bangunan yang memperoleh aliran udara alami (natural ventilation) dengan baik, panas yang tersimpan pada permukaan bangunan dapat dilepaskan lebih cepat sehingga mengurangi akumulasi panas di dalam ruang.

c. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Radiasi merupakan perpindahan panas melalui gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media penghantar. Pada bangunan, radiasi matahari menjadi sumber panas terbesar yang meningkatkan temperatur selubung bangunan.

Permukaan bangunan yang menerima radiasi matahari paling lama akan mengalami kenaikan temperatur yang lebih tinggi sehingga meningkatkan aliran panas menuju ruang dalam.

Kajian mengenai kenyamanan termal bangunan menunjukkan bahwa orientasi bangunan, bentuk fasad, dan karakteristik material merupakan faktor dominan yang menentukan besarnya radiasi matahari yang diserap oleh bangunan.

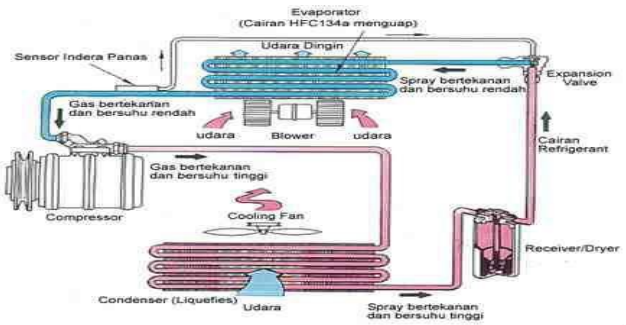
2.4 Beban Pendingin Sistem Tata Udara *(AC)*

2.3.1 Prinsip kerja *Air Conditioner (AC)*

Kompresor *Air Conditioner (AC)* yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk menempatkan fluida kerja *(refrigerant)*. Jadi, *refrigerant* yang masuk ke dalam kompresor *Air Conditioner (AC)* dialirkan ke *condenser* yang kemudian dimampatkan di *condenser*. Di bagian *condenser* ini *refrigerant* yang dimampatkan akan berubah fase dari *refrigerant* fase uap menjadi *refrigerant* fase cair, maka *refrigerant* mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam *refrigerant*. Adapun besarnya kalor yang dilepaskan oleh condenser adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan. Pada condenser tekanan *refrigerant* yang berada dalam pipa-pipa condenser relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan *refrigerant* yang berada pada pipa-pipa evaporator.

Prinsip pendinginan udara pada *Air Conditioner (AC)* melibatkan siklus refrigeration, yakni didinginkan oleh *refrigerant* /pendingin (*freon*) kemudian *freon* ditekan menggunakan kompresor sampai tekanan tertentu dan suhunya naik, kemudian didinginkan oleh udara lingkungan sehingga mencair. Proses tersebut berjalan berulang-ulang sehingga menjadi suatu siklus yang disebut siklus pendinginan pada udara yang berfungsi mengambil kalor dari udara dan membebaskan kalor ini ke luar ruangan.

Secara garis besar prinsip kerja *AC* adalah sebagaimana gambar berikut:



Gambar 2.2 Prinsip Kerja *AC*

Sumber : https://air-conditioner-ariffandisaputra.blogspot.com/2012/03/

2.3.2 Jenis – Jenis *AC*

Menurut jenisnya *AC* yang biasa dipasang dari suatu gedung yaitu:

a. *AC Split Wall*

AC Split Wall terdiri dari: Unit indoor yang terdiri dari filter udara, *evaporator* dan *evaporator blower*, *expansion valve* dan *controll unit*,Unit *outdoor* yang terdiri dari *compresor, condenser, condenser blower* dan *refrigerant filter. Pips Refrigerant,* yang menghubungkan antara unit *indoor* dan unit *outdoor*. Pipa refrigeran ada 2 buah saluran, satu buah untuk menghubungkan evaporator dengan compressor dan dan satu buah untuk menghubungkan *refrigerant* filter dengan *expansion valve*. Kabel power untuk memasok arus listrik untuk compressor dan *condenser blower*.

Kelebihan *AC split Wall*: Bisa dipasang pada ruangan yang tidak berhubungan dengan udara luar, misalnya pada ruangan yang posisinya ditengah pada bangunan Ruko, karena condenser yang terpasang pada outdoor bisa ditempatkan ditempat yang berhubungan dengan udara luar jauh dari ruangan yang didinginkan.

Gambar 2.3 *AC Split Wall Mounted*

Sumber : https://www-daikin-com./products/ac/lineup/split_multi_split

b. *AC Cassette*

AC jenis ini , bagian indoornya menempel di plafon. Jenis *AC Cassette* ini terdiri dari berbagai ukuran mulai dari 1.5pk sampai dengan 6pk. Cara pemasangan *AC* ini memerlukan keahlian khusus dan tenaga extra, tidak seperti memasang *AC* rumah atau *ac split*, yang bisa dipasang sendirian.

Gambar 2.4 *AC Cassette*

Sumber : https://www.daikin.co.id/sky-air-ceiling-mounted-cassette-round-flow

c. *AC Split Duct*

AC Split Duct merupakan *AC* yang pendistribusian hawa dinginnya menggunakan *System Ducting*. *AC Split Duct* tidak memiliki pengatur suhu sendiri-sendiri melainkan dikontrol pada satu titik.. Tipe *AC* ini biasanya digunakan di Mall atau gedung-gedung yang memiliki ruangan luas. *AC Split Duct* tidak pernah terlepas dari sistem *Ducting* yang merupakan bagian penting dalam sistem *AC* sebagai alat penghantar udara yang telah dikondisikan dari sumber dingin ataupun panas ke ruang yang akan dikondisikan. Perkembangan desain ducting untuk *AC* hingga saat ini sangat dipengaruhi oleh tuntutan efisiensi, terutama efisiensi energi, material, pemakaian ruang, dan perawatan.

Kelebihan: Suara didalam ruangan tidak berisik sama sekali. Estetika ruangan terjaga, karena tidak ada unit *indoor*.

Kekurangan: Perencanaan, instalasi, operasi danpemeliharaan membutuhkan tenaga yang betul-betul terlatih. Apabila terjadi kerusakan pada waktu beroperasi, maka dampaknya dirasakan pada seluruh ruangan. Pengaturan temperatur udara hanya dapat dilakukan pada *central cooling plant*. Biaya investasi awal serta biaya operasi dan pemeliharaan tinggi.

Gambar 2.5 *AC Split Duct*

Sumber : *https://www.daikin.co.id/ceiling-mounted-duct*

d. AC Floor Standing

AC Floor Standing sesuai namanya merupakan *AC* yang unit *indoor*nya berdiri/duduk dan bisa dipindah-pindah sesuai dengan keinginan kita. Unit *AC* ini memiliki daya 3 pk – 5 pk, dan kebanyakan dipakai untuk acara-acara indoor yang memerlukan unit pendingin secara mendesak. Karena simple dan mudah dibawa kemana-mana, maka banyak orang yang menyewakan model *AC* jenis ini.

Gambar 2.6 *AC Floor Standing*

Sumber : https://www.daikin.co.id/floor-standing-type

e. *AC VRV*

AC VRV memiliki satu outdoor dan beberapa unit *indoor* dengan berbagai tipe seperti *split wall*, *cassete*, *floor standing*, dll. *VRV (Variable Refrigerant Volume)* merupakan sistem kerja *refrigerant* yang berubah-ubah. *VRV* sistem adalah sebuah teknologi yang sudah dilengkapi dengan *CPU* dan kompresor inverter dan sudah terbukti menjadi handal, efisiensi energi, melampaui banyak aspek dari sistem *AC* lama seperti *AC central*, *AC Split*, atau *AC Split Duct*. Jadi dengan *VRV System*, satu *outdoor* bisa digunakan untuk lebih dari 2 *indoor AC* serta

dapat mengatur jadwal dan temperatur *AC* yang diinginkan secara terkomputerisasi, *AC VRV* hemat energi, hemat listrik, dan hemat tempat.

Gambar 2.7 *AC VRV*

Sumber : https://www.daikin.co.id/ac-komersial/vrv

2.3.3 Standar dan Ketentuan Beban Pendingin

Perhitungan beban pendingin *(cooling load)* dalam desain sistem *HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning)* diatur oleh standar internasional dan nasional untuk memastikan akurasi, efisiensi energi, dan keselamatan. Berikut penjelasan tentang standar yang disebutkan, dengan fokus pada ketentuan terkait beban pendingin.

A. *ASHRAE* (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*)

ASHRAE adalah organisasi profesional yang menetapkan standar global untuk *HVAC*. Standar utamanya yang relevan dengan beban pendingin adalah *ASHRAE Handbook: Fundamentals*, yang mencakup metode perhitungan beban pendingin untuk bangunan *non-residential* dan *residential*.

- Ketentuan Utama:
    a. Faktor Pertimbangan: Termasuk transfer panas konduksi, konveksi, radiasi, ventilasi, dan infiltrasi. Standar ini menekankan penggunaan data iklim lokal (seperti suhu, kelembaban, dan radiasi matahari) dari *ASHRAE Climatic Data*.
    b. Persyaratan Desain: Beban pendingin harus diperhitungkan dengan margin keselamatan atau *safety factor* (-5% — 15%) untuk fluktuasi

musiman. Untuk bangunan hijau, standar ini terintegrasi dengan *LEED* atau *Energy Star*.

c. Aplikasi: Digunakan secara luas di *AS* dan internasional; versi terbaru (2021) menyertakan simulasi berbasis komputer untuk akurasi lebih tinggi.

ASHRAE juga memiliki standar seperti *ASHRAE* Standard 90.1 untuk efisiensi energi, yang mempengaruhi perhitungan beban pendingin dengan batas maksimum konsumsi energi.

2.5 Analisis Deviasi Arah Matahari Terhadap Beban Pendingin

Perubahan posisi matahari sepanjang hari dan sepanjang tahun menimbulkan variasi sudut datang radiasi matahari pada selubung bangunan. Deviasi lintasan matahari yang mengenai masing-masing orientasi fasad menyebabkan perbedaan intensitas panas yang diteruskan ke dalam bangunan. Daya serap material, luas bukaan, serta rasio kaca terhadap dinding memperkuat dampaknya dalam peningkatan beban pendingin yang harus ditangani sistem *AC*. Oleh karena itu, analisis hubungan arah datang radiasi matahari dengan beban pendingin menjadi elemen utama dalam perancangan termal bangunan besar, termasuk yang digunakan untuk kegiatan keagamaan dan sosial seperti masjid.

2.4.1 Analisa Data Hubungan Arah Matahari dengan Beban Pendingin

- Beban panas terkecil – terbesar : *low–med–high (in hour).*

Beban pendingin *(cooling load)* adalah jumlah energi yang diperlukan untuk menjaga suhu ruangan pada tingkat yang diinginkan. Metode perhitungan ini penting dalam desain sistem *HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning)*.

Radiasi matahari memiliki distribusi beban panas yang berbeda terhadap orientasi bangunan. Secara umum, fasad yang menghadap timur dan barat menerima radiasi langsung yang lebih tinggi pada pagi dan sore hari akibat sudut elevasi matahari yang rendah, sehingga panas lebih banyak terserap oleh dinding dan kaca. Kondisi ini menimbulkan lonjakan beban pendingin pada jam-jam tertentu, biasanya diklasifikasikan sebagai:

Tabel 2.1 Periode Waktu Radiasi Matahari

Periode Waktu	Arah Fasad Dominan Terpapar Matahari	Kategori Beban Panas
Pagi (08.00–11.00)	Timur	Rendah → Sedang → Tinggi (meningkat cepat)
Menjelang siang (11.00–13.00)	Utara/Selatan (tergantung lintang)	Sedang dan relatif stabil
siang (13.00–15.00)	Barat	Tinggi puncak beban pendingin

- Rumus untuk Mencari Deviasi Antara Beban Kerja *AC* dengan Arah Matahari

Luas ruangan adalah ukuran seberapa besar bidang lantai suatu ruangan. Menurut (Ma et al., 2025), luas menggambarkan total area yang ditempati oleh ruang pada permukaan mendatar, biasanya dinyatakan dalam satuan meter persegi (m^2).

$$L = p\ x\ l \quad (2.1)$$

Keterangan :

L = Luas area ruangan ($m2$)

p = Panjang area ruangan (m)

l = Lebar area ruangan (m)

Cooling capacity adalah kemampuan suatu sistem pendingin, seperti AC atau chiller, untuk mengurangi panas dari suatu ruang dalam jangka waktu tertentu. Menurut (Marbun et al., 2025) Parameter ini menunjukkan seberapa banyak energi panas yang dapat diserap dan dibuang oleh sistem agar temperatur ruangan tetap pada kondisi yang diinginkan.

Rumus selanjutnya

$$Q_a = L\ x\ q \quad (2.2)$$

Keterangan :

Q_a = Cooling capacity area ($BTUH$)

L = Luas Ruangan (m^2)

q = *Heat Load* ($BTUH/m^2$)

Tabel 2.2 *Estimated Cooling / Design Checks (Rule of Thumb)*

Usage	Capacity Btu/ft^2			Btu/m^2		
	Low	**Med**	***High***	***Low***	**Med**	***High***
PUBLIC PLACES						
Museum & Libraries	55	60	70	591	644	752
Cinema	60	65	75	644	698	806
Restaurant	75	85	100	806	913	1074

Rumus selanjutnya

$$Q_t = \frac{(Q_{unit}\, x\, n_{unit})}{n_{room}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

Q_t = *Total cooling capacity indoor unit* (BTU/HR)

Q_{unit} = *Cooling capacity unit* $(BTUH)$

n_{unit} = Jumlah indoor unit

n_{room} = Jumlah ruangan

Deviasi adalah selisih antara suatu nilai dengan nilai acuan atau nilai rata-ratanya. Konsep ini digunakan untuk menggambarkan seberapa jauh suatu data atau kondisi menyimpang dari standar yang telah ditetapkan.

Rumus selanjutnya

$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - Q_a}{Q_t} \quad (2.4)$$

Keterangan :

$\Delta Q(\%)$ = Deviasi (%)

Q_a = Cooling capacity $(BTUH)$

Q_t = Total cooling capacity indoor unit (BTU/HR)

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kantor PT MEDCON-E (Media Konsultan Energi) dijalan Avros Kec. Medan Maimun yang dimana subjek penelitiannya adalah Masjid Agung Medan, yang berlokasi di Jalan Sisingamangaraja, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Bangunan ini dipilih karena memiliki sistem pendingin *AC* telah terpasang sesuai rancangan desain teknik.

Kegiatan analisis dilakukan di lingkungan akademik, yaitu komputer dengan bantuan perangkat lunak *AutoCAD* untuk pengambilan data geometris, serta perhitungan manual berdasarkan deviasi.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam rentang waktu September 2024 hingga Desember 2025, dengan tahapan kegiatan sebagai berikut:

Table 3.1 Waktu Penelitian

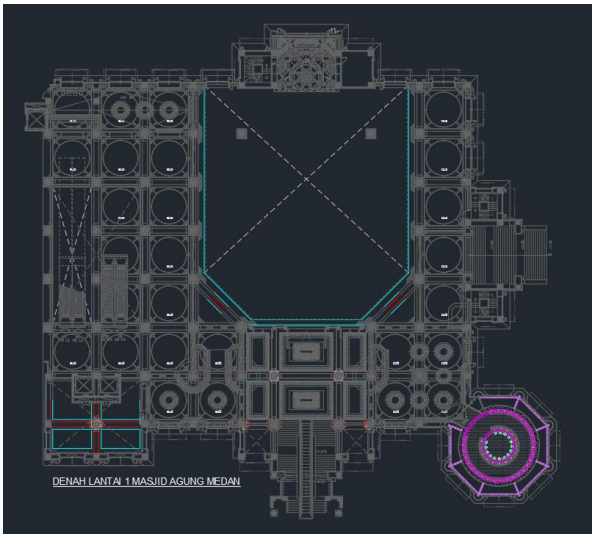
No	Kegiatan	Waktu					
		1	2	3	4	5	6
1	Identifikasi masalah						
2	Studi literatur						
3	Pengumpulan data desain						
4	Identifikasi Pengaruh Posisi matahari terhadap beban pendingin sistem AC						
5	Evaluasi hasil dan penyusunan laporan penelitian						
6	Penulisan Laporan Akhir						
7	Sidang Sarjana						

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan penelitian berupa data skunder yang di peroleh dari dokumen dan sumber literatur. Adapun bahan penelitian meliputi :

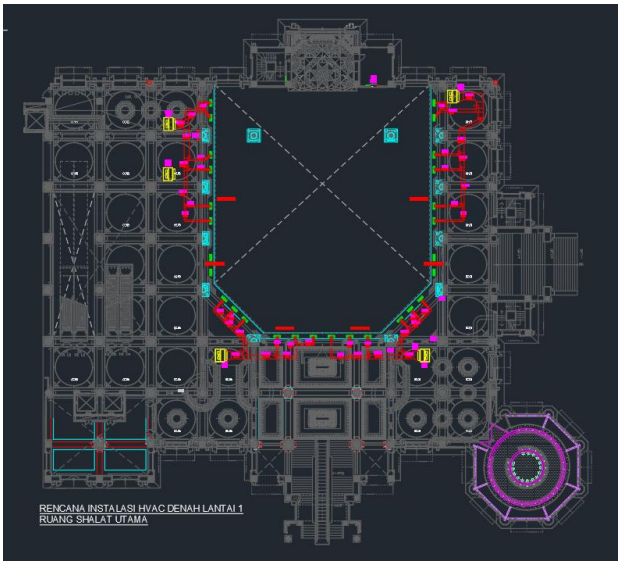
1. Gambar Denah Lantai 1 Mesjid Agung Medan, pada ruangan Shalat yang akan di Analisa untuk Deviasi pada Sistem *AC*.



Gambar 3.1 Denah Lantai 1 Mesjid Agung Medan

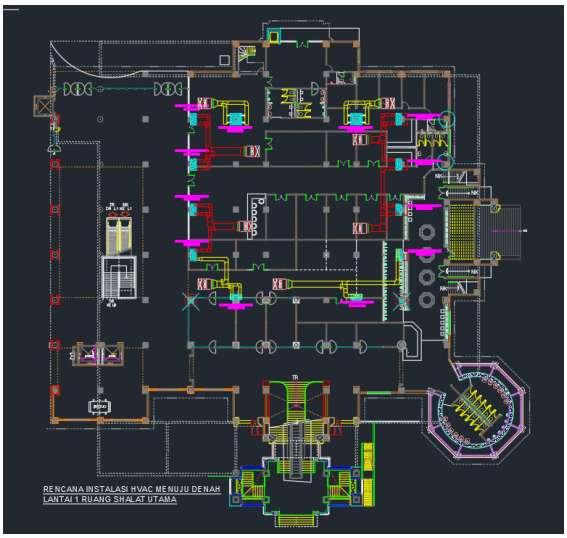
(Sumber : PT. Medcon-e)

2. Gambar desain *Autocad* Intalasi *HVAC* pada ruang Shalat Utama pada sistem *SAG (Suplay Air Grille).*



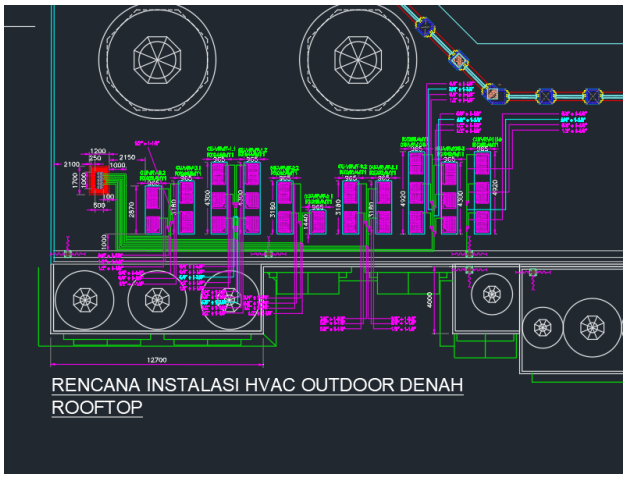
Gambar 3.2 Desain Instalasi *HVAC* dengan *SAG (Suplay Air Grile)* Denah Lt. 1 Mesjid Agung Medan

3. Gambar desain Autocad Intalasi *HVAC* Ducting menuju ruang Shalat Utama pada sistem *SAG (Suplay Air Grille).*



Gambar 3.3 Desain Instalasi *HVAC* dengan *SAG (Suplay Air Grile) Ducting* menuju Denah Lt. 1 Mesjid Agung Medan

4. Gambar desain *Autocad* Intalasi *HVAC Outdoor* pada denah *Rooftop*.



Gambar 3.4 Desain Instalasi *HVAC Outdoor* denah Lt. *Rooftop* Mesjid Agung Medan

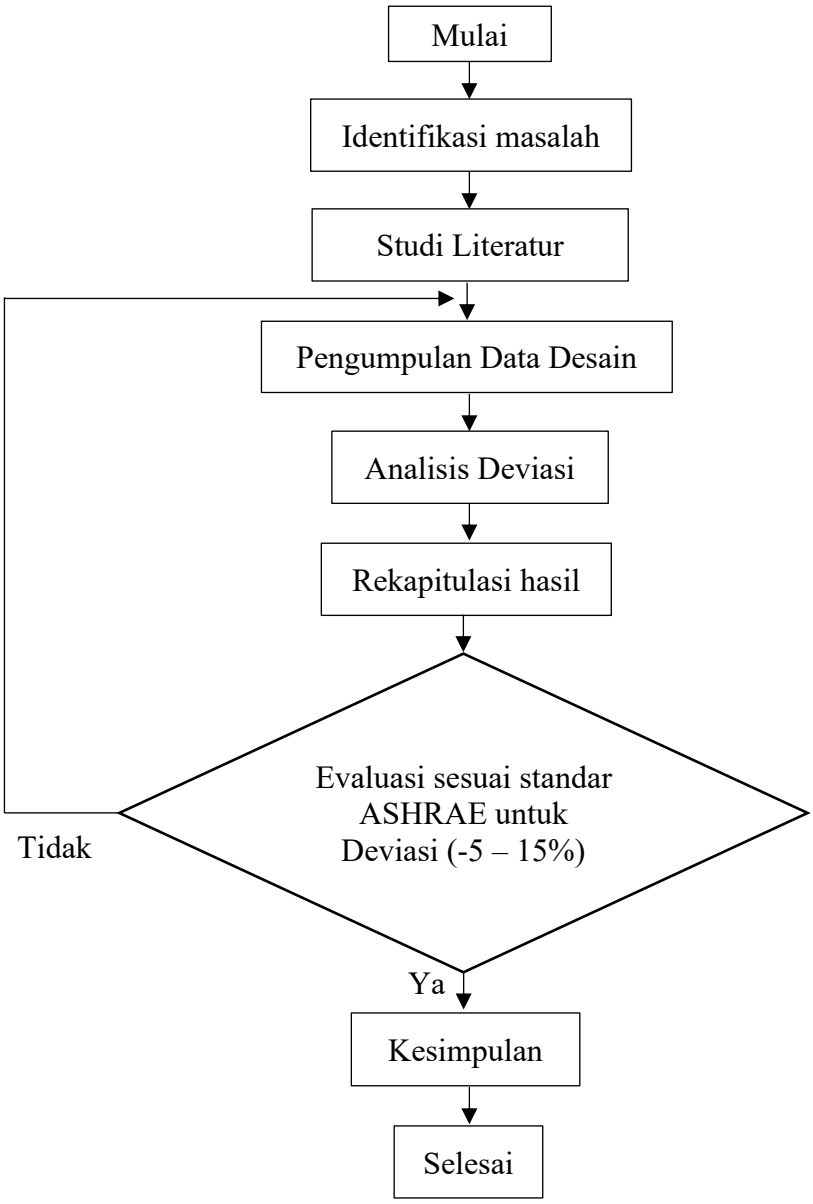
3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Perangkat computer atau laptop untuk mambaca dan mengetahui ukuran untuk bangunan pada *software AutoCad*.
2. *Software Microsotf Excel* sebagai penghitung dan merekap hasil deviasi antara beban kerja *AC* dengan arah matahari.
3. Standart *ASHRAE* sebagai acuan deviasi beban pendingin *AC*.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian disusun dalam bentuk alur kegiatan yang menggambarkan proses pengumpulan data hingga penarikan Kesimpulan. Bagan alir penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

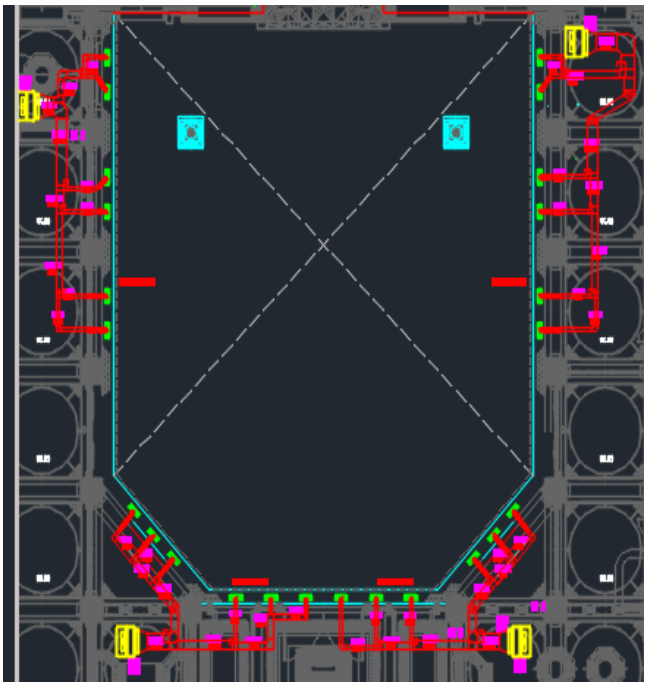


Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian

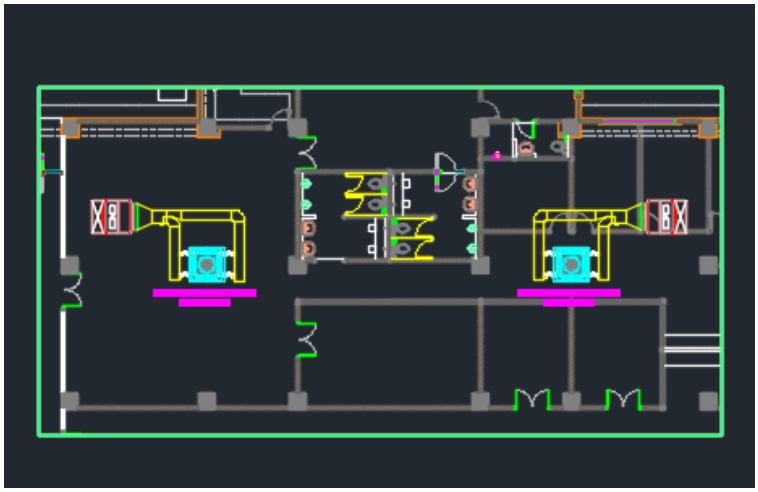
3.4 Rancangan Alat Penelitian

Penelitian ini tidak menggunakan alat eksperimen fisik, namun menggunakan rancangan analisis berbasis model desain. Rancangan alat penelitian berupa :

1. Model sistem *Air Coditioning* dalam bentuk gambar *AutoCad* yang berisi skema indoor unit *AC* dan jalur *Ducting*



Gambar 3.6 Model Skema *Indoor Unit* dengan Jalur *Ducting* pada Lantai 1



Gambar 3.7 Model Skema *Indoor Unit* dengan Jalur *Ducting* menuju Lantai 1

2. Lembar kerja perhitungan deviasi, yang terdiri atas tabel parameter (luas ruangan, jumlah ruangan, total unit *ac, cooling capacity, Heat Load)*.

Rancangan ini digunakan untuk menggambarkan sistem secara kuantitatif dan memudahkan proses perhitungan teoritis.

3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Persiapan data desain
   - Mengumpulkan *file* desain *AutoCad* sistem *AC* Masjid Agung Medan.
2. Penelitian parameter deviasi
   - Mengukur luas ruangan bangunan dari gambar desain.
   - Menentukan tipe *AC* yang akan digunakan.
3. Perhitungan Deviasi Standar untuk beban pendingin terhadap matahari
   - Menghitung deviasi dengan rumus :

$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - Q_a}{Q_t} \qquad (3.1)$$

4. Evaluasi Hasil Perhitungan
   - Menganalisis apakah Deviasi sesuai standart *AHSRAE* dengan batas (-5% – 15%).
5. Kesimpulan
   - Menarik kesimpulan dari hasil analisis.

3.6 Variabel Yang Akan Diteliti

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu variabel bebas dan variabel terikat :

Tabel 3.2 Variabel X

NO	Variabel X	Simbol	Satuan	Keterangan
1	*Cooling capacity* unit	Q_{unit}	$BTUH$	Satuan (unit) yang digunakan sistem pendingin.
2	Total *cooling capacity indoor* unit	Q_t	BTU/HR	Kemampuan keseluruhan sistem pendingin.
3	Jumlah *indoor* unit	n_{unit}	-	Jumlah unit *Indoor AC*.

Tabel 3.3 Variabel Y

NO	Variabel Y	Simbol	Satuan	Keterangan
1	*Cooling capacity*	Q_a	$BTUH$	Ukuran kemampuan suatu sistem pendingin.
2	Luas Ruangan	L	m^2	Area Ruangan.
3	*Heat Load*	q	$BTUH /m^2$	Jumlah total panas pada waktu tertentu.

Tabel 3.4 Variable Z

NO	Variabel Z	Simbol	Satuan	Keterangan
1	Deviasi	ΔQ	%	Selisih antara suatu nilai dengan nilai acuan

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

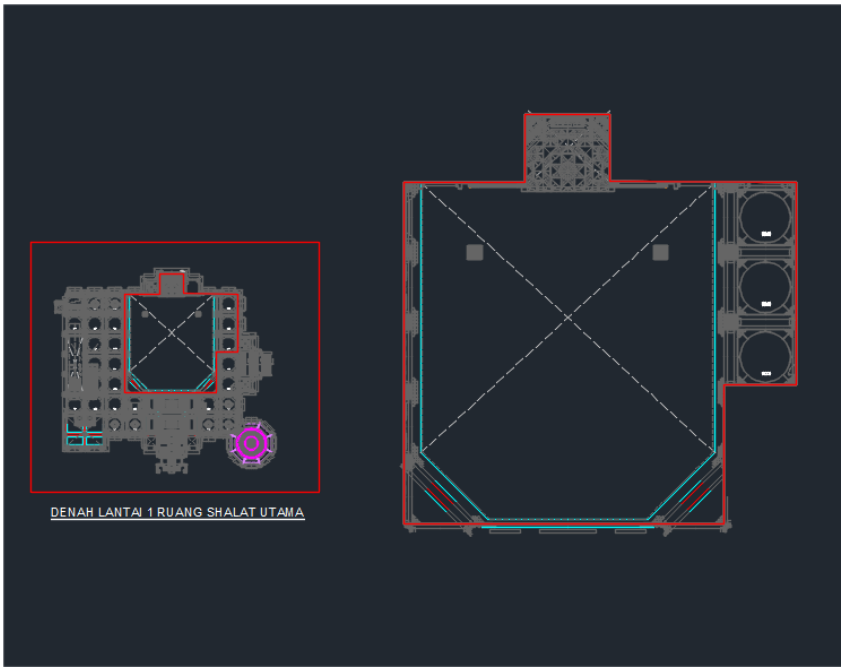
4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data desain *HVAC* dan denah ruang salat utama Masjid Agung Medan menggunakan gambar *AutoCAD*. Analisis difokuskan pada pengaruh deviasi arah matahari terhadap kebutuhan beban pendingin sistem *Air Conditioner (AC)*

Data yang digunakan meliputi luas ruangan, orientasi bangunan, kapasitas pendinginan unit *AC*, serta karakteristik radiasi matahari berdasarkan waktu penyinaran. Selanjutnya dilakukan perhitungan *cooling capacity* dan deviasi kapasitas pendinginan terhadap beban panas yang diterima bangunan

4.1.1 Luas Ruangan

Pada masjid agung luas ruangan menggambarkan total area yang ditempati oleh ruang pada permukaan mendatar, biasanya dinyatakan dalam satuan meter persegi (m^2).



Gambar 4.1 Denah Lantai 1 Ruang Shalat Utama

Berdasarkan data gambar *AutoCAD*, diperoleh luas ruang salat utama sebesar:

Tabel 4.1 Perhitungan Luas Ruangan

Parameter	**Nilai**
Panjang Ruangan	32 m
Lebar Ruangan	29 m
Luas Ruangan	959 m²

4.1.2 Perhitungan *Cooling Capacity Area*

Cooling capacity area digunakan untuk menentukan kebutuhan pendinginan berdasarkan luas ruangan dan kategori bangunan publik. Berdasarkan standar ASHRAE untuk bangunan publik, nilai *Heat Load* berkisar antara 644–806 BTU/hr.m².

Tabel 4.2 *Estimated Cooling / Design Checks (Rule of Thumb)*

Usage	**Capacity**					
	Btu/ft^2			Btu/m^2		
	Low	**Med**	***High***	***Low***	**Med**	***High***
PUBLIC PLACES						
Museum & Libraries	55	60	70	591	644	752
Cinema	60	65	75	644	698	806
Restaurant	75	85	100	806	913	1074

Pada penelitian ini, perhitungan *Total Cooling Capacity (TCC)* dilakukan berdasarkan luas ruang salat utama Masjid Agung Medan dan nilai *Heat Load* yang mengacu pada standar perencanaan bangunan publik. Ruang salat utama dipilih karena merupakan area dengan tingkat okupansi tertinggi serta memiliki luas permukaan bangunan yang cukup besar sehingga rentan menerima pengaruh radiasi matahari dari lingkungan luar.

Total Cooling Capacity kapasitas pendingin yang harus disediakan *AC* untuk mengatasi seluruh beban panas ruangan.

Perhitungan dilakukan dengan persamaan:

$$Q_a = L \; x \; q$$

Keterangan :

Q_a = Total *Cooling Capacity* $(BTUH)$

L = Luas Ruangan (m^2)

q = *Heat Load* per Area $(BTUH/m^2)$

High Load Capacity

$Q_a = L\ x\ q$

$Q_a = 959\ m^2\ x\ 752\ BTUH/m^2$

$Q_a = 721.168\ BTUH$ → Dimana merupakan hasil cooling kapasitas pada *Heating load* tertinggi

Med Load Capacity

$Q_a = L\ x\ q$

$Q_a = 959\ m^2\ x\ 644\ BTUH/m^2$

$Q_a = 617.596\ BTUH$ → Dimana merupakan hasil cooling kapasitas pada *Heating load* menengah

Low Load Capacity

$Q_a = L\ x\ q$

$Q_a = 959\ m^2\ x\ 591\ BTUH/m^2$

$Q_a = 566.769\ BTUH$ → Dimana merupakan hasil cooling kapasitas pada *Heating load* terendah

Total Cooling Capacity (TCC) adalah jumlah total panas yang dapat diserap atau di buang oleh sistem pendingin (AC) dari suatu ruangan dalam satuan waktu. Berikut hasil *Total Cooling Capacity (TCC)* pada ruangan shalat utama.

Tabel 4.3 Perhitungan Cooling Capacity Area

Parameter	**Nilai**		
	High	Med	*Low*
Luas Ruangan	959 m²	959 m²	959 m²
Heat Load	752 BTUH/m²	644 BTUH/m²	591 BTUH/m²
Total Cooling Capacity	721.168 BTUH	617.596 BTUH	566.769 BTUH

4.1.3 Data Kapasitas Sistem *AC* Terpasang

Perhitungan Instalasi *HVAC* Masjid Agung Medan sesuai data pada Autocad. Pada unit instalasi untuk *HVAC* memakai sistem *AC Ducting* di bedakan pada 2 unit dengan Cooling Capacity (BTUH/HR) yang berbeda yaitu :

1. Indoor unit *AC Ducting* FDR300QY1 (4)

Pada unit indoor dengan spesifikasi tersebut yaitu :

Tabel 4.4 Data Spesifikasi Sistem *AC* Terpasang FDR300QY1 (4)

Model Code	Indoor Unit	FDR300QY1 (4)
Capacity	Cooling (Btu/h)	120.000
Power Cons.	Cooling 1)	11,3 Kw
Coefisient of Consumption		3,1 Kw

Perhitungan COP *(Coefisient of Consumption)*

$$\text{COP} = \frac{Cooling\ Capacity}{Power\ Cons} = \frac{120.000/3412}{11{,}3Kw} = 3{,}1Kw$$

< 2,5	Kurang Effisien
2,5 – 3,0	Cukup
3,0 – 4,0	Baik

Deviasi adalah selisih antara suatu nilai dengan nilai acuan atau nilai rata-ratanya. Konsep ini digunakan untuk menggambarkan seberapa jauh suatu data atau kondisi menyimpang dari standar yang telah ditetapkan.

$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - Q_a}{Q_t}$$

Keterangan :

$\Delta Q(\%)$ = Deviasi (%)

Q_a = *Cooling capacity* $(BTUH)$

Q_t = *Total cooling capacity indoor unit* (BTU/HR)

$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - Q_a}{n\ x\ Q}$$

Perhitungan Deviasi pada *High Load Capacity*

$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - 721.168}{6\ x\ 120.000}$$

$\Delta Q(\%) = 0\%$ → Dimana merupakan hasil Deviasi pada *Heating Load* Tertinggi

Perhitungan Deviasi pada *Med Load Capacity*

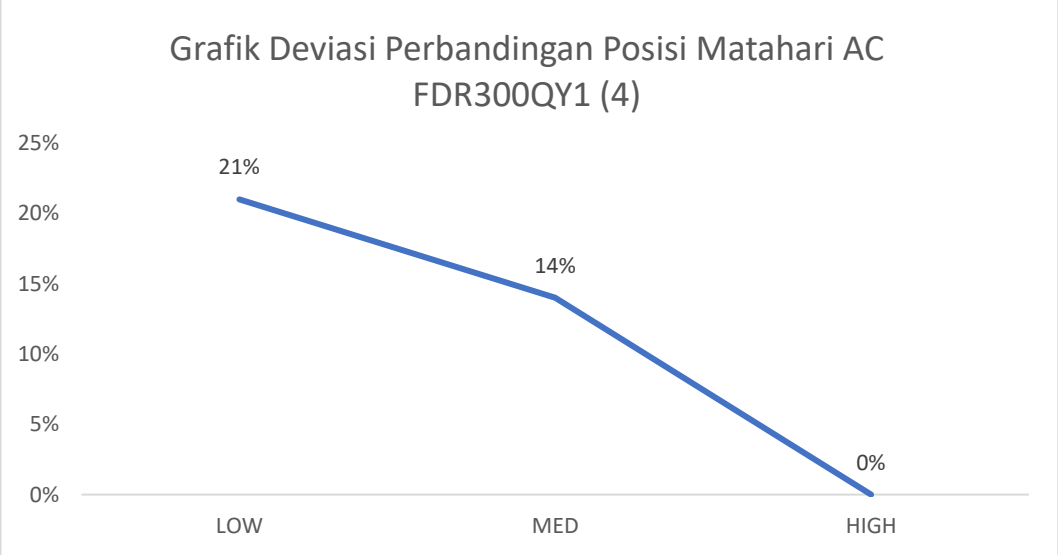
$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - 617.596}{8\ x\ 100.000}$$

$\Delta Q(\%) = 14\%$ → Dimana merupakan hasil Deviasi pada *Heating Load* Menengah

Perhitungan Deviasi pada *Low Load Capacity*

$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - 566.769}{8\ x\ 100.000}$$

$\Delta Q(\%) = 21\%$ → Dimana merupakan hasil Deviasi pada *Heating Load* Terendah



Gambar 4. 2 Hubungan *Heat Load* dengan Kapasitas AC FDR300QY1 (4)

Grafik tersebut menunjukan bahwa *AC* FDR300QY1 (4) memiliki standart deviasi pada ruangan Ruang Shalat Masjid Agung dengan posisi matahari berada di puncak temparatur (***HIGH***) dengan deviasi **0%.**

Tren penurunan deviasi dari **21% → 14% → 0%** menunjukkan adanya hubungan negatif antara posisi matahari dan nilai deviasi. Semakin tinggi posisi matahari, semakin kecil nilai deviasi yang diperoleh. Hal ini mengindikasikan bahwa posisi matahari yang lebih tinggi memberikan kondisi yang lebih optimal bagi kinerja atau proses pengukuran pada *AC* FDR300QY1 (4), sehingga hasil yang diperoleh semakin mendekati nilai sebenarnya.

Secara keseluruhan, posisi ***HIGH*** merupakan kondisi terbaik karena menghasilkan deviasi paling rendah (**0%**), sedangkan posisi ***LOW*** menghasilkan

deviasi tertinggi (**21%**). Dengan demikian, peningkatan posisi matahari cenderung meningkatkan ketelitian atau mengurangi penyimpangan hasil pengukuran pada *AC* FDR300QY1 (4). Penurunan deviasi yang cukup drastis pada posisi *HIGH* menunjukkan bahwa faktor posisi matahari memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil pengujian.

2. Indoor unit AC Ducting AC FDR250QY1 (4)

Pada unit indoor dengan spesifikasi tersebut yaitu :

Tabel 4.5 Data Spesifikasi Sistem *AC* FDR250QY1 (4)

Model Code	Indoor Unit	FDR250QY1 (4)
Capacity	Cooling (Btu/h)	100.000
Power Cons.	Cooling 1)	10 Kw
Coefisient of Consumption		2,8 Kw

Perhitungan COP (*Coefisient of Consumption*)

$$\text{COP} = \frac{Cooling\ Capacity}{Power\ Cons} = \frac{100.000/3412}{10{,}3\ Kw} = 2{,}8\ Kw$$

< 2,5	Kurang Effisien
2,5 – 3,0	Cukup
3,0 – 4,0	Baik

Deviasi adalah selisih antara suatu nilai dengan nilai acuan atau nilai rata-ratanya. Konsep ini digunakan untuk menggambarkan seberapa jauh suatu data atau kondisi menyimpang dari standar yang telah ditetapkan.

$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - Q_a}{Q_t}$$

Keterangan :

$\Delta Q(\%)$ = Deviasi (%)

Q_a = *Cooling capacity* $(BTUH)$

Q_t = *Total cooling capacity indoor unit* (BTU/HR)

$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - Q_a}{n\ x\ Q}$$

Perhitungan Deviasi pada *High Load Capacity*

$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - 721.168}{6\ x\ 120.000}$$

$\Delta Q(\%) = -20\%$ → Dimana merupakan hasil Deviasi pada *Heating Load* Tertinggi

Perhitungan Deviasi pada *Med Load Capacity*

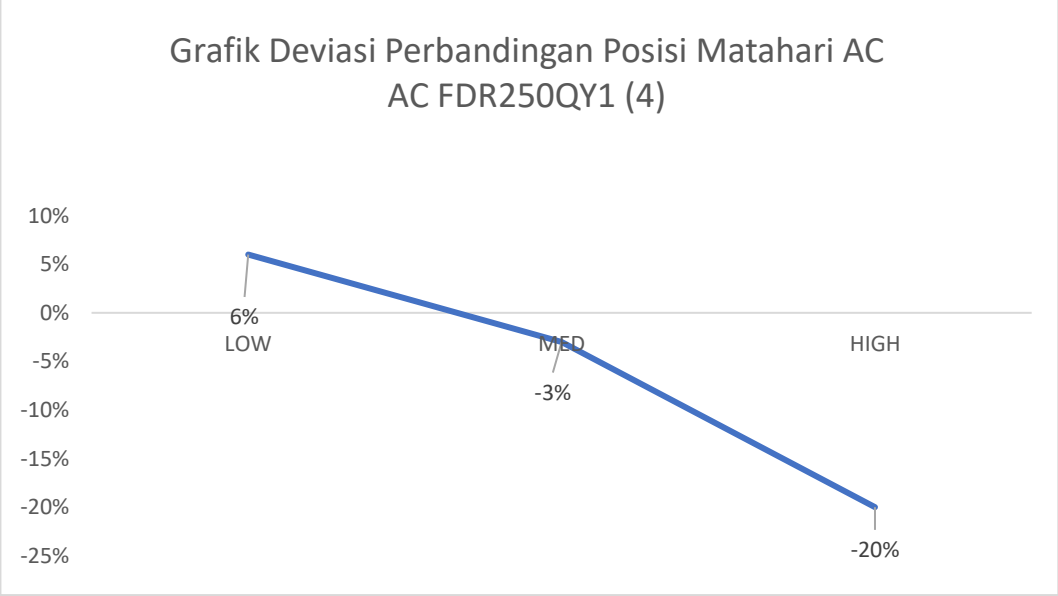
$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - 617.596}{8\ x\ 100.000}$$

$\Delta Q(\%) = -3\%$ → Dimana merupakan hasil Deviasi pada *Heating Load* Menengah

Perhitungan Deviasi pada *Low Load Capacity*

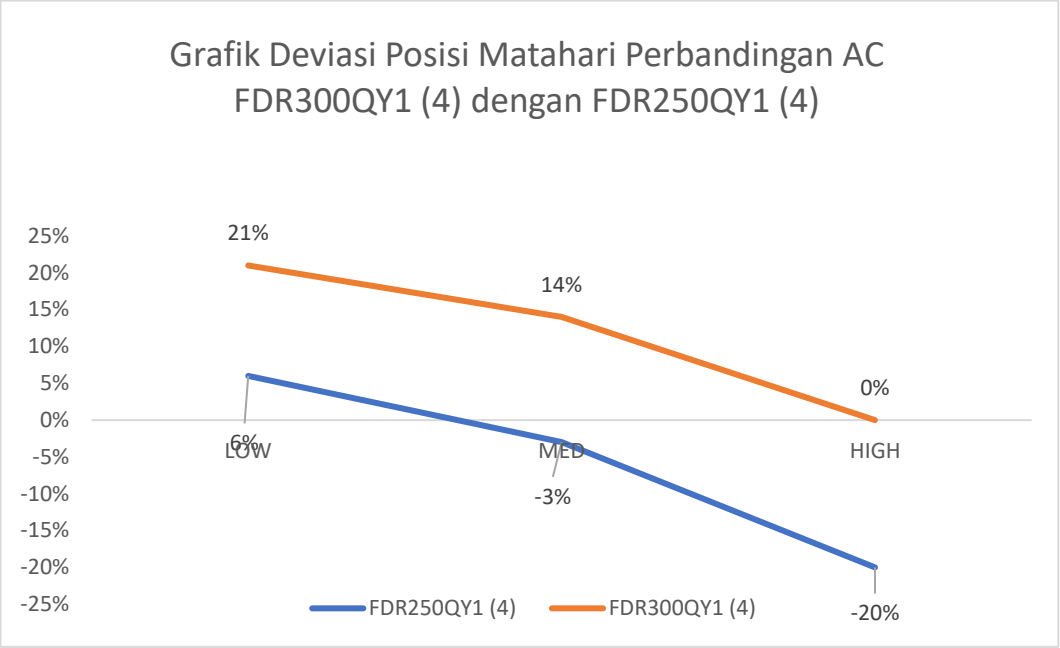
$$\Delta Q(\%) = \frac{100\% - 566.769}{8\ x\ 100.000}$$

$\Delta Q(\%) = 6\%$ → Dimana merupakan hasil Deviasi pada *Heating Load* Terendah



Gambar 4. 3 Hubungan *Heat Load* dengan Kapasitas AC FDR250QY1 (4)

Perubahan yang paling signifikan terjadi antara posisi *MED* dan *HIGH*, di mana deviasi bertambah sebesar 19%. Hal ini mengindikasikan bahwa pada posisi matahari tinggi terdapat faktor yang memberikan pengaruh lebih besar terhadap kinerja atau hasil pengukuran FDR250QY1 (4), seperti peningkatan intensitas radiasi matahari, perubahan temperatur lingkungan, atau faktor operasional lainnya.



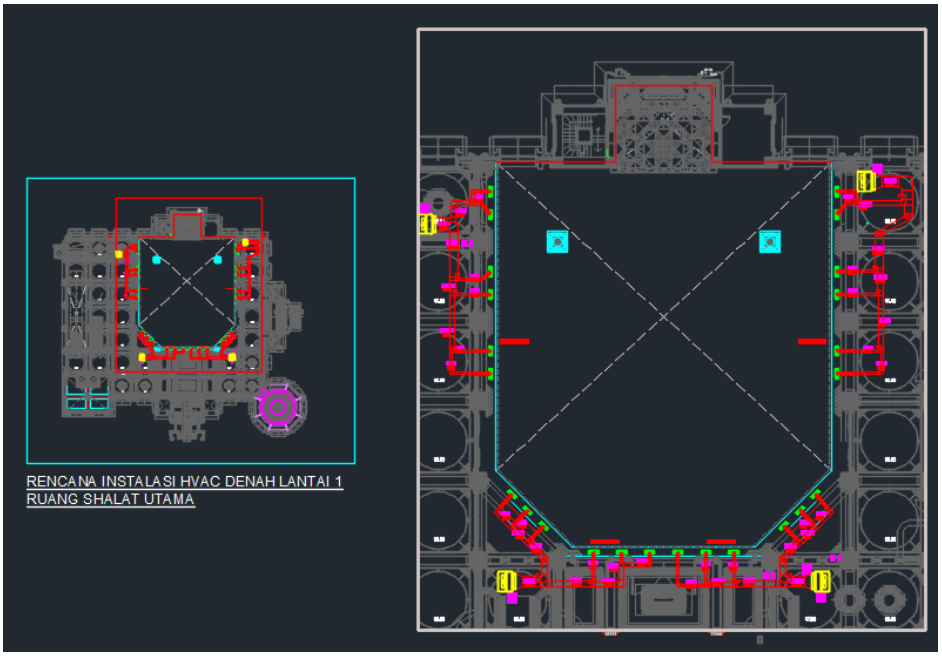
Gambar 4. 4 Perbandingan Kapasitas AC pada Deviasi *Heat Load*

Berdasarkan grafik, FDR250QY1 (4) memiliki nilai deviasi negatif yang cenderung meningkat secara absolut seiring kenaikan posisi matahari. Pada posisi *LOW* deviasi tercatat sebesar 6%, kemudian menurun menjadi -3% pada posisi MED, dan mencapai -20% pada posisi *HIGH*. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi posisi matahari, semakin besar penyimpangan kinerja FDR250QY1 (4) dari nilai referensi yang digunakan.

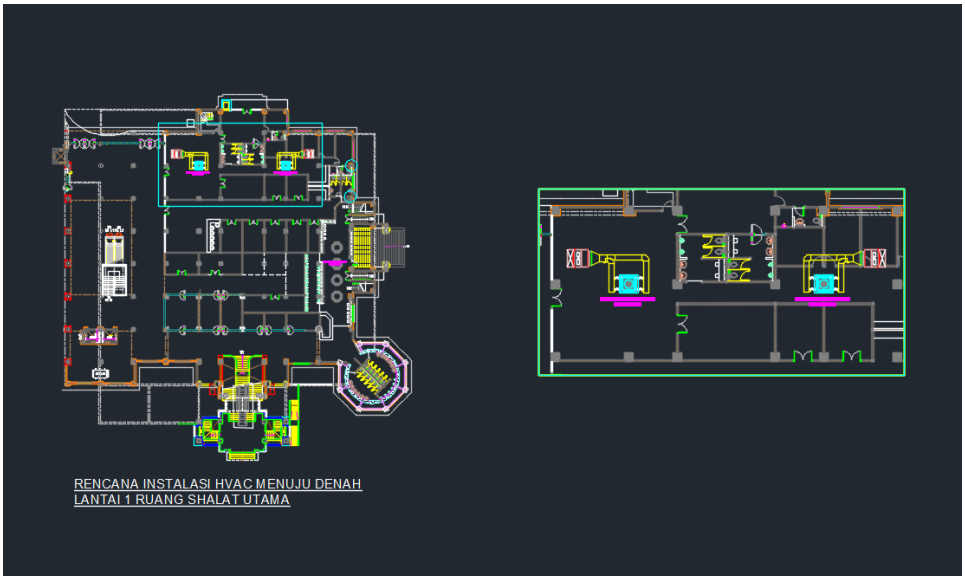
Sementara itu, FDR300QY1 (4) menunjukkan pola yang berbeda. Pada posisi *LOW*, nilai deviasi sebesar 21%, kemudian menurun menjadi 14% pada posisi MED, dan hanya 0% pada posisi *HIGH*. Penurunan deviasi ini mengindikasikan bahwa kinerja FDR300QY1 (4) semakin mendekati nilai acuan ketika posisi matahari semakin tinggi.

Dengan demikian, berdasarkan parameter deviasi posisi matahari, FDR300QY1 (4) menunjukkan performa yang lebih stabil dan konsisten pada posisi matahari tinggi, sedangkan FDR250QY1 (4) yang ditunjukkan oleh meningkatnya deviasi negatif pada setiap kenaikan posisi matahari. Temuan ini mengindikasikan bahwa karakteristik operasional dan kemampuan adaptasi terhadap pengaruh lingkungan dari kedua unit AC berbeda, sehingga menghasilkan respons kinerja yang berbeda pula terhadap perubahan posisi matahari.

Dikarenakan posisi *HIGH* Adalah suhu puncak dari matahari dengan demikian unit FDR300QY1 (4) merupakan unit yang lebih cocok di gunakan sebab deviasi pada posisi *HIGH* menyentuh01% dengan COP 3,1 Kw



Gambar 4. 5 Desain Instalasi *HVAC* Denah Lt. 1 Ruang Shalat Utama



Gambar 4. 6 Desain Instalasi *HVAC* dengan Duct menuju Denah Lt. 1 Ruang Shalat Utama

4.2 Analisis Pengaruh Deviasi Arah Matahari

4.2.1 Pengaruh Orientasi Bangunan terhadap Beban Pendingin

Orientasi bangunan memiliki pengaruh signifikan terhadap besarnya radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bangunan. Pada Masjid Agung Medan,

fasad yang menghadap timur menerima radiasi maksimum pada pagi hari, sedangkan fasad barat menerima radiasi maksimum pada sore hari.

Akibatnya, terjadi peningkatan temperatur permukaan dinding dan kaca yang kemudian menambah beban pendinginan ruang salat utama.

Semakin besar paparan radiasi matahari pada suatu sisi bangunan, maka semakin besar pula energi panas yang harus diserap oleh sistem *HVAC* untuk mempertahankan kondisi nyaman di dalam ruangan.

4.2.2 Analisis Beban Pendingin Berdasarkan Waktu

Tabel 4.6 Hubungan Waktu dan Beban Panas

Periode	**Dominasi Radiasi**	**Beban Pendingin**
08.00–11.00	Timur	Rendah–Sedang
11.00–12.00	Utara/Selatan	Sedang
12.00–15.00	Utara - Barat	Tinggi
15.00–17.00	Barat	Tinggi–Rendah

Dari tabel tersebut terlihat bahwa beban pendinginan tertinggi terjadi pada pukul 12.00–15.00 WIB. Pada periode ini posisi matahari berada di sisi barat sehingga radiasi langsung mengenai dinding dan bukaan bangunan.

Kondisi ini menyebabkan sistem *AC* bekerja lebih berat dibandingkan periode pagi hari.

4.2.3 Hubungan Deviasi Matahari dengan Kinerja *AC*

Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan deviasi arah matahari berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan pendinginan.

Ketika sudut datang radiasi matahari semakin besar terhadap permukaan bangunan, maka:

1. Temperatur permukaan bangunan meningkat.
2. Heat gain melalui dinding dan kaca bertambah.
3. Beban pendingin ruangan meningkat.
4. Konsumsi energi sistem *HVAC* bertambah.

Hal ini sesuai dengan teori bahwa orientasi bangunan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi performa energi bangunan di daerah tropis.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, sistem *HVAC* pada ruang salat utama Masjid Agung Medan telah dirancang untuk mengatasi beban panas yang berasal dari radiasi matahari dan aktivitas jamaah. Namun demikian, arah orientasi bangunan tetap memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap peningkatan cooling load terutama pada fasad barat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kritis penerimaan radiasi matahari terjadi pada pukul 12.00–15.00 WIB, dimana beban pendingin mencapai nilai maksimum. Kondisi ini menyebabkan kapasitas kerja *AC* meningkat sehingga konsumsi energi listrik menjadi lebih besar.

Apabila nilai deviasi hasil perhitungan masih berada dalam rentang standar ASHRAE (-5% sampai 15%) yang merupakan *safety factor*, maka kapasitas *AC* yang terpasang dapat dinyatakan sesuai dengan kebutuhan bangunan. Sebaliknya, apabila deviasi melebihi batas tersebut, diperlukan evaluasi terhadap jumlah unit *AC*, kapasitas pendinginan, atau penerapan strategi pasif seperti penggunaan shading, insulasi termal, dan pengurangan luas bukaan yang terkena radiasi langsung.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa deviasi arah matahari memiliki pengaruh terhadap besarnya beban pendingin pada ruang salat utama Masjid Agung Medan. Semakin besar intensitas radiasi yang diterima bangunan, maka semakin besar pula kapasitas pendinginan yang dibutuhkan untuk mempertahankan kenyamanan termal di dalam ruangan.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis mengenai pengaruh deviasi arah matahari terhadap beban pendingin sistem *AC* pada ruang salat utama Masjid Agung Medan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Deviasi arah matahari memiliki pengaruh terhadap besarnya beban pendingin yang harus ditangani oleh sistem *Air Conditioner (AC)*. Perubahan posisi matahari sepanjang hari menyebabkan variasi intensitas radiasi yang diterima oleh permukaan bangunan sehingga memengaruhi jumlah panas yang masuk ke dalam ruangan.
2. Periode waktu yang paling kritis terhadap peningkatan beban pendingin terjadi pada siang hingga sore hari, terutama pada rentang pukul 1.00–15.00 WIB. Pada periode tersebut intensitas radiasi matahari yang mengenai fasad bangunan mencapai nilai tertinggi sehingga sistem AC bekerja pada kondisi beban maksimum.
3. Hasil perhitungan *cooling capacity* menunjukkan bahwa kebutuhan pendinginan ruang salat utama sangat dipengaruhi oleh luas ruangan, nilai *Heat Load*, serta kondisi lingkungan sekitar bangunan. Kapasitas pendinginan yang tersedia harus mampu mengimbangi beban panas yang timbul agar kenyamanan termal jamaah tetap terjaga.
4. Penelitian ini membuktikan bahwa faktor orientasi bangunan dan deviasi arah matahari perlu menjadi pertimbangan utama dalam perencanaan sistem tata udara pada bangunan ibadah di wilayah beriklim tropis seperti Kota Medan.
5. Analisis deviasi antara kebutuhan pendinginan teoritis dengan kapasitas pendinginan sistem *AC* menunjukkan bahwa evaluasi kapasitas pendinginan sangat penting untuk memastikan sistem *HVAC* bekerja secara efisien. Kapasitas *AC* yang sesuai akan meningkatkan kenyamanan termal sekaligus mengurangi konsumsi energi listrik dan biaya operasional bangunan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan efisiensi sistem pendingin, disarankan melakukan pengoperasian *AC* secara bertahap (*zoning system*) sesuai dengan tingkat penggunaan ruang dan waktu pelaksanaan kegiatan ibadah. Metode ini dapat mengurangi pemborosan energi pada area yang tidak digunakan secara maksimal.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi perancang bangunan, konsultan *HVAC*, dan pengelola masjid dalam merencanakan sistem pendingin yang lebih efisien, nyaman, dan sesuai dengan kondisi iklim tropis di Indonesia.
3. Analisis dapat dikembangkan dengan membandingkan beberapa alternatif orientasi bangunan untuk mengetahui orientasi yang paling efektif dalam mengurangi penerimaan radiasi matahari dan kebutuhan energi pendinginan pada bangunan masjid di wilayah tropis.

DAFTAR PUSTAKA

Bakır, H., & Ergün, A. (2023). *Heliyon Review article A state of art review on estimation of solar radiation with various models Hidden Markov model Moving average*. *9*(December 2022). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13167

Data and graphs for weather & climate in Medan. (n.d.). https://en.climate-data.org/asia/indonesia/north-sumatra/medan-3320/

Intensitas, A., Matahari, R., Peningkatan, D., & Lingkungan, S. (2022). *Jurna Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)*. *5*(2), 76–82. https://doi.org/10.52188/jpfs.v5i2.237

Li, R., Shari, Z., Zainal, M., & Ab, A. (2025). *BUILDING ORIENTATION EFFECTS ON HVAC ENERGY PERFORMANCE : EDUCATIONAL BUILDING ANALYSIS IN CHINA ' S HOT-SUMMER-COLD-WINTER ZONE*. *16*(1), 118–132.

Ma, M., Zhang, S., Liu, J., Yan, R., Cai, W., Zhou, N., & Yan, J. (2025). Building floorspace and stock measurement : A review of global efforts , knowledge gaps , and research priorities. *Nexus*, *2*(3), 100075. https://doi.org/10.1016/j.ynexs.2025.100075

Maluegha, B. L., & Luntungan, H. (2021). *PENENTUAN BEBAN PENDINGINAN AC UNTUK MEMILIH SISTEM*. *7*, 43–50.

Marbun, R., Ardiansyah, T., & Nofirman, N. (2025). *SINTEK JURNAL : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Performance Evaluation and Optimization of Chiller Systems : A Data-Driven Approach to Enhancing Energy Efficiency*. *19*(December 2024), 11–24.

Octavianti, A. (2018). *Estimasi Intensitas Radiasi Matahari di Wilayah Kota Makassar*. *6*(3), 152–159.

Pandey, C. K., & Katiyar, A. K. (2013). *Solar Radiation : Models and Measurement Techniques*. *2013*. https://doi.org/10.1155/2013/305207

Putu, L., Midiani, I., Subagia, I. W. A., Dwiana, I. K., Putu, I., & Adnyana, M. (2021). *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology aplikasi coolpack*. *2*, 114–118.

Shohan, A. A. A., & Gadi, M. B. (2020). *Evaluation of Thermal and Energy*

Performance in Mosque Buildings for Current Situation (Simulation Study) in Mountainous Climate of Abha City.

Taufiqi, R. I., Alzahra, A. H., & Purwanto, A. (2025). *Evaluasi Reanalysis Solar Radiation Product Untuk Estimasi Intensitas Radiasi Matahari Saat Peralihan Monsun Di Nusa Tenggara Timur Periode 2023 – 2024*. *05*(01), 13–23.

Lampiran 1. Lembar Asistensi

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul		Analisis Deviasi Arah Matahari Terhadap Beban Pendingin Sistem *AC* Mesjid Agung Medan
Nama	:	Syahrul Prayoga
NPM	:	2207230021
Dosen Pembimbing	:	Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	11/12-25	Perbaiki latar belakang tujuan dan masalah	
2.	12/12-25	Perbaiki Metode dan diagram alir	
3.	18/12-25	Perbaiki Bab dan bab	
4.	23/12-25	Acc Seminar proposal.	
5.	10/6-26	Perbaiki hasil sempro	
6.	22/6-26	Lanjutkan	
		Acc seminar hasil.	
7.	4/8-26	Acc Sidang Sarjana	

Lampiran 2. SK Pembimbing

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/III/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
https://fatek.umsu.ac.id fatek@umsu.ac.id umsumedan umsumedan umsumedan umsumedan

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2323/II.3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 12 November 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama	: SYAHRUL PRAYOGA
Npm	: 2207230021
Program Studi	: TEKNIK MESIN
Semester	: 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir	: ANALISIS DEVIASI ARAH MATAHARI TERHADAP BEBAN PENDINGIN SISTEM AC MESJID AGUNG MEDAN
Pembimbing	: Dr MUNAWAR A SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 28 Jumadil Awal 1447 H
19 November 2025 M

Dekan

Ir. Ade Faisal, ST., M.Sc., Ph.D
NIDN: 0123097203

Lampiran 3. Daftar Evaluasi Seminar

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama	:	Syahrul Prayoga
NPM	:	2207230021
Judul Tugas Akhir	:	Analisis Deviasi Arah Matahari Terhadap Beban Pendingin Sistem Ac Mesjid Agung Medan
Dosen Pembimbing - I	:	Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - I	:	Dr. Sudirman Lubis, ST, MT
Dosen Pembanding - II	:	Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

[ ] 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)

[ ] 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan

[ ] 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

- Perbaiki analisa dan
- kesimpulan dan saran

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin

(.....)

Medan, 14 Juli 2026
Dosen Pembanding - I

Dr. Sudirman Lubis, ST, MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama	:	Syahrul Prayoga
NPM	:	2207230021
Judul Tugas Akhir	:	Analisis Deviasi Arah Matahari Terhadap Beban Pendingin Sistem Ac Mesjid Agung Medan
Dosen Pembimbing - I	:	Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - I	:	Dr. Sudirman Lubis, ST, MT
Dosen Pembanding - II	:	Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

[ ] 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)

[✓] 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan

[ ] 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

lihat buku tugas akhir

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin

(.....)

Medan, 14 Juli 2026
Dosen Pembanding - II

Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.

Lampiran 4. Daftar Hadir Seminar

DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2025-2026

Nama : Syahrul Prayoga
NPM : 2207230021
Judul Tugas Akhir : Analisis Deviasi Arah Matahari Terhadap Beban Pendingin Sistem Ac Mesjid Agung Medan

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:
Pembimbing - I : Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. : .....
Pembanding - I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT : .....
Pembanding - II : Chandra Amiruyah P. Siregar, S.T., M.T. : .....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2207230053	Dwi Putra Aryana	1. .....
2	2207230136	Ahlad Nawawi MZ	2. .....
3	2207230030	Sandi p. Bukit-Bukit	3. .....
4	2207230090	Reynaldo Iqbal Ramadhan	4. .....
5	2207230041	Dito Hardjan	5. .....
6	2207230082	Kevin Vidia Pratama	6. .....
7	2207230016	Muhammad Arif Sitorus	7. .....
8	2207230003	Ezipola Ft. Wira Nayaka	8. .....
9	2207230096	Ardiansyah Nasution	9. .....
10	2207230015	Muhammad Ferdyansyah S	10. .....

Medan, 14 Juli 2026
Ketua Prodi. Teknik Mesin

(.....)

Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

Nama	:	Syahrul Prayoga
Jenis Kelamin	:	Laki-Laki
Tempat, tanggal Lahir	:	Medan, 25 Januari 2003
Alamat	:	Jl. Karya Gg. Karang Sari No. 47B Kec. Medan Barat
Agama	:	Islam
Email	:	Syahrulprayoga03@gmail.com
No. HP	:	087747762588

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDN 97 Medan (2009-2015)
2. SMPN 16 Medan (2015-2018)
3. SMAN 3 Medan (2018-2021)