

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Telah diteliti sistem kendali jarak jauh perangkat elektronik rumah berbasis *cloud computing*. Penelitian ini menggunakan dua buah sistem kendali, yaitu manual dan otomatis. Pada sistem kendali manual masukkan berupa beberapa *button on/off* pada web server. Sementara pada sistem kendali otomatis dilakukan dengan sebuah penjadwalan di web server yang di atur oleh pengguna. Sistem ini menggunakan sebuah papan Arduino di bagian *receiver* dengan bantuan ESP8266 untuk dapat tersambung ke web server. Pengolahan data dilakukan di papan Arduino bagian *receiver*. Keluaran sistem ini berupa 4 buah lampu yang dapat menyala sesuai data hasil olahan Arduino. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik (Dede Kurniadi dan Fitriyani, 2017).

Telah dilakukan perancangan *arm manipulator 4 DOF* dengan menggunakan pengendalian *cartesian space-trajectory planning*. Perangkat masukkan intruksinya adalah perangkat lunak pada komputer. Kemudian data diteruskan ke Atmega8 dan dipresentasikan oleh robot lengan. Hasil dari perancangan ini menunjukkan lengan robot mampu mengikuti lintasan (*Trajectory Planning*) yang diberikan berupa lintasan garis lurus. Nilai terbaik dari sudut yang dihasilkan oleh servo memiliki nilai rata-rata eror terkecil dihasilkan pada axis 3 sebesar -0.276470588° , sementara nilai rata-rata eror terbesar dihasilkan pada axis 2 sebesar 1.022222222° (Faris dkk, 2012).

Telah dilakukan penelitian visualisasi dan pengendalian gerak robot lengan 4 DOF menggunakan visual basic. Pada penelitian ini, instruksi data hasil perhitungan kinematika dikirimkan dari visual basic. Kemudian data dari visual basic diterima oleh mikrokontroler menggunakan komunikasi serial. Hasil dari

penelitian ini adalah robot dapat bekerja dengan baik sesuai dengan data keluaran visual basic (Ristian dkk, 2013).

Telah dilakukan penelitian implementasi logika fuzzy dan kalman filter untuk kendali lengan robot menggunakan gestur tangan manusia. Pada penelitian ini komponen masukan berupa sensor *accelerometer*, *gyroscope*, *magnetometer*, dan *flex* yang dipasang pada tangan manusia. Kemudian keluran data dari sensor-sensor tersebut diolah oleh mikrokontroler dengan logika fuzzy dan kalman filter. Komunikasi sistem menggunakan komunikasi serial. Hasil pengolahan data ini berupa sudut-sudut yang dipresentasikan oleh sendi-sendi robot. Pada hasil percobaan kalman filter dan Logika Fuzzy menunjukkan nilai parameter kalman filter yang optimal adalah Q accelerometer = 0,001; Q gyroscope = 0,003 dan R pengukuran = 0,03. Rata-rata error yang dihasilkan dari pengujian logika fuzzy pada tiap joint, yaitu 1,1% untuk wrist, 19,21% untuk shoulder, dan 12,9 % untuk base. Pada saat awal percobaan logika fuzzy menunjukkan perbedaan sudut di atas 40 memiliki respon yang relatif lebih baik/cepat daripada di bawah 40. Selain itu, hasil yang terakhir adalah magnetometer dapat bekerja dengan baik dalam mengukur sudut berdasarkan gerak pitch hingga kemiringan -30° dari bidang datar (Ismail dkk, 2015).

Telah diteliti *LED control system with Cayenne framework for the Internet of Things (IoT)*. Prinsip kerja dari penelitian ini sama dengan penelitian sistem kendali jarak jauh perangkat elektronik rumah berbasis *cloud computing* (Dede Kurniadi dan Fitriyani, 2017). Namun pada penelitian ini server yang digunakan adalah platform MQTT yang bernama Cayenne. Hasil dari penelitian ini menunjukkan putusnya koneksi akibat jauhnya peletakan antara WiFi dengan receiver meskipun pada dasarnya proses kontrolnya telah berhasil dilakukan (Budi Artono dan Fredy Susanto, 2017).

Telah dilakukan perancangan dan implementasi pengaktifan *water heater* dan pemanfaatan suhu dan ketinggian air pada bak mandi dengan sensor ultrasonik dan sensor suhu menggunakan Arduino berbasis android. Masukkan pada perancangan

ini berupa sensor ultrasonic, sensor suhu, dan masukan nilai dari aplikasi pada Android. Pengolahan data masukan dilakukan pada papan Arduino. Keluaran papan Arduino dan aplikasi android. Data masukan dan keluaran Arduino di teruskan ke ESP8266 untuk dihubungkan melalui jaringan MQTT dengan server *broker.hivemq.com*. Volume air yang digunakan dalam perancangan $\pm 12.320 \text{ cm}^3$, dengan persediaan volume air panas $\pm 9.240 \text{ cm}^3$. Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat akurasi suhu 97,60% dengan rata-rata waktu hingga mencapai suhu yang diinginkan 18 menit 30 detik. Selain itu, jenis pompa yang digunakan, besar daya yang digunakan oleh water heater, dan besarnya wadah bak mempengaruhi kerja rancangan (Khairunnas dkk, 2016).

Telah dilakukan penelitian berupa perancangan sistem pengendali robot melalui internet menggunakan Raspberry Pi. Pada penelitian ini data dikirim dari PC dengan perangkat lunak GUI ke robot menggunakan media internet. Data dari internet ini kemudian di ambil oleh Raspberry Pi dan dikirim ke modul DFRduino Duemilanove 328 untuk dijadikan nilai referensi sudut gerakan robot lengan OWI 535 Arm edge. Raspberry Pi dan DFRduino Duemilanove 328 dihubungkan dengan komunikasi serial. DFRduino Duemilanove 328 meneruskan data tersebut berupa sinyal kendali ke SainSmart 8 Channel DC 5V Relay Module untuk menggerakkan lengan robot Edge Owi Arm 535 hingga nilai sinyal umpan balik dari sensor posisi potensiometer sama dengan nilai referensi yang telah disimpan pada modul DFRduino Duemilanove 328. Hasil pengujian komunikasi data antara Raspberry Pi dan DFRduino menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu 156 - 164 microsecond dengan 0% error untuk tiap pengiriman data 4 digit karakter. Dengan di tambahkannya sensor potensiometer linear sebagai umpan balik pada tiap sendi robot OWI 535 Arm Edge, keakurasian gerak robot OWI 535 Arm Edge meningkat dengan toleransi keakurasian $< 1^\circ$ (Ardiansyah, 2016).

Perbedaan ketujuh penelitian dan perancangan yang telah disebutkan di atas dengan perancangan yang dilakukan penulis, antara lain:

1. Penulis menggunakan akselerometer, magnetometer, dan LM35 sebagai masukan data
2. Penulis tidak menggunakan metode khusus untuk mengolah data. Penulis hanya melembutkan perubahan data dan mengonversi data keluaran sensor menjadi data sudut servo, yaitu 0° hingga 180°
3. Penulis menggunakan robot lengan 5 DOF dengan *end-effector* berupa *gripper* untuk mengekspresikan keluaran data.
4. Penulis menggunakan sistem kendali *teleoperated* dengan jaringan internet
5. Hal yang dianalisis oleh penulis adalah jumlah pesan dan durasi yang terjadi pada setiap percobaan, hubungan pengendali dengan robot melalui broker, dan faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan jumlah pesan dan durasi antar percobaan

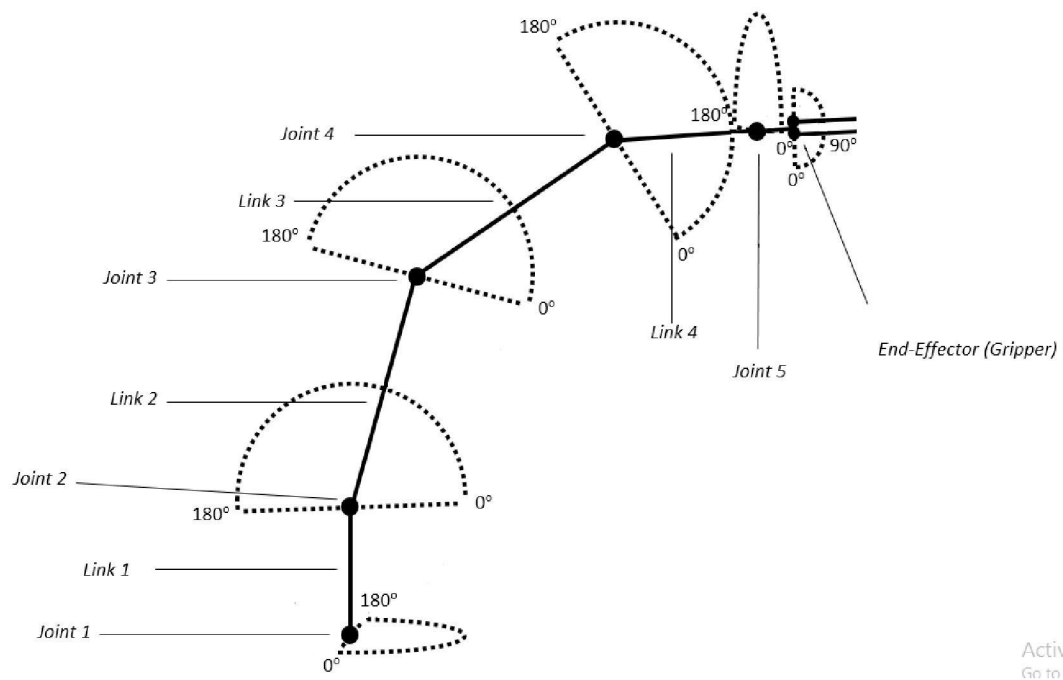
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Robot Lengan

Robot lengan adalah robot yang dibentuk dan diprogram dengan fungsi seperti lengan manusia. Robot lengan terdiri dari 3 bagian utama, yaitu *base* (dasar), *link* (lengan), *joint* (sendi), dan *end-effector* (ujung lengan robot). Ujung lengan robot pada robot lengan dirancang sesuai dengan tugasnya, seperti mengelas, mencengkram, mengebor, dll. Penyebutan DOF sebuah robot lengan didasarkan pada jumlah *joint* yang ada pada robot.

2.2.1.1 Robot Lengan 5 DOF (Degree of Freedom)

Robot lengan 5 DOF adalah robot lengan yang memiliki 5 buah sendi sebagai arah kebebasan robot bergerak. Bagian-bagian robot lengan 5 DOF dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Bagian-bagian dan Arah Kebebasan Robot Lengan 5 DOF

2.2.2 Arduino

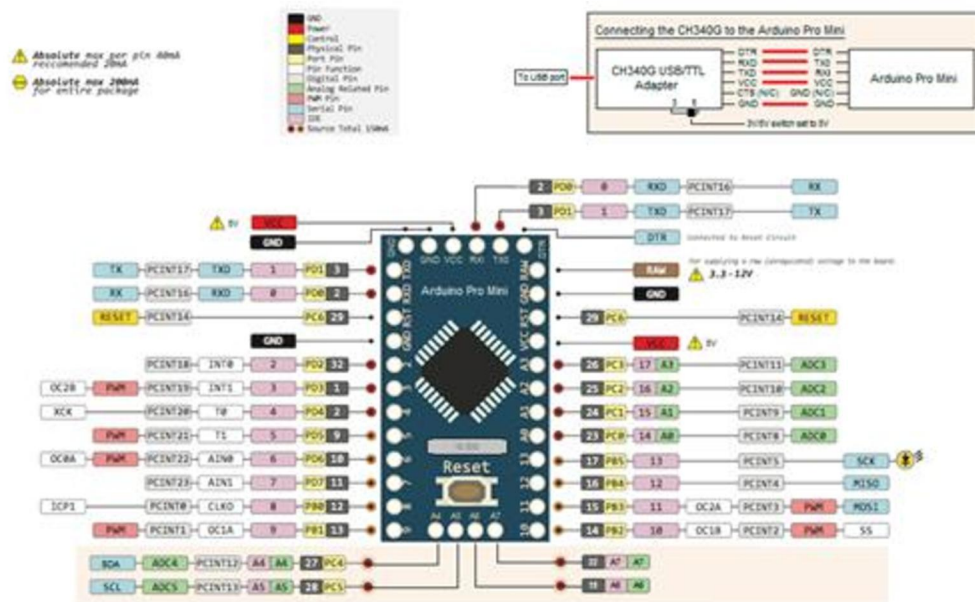
Arduino adalah modul sistem minimum mikrokontroler yang bersifat open-source untuk mempermudah pengguna dalam berkarya di bidang teknik kendali. Perangkat ini memiliki prosesor Atmel AVR dan pemrograman menggunakan bahasa C (Dede Kurniadi dan Fitriyani, 2017).

2.2.2.1 Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini adalah Arduino dengan mikrokontroler berbasis ATmega328 dan ATmega168 yang tidak memiliki jack power DC dan konektor mini-B USB. Untuk mengunggah program dan berkomunikasi antara komputer dengan Arduino Pro Mini digunakan *Serial to TTL Converter*. Dalam penjualannya papan ini tidak disolder dengan pin header seperti pada papan Arduino lainnya, sehingga memudahkan pemakai untuk menggunakan berbagai jenis konektor.

Arduino Pro Mini memiliki 2 versi, ada yang berjalan dengan tegangan 3.3V berfrekuensi 8MHz dan ada yang berjalan dengan tegangan 5V berfrekuensi

16MHz. Untuk penjelasan letak pin-pin pada Arduino Pro Mini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Arduino Pro Mini

2.2.3 ESP8266

ESP8266 adalah WiFi SOC (*System on Chip*) yang diproduksi oleh Espressif Systems. Ini adalah chip yang terintegrasi dan dirancang untuk menyediakan konektivitas internet penuh dalam paket kecil.

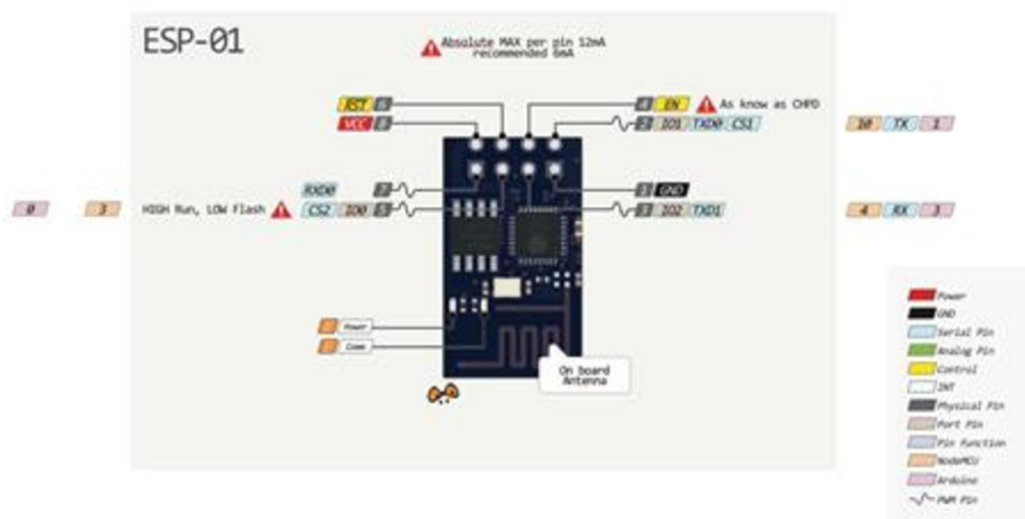
ESP8266 dapat digunakan sebagai modul WiFi eksternal, menggunakan perintah AT Command Firmware standar dengan menghubungkannya ke mikrokontroler melalui UART serial, atau langsung berfungsi sebagai mikrokontroler berkemampuan WiFi, dengan memprogram firmware baru menggunakan SDK yang tersedia.

Pin GPIO memungkinkan masukan dan keluran analog maupun digital, ditambah PWM, SPI, I2C, dll. ESP8266 telah banyak digunakan dalam konteks IoT (*Internet of Things*) sebagai penghubung mikrokontroler dengan jaringan internet.

Papan berbasis ESP8266 diproduksi oleh beberapa vendor dengan berbagai jenis varian. Perbedaan yang mencolok antar jenis varian, antara lain jumlah pin yang tersedia, jumlah memori flash untuk menyimpan program dan data, dan perisai pada SOC untuk papan bersertifikat. Beberapa papan ESP8266 juga mendukung konektor antena UFL eksternal serta antena on-chip built-in (Dede Kurniadi dan Fitriyani, 2017).

2.2.3.1 ESP01

ESP 01 adalah papan ESP8266 pertama dan paling sederhana. Penjelasan letak pin pada ESP01 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



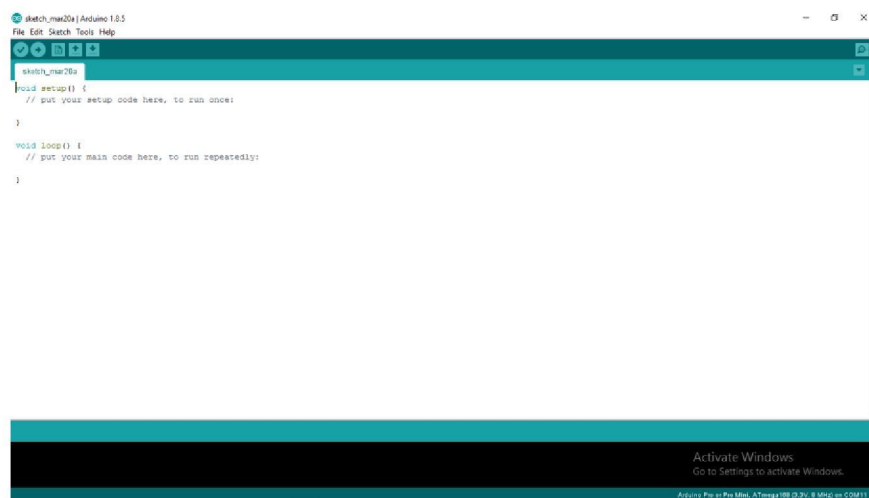
Gambar 2.3 Pin Out ESP01

2.2.4 Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program untuk papan Arduino (Ery Gunawan dan Akhmad Burhan Maulana, 2017). Perangkat lunak ini beroperasi pada komputer dengan platform Windows, Mac OS X, dan Linux. Selain untuk membuat program, perangkat lunak ini juga berfungsi untuk mengirimkan hasil kompilasi program yang telah dibuat ke papan Arduino

dan menyediakan monitor serial untuk memantau keluaran serial pada papan Arduino.

Sebelum mengunggah program ke papan Arduino dibutuhkan 2 pengaturan, yaitu mengatur jenis papan Arduino yang digunakan dan mengatur jalur komunikasi data antara papan Arduino dengan komputer yang digunakan. Kedua pengaturan tersebut ada pada menu *Tools* Arduino IDE. Tampilan Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tampilan Arduino IDE

2.2.5 Akselerometer



Gambar 2.5 Pin Out GY61

Akselerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan. IC yang berfungsi sebagai akselerometer salah satunya adalah ADXL335 (Alfaerdik, 2016). Dalam kerjanya, IC ini mengukur akselerasi gravitasi bumi dan akselerasi dinamis dari suatu gerakan. IC ini memiliki 3 keluaran analog, yaitu x, y, dan z. Salah satu modul akselerometer berbasis ADXL335 adalah GY61. Penjelasan letak pin pada GY61 dapat dilihat pada Gambar 2.5.

2.2.6 Magnetometer

Magnetometer adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur kekuatan medan magnet disekitarnya. Salah satu modul magnetometer yang mudah didapatkan adalah HMC5883L. Biasanya magnetometer digunakan untuk menentukan arah mata angin. Untuk letak pin sensor ini dapat dilihat pada Gambar 2.6.

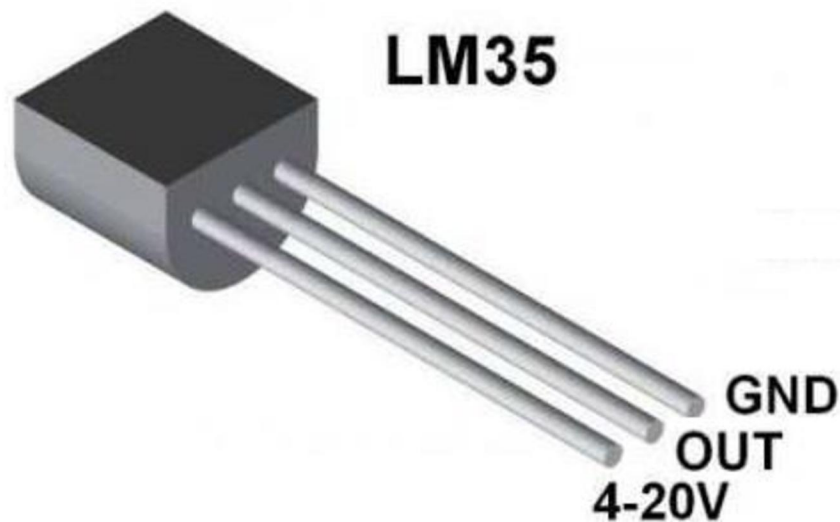


Gambar 2.6 Pin Out HMC5883L

2.2.7 LM35

LM35 adalah sensor yang diciptakan untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik yaitu tegangan (Utomo dkk, 2011). Sensor ini memiliki akurasi tinggi dan mudah diaplikasikan dalam perancangan. Sensor ini mampu mengubah

besaran suhu menjadi tegangan hingga 30V. Meskipun demikian, dalam kerjanya sensor ini hanya membutuhkan tegangan 5V saja, serta arus 60 mikroAmper. Konfigurasi pin LM35 dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Pin LM35

2.2.8 Motor Servo

Motor servo adalah motor DC yang sudah dilengkapi dengan pengendali bersistem *closed feedback*, *gearbox*, dan resistor variabel dalam satu modul. Batas maksimal putaran rotor ditentukan oleh resistor variabel dan nilai posisi sudut servo diatur dari gelombang PWM yang diterimanya.

Terdapat dua versi motor servo, yaitu motor servo standar dan motor servo kontinyu. Motor servo standar adalah motor servo yang hanya dapat bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan batas sudut dari 0° hingga 180°. Sementara motor servo kontinyu adalah motor servo yang dapat bergerak dua arah tanpa batas sudut.

2.2.8.1 Towerpro MG90s

MG90S adalah salah satu motor servo mini yang diproduksi oleh TowerPro. Spesifikasi servo ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi TowerPro MG90S

Berat	13,4g
Stall torque	1.8kg / cm (4.8V); 2.2kg / cm (6.6V)
Kecepatan operasi	0.10 detik / 60°(4.8V); 0,08 detik / 60°(6.0V)
Tegangan operasi	4.8V ~ 6.6V
Kisaran suhu	0 °C hingga 55 °C
Lebar pita mati	1 mikrodetik
Power Supply	Melalui Adaptor Eksternal panjang kawat servo: 25 cm

2.2.8.2 FUTABA 3003S

3003S adalah salah satu motor servo mini yang diproduksi oleh FUTABA. Spesifikasi servo ini dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi FUTABA 3003S

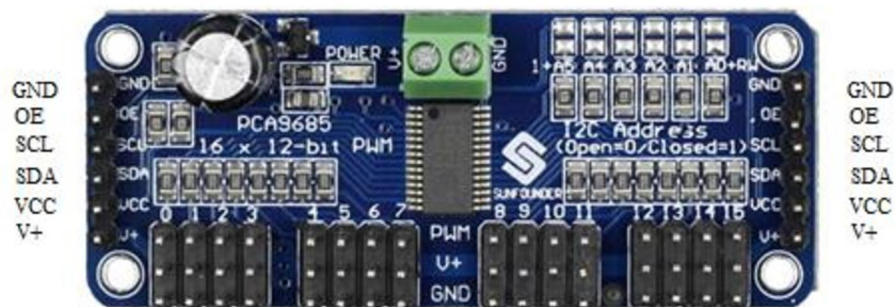
Kecepatan	0,23 detik/60° pada 4.8V; 0,19 detik/60° pada 6V
Torsi	44 oz-in (3,2 kg-cm) pada 4,8 V; 57 oz-in (4,1 kg-cm) pada 6V
Berat	1.3oz (1-5 / 16oz) (37g)

2.2.9 Adafruit 16-Channel PWM Servo Driver

Adafruit 16-channel servo driver adalah solusi yang sempurna untuk setiap proyek yang membutuhkan banyak servo. Perangkat ini berbasis IC PCA9685. Perangkat ini dapat mengontrol hingga 992 motor servo hanya dengan dua pin komunikasi I2C.

Pada sebuah modul Adafruit 16-channel servo driver terdapat 16 pin keluaran PWM. Masing-masing pin keluaran tersebut dilengkapi dengan pin V+ dan GND. Masing-masing pin PWM bekerja penuh secara independen, tetapi semuanya harus memiliki frekuensi yang sama.

Pin tegangan pada Adafruit 16-channel servo driver dibagi menjadi 2 yaitu VCC dan V+. VCC digunakan untuk memasukkan tegangan ke IC PCA9685. Sementara, V+ untuk memasukkan tegangan ke komponen keluaran. Penjelasan letak pin-pin pada Adafruit 16-channel servo driver dapat dilihat pada Gambar 2.8 (Earl dan Bill, 2018).



Gambar 2. 8 Pin Out Adafruit 16-Channel PWM Servo Driver

2.2.10 Komunikasi Seial

Komunikasi serial adalah komunikasi dengan tipe pengiriman data setiap satu bit secara berurutan melalui satu saluran (Ristian dkk, 2013). Dalam pengiriman data serial, pengirim dan penerima harus sinkron *baudrate*-nya supaya data yang dikirim dapat diterima dengan tepat dan benar oleh penerima. Komunikasi ini cocok untuk transaksi data jarak jauh.

2.2.11 Komunikasi I2C

I2C adalah serial bus dengan orientasi data 8 bit. I2C pertama kali dikenalkan oleh Firma Philips pada tahun 1979.

2.2.11.1 Karakter I2C

1. Pengiriman data dilakukan setiap bit.
2. Terdapat 2 pengantar I2C, yaitu SCL (*Serial Clock Line*) untuk mengirimkan sinyal *clock* dan SDA (*Serial Data*) untuk bertransaksi data.
3. Mampu menghubungkan maksimal 127 perangkat melalui 7 bit alamat.

4. Pengiriman dan penerimaan data dapat terjadi jika pengirim dan penerima terhubung dalam satu koneksi I2C.
5. *Master* adalah perangkat yang mengendalikan operasi transfer. *Slave* adalah perangkat yang dikendalikan oleh *master* dalam operasi transfer.

2.2.11.2 Mode Pengiriman Data

1. Pengiriman data dari *master* ke *slave*

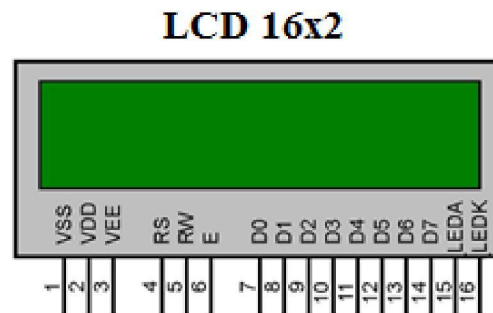
Master mengirimkan byte pertama berupa alamat slave, setelah itu sejumlah byte data dikirim oleh *master*. Setiap menerima 1 *byte* data *acknowledge* dikirimkan oleh *slave*. Bit pertama yang dikirim pada tiap *byte* dinamakan *MSB*.

2. Pengiriman data dari *slave* ke *master*

Master mengirim alamat slave pada byte pertama. Setelah itu, *acknowledge* dikirimkan oleh *slave*. Selanjutnya dilakukan pengiriman sejumlah *byte* dari *slave* ke *master*. Bit *acknowledge* dikirimkan oleh *master* setiap *byte* yang di terimanya, kecuali *byte* terakhir. Pada akhir *byte*, sinyal '*not acknowledge*' dikirimkan oleh *master* ke *slave* dilanjutkan sinyal *STOP*.

2.2.12 LCD 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) adalah modul layar elektronik yang dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi. 16x2 maksudnya adalah pada layar terdapat dua buah baris yang mampu menampilkan 16 karakter setiap barisnya. LCD ini menampilkan sebuah karakter dalam sebuah matriks berukuran 5x7 *pixel*. LCD ini memiliki dua register yaitu Command dan Data. Konfigurasi pin LCD 16x2 dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Pin Out LCD 16x2

2.2.13 Relay 1CH

Relay 1CH adalah modul saklar yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis (Dede Kurniadi dan Fitriyani, 2017). Relay memiliki tiga terminal tegangan tinggi (NC, C, NO) sebagai terminal untuk alat yang ingin dikendalikan dan di sisi lain 3 terminal tegangan rendah (VCC, GND, Signal) sebagai masukan daya serta sinyal instruksi dari mikrokontroler. NC maksudnya ketika relay dalam keadaan mati terminal C dan NC terhubung. NO maksudnya ketika relay dalam keadaan mati terminal C dan NO tidak terhubung.



Gambar 2. 10 Relay pin

2.2.14 Buzzer (Bel)

Bel adalah perangkat elektronik yang menghasilkan getaran suara dari getaran listrik. Suara yang dihasilkan oleh bel terbentuk karena adanya elektromagnet dari kumparan pada diafragma yang dialiri arus listrik. Dengan adanya elektromagnet pada diafragma, maka diafragma dapat bergerak sesuai

perubahan polaritas magnet. Ketika polaritas magnet berubah-ubah dengan cepat maka diarama akan bergerak bolak-balik dengan cepat pula (bergetar), sehingga udara disekitarnya pun bergetar dan menghasilkan suara.

Bel yang digunakan pada perancangan ini memiliki 2 kaki sebagai sumber tegangan serta input sinyal. Kaki panjang berarti positif, dan kaki pendek berarti negatif.

2.2.15 *Switching Regulator*

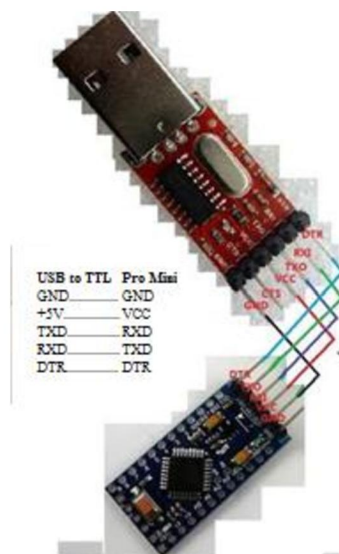
Switching regulator merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran dari tegangan masukan. Terdapat 2 jenis *switching regulator* yaitu penurun tegangan DC dan penaik tegangan DC. Bagian yang paling penting pada *switching regulator* adalah IC. Pada perancangan ini digunakan regulator dengan IC MP1584.

2.2.15.1 *MP1584*

MP1584 adalah *switching regulator* penurun tegangan berfrekuensi tinggi yang terintegrasi dengan MOSFET. Alat ini mampu mengeluarkan keluaran 3A dengan mode control loop cepat dan kompensasi mudah. Regulator ini dapat menerima masukan 4.5V hingga 28V. Dalam mengatur besarnya nilai tegangan keluaran dapat dilakukan dengan memutar baut pada papan.

2.2.16 *USB to TTL Converter*

USB to TTL Converter adalah modul komunikasi serial yang bekerja merubah USB ke TTL. Modul ini memungkinkan komunikasi antara perangkat mikrokontroler seperti Arduino dengan komputer untuk bertransaksi data secara serial. Penjelasan rangkaian USB to TTL Converter dengan Arduino dapat di lihat pada Gambar 2.11 (Ridwanda dkk, 2014).



Gambar 2. 11 USB to TTL Converter

2.2.17 GSM

Sebuah jaringan komunikasi yang mampu mengirimkan data dalam *slot* waktu tertentu disebut GSM (*Global System for Mobile*). Dengan *timeslot* atau rentang paket waktu yang sangat cepat, jaringan komunikasi ini akan membentuk jalur disetiap sambungan yang ada. TDMA (*Time Division Multiple Acces*) adalah metode yang digunakan dalam pengiriman GSM. Dengan metode ini perantara waktu digunakan untuk mengakses jaringan. Ketika sebuah waktu sudah digunakan oleh satu pengguna, maka pengguna lain tidak dapat mengaksesnya. Jaringan 2G adalah pengembangan dari jaringan selular analog pertama (1G). Dari waktu ke waktu dikembangkan dengan memasukkan komunikasi data, kemudian data paket melalui GPRS (*General Packet Radio Services*) dan EDGE (*Enhanced Data rates GSM Evolution*, atau EGPRS). Selanjutnya dikembangkan lagi menjadi 3GPP mengembangkan UMTS generasi ketiga (3G), diikuti oleh generasi keempat (4G) LTE *Advanced standards*.

2.2.18 WiFi

WiFi adalah nama pendek untuk Wireless Fidelity. Secara umum, WiFi mengacu pada semua jenis Wireless Local Area Network (WLAN) IEEE 802.11.

Lebih khusus lagi, WiFi adalah standar industri untuk produk sebagaimana ditentukan oleh WiFi Alliance dan sesuai dengan standar IEEE 802.11.

WLAN memperluas jangkauan Local Area Network (LAN) dengan menyediakan konektivitas nirkabel. Dirancang awalnya untuk penggantian kabel di lingkungan perusahaan, WLAN telah menjadi sangat populer dalam menyediakan konektivitas IP di lingkungan perumahan, kantor kecil dan kampus. WLAN telah mengalami pertumbuhan fenomenal dan sekarang menjadi bagian penting dari jaringan komputer. Ada dua standar WLAN yang dominan, yaitu IEEE 802.11 dan HiperLAN.

Standar IEEE 802.11 milik keluarga standar IEEE 802 yang mencakup standar Local Area Network dan standar Metropolitan Area Network. Standar IEEE 802.11 mendefinisikan protokol Over-The-Air (OTA) yang diperlukan untuk mendukung jaringan di area lokal. Spesifikasi IEEE 802.11 termasuk lapisan fisik dan lapisan kontrol akses menengah (MAC) dan menawarkan layanan ke 802.2 logical link layer (LLC) umum. Standar IEEE 802.11 mendukung dua konfigurasi, yaitu mode ad hoc dan mode infrastruktur.

2.2.19 MiFi

Mifi adalah nama *brand* yang digunakan untuk menyebut wireless router yang dapat digunakan sebagai *mobile Wi-Fi hotspot*. Keunggulan dari router ini adalah dapat dibawa kemana-mana karena sumber energinya berasal dari baterai yang dapat di *charge* ulang.

2.2.20 Internet

Internet adalah jaringan komunikasi antar jaringan perangkat komputer dengan cakupan seluruh dunia menggunakan protokol TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). Jaringan-jaringan tersebut dihubungkan oleh berbagai teknologi jaringan elektronik, nirkabel, dan optic.

2.2.20.1 *Internet of Things (IoT)*

IoT adalah sebuah konsep dimana alat dapat melakukan pengiriman data ke internet secara otomatis tanpa menggunakan perantara manusia. Beberapa istilah dalam IoT dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Istilah-Istilah dalam IoT

<i>Cloud</i>	Server IoT
<i>Client</i>	Device yang terhubung dengan <i>cloud</i>
<i>Message</i>	Pesan yang ditransaksikan dalam IoT
<i>Publish</i>	Mempublikasi pesan ke <i>cloud</i>
<i>Subscribe</i>	Mengambil pesan di <i>cloud</i>
<i>Topic</i>	Alamat untuk mengakses tempat pengambilan pesan pada cloud
<i>key</i>	Kode keamanan yang digunakan client untuk mengakses <i>cloud</i> yang dituju

IoT banyak digunakan dalam jaringan M2M (*Machine to Machine*) sehingga memungkinkan koneksi antar perangkat dengan jarak tidak terbatas selama terhubung dengan internet.

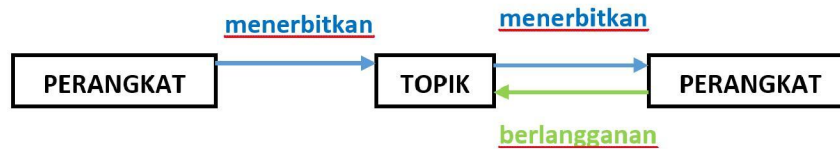
2.2.21 MQTT

MQTT atau *Message Queue Telemetry Transport* adalah pesan transport protokol yang memungkinkan komunikasi *client server* dengan cara mempublikasikan/berlangganan pesan secara *live data* atau *Realtime data*. Protocol ini digunakan untuk berkomunikasi M2M (Machine to Machine) dengan beberapa fitur, antara lain bandwidth rendah, terbuka, dan memiliki desain yang mudah diterapkan. Sehingga proses pengiriman status satu mesin ke mesin lainnya berjalan lancar. Oleh karena itu, MQTT merupakan salah satu solusi yang sempurna untuk aplikasi *Internet of Things (IoT)*.

2.2.21.1 *Sistem Kerja MQTT*

Perintah atau pembacaan sensor dapat dikirimkan untuk mengontrol keluaran dengan cara mem-*publish* informasi tersebut ke MQTT. Berikut adalah konsep dasar MQTT yang harus dimengerti, antara lain *publish/subscribe*, pesan, topik, dan Broker.

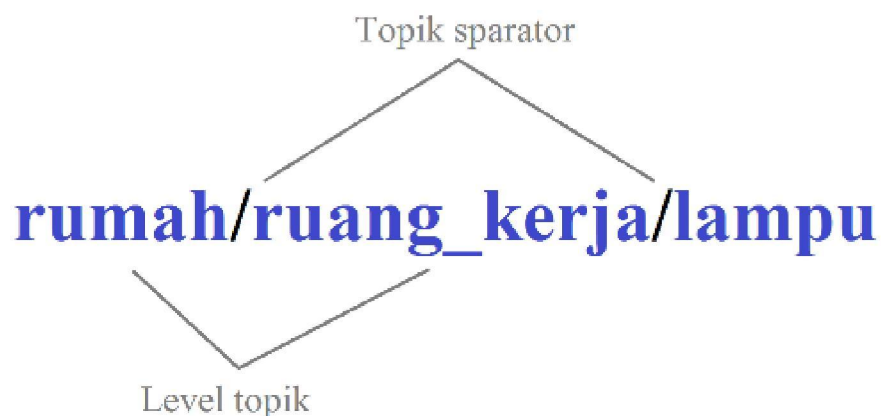
Konsep pertama adalah sistem *publish/subscribe*. Perangkat dapat menerbitkan (*publish*) pesan ke perangkat lainnya atau perangkat dapat berlangganan (*subscribe*) topik tertentu untuk menerima pesan.



Gambar 2. 12 Konsep Publish/Subscribe MQTT

Contoh, perangkat kiri menerbitkan ke topik, dan perangkat kanan berlangganan ke topik yang sama dengan penerbitan perangkat satu. Jadi, perangkat dua menerima pesan dari perangkat satu. Pesan adalah informasi yang ditukar antar perangkat, baik dalam bentuk perintah atau data.

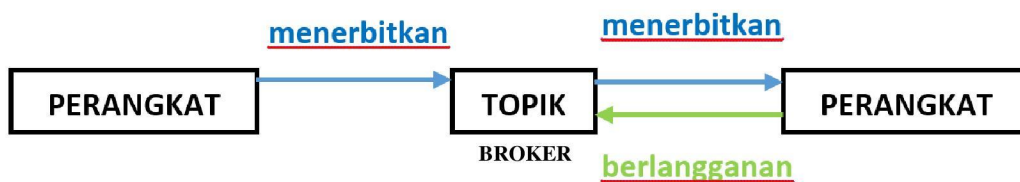
Konsep kedua adalah topik (*topic*) atau ada juga yang menyebutnya dengan umpan (*feed*). Topik adalah tempat yang digunakan perangkat untuk mendapatkan pesan atau tempat yang ditentukan untuk perangkat menerbitkan pesan. Topik diwakili dengan string dan dipisahkan dengan garis miring. Garis miring mengindikasikan tingkatan topik.



Gambar 2. 13 Konsep Topik MQTT

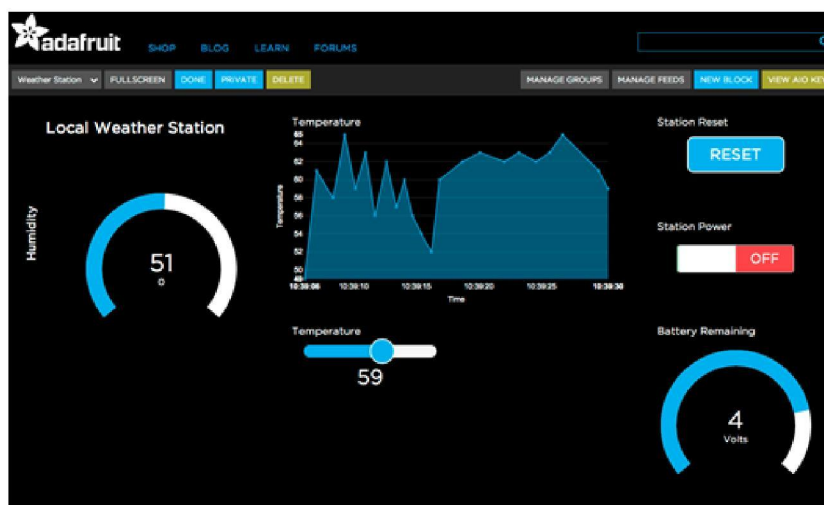
Sebagai contoh, membuat topik untuk lampu pada ruang kerja di rumah, yaitu “rumah/ruang_kerja/lampu”. Untuk menyalakan/mematikan lampu tersebut,

maka pesan berupa perintah “ON”/”OFF” diterbitkan ke topic, selanjutnya perangkat lampu yang berlangganan pada topik yang sama akan menerima pesan tersebut dan mengolahnya menjadi keluaran lampu menyala/mati. Sebagai catatan, topik adalah hal yang sensitive. Perbedaan antara huruf kapital dan huruf kecil dapat mengartikan alamat yang berbeda walaupun dibaca sama.

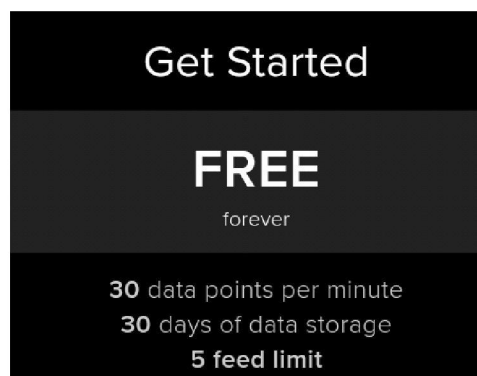


Gambar 2. 14 Konsep Broker MQTT

Konsep ketiga adalah broker. Broker adalah server utama yang menanggapi semua pesan, menyaring pesan, dan menerbitkan pesan ke semua *client* yang berlangganan. Untuk luas jaringan MQTT terbatas, dapat menggunakan broker berupa modul Mesosfer. Sementara untuk luas jaringan MQTT tidak terbatas dapat menggunakan *platform IoT*. Ada beberapa *platform IoT* yang menyediakan layanan gratis, diantaranya Mesosfer, Adafruit, PubNub, Thingspeak, Node-Red, dan masih banyak lagi. Dalam penelitian ini *platform IoT* yang digunakan adalah Adafruit IO. Tampilan Adafruit IO dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Tampilan *Dashboard* Adafruit IO



Gambar 2.16 Fasilitas Gratis dari Ardafruit IO

Adafruit IO merupakan salah satu *platform IoT* yang populer saat ini. Untuk dapat menghubungkan mikrokontroler ke Adafruit IO dibutuhkan modul WiFi, salah satunya ESP8266. *Source Code* Adafruit IO untuk papan ESP8266 mudah didapatkan di internet. Untuk dapat terhubung dengan Adafruit IO dibutuhkan sebuah akun Adafruit IO, *AIO key*, dan *feeds* (topik). *Dashboard* pada Adafruit IO merupakan halaman untuk meletakkan *pluggin-pluggin* yang digunakan. *Pluggin-pluggin* tersebut sudah tersedia pada Adafruit IO. *Pluggin-pluggin* tersebut dapat dijadikan sebagai *monitor* dan sebagai variabel input seperti saklar dan potensiometer. Adafruit IO menyediakan layanan MQTT gratis dengan batasan-batasan seperti pada Gambar 2.16.