

**Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering**  
Universitas Aisyah Pringsewu



Journal Homepage

<http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>



---

**IDENTIFIKASI DAN PEMILIHAN MIKROKONTROLER UNTUK PROJECT  
INTERNET OF THINGS (IOT)**

**Dwi Feriyanto<sup>1</sup>, Viona Melin Tandayu<sup>2</sup>, Yenni Afrida<sup>3</sup>, Nur Aminudin<sup>4</sup>, Ratnasari<sup>5</sup>**

<sup>1,4,5</sup> Rekayasa Perangkat Lunak, Fakultas Teknologi dan Informatika

<sup>2</sup> Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Informatika

<sup>3</sup> Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung

Email: <sup>1</sup>[dwiferiyanto@aisyahuniversity.ac.id](mailto:dwiferiyanto@aisyahuniversity.ac.id)

Email: <sup>2</sup>[vionamelin@gmail.com](mailto:vionamelin@gmail.com)

Email: <sup>3</sup>[yenniafrida2016@gmail.com](mailto:yenniafrida2016@gmail.com)

Email: <sup>4</sup>[nuraminudin@aisyahuniversity.ac.id](mailto:nuraminudin@aisyahuniversity.ac.id)

Email: <sup>5</sup>[ratnasari@aisyahuniversity.ac.id](mailto:ratnasari@aisyahuniversity.ac.id)

**ABSTRACT**

This paper aims to identify the main criteria in selecting a microcontroller, compare microcontrollers based on technical specifications, and determine the choice of microcontroller according to application needs. Microcontrollers have an important role as the brain of the system, managing sensors, actuators, and communications in the implementation of the Internet of Things (IoT). The selection of the microcontroller is still quite difficult and confusing because of the increasing number of types of microcontrollers in circulation. The method used is a literature review from literature sources such as data sheets, reference books, journals, and online media. The study was carried out by collecting data about the microcontroller and then presenting photos and pin data on the microcontroller. The expected results through this paper are to help anyone to identify, select and determine the microcontroller that suits the needs of the project.

**Keywords:** *Microcontroller; Internet of Things; Project.*

**ABSTRAK**

Paper ini bertujuan untuk mengidentifikasi kriteria utama dalam memilih mikrokontroler, membandingkan mikrokontroler berdasarkan spesifikasi teknis, dan menentukan pilihan mikrokontroler sesuai kebutuhan aplikasi. Mikrokontroler memiliki peran penting sebagai otak sistem, mengelola sensor, aktuator, dan komunikasi dalam implementasi Internet of Things (IoT). Pemilihan mikrokontroler tersebut masih menjadi hal yang cukup sulit dan membingungkan sebab semakin bertambahnya macam-macam mikrokontroler yang beredar. Metode yang digunakan yaitu kajian pustaka dari sumber literatur seperti datasheet, buku referensi, jurnal, dan media online. Kajian dilakukan dengan mengumpulkan data-data tentang mikrokontroler lalu di sajikan foto serta data-data pin yang ada pada mikrokontroler tersebut. Hasil yang diharapkan melalui paper ini yaitu membantu siapapun untuk mengidentifikasi, memilih dan menentukan mikrokontroler yang sesuai dengan kebutuhan project.

**Kata Kunci:** *Mikrokontroler; Internet of Things; Project.*

## I. PENDAHULUAN

Mikrokontroler bertindak sebagai pusat pemrosesan data dalam sistem IoT. Mikrokontroler memiliki tugas utama yaitu: mengelola input dari sensor dan output ke aktuator, menyediakan konektivitas ke jaringan (*Wi-Fi*, *Bluetooth*, *LoRa*, *ZigBee*), memproses data lokal atau mengirimkannya ke server atau cloud untuk analisis lebih lanjut, dan mengoptimalkan penggunaan daya untuk aplikasi yang membutuhkan operasi jangka panjang. Mikrokontroler berperan penting dalam pembuatan *project* IoT, sehingga fungsinya perlu untuk di pelajari secara lengkap.

Mikrokontroler dirancang untuk menjalankan tugas tertentu dengan mengoperasikan program yang telah ditanamkan didalamnya [4]. Program tersebut dibuat sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang diinginkan. Penggunaan mikrokontroler umumnya melibatkan pembacaan data dari luar atau pengendalian perangkat eksternal. Mikrokontroler dilengkapi dengan *port* masukan dan keluaran, yang memungkinkan penggunaannya untuk membaca data, mengontrol perangkat, serta menyajikan informasi. Mikrokontroler dapat beroperasi pada tegangan 3,3 volt, 5 volt, atau 12 volt.

Mikrokontroler untuk *project* IoT harus memenuhi beberapa kriteria. Kriteria tersebut meliputi: konsumsi daya yang rendah, konektivitas yang mendukung protokol komunikasi seperti *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *ZigBee*, atau *LoRa*, kapasitas memori yang mampu menyimpan *firmware*, aplikasi, dan *buffer* data, dukungan sensor dan aktuator yang kompatibilitas dengan antarmuka seperti I2C, SPI, UART, dan GPIO serta dukungan pengembangan ekosistem perangkat lunak, pustaka, dan dokumentasi.

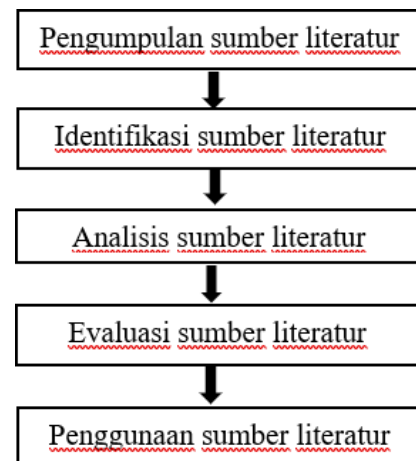
## II. TINJAUAN PUSTAKA

Mikrokontroler merupakan mikrokomputer yang secara fisik merupakan gabungan komponen elektronik seperti resistor, kapasitor, transistor, *Integrated Circuit* (IC) dan lain sebagainya. Mikrokontroler adalah komputer chip tunggal yang terdiri setidaknya dari mikroprosesor, memori, dan modul *input-output* [8]. Mikrokontroler merupakan sistem komputer kecil yang dibuat khusus untuk

melaksanakan tugas tertentu dalam berbagai aplikasi elektronik [1]. Mikrokontroler umumnya diterapkan pada sistem yang sederhana, berbiaya rendah, dan tidak memerlukan proses perhitungan yang terlalu rumit. Mikrokontroler sering digunakan dalam berbagai perangkat, seperti *microwave*, *oven*, *keyboard*, pemutar CD, VCR, *remote control*, robot, serta aplikasi IoT. Mikrokontroler terdiri dari komponen utama, yaitu CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), ROM (*Read Only Memory*), dan *port I/O* (*Input/Output*)[3].

## III. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah kajian pustaka, yang melibatkan pengumpulan informasi dari berbagai sumber, seperti buku, jurnal ilmiah, artikel, yang berkaitan dengan mikrokontroler. Tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pengumpulan sumber literatur merupakan tahap penting dalam penelitian yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang relevan dan mendalam mengenai topik yang diteliti. Proses selanjutnya melibatkan pencarian dan seleksi berbagai bahan referensi, seperti buku, jurnal ilmiah, artikel, dan publikasi daring, yang dapat memberikan wawasan baru dan mendukung argumen dalam penulisan. Sumber literatur yang terkumpul akan dianalisis untuk menyaring data yang kredibel dan berkualitas, sehingga dapat digunakan sebagai dasar teori atau panduan dalam mengembangkan penelitian lebih lanjut.

Selain itu, evaluasi juga dilakukan untuk memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman topik yang sedang dikaji. Dengan melakukan evaluasi yang cermat, peneliti dapat menghindari penggunaan informasi yang bias atau tidak akurat, sehingga meningkatkan kualitas penelitian secara keseluruhan. Terakhir, penggunaan literatur yang sistematis dan akurat sangat penting untuk menghasilkan penelitian yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan. Sumber literatur yang telah melewati tahap evaluasi, selanjutnya dapat di inputkan ke dalam naskah penelitian.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil

Kajian literatur ini menggambarkan pentingnya mikrokontroler dalam berbagai aspek kehidupan modern serta teknologi yang terus berkembang. Hasil dari kajian literatur tentang identifikasi dan pemilihan mikrokontroler memberikan pemahaman yang lebih baik tentang konsep dasar, teori, dan prinsip kerja yang relevan dan mengungkapkan informasi tentang arsitektur, fungsi, dan spesifikasi mikrokontroler, mengungkap tren dan inovasi terkini tentang perkembangan mikrokontroler yang mendukung AI atau IoT, memberikan wawasan tentang keunggulan teknologi mikrokontroler, memberikan gambaran tentang metode penelitian yang sudah digunakan oleh peneliti sebelumnya.

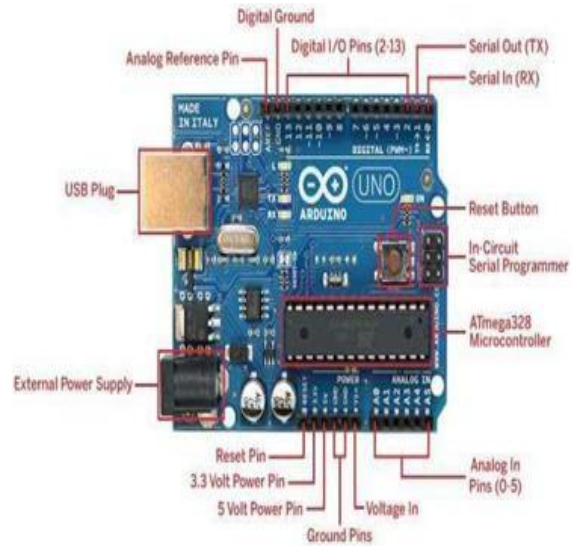
##### Pembahasan

###### 1. Arduino Uno R3

Arduino Uno R3, dirilis pada tahun 2011, adalah versi mikrokontroler yang dirancang untuk memproses input menggunakan bahasa pemrograman *open source* dan menghasilkan *output* sesuai dengan kebutuhan [6]. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan pin I/O yang memungkinkan koneksi dengan *board* atau rangkaian lainnya. Seri ini memiliki berbagai *port*, seperti 14 pin I/O, *port* USB, catu daya, dan tombol reset. *Port* USB-nya dapat langsung terhubung ke komputer atau laptop, menjadikannya pilihan ideal bagi mahasiswa yang sedang menyelesaikan tugas akhir.

*Datasheet* pada *board* tersebut sebagai berikut: Mikrokontroler: ATmega 328, Tegangan operasi: 5 Volt, *Input* Tegangan: 7-12 Volt, Pin I/O Digital: 14, Pin Analog: 6, Arus DC/pin I/O: 50 mA, Arus DC saat 3.3V: 50 mA,

Flash Memori: 32 KB, SRAM: 2 KB, EEPROM: 1 KB dan Kecepatan clock: 16 MHz.



Gambar 2. Arduino Uno R3  
(sumber: <http://surl.li/sfqnvf>)

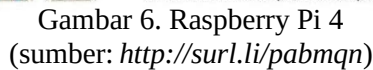
###### 2. Teensy 4.0

Arsitektur mikrokontroler Teensy 4.0 dibangun di sekitar prosesor ARM Cortex-M7 (ARM, Cambridge, Inggris) dengan kecepatan *clock* referensi utama internal 600 MHz. Mikrokontroler memiliki *cache* Data L1 32 KB dan *cache* instruksi L1 32 KB, selain RAM 1 Mb dan memori *flash* 2 Mb. Papan menyediakan akses ke 32 pin GPIO. Papan juga memiliki dua konverter analog ke digital yang terpasang pada *chip* [7]. Teensy 4.0 dapat dihubungkan ke laptop atau komputer, sama seperti Arduino Uno. Perbedaannya terletak pada kapasitas RAM, di mana Teensy 4.0 memiliki kapasitas hingga 1024K, sedangkan Arduino Uno hanya memiliki 16K. Adapun *Datasheet* pada *board* mikrokontroler ini sebagai berikut: Prosesor ARM Cortex-M7 dengan kecepatan 600 MHz; RAM 1024K, dengan 512K yang terikat erat; Flash 2048K, dengan 64K yang dialokasikan untuk pemulihan dan emulasi EEPROM; 2 port USB, setiap port mencapai kecepatan 480 MBit/sec; 3 Bus CAN, dengan 1 CAN FD; 2 I2S Audio digital; 1 S/PDIF Audio digital; 1 SDIO (4 bit) *native* SD; 3 SPI, 16 *word* FIFO; 3 I2C, 4 *byte* FIFO; 7 Serial, 4 *byte* FIFO; 32 saluran DMA umum; 31 pin PWM; 40 pin digital, semuanya dapat diinterupsi; 14 pin analog, 2 ADC di *chip*. *Datasheet* dari mikrokontroler ini sebagai berikut:





BeagleBone Black dapat terhubung ke PC atau laptop dalam waktu 5 menit menggunakan kabel USB. Papan ini dilengkapi dengan RAM 512MB, penyimpanan *flash* 4GB, 46 pin *header* x 2, *Ethernet*, dan dua port USB. Dengan jumlah pin I/O yang banyak, papan ini sangat cocok untuk proyek elektronik. Beaglebone black Papan berukuran kartu kredit kecil. Papan ini mendukung sistem operasi android 4.0 dan linux. Papan ini menggunakan berbagai konektivitas (klien USB untuk daya dan komunikasi, *host* USB, *Ethernet*, HDMI) seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut [12]. Mikrokontroler ini dapat mengurangi konsumsi daya tanpa memerlukan penyalur panas. Adapun *DataSheet* pada *board* mikrokontrol ini sebagai berikut:



## BeagleBone Black Pinout

## P9

| Pin | Function  | Color      |
|-----|-----------|------------|
| 1   | GND       | Red        |
| 2   | GND       | Red        |
| 3   | VDD_3V3   | Blue       |
| 4   | VDD_3V3   | Blue       |
| 5   | VDD_5V    | Yellow     |
| 6   | VDD_5V    | Yellow     |
| 7   | 5V5_BUY   | Green      |
| 8   | 5V5_BUY   | Green      |
| 9   | 5V5_BUY   | Green      |
| 10  | 5V5_BUY   | Green      |
| 11  | UART4_RXD | Light Blue |
| 12  | GPIO_60   | Light Blue |
| 13  | UART_TXD  | Light Blue |
| 14  | ENRPNWTA  | Light Blue |
| 15  | GPIO_48   | Light Blue |
| 16  | ENRPNWTA  | Light Blue |
| 17  | SPI0_D0   | Light Blue |
| 18  | SPI0_D1   | Light Blue |
| 19  | I2C2_SCL  | Light Blue |
| 20  | I2C2_SDA  | Light Blue |
| 21  | SPI0_D0   | Light Blue |
| 22  | SPI0_SCKA | Light Blue |
| 23  | GPIO_A9   | Light Blue |
| 24  | UART1_TXD | Light Blue |
| 25  | GPIO_117  | Light Blue |
| 26  | UART1_RXD | Light Blue |
| 27  | SPI0_CS0  | Light Blue |
| 28  | SPI0_CS0  | Light Blue |
| 29  | SPI1_D0   | Light Blue |
| 30  | GPIO_112  | Light Blue |
| 31  | SPI1_SCKL | Light Blue |
| 32  | VDD_3V3   | Light Blue |
| 33  | GPIO_33   | Light Blue |
| 34  | GPIO_ADC  | Light Blue |
| 35  | GPIO_35   | Light Blue |
| 36  | GPIO_35   | Light Blue |
| 37  | GPIO_37   | Light Blue |
| 38  | GPIO_37   | Light Blue |
| 39  | GPIO_39   | Light Blue |
| 40  | GPIO_39   | Light Blue |
| 41  | GPIO_40   | Light Blue |
| 42  | GPIO_40   | Light Blue |
| 43  | GPIO_43   | Light Blue |
| 44  | GPIO_43   | Light Blue |
| 45  | GPIO_45   | Light Blue |
| 46  | GPIO_45   | Light Blue |

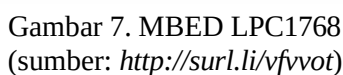
## P8

| Pin | Function    | Color      |
|-----|-------------|------------|
| 1   | GND         | Red        |
| 2   | GND         | Red        |
| 3   | MMC1_DATA7  | Blue       |
| 4   | MMC1_DATA7  | Blue       |
| 5   | MMC1_DATA5  | Yellow     |
| 6   | MMC1_DATA5  | Yellow     |
| 7   | GPIO_67     | Green      |
| 8   | GPIO_67     | Green      |
| 9   | GPIO_68     | Green      |
| 10  | GPIO_68     | Green      |
| 11  | GPIO_45     | Light Blue |
| 12  | GPIO_45     | Light Blue |
| 13  | GPIO_46     | Light Blue |
| 14  | GPIO_46     | Light Blue |
| 15  | GPIO_47     | Light Blue |
| 16  | GPIO_47     | Light Blue |
| 17  | GPIO_65     | Light Blue |
| 18  | GPIO_65     | Light Blue |
| 19  | MMC1_CMD    | Light Blue |
| 20  | MMC1_CMD    | Light Blue |
| 21  | MMC1_CLK    | Light Blue |
| 22  | MMC1_CLK    | Light Blue |
| 23  | MMC1_DATA1  | Light Blue |
| 24  | MMC1_DATA1  | Light Blue |
| 25  | MMC1_DATA0  | Light Blue |
| 26  | GPIO_61     | Light Blue |
| 27  | GPIO_61     | Light Blue |
| 28  | LCD_VSYNC   | Light Blue |
| 29  | LCD_PCLK    | Light Blue |
| 30  | LCD_HSYNC   | Light Blue |
| 31  | LCD_AC_BIAS | Light Blue |
| 32  | LCD_DATA1A1 | Light Blue |
| 33  | LCD_DATA1A1 | Light Blue |
| 34  | LCD_DATA1A1 | Light Blue |
| 35  | LCD_DATA1A1 | Light Blue |
| 36  | LCD_DATA1A1 | Light Blue |
| 37  | LCD_DATA8   | Light Blue |
| 38  | LCD_DATA8   | Light Blue |
| 39  | LCD_DATA7   | Light Blue |
| 40  | LCD_DATA7   | Light Blue |
| 41  | LCD_DATA4   | Light Blue |
| 42  | LCD_DATA5   | Light Blue |
| 43  | LCD_DATA2   | Light Blue |
| 44  | LCD_DATA3   | Light Blue |
| 45  | LCD_DATA0   | Light Blue |
| 46  | LCD_DATA1   | Light Blue |

### LEGEND

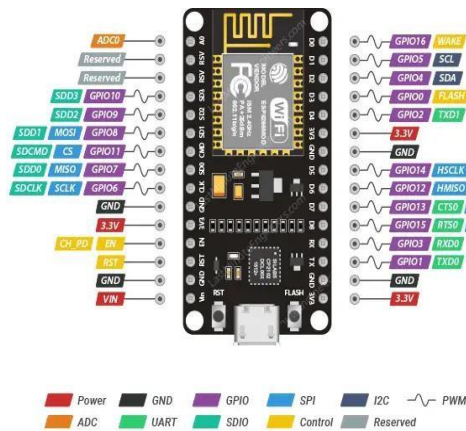
|                        |
|------------------------|
| POWER/GROUND/RESET     |
| AVAILABLE DIGITAL      |
| AVAILABLE PWM          |
| SHARED I2C BUS         |
| RECONFIGURABLE DIGITAL |

Gambar 8. BeagleBone Black  
(sumber: <http://surl.li/idflzi>)



ESP8266 memiliki kemampuan untuk beroperasi dalam *project* berbasis IoT. Keunggulan lainnya adalah dapat digunakan untuk membuat asisten pribadi seperti *Jarvis* atau *Friday* milik Tony Stark. Dengan kapasitas RAM 4MB dan memori *flash*, ESP8266 dapat digunakan untuk membangun jaringan sendiri guna menghubungkan perangkat lain. Modul sistem ini berbasis mikrokontroler *Wi-Fi* ESP8266. Modul ini terhubung ke server pusat melalui media *Wi-Fi* dengan menggunakan komunikasi data berbasis JSON pada protokol HTTP, menggunakan kamera IP. Program dalam modul dirancang sesederhana mungkin

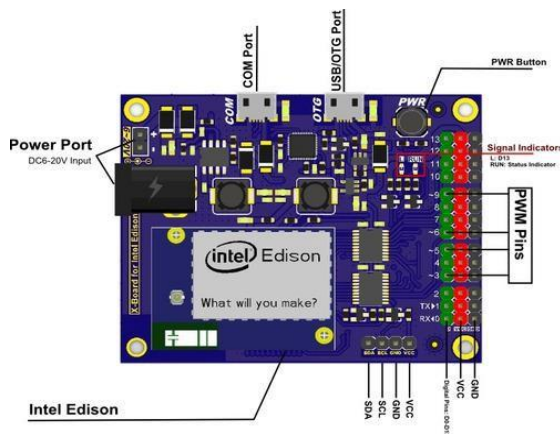
untuk menghemat sumber daya dan mencapai waktu respons sesingkat mungkin [13]. Adapun *DataSheet* pada *board* mikrokontrol ini sebagai berikut:



Gambar 9. ESP 8266  
(sumber: <http://surl.li/cmgaqv>)

#### 9. Quark D2000

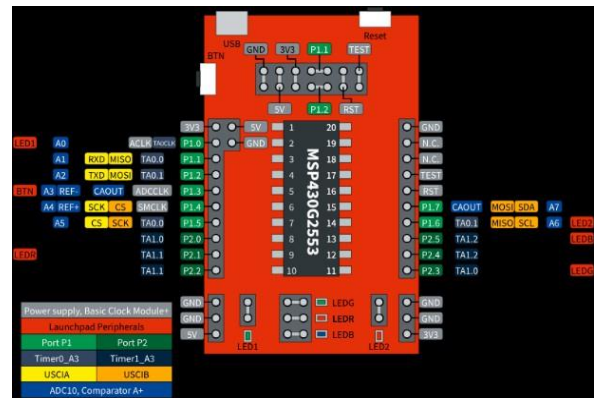
Quark D2000 menawarkan lebih banyak kontrol I/O dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya. Mikrokontroler 32-bit ini beroperasi pada frekuensi 32MHz, dilengkapi dengan 8K SRAM dan 32K *flash*. Untuk mengoperasikannya, hanya diperlukan pasokan DC hingga 3,3 Volt. Quark D2000 memiliki arsitektur dan fungsi yang sama persis dengan Arduino Uno. Hanya ada dua perbedaan di antara keduanya, yaitu penomoran pin dan fungsinya. Quark D2000 Intel umumnya digunakan untuk peralatan industri tugas berat, sedangkan Arduino Uno untuk pengembangan prototipe [14]. Adapun *Datasheet* pada *board* mikrokontrol ini sebagai berikut:



Gambar 10. Quark D2000  
(sumber: <http://surl.li/nudgip>)

#### 10. Launchpad MSP430

Mikrokontroler ini memiliki konsumsi daya rendah dengan RAM 4K, sehingga bisa menjadi alternatif untuk Arduino Uno R3. Selain itu, tersedia perangkat lunak pemrograman khusus (IDE) untuk pemrograman dan *debugging*, yaitu Energia, yang dinilai lebih mudah digunakan dan mirip dengan IDE Arduino. Mikrokontroler MSP430 dikembangkan oleh Texas Instruments sebagai arsitektur 16 bit berdaya sangat rendah untuk digunakan dalam aplikasi tertanam berdaya rendah, berbiaya rendah, dan hemat energi. Ia menerima sinyal *input* dari sensor dan mengenali rintangan serta mengubah arah sensor menggunakan servo dalam 180 derajat [15]. Adapun *Datasheet* pada *board* mikrokontrol ini sebagai berikut:



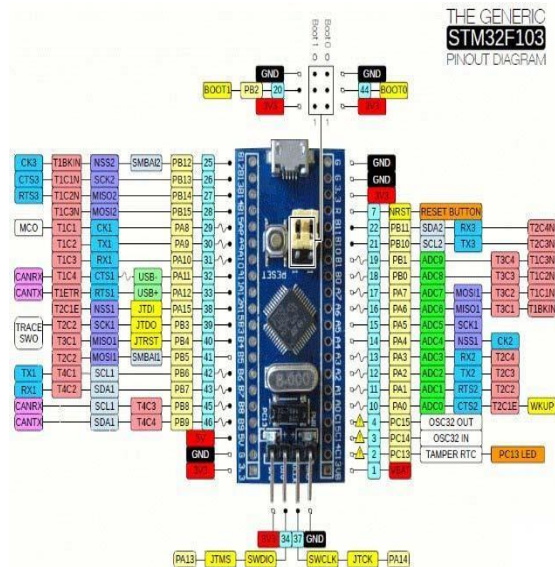
Gambar 11. Launchpad MSP 430  
(sumber: <http://surl.li/ynugeh>)

#### 11. STM32

*Microcontroller* STM32 dikemas dalam sebuah *development board*. mikrokontroler STM32 dengan prosesor Arm Cortex-M berkecepatan tinggi dapat menjalankan beberapa tugas: akuisisi sinyal melalui ADC, generator PWM, generator tegangan, voltmeter, dan penganalisa logika [16]. Secara fisik, papan ini kecil, seukuran dengan Arduino Nano, namun kinerjanya lebih superior dibandingkan Arduino. Sistem minimum STM32 seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini kini mudah ditemukan di toko-toko elektronik, dan modul ini sering disebut dengan nama "*blue pill*." Mikrokontroler STM32 ini berbeda dengan Arduino karena sudah menggunakan prosesor 32 bit (sedangkan Arduino masih 8 bit), serta memiliki *clock* yang lebih cepat, yaitu 72 MHz (Arduino hanya 16 MHz). Dengan demikian, dari segi spesifikasi, papan ini lebih unggul.



Spesifikasi STM32 sebagai berikut: Model: STM32F103C8T6; Core: ARM32 Cortex-M3 CPU; Clock: 72 MHz; Memory: 64K Flash + 20K SRAM; GPIO: 32 pin; ADC: 10 channel dengan resolusi 12-bit; PWM: 15 pin; Koneksi: USART, USB, SPI, I2C, CAN BUS.



Gambar 12. STM32  
(sumber: <http://surl.li/covucd>)

## 12. Wemos

Wemos adalah papan mikrokontroler pengembangan yang berbasis modul mikrokontroler ESP 8266 [17]. Pada mikrokontroler Wemos, terdapat dua *chipset* yang berfungsi sebagai otak dari *platform* ini, yaitu *chipset* ESP8266 dan *chipset* CH340. Adapun *Datasheet* pada *board* mikrokontrol ini sebagai berikut:



Gambar 13. Wemos  
(sumber: <http://surl.li/xoadrr>)

## V. PENUTUP

Identifikasi mikrokontroler untuk *project* IoT bergantung pada kebutuhan pengguna, seperti konsumsi daya, konektivitas, dan kemampuan pemrosesan. Pemilihan mikrokontroler sebaiknya yang memiliki konektivitas sehingga memudahkan dalam proses transfer data. Dengan memahami kebutuhan *project* dan membandingkan opsi yang tersedia, pengguna dapat mengambil keputusan yang lebih tepat untuk mencapai efisiensi dan keberhasilan *project*. Dalam pengembangan teknologi atau implementasi industri, hasil dari kajian literatur dapat menjadi panduan dalam memilih solusi dan rekomendasi yang paling efektif berdasarkan data dan pengalaman sebelumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Perangin-angin, R. O. Y. H. (n.d.). Mengenal Mikrokontroler: Komponen Kunci dalam Pengembangan Proyek Elektronik. 1–6.
- [2] Datasheet ESP32, Arduino, Raspberry Pi Pico, dan STM32.
- [3] Ramadhan, B., Amin, M., & Hidayatullah, H. (2021). Perancangan Alat Penanggulangan Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Digital Transformation Technology*, 1(1), 17–22. <https://doi.org/10.47709/digitech.v1i1.1092>
- [4] Suhaeb, S., Abd Djawad, Y., Jaya, H., Ridwansyah, Sabran, & Risal, A. (2017). Mikrokontroler dan Interface. Buku Ajar Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika UNM, 2–3. [https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as\\_sdt=0,5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=](https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0,5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=)
- [5] Nizam, M. N., Haris Yuana, & Zunita Wulansari. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767–772. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>  
Nusyirwan, D. (2020). Tong Sampah Pintar Dengan Perintah Suara Guna Menghilangkan Perilaku Siswa Membuang Sampah Sembarangan Di Sekolah. *Jurnal Teknoinfo*, 14(1), 48. <https://doi.org/10.33365/jti.v14i1.336>

- [6] Nusyirwan, D. (2020). Tong Sampah Pintar Dengan Perintah Suara Guna Menghilangkan Perilaku Siswa Membuang Sampah Sembarangan Di Sekolah. *Jurnal Teknoinfo*, 14(1), 48. <https://doi.org/10.33365/jti.v14i1.336>
- [7] Lambert, J., Monahan, R., & Casey, K. (2021). Power consumption profiling of a lightweight development board: Sensing with the INA219 and Teensy 4.0 microcontroller. *Electronics (Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/electronics10070775>
- [8] Rusimamto, P. W., Endryansyah, Anifah, L., Harimurti, R., & Anistyasari, Y. (2021). Implementation of arduino pro mini and ESP32 cam for temperature monitoring on automatic thermogun IoT-based. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 23(3), 1366–1375. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v23.i3.pp1366-1375>
- [9] Papakyriakou, D., & Barbounakis, I. S. (2023). Benchmarking and Review of Raspberry Pi (RPi) 2B vs RPi 3B vs RPi 3B+ vs RPi 4B (8GB). *International Journal of Computer Applications*, 185(3), 37–52. <https://doi.org/10.5120/ijca2023922693>
- [10] Gamess, E., & Hernandez, S. (2022). Performance Evaluation of Different Raspberry Pi Models for a Broad Spectrum of Interests. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(2), 819–829. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130295>
- [11] Vyavahare, M. S., & Salokhe, P. B. T. (2014). Web-based Electronic Load To Test DC Power Supply. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, 9(1), 11–15. <https://doi.org/10.9790/2834-09161115>
- [12] Pankaj Naganath Patil. (2016). A comparative analysis of Raspberry pi Hardware with Adruino, Phidgets, Beaglebone black and Udoo Pankaj Naganath Patil. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 1595–1600. [www.irjet.net](http://www.irjet.net)
- [13] L. Syafa'ah, A. E. Minarno, F. D. S. Sumadi and D. A. P. Rahayu, "ESP 8266 For Control And Monitoring In Smart Home Application," 2019 International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering (ICOMITEE), Jember, Indonesia, 2019, pp. 123-128, doi: 10.1109/ICOMITEE.2019.8921287
- [14] Abdulla, R., Yosua Rantung Lau Chee Young Raed Abdulla, G., Lumpur, K., & Kuala Lumpur, M. (2022). Vending Machine Electricity Usage Optimizer Using Automated Relay and AI for Smart Retailing Based on the Concept of Internet of Everything (IOE). *Journal of Applied Technology and Innovation*, 6(3), 2600–7304. <https://www.researchgate.net/publication/361901943>
- [15] Kumar, D. M., Electronics, A., & College, P. S. G. (2019). ISSN NO : 2236-6124 MSP430 BASED OBSTACLE AVOIDANCE ROBOT Volume VIII , Issue V , MAY / 2019 Page No : 2627 BLOCK DIAGRAM Page No : 2628. VIII(2236), 2627–2630.
- [16] Jacko, P., Bereš, M., Kováčová, I., Molnár, J., Vince, T., Dziak, J., Fecko, B., Gans, Š., & Kováč, D. (2022). Remote IoT Education Laboratory for Microcontrollers Based on the STM32 Chips. *Sensors*, 22(4). <https://doi.org/10.3390/s22041440>
- [17] Kalbuana, N., & Kurnianto, B. (2024). ... - Based Smoke Detection System as an Effort for Fire Prevention Desain Sistem Deteksi Asap Berbasis Sensor Mikrokontroler Sebagai Upaya Pencegahan MALCOM: Indonesian Journal of 4(January), 266–272. <https://scholar.archive.org/work/zk5istfo5nac3ay3ineiwengze/access/wayback/https://journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/download/1158/525>