



### **Hak cipta dan penggunaan kembali:**

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk mengubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

### **Copyright and reuse:**

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1 Pengendalian Lampu dengan Aplikasi *Smartphone* Android

Lampu dibuat dapat dimatinyalakan sesuai dengan input yang diinginkan pengguna lewat komputer. Peralatan yang dibutuhkan untuk tahap ini adalah Arduino Uno, *breadboard*, resistor, modul *relay*, kabel *jumper* dan modul *Bluetooth* HC-06 (untuk koneksi via *bluetooth*) [2], [3], [4]. Untuk melakukan kendali via koneksi *wifi*, dapat menggunakan modul Node MCU ESP8266 [5]. *Software* yang digunakan untuk membuat *coding* Arduino adalah Arduino IDE yang menggunakan bahasa pemrograman C.



Gambar 2. 1 Arduino Uno Rev 3 [9]

Alat kendali yang memanfaatkan koneksi *bluetooth* mampu beroperasi hingga jarak 12 meter dari modul *bluetooth* jika tanpa penghalang, dan jarak 9 meter dari modul *bluetooth* jika terdapat penghalang [3]. Alat kendali yang digunakan dalam percobaan ini adalah *smartphone* android Samsung A3. Selanjutnya, alat kendali yang memanfaatkan koneksi *wifi* mampu beroperasi hingga jarak 90 meter dari modul ESP8266 jika tanpa penghalang dan tanpa antena tambahan, jarak 120 meter dari modul ESP8266 jika tanpa penghalang dan dipasang antena tambahan, serta jarak 20 meter dari modul ESP8266 jika terhalang bangunan [10]. Alat kendali yang digunakan dalam percobaan ini adalah iPad.



Gambar 2. 2 Modul Bluetooth HC-06

Pembuatan desain tampilan aplikasi pengendalian lampu yang dapat berjalan pada *smartphone* Android. *Software* dan bahasa pemrograman yang digunakan adalah MIT App Inventor [2], [3], [4]. MIT App Inventor adalah layanan gratis berbasis cloud yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi seluler sendiri dengan menggunakan bahasa pemrograman berbasis blok. App Inventor dijalankan menggunakan *web browser* (Chrome, Firefox, Safari). Tersedia tutorial ramah pemula untuk mempelajari dasar-dasar aplikasi pemrograman untuk perangkat Android [11].

#### 2.1.2 Perhitungan Penggunaan dan Biaya Energi Listrik dengan Arduino Uno

Pembuatan kWh meter sederhana dengan mikrokontroler Arduino Uno menggunakan sensor tegangan ZMPT101B dan sensor arus ACS712 sebagai pencatat besar input. Presentase ketelitian dan ketepatan kWh meter dari Arduino Uno dengan metode ini adalah sebesar 95% jika dibandingkan dengan Wattmeter standar [6].

Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh M. Hudori dan Yahya Paisal [3], keuntungan dari penggunaan alat kendali pada lampu-lampu dalam rumah dapat menghemat penggunaan dan biaya energi listrik sebesar 10%-25,56% per bulan.

#### 2.1.3 Hambatan dan Solusi

Masalah yang ditemui oleh M. Hudori dan Yahya Paisal pascapercobaan yang dilakukan adalah jika listrik padam, maka alat kendali akan melakukan reset program. Kejadian ini merupakan

hambatan karena membuat pengguna harus melakukan pengendalian ulang dari aplikasi android [3].

M.Ilham Ludya Wahyu, Syaifurrahman, dan Muhammad Saleh menemukan solusi atas hambatan yang diakibatkan oleh pemadaman listrik ini. Solusinya adalah dengan menambahkan catu daya tambahan agar Arduino Uno tetap menyala [6]. Upaya ini mencegah terjadinya reset akibat listrik padam tiba-tiba. Catu daya cadangan bekerja lebih dari 6 jam. Jika pemadaman listrik yang terjadi lebih lama dari waktu kerja catu daya, maka upaya lain harus dilakukan.

## 2.2 Tinjauan Teori

### 2.2.1 Perhitungan Besar Penggunaan Energi Listrik

Energi listrik itu berguna bagi manusia karena dapat dengan mudah diubah ke bentuk energi yang lain. Motor mengubah energi listrik menjadi energi gerak, kompor listrik mengubah energi listrik menjadi energi panas, dan lampu mengubah energi listrik menjadi energi cahaya dan energi panas [12].

Ketika sebuah objek bermuatan  $q$  bergerak karena adanya beda potensial antara titik A dan titik B ( $V_{ba}$ ), energi potensial objek tersebut berubah sebesar  $q V_{ba}$  [13].

$$\Delta PE = PE_b - PE_a = q(V_b - V_a) = qV_{ba} \quad (2.1)$$

Untuk menemukan daya perangkat elektronik, rumus perubahan energi potensial objek bermuatan (Persamaan 2.1) dimasukkan ke rumus umum daya. Selanjutnya, karena muatan yang mengalir setiap detik,  $q/t$ , sama dengan arus  $I$ , maka didapatkanlah rumus berikut [14]:

$$P = \frac{\text{energy transformed}}{t} = \frac{qV}{t} = IV \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2 merupakan perhitungan daya yang paling umum untuk mengetahui daya berbagai perangkat elektronik [12].

Dalam kehidupan sehari-hari, energi listriklah yang dibayar oleh pengguna listrik. Dilihat dari Persamaan 2.2, total energi yang terpakai

oleh berbagai perangkat elektronik hanyalah daya dikali waktu. Perusahaan listrik biasanya menggunakan kWh sebagai satuan pengukur penggunaan energi listrik masyarakat [12].

$$\text{Energi terpakai} = P (\text{daya}) \cdot t (\text{waktu}) \quad (2.3)$$

### 2.2.2 Perhitungan Biaya Energi Listrik Terpakai

Di Indonesia, biaya yang harus dibayar oleh pengguna listrik PLN per kWh energi listrik yang terpakai disebut tarif tenaga listrik. Secara garis besar, golongan tarif PLN dibagi menjadi: pelayanan sosial, rumah tangga, bisnis, industri, kantor pemerintah & PJU (Penerangan Jalan Umum), traksi, dan curah. Golongan ini dibagi menjadi beberapa golongan lagi. Totalnya ada 37 golongan tarif yang disediakan oleh PLN, dan 13 di antara golongan tersebut mengikuti mekanisme *Tariff Adjustment* atau Penyesuaian Tarif. Untuk membuat estimasi harga tagihan listrik, tarif tenaga listrik dapat dilihat di Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik pada *website* [web.pln.co.id](http://web.pln.co.id). Sejak tahun 2020, Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik diperbarui setiap 3 bulan [15].

UMMN

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

Tabel 2. 1 Penetapan Penyesuaian TTL Oktober-Desember 2021

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA KVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*	1.444,70	1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	*	1.444,70	1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*	1.444,70	1.444,70
5.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*	1.444,70	1.444,70
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*	1.444,70	1.444,70
7.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*	1.444,70	1.444,70
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
12.	P-3/TR		*	1.444,70	1.444,70
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

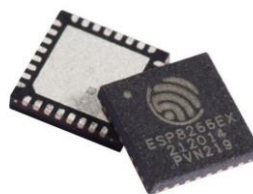
Melihat satuan tarif tenaga listrik dalam bentuk Rp/kWh, maka cara menghitung besar biaya energi terpakai adalah sebagai berikut:

$$Biaya\ Energi\ Listrik = TTL \left( \frac{Rp}{kWh} \right) \times Energi\ Terpakai(kWh) \quad (2.4)$$

## 2.3 Alat yang Digunakan

### 2.3.1 Modul Wifi Node MCU ESP8266 versi AMICA

ESP8266 adalah *chip wifi* yang dibuat oleh Espressif Systems, sebuah perusahaan semikonduktor di Shanghai, Cina. ESP8266 terdiri dari mikrokontroler (bagian yang mengendalikan) TCP/IP (bagian yang menghubungkan ke internet). ESP8266 sangat populer dalam pengembangan perangkat IoT. *Chip* ini digunakan untuk menghubungkan perangkat IoT ke internet melalui jaringan *wifi* dengan membentuk *embedded web server* dalam *chip* sehingga PC dan *smartphone* dapat terhubung ke *chip* ESP8266 [16].



Gambar 2. 3 *Chip* ESP8266 [16]

ESP-12E adalah modul *wifi* yang menggunakan *chip* ESP8266. Dibuat oleh Ai-Thinker, sebuah perusahaan manufaktur, modul ini menutupi *chip* ESP8266 dengan pelindung *radio frequency* berupa penutup logam untuk meminimalisir interferensi dari perangkat lain [16].



Gambar 2. 4 Modul ESP-12E [16]

Node MCU adalah *development board* yang menggunakan modul ESP-12E. Ada 3 versi Node MCU, yaitu: 1) Versi 1, 2) Versi 2, dibuat oleh AMICA, dan 3) Versi 3, dibuat oleh Lolin. Perbedaan Node MCU versi 2 dan versi 3 terletak pada ukuran dan *driver* USB yang digunakan. Ukuran Node MCU versi 3 (5,8 cm × 3,0 cm) lebih besar daripada Node MCU versi 2 (4,9 cm × 2,6 cm). *Driver* USB Node MCU versi 2 adalah CH341 dan *driver* USB Node MCU versi 3 adalah CP210X. Jika dibandingkan dengan modul ESP-12E, *development board* Node MCU lebih ramah *breadboard* [16].

Dalam penelitian ini, Node MCU yang digunakan adalah Node MCU AMICA (versi 2) karena ukuran yang lebih kecil daripada Node MCU versi 3. Node MCU digunakan untuk menghubungkan rangkaian ke jaringan *wifi* agar dapat dikendalikan oleh pengguna melalui jaringan *wifi*. Berikut adalah gambar dan spesifikasi dari modul *wifi* Node MCU AMICA (versi 2):



Gambar 2. 5 *Development Board* Node MCU AMICA [17]

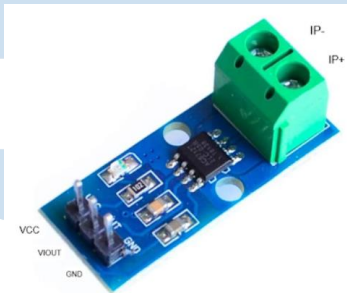


Tabel 2. 2 Spesifikasi Modul *Wifi* Node MCU ESP8266 versi 2 [17]

<b>Ukuran</b>	49 mm × 26 mm
<b>Tegangan Input</b>	4,5 V – 10 V
<b>Tegangan Operasional</b>	3,3 V
<b>Rentang ADC</b>	0 V – 3,3 V
<b>Protokol <i>Wifi</i></b>	IEEE 802.11 b/g/n
<b>Jumlah Pin</b>	30 buah
<b><i>Driver USB to UART</i></b>	CP2102

### 2.3.2 Sensor Arus ACS712 20A

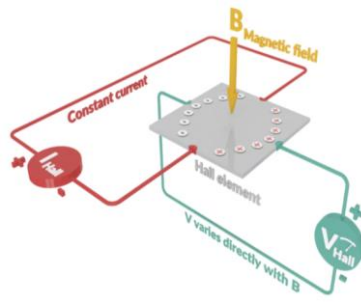
Sensor Arus ACS712 adalah sensor yang dapat mengukur arus AC dan DC dari Allegro MicroSystems, Inc. Tegangan input sensor ini adalah 5 V dan akan menghasilkan tegangan output dalam bentuk analog yang besarnya proporsional terhadap arus yang diukur [18].



Gambar 2. 6 Sensor Arus ACS712 [18]

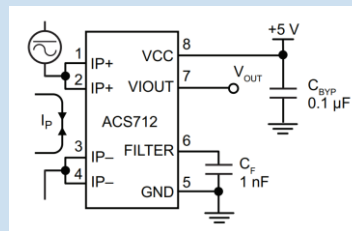
Sensor arus ACS712 mengikuti prinsip kerja Efek Hall, di mana sensor menghasilkan tegangan output yang bervariasi terhadap besar arus yang masuk ke dalam sensor. Elektron dari arus listrik yang mengalir melewati plat medan magnetik mendorong elektron dalam konduktor ke sisi lain plat. Hal ini mengakibatkan beda potensial antara kedua sisi plat. Beda potensial atau tegangan listrik dari kedua sisi plat medan magnetik merupakan tegangan output sensor yang diterjemahkan menjadi arus [18].





Gambar 2. 7 Ilustrasi Efek Hall [19]

Ketika sensor arus ACS712 diberi input tegangan 5 V (VCC) dan tidak ada arus yang melewati IP+ dan IP- (arus sama dengan nol), maka tegangan output sensor arus ACS712 (VIOU) secara teoritis sama dengan  $VCC \times 0,5 = 2,5 V$  [18].

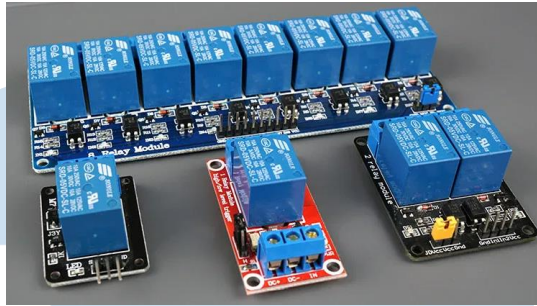


Gambar 2. 8 Diagram Sensor Arus ACS712 [20]

Ada 3 jenis sensor arus ACS712 yang dapat dipilih. Ketiga jenis sensor arus ACS712 dibedakan berdasarkan rentang deteksi arus. Variasi rentang deteksi arus juga menentukan sensitivitas sensor [18]. Sensor arus ACS712 yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah ACS712ELCTR-20A-T karena memiliki tingkat sensitivitas menengah. Spesifikasi lengkap sensor arus ACS712 lebih lengkap terdapat di lampiran.

### 2.3.3 Modul *Relay* SRD-05VDC-SL-C

Modul *relay* adalah sakelar elektromagnetik yang dioperasikan secara elektrik. Seperti sakelar pada umumnya, *relay* meneruskan atau memutuskan aliran arus listrik. *Relay* dapat dikendalikan oleh tegangan rendah senilai 3,3 V dan mengendalikan tegangan tinggi senilai 12 V, 24 V, dan bahkan tegangan utama (230 V standar Eropa atau 120 V standar Amerika) [21].



Gambar 2. 9 Modul *Relay* [21]

Berdasarkan jumlah *channel*, ada *relay* yang memiliki 1, 2, 4, 8, dan 16 *channel*. Jumlah *channel* menentukan jumlah alat elektronik yang dapat dikendalikan. Berdasarkan daya penyalaan elektromagnetnya, ada *relay* yang tegangan inputnya 5 V dan 3,3 V. Kedua tegangan input ini mampu dihasilkan Node MCU di mana 5 V dihasilkan oleh pin VIN dan 3,3 V dihasilkan oleh pin 3,3 V [21].

Konektor yang terdiri atas tiga *socket* pada *relay* dihubungkan ke tegangan tinggi dan tiga pin di sisi lain *relay* dihubungkan ke tegangan rendah. Tiga *socket* untuk input tegangan tinggi terdiri atas: *common* (COM), *normally closed* (NC), dan *normally open* (NO). Berikut penjelasan tentang ketiga *socket* tegangan tinggi *relay*:

- 1) COM: menghubungkan *relay* ke arus listrik yang ingin dikendalikan (teganannya utama).
- 2) NC: pada kondisi awalnya, arus listrik akan terus mengalir hingga ESP8266 mengirim sinyal ke *relay* untuk membuka sirkuit dan menghentikan aliran arus listrik. NC terhubung dengan COM.
- 3) NO: pada kondisi awalnya, arus listrik tidak akan mengalir hingga ESP8266 mengirim sinyal ke *relay* untuk menutup sirkuit dan mengalirkan aliran arus listrik. NO tidak terhubung dengan COM.

Tiga pin untuk input tegangan rendah terdiri atas: VCC dan GND untuk menyalakan *relay*, dan input IN untuk mengendalikan *relay*. Jumlah IN tergantung oleh jumlah *channel relay*. Sinyal yang dikirim dari Node

MCU ke pin IN *relay* menentukan aktif atau tidak aktifnya *relay*. *Relay* terpicu jika tegangan input turun hingga 2 V. Berikut skenario yang dapat terjadi ketika Node MCU mengirim sinyal ke pin IN:

- 1) Pada konfigurasi *Normally Closed* (NC):
  - a) Ketika sinyal ke IN = HIGH, arus listrik mengalir.
  - b) Ketika sinyal ke IN = LOW, arus listrik tidak mengalir.
- 2) Pada konfigurasi *Normally Open* (NO):
  - a) Ketika sinyal ke IN = HIGH, arus listrik tidak mengalir.
  - b) Ketika sinyal ke IN = LOW, arus listrik mengalir.

Konfigurasi *normally closed* biasa digunakan jika alat elektronik yang dikendalikan lebih sering menyala sedangkan *normally open* jika lebih sering mati [21].

Hal yang harus diperhatikan adalah beberapa pin ESP8266 mengeluarkan sinyal 3,3 V ketika ESP8266 sedang *boot* (menyala pertama kali). Beberapa pin bahkan harus ditarik ke HIGH atau LOW agar ESP8266 bisa *boot*. Dengan mempertimbangkan keadaan tersebut, pin ESP8266 yang paling aman untuk dihubungkan ke *relay* adalah: GPIO 5 (D1), GPIO 4 (D2), GPIO 14 (D5), GPIO 12 (D6), dan GPIO 13 (D7) [21].

Penelitian tugas akhir ini menggunakan modul *relay* SRD-05VDC-SL-C karena jenis *relay* ini paling banyak ditemukan di pasar *online* pada masa pembuatan tugas akhir ini. Berikut adalah spesifikasinya:





Tabel 2. 3 Spesifikasi Modul *Relay* SRD-05VDC-SL-C [22]

<b>Tegangan Input</b>	5VDC
<b>Tegangan Maksimum Alat yang Diukur</b>	250VAC / 110VDC
<b>Kapasitas Kontak Beban Resistif</b>	7A 28VDC
	10A 125VAC
	7A 240VAC

### 2.3.4 Daftar Alat Pendukung

Berikut adalah daftar alat pendukung dalam penelitian tugas akhir ini:

Tabel 2. 4 Daftar Alat Pendukung

No.	Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	 <p>Gambar 2. 10 Lampu LED 3 W [23]</p>	<p>Daya: 3 Watt Tegangan Input: 170-250 V</p>	Objek yang akan dikendalikan.
2	 <p>Gambar 2. 11 Kabel Transparan [23]</p>	<p>Panjang: 200 cm Luas Penampang: 2×80</p>	Menghubungkan komponen rangkaian listrik.
3	 <p>Gambar 2. 12 Steker Arde Kuningan [23]</p>	<p>Input Tegangan: 250 V Arus: 16 A</p>	Menghubungkan rangkaian listrik ke sumber tegangan.
4	 <p>Gambar 2. 13 Fiting Lampu FK 218 [23]</p>	<p>Input Tegangan: 250 VAC Arus: 6 A Tipe Fiting: E27</p>	Tempat lampu.

## 2.4 Software

### 2.4.1 Arduino IDE

Arduino adalah platform elektronik *open-source* berbasis *hardware* dan *software*. *Board* Arduino mampu membaca input cahaya pada sensor, tekanan jari pada tombol, atau pesan dari Twitter yang kemudian diubah menjadi output pengaktifan motor, penyalan lampu LED, penerbitan konten secara daring dan sebagainya. *Board* Arduino dapat diperintah dengan cara mengirimkan seperangkat instruksi ke mikrokontroler pada *board*. Untuk melakukannya, digunakan bahasa pemrograman Arduino (dari Wiring) dan *software* Arduino IDE (dari Processing) [24].



Gambar 2. 14 Logo Arduino [24]

*Software* Arduino IDE dapat dijalankan di sistem operasi Windows, Macintosh, OSX, dan Linux. *Software* ini muncul sebagai perangkat *open-source* yang terbuka untuk dikembangkan oleh *programmer* berpengalaman. Bahasa pemrogramannya dapat diperluas melalui *library* bahasa C++, dan bagi orang yang ingin mengerti detail teknis dapat menggunakan bahasa AVR C yang merupakan asal bahasa pemrograman *software* Arduino IDE. Kode AVR C juga dapat langsung ditambahkan ke program Arduino jika diinginkan [24].

Dalam tugas akhir ini, *software* Arduino IDE berperan penting dalam *setting* Node MCU agar dapat digunakan untuk mengendalikan lampu LED.

### 2.4.2 MIT App Inventor

Berdasarkan *website* resmi MIT APP Inventor, MIT App Inventor adalah lingkungan pemrograman visual yang intuitif,

memungkinkan semua orang, bahkan anak-anak, untuk dapat membangun aplikasi yang dapat dijalankan di *smartphone* dan *tablet*. *Software* pemrograman berbasis blok ini memfasilitasi pembuatan aplikasi yang kompleks dalam waktu yang jauh lebih singkat daripada lingkungan pemrograman tradisional. Proyek MIT App Inventor ditujukan untuk pengembangan *software* dengan memberdayakan semua orang, terutama kaum muda, untuk beralih dari konsumsi teknologi ke penciptaan teknologi [25] .



Gambar 2. 15 Logo MIT App Inventor [26]

MIT App Inventor merupakan layanan gratis berbasis Cloud yang memungkinkan pengguna untuk membuat aplikasi *mobile* melalui akses *web browser* seperti Chrome, Firefox, dan Safari. MIT App Inventor dapat dijalankan melalui komputer Windows atau Mac [26] .

Dalam tugas akhir ini, MIT App Inventor berperan penting dalam perancangan desain dan kode aplikasi *smartphone* pengendali lampu.

#### 2.4.3 ThingSpeak

ThingSpeak adalah *platform* analitik IoT yang dapat digunakan untuk menggabungkan, memvisualisasikan, dan menganalisis aliran data secara *live* dari penyimpanan Cloud. Beberapa fitur kunci dari ThingSpeak antara lain adalah [27]:

- 1) Kemudahan dalam mengkonfigurasi perangkat untuk mengirim data ke ThingSpeak dengan menggunakan protokol IoT yang populer.
- 2) Visualisasi data dari sensor secara *real-time*.

- 3) Menggabungkan *data on-demand* dari sumber pihak ketiga.
- 4) Menggunakan MATLAB untuk menerjemahkan data IoT.
- 5) Menjalankan analisis IoT secara otomatis berdasarkan jadwal atau kejadian.
- 6) Membuat prototipe dan membangun sistem IoT tanpa menyiapkan *server* atau mengembangkan *web software*.
- 7) Secara otomatis bertindak berdasarkan data dan berkomunikasi lewat layanan pihak ketiga seperti Twilio atau Twitter.



Gambar 2. 16 Logo ThingSpeak [27]

Dalam tugas akhir ini, ThingSpeak menyediakan *link website* yang tetap sehingga program tidak perlu secara berkala mengganti *link embedded web server* dalam bentuk alamat IP yang seringkali berganti. ThingSpeak juga memvisualisasikan data sensor dalam bentuk grafik dan tampilan angka secara *real time*.

UMMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA