

**SISTEM MONITORING PERGERAKAN PANEL SURYA
BERBASIS *VISUAL BASIC***

SKRIPSI

*Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Strata 1
(S1) Sarjana Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin*



HAYATUDDIEN IMAM TAWARY

D331 16 312

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

**SISTEM MONITORING PERGERAKAN PANEL SURYA
BERBASIS *VISUAL BASIC***

SKRIPSI

*Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Strata 1
(S1) Sarjana Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin*



HAYATUDDIEN IMAM TAWARY

D331 16 312

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

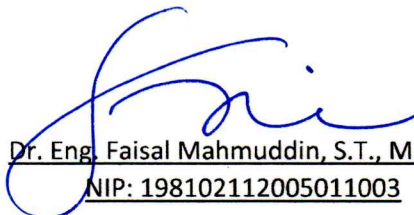
LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM MONITORING PERGERAKAN PANEL SURYA
BERBASIS *VISUAL BASIC***


**DISUSUN OLEH:
HAYATUDDIEN IMAM TAWARY
D33116312**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas teknik, Universitas hasanuddin

Pembimbing Utama


Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Eng.
NIP: 198102112005011003

Pembimbing Pendamping


Surya Haryanto, ST., MT.
NIP: 197107192001121001

Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan


Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Eng.
NIP: 198102112005011003

LEMBAR PERSETUJUAN

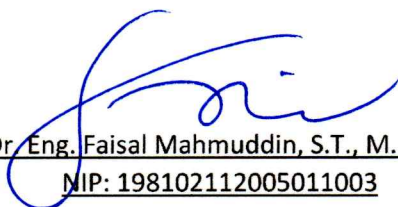
**SISTEM MONITORING PERGERAKAN PANEL SURYA
BERBASIS *VISUAL BASIC***

**DISUSUN OLEH:
HAYATUDDIEN IMAM TAWARY
D33116312**


Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh panitia Ujian Sarjana (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas teknik, Universitas hasanuddin untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana Teknik.

Panitia Ujian Sarjana:


Pembimbing 1


Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Eng.
NIP: 198102112005011003

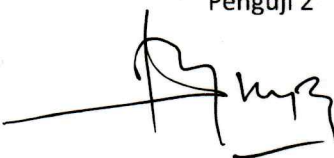
Pembimbing 2


Surya Haryanto, ST., MT.
NIP: 197107192001121001

Penguji 1


Haryanti Rivai, ST., MT., PhD
NIP: 197502252002121001

Penguji 2


Ir. Zulkifli, MT.
NIP: 195701151988111001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hayatuddien Imam Tawary

NIM : D33116312

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan yang berjudul:

SISTEM MONITORING PERGERAKAN PANEL SURYA BERBASIS *VISUAL BASIC*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain. Bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 06 September 2022

Yang menyatakan



Hayatuddien Imam Tawary

D33116312

ABSTRAK

Hayatuddien Imam Tawary. D33116312. **SISTEM MONITORING PERGERAKAN PANEL SURYA BERBASIS VISUAL BASIC**, dibimbing oleh Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Eng., dan Surya Hariyanto, S.T., M.T.

Renewable Energy berperan sebagai alternative dari energi yang tidak dapat diperbaharui seperti energi fosil. Salah satu energi yang dapat diperbaharui adalah energi dari cahaya matahari. Energi ini tersedia setiap hari dan tersebar disemua daerah yang ada di muka bumi ini. Energi surya yang diterima di indonesia kurang lebih sekitar 4,5 kWh/m²/hari berada di daerah barat dan sebesar 5,1 kWh/m²/hari untuk daerah timur. Pancaran sinar matahari inilah yang nantinya akan dirubah menjadi energi listrik dan digunakan untuk kebutuhan manusia. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk menangkap energi matahari adalah panel surya, pemasangan panel surya kebanyakan masih dalam keadaan *fixed* atau diam. Hal ini menyebabkan penyerapan energi matahari tidak optimal. Dengan demikian dibutuhkan posisi panel surya yang selalu tegak lurus dengan arah datang sinar matahari, untuk itu diperlukan suatu piranti atau sistem otomatis yang dapat menggerakkan panel surya agar selalu tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari. Solar tracking system adalah sebuah sistem yang dapat menggerakkan panel surya agar kedudukan panel surya selalu mengikuti arah datang sinar matahari. Dengan menggunakan mikrokontroler Arduino, sensor MPU6050 dengan metode kalman filter dan proses monitoring yang dilakukan berbasis *visual basic*, panel surya dapat digerakkan sesuai sudut datang sinar matahari dengan otomatis. Dengan penggunaan solar tracking system pada panel surya dapat meningkatkan tegangan output rata-rata mencapai 3.31 % dan peningkatan penerimaan intensitas cahaya matahari hingga 16.18 % dibandingkan dengan panel surya *fixed*.

Kata Kunci : Panel Surya, Solar Tracking, Arduino, Visual Basic.

ABSTRACT

Hayatuddien Imam Tawary. D33116312. **MONITORING SYSTEM OF SOLAR PANELS MOVEMENT BASED ON VISUAL BASIC**, Supervised by Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Eng., and Surya Hariyanto, S.T., M.T.

Renewable Energy acts as an alternative to non-renewable energy such as fossil energy. One of the renewable energy is energy from sunlight. This energy is available every day and is spread in all areas on this earth. The solar energy received in Indonesia is approximately 4.5 kWh/m²/day in the west and 5.1 kWh/m²/day in the east. This sunlight will be converted into electrical energy and used for human needs. One of the tools that can be used to capture solar energy is solar panels, the installation of solar panels is mostly still in a fixed or stationary state. This causes the absorption of solar energy is not optimal. Thus, it takes the position of the solar panels that are always perpendicular to the direction of the sun's rays, for that we need a device or automatic system that can move the solar panels so that they are always perpendicular to the direction of the sun's rays. Solar tracking system is a system that can move solar panels so that the position of the solar panels always follows the direction of the sun's rays. By using an Arduino microcontroller, the MPU6050 sensor with the kalman filter method and the monitoring process carried out based on visual basic, the solar panel can be moved according to the angle of incidence of sunlight automatically. With the use of a solar tracking system on solar panels, it can increase the output voltage by an average of 3.31% and increase the reception of solar light intensity by up to 16.18% compared to fixed solar panels.

Keywords : Solar Panels, Solar Tracking, Arduino, Visual Basic.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rampungnya skripsi ini. Tentu banyak halangan dan rintangan yang menghadang penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, namun berkat petunjuk Allah telah membimbing penyusun untuk terus berusaha menyelesaikan salah satu mata kuliah di departemen Teknik Sistem Perkapalan, Universitas Hasanuddin.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna, semua karena keterbatasan waktu dan pengetahuan serta kemampuan penyusun sebagai manusia biasa. Untuk itu penulis mohon maaf atas semua kekurangan dan kesalahan yang terjadi di dalam penyusunan skripsi “Sistem Monitoring Pergerakan Panel Surya Berbasis *Visual Basic*” ini, serta penulis berharap masukan dan saran agar kedepannya penyusun dapat lebih baik lagi.

Pada penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, secara moril maupun materil. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi setingginya kepada:

1. Dr. Eng. Faisal, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng. selaku pembimbing I dan Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang selalu bersedia meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukan beliau dan juga atas masukan dan nasehatnya selama proses penulisan skripsi ini.
2. Surya Hariyanto, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan selama proses penulisan skripsi ini.
3. Haryanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D dan Ir. Zulkifli, M.T. selaku tim penguji atas saran dan masukannya untuk kesempurnaan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar yang telah mengabdikan diri untuk menjadi pengajar ilmu di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
5. Keluarga penulis Ibu serta Saudara yang selalu memberi dukungan materi dan moril selama menjalani perkuliahan.

6. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis secara pribadi serta pada pembaca yang menjadikan skripsi ini sebagai acuan atau pedoman dalam pembelajaran ataupun dalam menyusun skripsi. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya pada kita semua. Aamiin.

Gowa, 18 Agustus 2022

Hayatuddien Imam Tawary

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
I.4 Batasan Masalah.....	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 <i>Solar Cell</i>	4
II.2 <i>Solar Tracker</i>	5
II.3 <i>Sun Path</i>	6
II.4 Algoritma Posisi Matahari	7
II.5 Metode Kalman Filter.....	8
II.6 Posisi Matahari.....	9

II.7	<i>Visual Basic</i>	13
II.8	Arduino.....	14
II.9	<i>Gyroscope</i> MPU-6050.....	16
II.10	Driver Motor H-Bridge L298N	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		18
III.1	Objek dan Waktu Penelitian.....	18
III.2	Tahapan Penelitian	18
III.3	Alat dan Bahan.....	20
III.3.1	Panel Surya.....	21
III.3.2	Linear Aktuator Parabola.....	22
III.3.3	Driver Motor L298N	22
III.3.4	<i>Gyroscope</i> MPU-6050.....	26
III.3.5	RTC (Real Time Clock) DS1302	29
III.3.6	LCD 16x2.....	30
III.3.7	Sensor Tegangan (<i>Voltage Divider</i>)	32
III.3.8	Sensor Suhu DHT11	33
III.3.9	Sensor Cahaya BH1750.....	35
III.4	Perancangan Algoritma Kalman Filter.....	37
III.5	Perancangan Algoritma pengontrolan Motor Linear Aktuator	39
III.5.1	Perancangan Algoritma Pengontrolan Motor Linear Aktuator 1	39
III.5.2	Perancangan Algoritma Pengontrolan Motor Linear Aktuator 2	40
III.6	Diagram Blok.....	41
III.7	Pembuatan Hardware.....	43
III.7.1	Pembuatan Sistem Mekanik	43
III.7.2	Pembuatan Sistem Elektrik.....	45

III.8	Pembuatan Coding dan Software.....	47
III.9	Kerangka Berpikir	49
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		50
IV.1	Data Pengujian Komponen	50
IV.2	Pengujian Kalman Filter	50
IV.3	Pembuatan Desain Tampilan Utama Program <i>Visual Basic</i>	52
IV.4	Simulasi Program <i>Visual Basic</i>	54
IV.5	Pengujian Panel Surya <i>Tracker</i> dan Panel Surya <i>Fixed</i>	57
IV.5.1	Pengujian Validasi Sudut <i>Solar Tracker</i>	58
IV.5.2	Pengujian Tegangan Panel Surya.....	60
IV.5.3	Pengujian Intensitas Cahaya Matahari dan Temperatur Suhu	63
BAB V PENUTUP.....		66
V.1	Kesimpulan	66
V.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....		68
LAMPIRAN		
	• Lampiran Foto Alat dan Proses Monitoring	
	• Lampiran Data Pengujian	
	• Lampiran Kode Program Arduino	
	• Lampiran Kode Program Visual Basic	
	• Lampiran Datasheet	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) <i>photoelectric effect</i> , (b) <i>photovoltaic effect</i>	4
Gambar 2.2 (a) <i>Panel Surya</i> (b) Kumpulan <i>solar cell</i> yang di seri.....	4
Gambar 2.3 <i>Sun Path</i>	6
Gambar 2.4 <i>Analemma Posisi Matahari</i>	7
Gambar 2.5 <i>Algoritma Perhitungan Kalman Filter</i>	8
Gambar 2.6 <i>Posisi matahari terhadap pengamat menunjukkan sudut azimuth dan sudut elevasi matahari</i>	10
Gambar 2.7 <i>Jendela Visual basic 2019</i>	14
Gambar 2.8 <i>Pinout Diagram Arduino Mega 2560</i>	15
Gambar 2.9 <i>Arduino Mega 2560</i>	16
Gambar 2.10 <i>Analogi 3-Axis Gyroscope</i>	16
Gambar 2.11 <i>Driver motor H-Bridge L298N</i>	17
Gambar 3.1 <i>Linear Aktuator Parabola</i>	22
Gambar 3.2 <i>Module L298N Dual H-Bridge Driver Motor</i>	25
Gambar 3.3 <i>MPU-6050</i>	26
Gambar 3.4 <i>Sumbu-sumbu pada sensor MPU-6050</i>	27
Gambar 3.5 <i>Tampilan fisik RTC DS1302</i>	29
Gambar 3.6 <i>Konfigurasi Pin RTC DS1302</i>	29
Gambar 3.7 <i>LCD 16x2 (a) Tampilan fisik (b) Susunan pin</i>	31
Gambar 3.8 <i>Voltage Divider</i>	32
Gambar 3.9 <i>Skematik Voltage Divider</i>	33
Gambar 3.10 <i>Sensor DHT11</i>	34
Gambar 3.11 <i>Bentuk fisik sensor cahaya BH1750</i>	35
Gambar 3.12 <i>Blok diagram sensor cahaya BH1750</i>	36
Gambar 3.13 <i>Blok Diagram Kalman Filter Update</i>	37
Gambar 3.14 <i>Diagram blok sistem Pengendalian</i>	41
Gambar 3.15 <i>Diagram blok sistem Pengendalian animasi</i>	42
Gambar 3.16 <i>Desain Solar tracker</i>	44
Gambar 3.17 <i>Sistem Mekanik Awal</i>	44

Gambar 3.18 Sistem Mekanik <i>Solar Tracker</i>	45
Gambar 3.19 Rangkaian Sensor didalam Box Controller	46
Gambar 3.20 Rangkaian Skematik.....	47
Gambar 3.21 Tampilan Awal Software Arduino IDE	49
Gambar 3.22 Diagram alur penelitian	49
Gambar 4.1 Data Hasil Pengujian Kalman Filter Tanpa Gangguan Pada Sensor MPU6050	51
Gambar 4.2 Data Hasil Pengujian Kalman Filter dengan Gangguan Pada Sensor MPU6050	51
Gambar 4.3 Tampilan Utama Program.....	54
Gambar 4.4 Tampilan Dashboard Simulasi Program	55
Gambar 4.5 Tampilan Grafik Tegangan.....	55
Gambar 4.6 Tampilan Grafik Suhu dan Sudut.....	56
Gambar 4.7 Tampilan Tabel Database	57
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Sudut <i>Solar Tracker</i>	60
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Tegangan Panel Surya.....	62
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Intensitas Cahaya Matahari	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persamaan Time Update	9
Tabel 2.2 Persamaan Measurement Update.....	9
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	20
Tabel 3.2 Spesifikasi Linear Aktuator.....	22
Tabel 3.3 Spesifikasi Driver motor L298N	23
Tabel 3.4 Prinsip Kerja Motor Driver L298N untuk keluaran Motor A	25
Tabel 3.5 Prinsip Kerja Motor Driver L298N untuk keluaran Motor B	26
Tabel 3.6 Nama dan Fungsi PIN RTC DS1302	29
Tabel 3.7 Susunan Pin pada LCD dan Penjelasan nya	31
Tabel 3.8 Konfigurasi pin sensor cahaya BH1750.....	35
Tabel 3.9 Deskripsi blok diagram sensor cahaya BH1750	36
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Validasi Sudut <i>Solar Tracker</i>	58
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tegangan Panel Surya.....	61
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Intensitas Cahaya Matahari dan Temperatur Suhu.....	63

DAFTAR NOTASI

TC	= Faktor Koreksi Waktu
ζ_{loc}	= Longitude lokasi
ΔT_{GMT}	= Selisih waktu lokal (LT) dengan Waktu Greenwich (GMT) dalam satuan jam
E	= Persamaan koreksi waktu
ϕ	= Sudut Latitude
δ	= Sudut Deklinasi
β	= Sudut kemiringan
γ	= Sudut azimuth permukaan
ω	= Sudut jam
θ	= Sudut insiden/datang
θ_z	= Sudut Zenith
α	= Sudut Altitude matahari
γ_s	= Sudut azimuth matahari
ω_s	= Sudut jam matahari terbit dan terbenam
LT	= Waktu lokal
LST	= Waktu matahari lokal
\hat{x}_k^-	= Variabel keadaan pada waktu k
\hat{x}_{k-1}	= Variabel keadaan pada waktu $k - 1$
z_k	= Vektor keluaran atau pengukuran
u_k	= Vektor masukan deterministik pada waktu k
A	= Matriks yang nilainya merupakan koefisien variabel \hat{x}_k^-
B	= Matriks yang nilainya merupakan koefisien variabel u_k
P_k^-	= Kovariansi error state k
P_{k-1}	= Kovariansi error state $k - 1$
Q	= Variansi dari <i>noise</i> sistem
K_k	= Koefisien pembobotan atau kalman gain
H	= Matriks yang nilainya merupakan koefisien variabel z_k

- R = Variansi dari *noise* pengukuran
 I_m = Matriks identitas
 w_k = Gangguan (*noise*) pada sistem
 v_k = Gangguan (*noise*) pada pengukuran
 I = Arus Listrik
 V = Tegangan Listrik

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap energi semakin meningkat. Namun pada kenyataannya jumlah energi yang tersedia di bumi ini semakin menipis. Hal ini memicu para peneliti, akademisi, dan manusia lainnya untuk berlomba-lomba membuat energi baru. Dimana energi baru ini akan menjadi sebuah energi yang dapat diperbaharui dalam waktu yang dekat. Energi ini biasa disebut dengan *Renewable Energy* (Ashraf Balabel, 2013). *Renewable Energy* berperan sebagai alternative dari energi yang tidak dapat diperbaharui seperti energi fosil. Salah satu energi yang dapat diperbaharui adalah energi dari cahaya matahari. Energi ini tersedia setiap hari dan tersebar disemua daerah yang ada di muka bumi ini. Energi surya yang diterima di Indonesia kurang lebih sekitar 4,5 kWh/m²/hari berada di daerah barat dan sebesar 5,1 kWh/m²/hari untuk daerah timur (Sandos Simatupang, 2013). Pancaran sinar matahari inilah yang nantinya akan dirubah menjadi energi listrik dan digunakan untuk kebutuhan manusia.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk menangkap energi matahari adalah *solar cell*. *Solar cell* atau *photovoltaic* merupakan suatu alat yang mampu menghasilkan listrik dari sumber energi cahaya (Nelson Jenny, 2003). Pada saat ini, pemasangan *solar cell* kebanyakan masih dalam keadaan statis atau diam. Hal ini menyebabkan penyerapan energi matahari tidak optimal (Wasana Saputra, 2008). Dengan adanya hal tersebut, maka dibuatlah suatu alat yang dinamakan *Solar Tracker*. *Solar tracker* adalah sebuah *plant solar cell* atau *photovoltaic* yang dirancang memaksimalkan penyerapan energi matahari dengan cara mengikuti arah datang sinar matahari secara otomatis. Dengan ikutnya berputar *panel surya*, maka tingkat penyerapan energi *photon* dari matahari dapat dimaksimalkan.

Dalam Penelitian ini akan dirancang sebuah alat *solar tracking system* yang fungsinya untuk memaksimalkan energi matahari dengan cara mengikuti arah sinar datang matahari secara otomatis. Prinsip kerja dari alat ini adalah sinar matahari datang dari sebuah sudut menuju *solar tracking*. Dalam *solar tracking*

tersebut dipasang sensor MPU6050 dan RTC (*Real Time Clock*) sebagai input dan *Linear Actuator* sebagai aktuator yang berbasis *Microcontroller Arduino Mega 2560* yang diimplementasikan pada pemasangan *solar cell* agar dapat bergerak mengikuti dan tetap tegak lurus dengan fokus cahaya matahari. Dan dengan menggunakan aplikasi *Visual Basic* sebagai antarmuka yang berfungsi untuk menginputkan nilai serta menyajikan data dalam bentuk grafik secara real time untuk dimonitoring setiap waktu. Oleh karena itu, diharapkan *solar tracking* ini bisa meningkatkan penyerapan energi matahari secara maksimal untuk dapat dikonversikan menjadi energi listrik demi memenuhi kebutuhan manusia yang semakin bertambah dalam sektor *renewable energy*.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis akan meneliti mengenai “**Sistem Monitoring Pergerakan Panel Surya Berbasis *Visual Basic***”.

I.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana desain mekanik *solar tracker* yang dipakai?
- 2) Bagaimana cara merancang dan membuat *solar tracking system* dengan menggunakan *Microcontroller Arduino Mega 2560* dan *Linear Actuator* sebagai motor penggerak?
- 3) Bagaimana cara menggunakan kalman filter pada sensor MPU6050?
- 4) Bagaimana perbandingan tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan *tracking* dan *non tracking*?
- 5) Bagaimana Pembuatan software sistem monitoring *solar tracker* berbasis *Visual Basic*?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang diambil adalah:

- 1) Dapat merancang dan membangun *solar tracking system* menggunakan sensor MPU6050 dengan metode kalman filter dan RTC (*Real Time Clock*) dengan arduino mega 2560 Berbasis *Visual basic*.

- 2) Mengetahui dan memahami cara kerja sistem pengendalian *solar tracking system* dengan metode kalman filter pada sensor MPU6050.
- 3) Menganalisis perbandingan *output* tegangan antara *solar cell tracking* dan *non tracking*.

I.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian ini maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut:

- 1) Plant yang digunakan oleh *solar tracker* dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a. Aktuator yang digunakan adalah Motor DC Linear Aktuator 12 V.
 - b. Driver motor yang digunakan adalah L298N Dual H-Bridge Motor Driver.
 - c. Sensor yang digunakan adalah sensor MPU-6050 module three-axis acceleration *gyroscope* 6 DOF module GY-52.
- 2) Metode yang digunakan adalah Metode Kalman Filter.
- 3) Pusat pengontrolan terdapat pada *Arduino mega 2560*.
- 4) *Software* yang digunakan yaitu *Arduino IDE* dan *Visual Basic 2019*.
- 5) Pengujian alat berdasarkan perbandingan tegangan *solar cell tracking* dan *non tracking*.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

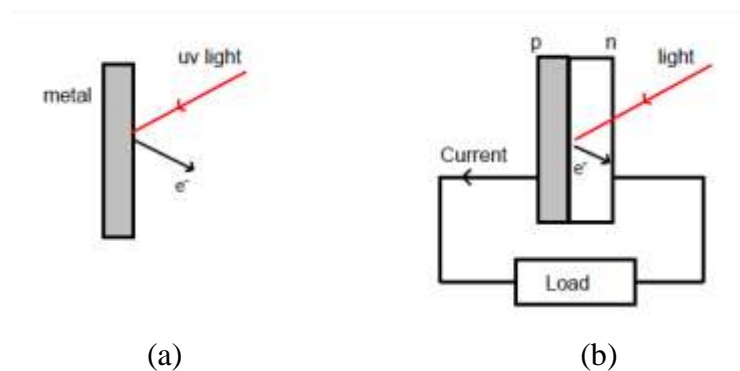
- 1) Diperoleh pengetahuan mengenai *solar tracking*.
- 2) Dapat dijadikan untuk bahan rujukan dalam penentuan kebijakan pada pengendalian Pergerakan Panel Surya berbasis *Visual Basic*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

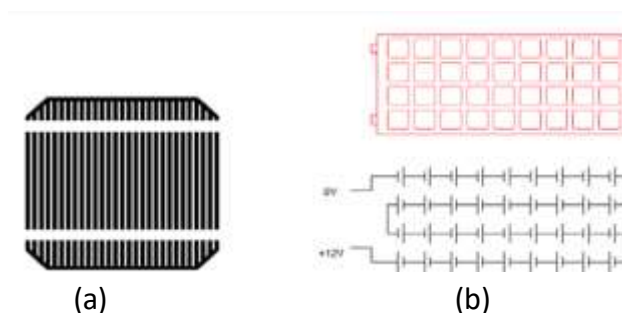
II.1 Solar Cell

Solar cell merupakan suatu *device* yang mampu menghasilkan listrik dari energi cahaya. Cahaya terdiri dari paket energi yang biasa disebut sebagai *photon*. Pada saat energi *photon* atau cahaya mengenai permukaan *solar cell*, maka *photon* akan mendorong elektron bebas di dalam kristal silikon bergerak keluar melalui sirkuit eksternal dan kembali lagi melalui sisi lain *solar cell* (Nelson Jenny, 2003). *Solar cell* dapat menerima energi cahaya secara terus menerus dalam intensitas tertentu. Berikut merupakan gambaran pelepasan elektron di *solar cell*.



Gambar 2.1 (a) *photoelectric effect*, (b) *photovoltaic effect*
(Sumber: Nelson Jenny, 2003)

Gambar 2.1 (a) merupakan gambaran *photoelectric effect*. Sinar *ultra violet* akan membebaskan elektron dari permukaan logam. Sedangkan gambar (b) merupakan *photovoltaic effect* yang terjadi dalam *solar cell*.



Gambar 2.2 (a) *Solar Cell* (b) Kumpulan *solar cell* yang di seri
(Sumber: Nelson Jenny, 2003)

Energi matahari merupakan sumber energi yang paling menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan (*sustainable*) serta jumlahnya yang sangat besar. Matahari merupakan sumber energi yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan kebutuhan energi masa depan setelah berbagai sumber energi konvensional berkurang jumlahnya serta tidak ramah terhadap lingkungan. Jumlah energi yang begitu besar yang dihasilkan dari sinar matahari, membuat *solar cell* menjadi alternatif sumber energi masa depan yang sangat menjanjikan. *Solar cell* juga memiliki kelebihan menjadi sumber energi yang praktis mengingat tidak membutuhkan transmisi karena dapat dipasang secara modular di setiap lokasi yang membutuhkan. Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu sebagai gelombang dan sebagai partikel yang disebut dengan *photon*. Energi matahari yang dipancarkan mempunyai kecepatan c dan panjang gelombang λ (Nelson Jenny, 2003).

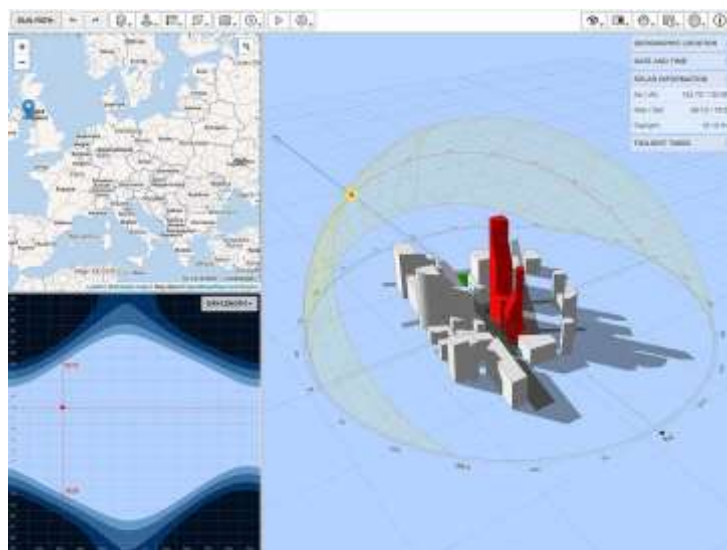
II.2 *Solar Tracker*

Solar tracker adalah gabungan suatu sistem yang mampu mendeteksi dan mengikuti arah matahari agar dapat memaksimalkan penerimaan dari energi cahaya. *Solar tracker* ini akan diterapkan pada *photovoltaic* atau panel surya. Tujuan tracking pada *photovoltaic* adalah agar dapat mengoptimalkan daya keluaran dari PV. Semakin tegak lurus PV dengan matahari, maka semakin besar pula daya *output* yang dihasilkan. Hal ini tentunya sangat berpengaruh pada jumlah energi listrik yang dihasilkan dalam setiap hari. Energi listrik yang dihasilkan akan meningkat jika dibandingkan dengan panel surya yang bersifat statis. *Solar tracker* terdiri dari beberapa komponen penting seperti sensor, *controller*, motor servo, *battery* dan *photovoltaic*. Penelitian tentang *solar tracker* yang berkembang selama ini, dapat menggunakan berbagai jenis control agar tracking berjalan optimal. Namun dikarenakan adanya sistem *tracker* akan menjadi tantangan untuk para peneliti untuk mengembangkannya. Hal ini karena diperlukan catu daya yang cukup besar untuk dapat mengoperasikan motor penggerak.

Keluaran dari panel surya menghasilkan arus listrik searah (DC). Padahal pada umumnya sebagian besar peralatan elektronik memerlukan input arus AC. Dikarenakan hal tersebut, maka diperlukan sebuah alat tambahan berupa *inverter* DC ke AC. *Inverter* tersebut diletakkan setelah *battery*. Jadi disimpan dalam *battery* atau *accu* DC, kemudian setelah disimpan arus listrik dirubah dari DC menjadi AC oleh rangkaian *inverter*. Arus bolak balik (AC) inilah yang akan digunakan untuk kebutuhan sehari- hari (Amar Muhammad, 2012).

II.3 Sun Path

Sun Path adalah alat visualisasi yang penting yang dapat digunakan untuk memodelkan dan menampilkan jalur matahari saat bergerak di langit, Seperti yang diamati dari geografis lokasi tertentu yang ada di permukaan bumi. Diagram ini menggunakan rangka astronomi untuk memberikan representasi dua atau tiga dimensi dari lintasan pergerakan matahari di langit seperti yang diamati pada lokasi tertentu (G. Prinsloo and R. Dobson, 2015).

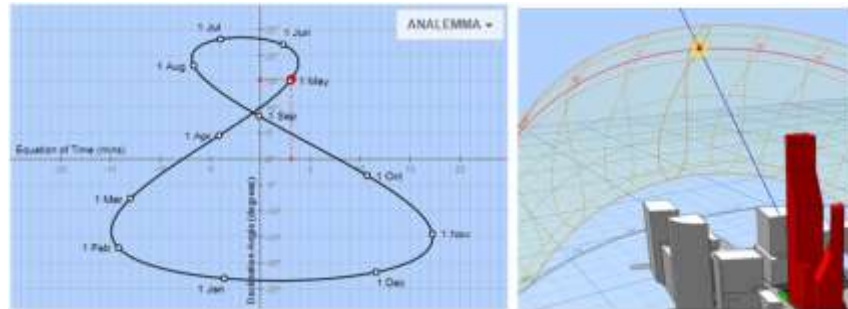


Gambar 2.3 Sun Path

(Sumber: <http://andrewmarsh.com/software/sunpath3d-web/>)

Analemma posisi matahari selalu berubah tiap hari dan bulannya, Gambar 2.4 menjelaskan posisi matahari dalam garis Azimuth (garis sudut azimuth yaitu

garis dari arah timur ke barat) dan garis ketinggian (garis tilt direpresentasikan dengan garis melingkar yang membentang dari tengah diagram).



Gambar 2.4 Analemma Posisi Matahari

(Sumber: Mirjana S. Devetaković, 2019)

Singkatnya, analemma dan persamaan waktu adalah hasil dari jumlah efek orbit elips bumi mengelilingi matahari dan kemiringan sumbu bumi dalam hal ini hubungannya dengan bidang orbitnya mengelilingi matahari.

II.4 Algoritma Posisi Matahari

Setiap sistem pelacakan matahari yang andal harus dapat melacak matahari pada sudut yang tepat, bahkan selama matahari tertutup oleh awan. Berbagai jenis desain pelacakan matahari telah diusulkan meningkatkan kinerja pemanfaatan energi surya (G. Prinsloo and R. Dobson, 2015).

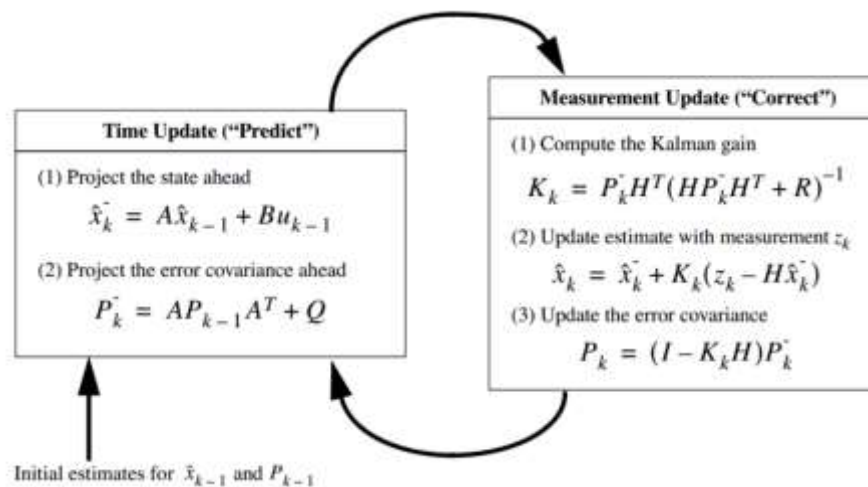
Ada empat kategori utama elemen kontrol yang perlu dipertimbangkan dalam kontrol *loop* terbuka dan *loop* tertutup untuk memenuhi kriteria desain algoritma posisi matahari sebagai berikut:

1. Posisi matahari: untuk menentukan vektor matahari dari lokasi aktual matahari ke sistem yang dirancang.
2. Sistem penggerak yang efektif: untuk dapat menentukan struktur secara efisien sehingga mengarah langsung ke matahari.
3. Input kontrol: Jenis input kontrol yang digunakan, misalnya algoritma vektor matahari, foto-dioda atau kamera.

4. Sistem kontrol: kontrol urutan dan kecerdasan (diagram keadaan) untuk mengelola motor dan penggerak yang menggerakkan sistem.

II.5 Metode Kalman Filter

Kalman Filter (KF) adalah suatu metode estimasi variabel keadaan dari sistem dinamik stokastik linear diskrit yang meminimumkan kovariansi error estimasi. Metode KF pertama kali diperkenalkan oleh Rudolph E. Kalman pada tahun 1960 lewat papernya yang terkenal tentang suatu penyelesaian rekursif pada masalah filtering data diskrit yang linear (Welch & Bishop, 2006). KF merupakan suatu pendekatan teknis untuk menaksir fungsi parameter dalam peramalan deret berkala. Keunggulan metode KF adalah kemampuannya dalam mengestimasi suatu keadaan berdasarkan data yang minim. Data minim yang dimaksud adalah data pengukuran (alat ukur) karena KF adalah suatu metode yang menggabungkan model dan pengukuran. Data pengukuran terbaru menjadi bagian penting dari algoritma KF karena data mutakhir akan berguna untuk mengoreksi hasil prediksi, sehingga hasil estimasinya mendekati kondisi yang sebenarnya (Masduqi, 2008).



Gambar 2.5 Algoritma Perhitungan Kalman Filter

(Sumber: cs.brown.edu)

Kalman Filter dapat menghilangkan noise dari suatu sinyal yang mengandung informasi dan mengambil informasi tersebut untuk diproses lebih lanjut. Suatu proses yang menggunakan Kalman Filter untuk memfilter noise

harus dapat disajikan dalam dua persamaan, yaitu persamaan state dan persamaan keluaran. Masing-masing persamaan mempunyai noise dan saling bebas, sehingga tidak ada korelasi saling antara kedua noise. Hasil perhitungan optimal yang digunakan untuk mendapatkan nilai estimasi pada Kalman Filter.

Persamaan state dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$x_{k+1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} x_k + w_k \quad (2.1)$$

$$z_k = [1 \quad 0] x_k + v_k \quad (2.2)$$

dengan $x_k = \begin{bmatrix} GyroAngleDot \\ GyroBias \end{bmatrix}$, dan w_k dan v_k merupakan variabel acak dari proses noise dan measurement noise.

Persamaan yang spesifik dari time and measurement updates dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Persamaan Time Update

Project the state ahead	$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1} + Bu_k$
Project the error covariance ahead	$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q$

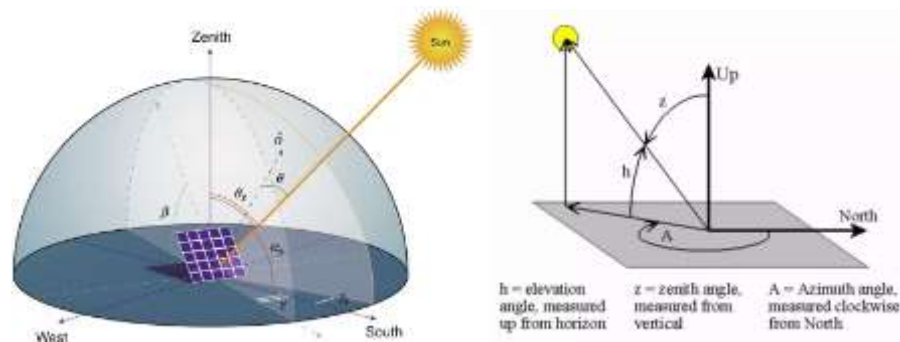
Tabel 2.2 Persamaan Measurement Update

Compute the kalman gain	$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1}$
Update estimate with measurement z_k	$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-)$
Update the error covariance	$P_k = (I_m - K_k H)P_k^-$

II.6 Posisi Matahari

Posisi matahari dijelaskan dalam bentuk Azimuth matahari dan sudut elevasi terhadap pengamat di lokasi geografis tertentu pada permukaan bumi.

Gambar 2.6 menunjukkan ilustrasi posisi matahari dan sudut matahari yang perlu dipertimbangkan ketika panel surya melacak matahari menggunakan perangkat keras elektronik.



Gambar 2.6 Posisi matahari terhadap pengamat menunjukkan sudut azimuth dan sudut elevasi matahari

(Sumber: Marco Rosa-Clot & Giuseppe Marco Tina, 2018)

Posisi matahari kemudian mewakili sudut dan ketinggian matahari dari perspektif pengamat yang berada di bumi, tergantung pada posisi bujur (ζ) dan garis lintang (φ) dari panel surya yang terpasang di bumi.

Berikut merupakan parameter-parameter yang digunakan dalam persamaan menghitung posisi matahari berdasarkan *astronomical principles* (Duffie & Beckman, 1991) sebagai acuan dalam membuat algoritma program pergerakan panel surya adalah sebagai berikut:

1. **Waktu Sesungguhnya (*Solar Time*)** adalah waktu berdasarkan gerakan angular matahari terlihat melewati langit, untuk siang hari (*solar noon*) waktu matahari melewati bujur pengamat. Waktu ini digunakan dalam semua hubungan sudut-matahari, waktu ini tidak sama dengan waktu standar lokal, waktu ini merupakan waktu yang sesungguhnya di lokasi tersebut. Untuk mengkonversi waktu standar lokal dan waktu matahari dilakukan dengan mengaplikasikan dua koreksi.
 - Koreksi pertama adalah sebuah koreksi konstan untuk beda garis bujur antara garis bujur pengamat dan garis bujur pada waktu standard ditetapkan. Waktu Indonesia Barat ditetapkan dengan garis bujur

standar 95° Bujur Timur. Matahari membutuhkan waktu 4 menit untuk bergerak 1° garis bujur.

- Koreksi kedua adalah dengan menggunakan persamaan faktor koreksi waktu yang menghitung pergeseran rotasi rata-rata bumi yang berakibat pada waktu melewati garis bujur pengamat. Beda dalam menit antara Waktu Sesungguhnya dan Waktu Standar adalah:

$$TC = \pm 4 \cdot (\zeta_{loc} - LSTM) + E \quad (2.3)$$

$$LSTM = 15^\circ \cdot \Delta T_{GMT} \quad (2.4)$$

dimana $LSTM$ adalah garis bujur standard, ζ_{loc} adalah longitude lokasi dan E adalah persamaan koreksi waktu (dalam menit). Tanda \pm menunjukkan untuk tanda negatif diaplikasikan untuk belahan bumi sebelah timur dan tanda positif diaplikasikan untuk belahan bumi sebelah barat. Persamaan koreksi waktu:

$$E = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B) \quad (2.5)$$

$$\text{Dimana, } B = \frac{360}{365} \cdot (d - 81) \quad (2.6)$$

dan $d =$ hari dalam tahun. $1 \leq d \leq 365$

2. **Latitude ϕ** , sudut lokasi angular utara atau selatan dibagi oleh ekuator, bagian utara positif dan bagian selatan negatif, $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$. Latitude menunjukkan garis lintang dari suatu lokasi.
3. **Deklinasi δ** , posisi angular dari matahari pada siang hari dengan proyeksinya pada bidang ekuator pada saat matahari berada pada bujur lokal, bagian utara positif dan bagian selatan negatif, $-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$, deklinasi dihitung dengan persamaan berikut:

$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(\frac{360}{365} \cdot (d - 81)\right) \quad (2.7)$$

$d =$ jumlah hari dalam tahun

4. **Slope β** , sudut kemiringan antara permukaan benda dengan bidang horisontal $0^\circ < \beta < 90^\circ$, kemiringan $\beta > 90^\circ$ berarti permukaan benda menghadap ke bawah.
5. **Sudut azimuth permukaan γ** , adalah deviasi proyeksi pada bidang horisontal normal terhadap permukaan dari bujur lokal, dengan nol di

selatan, ke barat negatif dan ke timur positif, $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$ Untuk permukaan dengan kemiringan (*slope*) menghadap utara sudut azimuth permukaan γ adalah 0° dan selatan adalah 180° .

6. **Sudut jam ω** , jarak angular dari matahari ke timur atau barat bujur lokal sebagai akibat rotasi bumi pada sumbunya 15° per jam, dari jam 12 siang hari (waktu matahari), pagi negatif dan siang positif.

$$\omega = (LST - 12)15^\circ \quad (2.8)$$

$$\text{Dimana, } LST = LT + \frac{TC}{60} \quad (2.9)$$

7. **Sudut insiden/datang θ** , sudut antara radiasi langsung pada permukaan dengan normal dari permukaan.

$$\begin{aligned} \cos\theta = \sin\delta \cdot \sin\phi \cdot \cos\beta - \sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \\ \cos\beta \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \cdot \\ \sin\omega \end{aligned} \quad (2.10)$$

atau

$$\cos\theta = \cos\theta_z \cdot \cos\beta + \sin\theta_z \cdot \sin\beta \cdot \sin(\gamma_s - \gamma) \quad (2.11)$$

8. **Sudut Zenith θ_z** , sudut antara garis vertikal dengan garis ke matahari, sudut insiden dari radiasi langsung pada suatu permukaan horisontal.

$$\cos\theta_z = (\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega) + (\sin\phi \cdot \sin\delta)$$

sudut zenith, θ_z adalah sama dengan sudut insiden, θ pada saat kemiringan permukaan, $\beta = 0^\circ$.

9. **Sudut Altitude matahari α** , sudut antara horisontal dengan garis ke matahari dan juga merupakan komplemen dari sudut zenith.

$$\alpha = \arcsin((\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega) + (\sin\phi \cdot \sin\delta)) \quad (2.12)$$

atau

$$\alpha = (90 - \theta_z) \quad (2.13)$$

10. **Sudut azimuth matahari γ_s** , jarak angular dari selatan proyeksi radiasi langsung pada bidang horisontal, ke arah timur dari selatan positif dan ke arah barat negatif.

$$\sin\gamma_s = -\frac{\sin\phi \cdot \sin\delta}{\cos\phi \cdot \cos\delta} = -\frac{\sin\omega \cdot \cos\delta}{\cos\alpha} \quad (2.14)$$

11. **Sudut jam matahari terbit dan terbenam ω_s** , adalah sudut jam yang menunjukkan lamanya matahari terbit dan terbenam, pada permukaan horisontal diperoleh dengan mensubstitusi sudut zenith $\theta_z = 90^\circ$ ke persamaan 2.15:

$$\cos\omega_s = -\frac{\sin\phi \cdot \sin\delta}{\cos\phi \cdot \cos\delta} = -\tan\phi \cdot \tan\delta \quad (2.15)$$

atau

$$\omega_s = \arccos(-\tan\phi \cdot \tan\delta) \quad (2.16)$$

Karena 15° sudut jam ekuivalen terhadap 1 jam, maka jumlah atau lamanya matahari bersinar yang sering disebut sebagai panjang hari dalam satuan jam, S_{max} adalah

$$S_{max} = \frac{2}{15} \arccos(-\tan\phi \cdot \tan\delta) \quad (2.17)$$

II.7 *Visual Basic*

Visual basic merupakan suatu bahasa pemrograman yang dikembangkan dari bahasa pemrograman *BASIC (Beginners All-Purposes Symbolic Instruction Code)*. Perbedaan antara *Visual basic* dan bahasa *BASIC* adalah pemrograman *BASIC* masih berorientasi pada text dan program dijalankan secara berurutan. Untuk itu bahasa *BASIC* disebut sebagai Interpreter. Sedangkan dalam *Visual basic* dengan lingkungan grafiknya, pemrograman berorientasi obyek dan sudah merupakan *compiler*. Karena alasan inilah, banyak programmer baik yang sudah mahir maupun yang baru belajar pemrograman lebih senang menggunakannya.

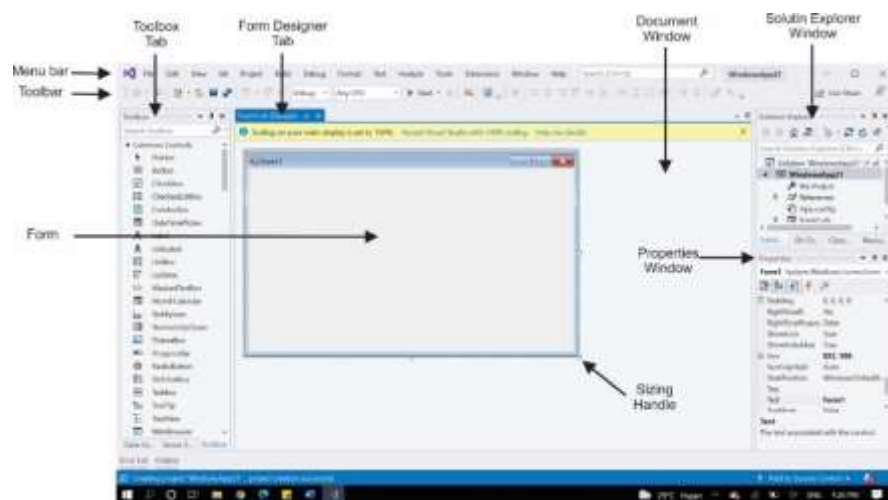
Kelebihan lain *Visual basic* adalah kemampuannya untuk mengkompilasi program bentuk *Native Code*, yaitu optimasi pada saat prosesor mengkompilasi dan menjalankan program tersebut. Keuntungan yang didapat dari *Native Code* adalah kecepatannya dalam mengakses program, dimana hal ini hanya dapat ditemui pada aplikasi-aplikasi yang dikompilasi dengan bahasa pemrograman C++ (David I Schneider, 2010).

Dalam segi komunikasi, terdapat dua cara yang disediakan *Visual Basic*. Komunikasi dapat dilakukan dengan menggunakan fitur langsung yang diberikan

oleh *Visual basic* (MSComm 6.0) dan juga dapat dilakukan dengan *USART* (menggunakan *IC USART*).

Pada gambar 2.7 memberikan gambaran mengenai jendela *Visual basic* 2019. tampilan di atas akan ditemui ketika bekerja menggunakan *Visual basic* 2019. Ada beberapa pengertian dasar yang harus dimengerti ketika akan bekerja menggunakan *Visual basic* (David I Schneider, 2010), yaitu:

1. *Control*, yaitu objek yang akan digunakan dalam pemrograman antarmuka. Kontrol yang digunakan adalah kontrol yang terdapat pada toolbox.
2. *Event*, adalah aksi yang diberikan pada suatu kontrol, misalnya click pada kontrol tombol.
3. *Methods*, adalah metode yang digunakan sebelum suatu objek diberi aksi, misalnya *hide*, *visible load*, dan seterusnya.
4. *Procedure*, adalah sekumpulan perintah, fungsi urut-urutan bagaimana suatu program dijalankan.
5. *Properties*, yaitu karakteristik yang melekat pada suatu objek. Misalnya karakteristik huruf, warna, bentuk, dan seterusnya.



Gambar 2.7 Jendela *Visual basic* 2019

II.8 Arduino

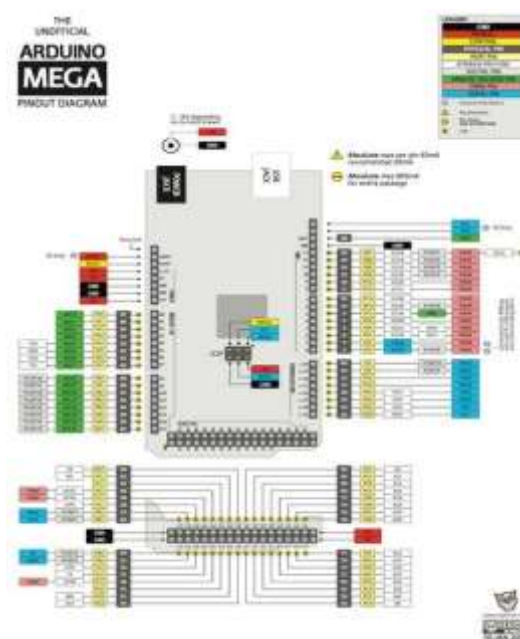
Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang dan dibuat untuk memudahkan

penggunaan peralatan elektronik dalam berbagai bidang. Perlu dipahami bahwa kata “platform” di atas berarti Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi arduino merupakan kombinasi dari sebuah hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah software yang sangat berperan dan berguna untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam *memory mikrokontroller* (Djuandi, 2011).

Hardware Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarnya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Didalam arduino terdapat analog input dan digital input *output*.

Kelebihan Modul Arduino antara lain:

- a. Mudah digunakan, cocok sekali untuk pemula.
- b. Fungsi Library (code program tinggal pakai) untuk mengakses hardware sangat banyak. Hardware hardware tsb antara lain bluetooth, berbagai macam sensor, GSM board, GPS, dan lain-lain.
- c. Tidak memerlukan downloader.



Gambar 2.8 Pinout Diagram Arduino Mega 2560

(Sumber: Djuandi, 2011).

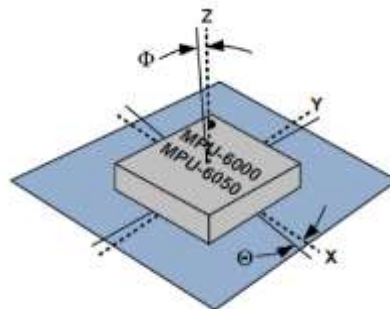


Gambar 2.9 Arduino Mega 2560

(Sumber: Djuandi, 2011).

II.9 Gyroscope MPU-6050

Gyroscope adalah suatu alat yang berupa sensor gyro untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. Berdasarkan keterangan tersebut, maka pergerakan *gyroscope* digambarkan seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Analogi 3-Axis Gyroscope

(Sumber: <http://www.datasheetgo.com/mpu6050-invensense>)

Gyroscope memiliki *output* yang peka terhadap kecepatan sudut dari arah sumbu x yang nantinya akan menjadi sudut phi (roll), dari sumbu y nantinya menjadi sudut (pitch), dan sumbu z nantinya menjadi sudut psi (yaw). Penggunaan *gyroscope* dalam kehidupan sehari-hari belum banyak. *Gyroscope* lazimnya digunakan pada pesawat terbang, Kapal, Helikopter, dll. Hal tersebut untuk mengurangi getaran yang ditimbulkan mesin agar keseimbangan tidak goyah. *Gyroscope* baru-baru ini juga diterapkan pada mainan Helikopter dengan tujuan menyeimbangkan saat diterbangkan.

II.10 Driver Motor H-Bridge L298N

Driver motor berfungsi sebagai pengubah sinyal PWM dari mikrokontroler menjadi tegangan. Dalam aplikasinya, driver motor biasanya tersusun dari rangkaian transistor-transistor yang tersusun sedemikian rupa sehingga mampu mengendalikan arah putar dan kecepatan motor berdasarkan arah loop dan tegangan kutub motor.

L298N adalah jenis IC driver motor yang dapat mengendalikan arah putaran dan kecepatan motor DC ataupun Motor stepper. Mampu mengeluarkan *output* tegangan untuk Motor dc dan motor stepper sebesar 50volt. IC l298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc dan motor stepper. Dapat mengendalikan 2 untuk motor dc namun pada hanya dapat mengendalikan 1 motor stepper.

Kelebihan akan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol. Rangkaian ini dihubungkan ke arduino Due. Bentuk fisik dari driver motorH-Bridgr L298N adalah seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Driver motor H-Bridge L298N

(Sumber: Driver Motor H-Bridge L298N datasheet)