



Pengembangan Konsep

Studi Komparasi *Platform Open-Source Internet of Things*

Al Kautsar Permana¹, Ade Rachmawan²

¹ Politeknik STMI Jakarta, Jl. Letjen Suprpto No.26 RT.10/RW.05 Cempaka Putih, Kota Jakarta Pusat, 10510, Indonesia

² Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kukusan, Kec. Beji, Kota Depok, 16424, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 17 Juli 2021
Direvisi : 30 Maret 2023
Diterbitkan : 31 Maret 2023

KATA KUNCI

Arduino, Internet of Things Platform, Mappi32, Node MCU, Raspberry Pi

KORESPONDENSI

E-mail Author Korespondensi:
alkautsarpermana@kemenperin.go.id

A B S T R A K

Pada *paper* ini diulas mengenai prinsip operasi dari *internet of things* sebagai salah satu bidang penelitian yang saat ini sedang berkembang. Mikrokontroler yang berperan besar sebagai perangkat keras aplikasi *internet of things* dipaparkan spesifikasi dan fiturnya secara lengkap. *Internet of things platform* dipaparkan berdasarkan fungsinya. Ada yang berfungsi untuk mengolah dan memvisualisasikan data dari mikrokontroler untuk kebutuhan monitoring dan pembuatan keputusan, lalu ada yang berfungsi untuk mengendalikan aktuator yang dikontrol oleh mikrokontroler secara otomatis menggunakan perangkat *mobile* atau *pc*. Kelebihan dan kekurangan masing-masing mikrokontroler *dianalisis* dan dijadikan bahan acuan serta studi perbandingan untuk mengembangkan metode baru.

PENDAHULUAN

Internet of things (IoT) telah menjadi salah satu topik penelitian yang berkembang pesat beberapa tahun terakhir. Sensor, aktuator, dan peralatan elektronik lainnya mampu berkomunikasi satu sama lain dalam satu jaringan internet. Berbagai macam skenario penggunaan *IoT* kemudian dipetakan (Atzori et al., 2010; Ang & Seng, 2019). Skenario-skenario *IoT* dapat direalisasikan dengan menentukan perangkat keras dan perangkat lunak yang tepat serta menentukan arsitektur aplikasi *IoT* yang akan dibangun.

Salah satu skenario *IoT* yang didukung dengan mikrokontroler *open-source* adalah *smart environment*. Rumah, kantor, sekolah merupakan tempat-tempat dimana skenario ini diimplementasikan. Mikrokontroler *open-source* yang mendukung skenario ini harus memiliki kemampuan untuk mengintegrasikan peralatan elektronik dan rumah tangga dengan sensor-sensor dan menghubungkannya ke jaringan internet dengan perangkat

lunak yang dapat diakses melalui antarmuka pengguna.

Beberapa mikrokontroler yang dapat digunakan untuk skenario ini diantaranya Raspberry Pi, Arduino, Node MCU, dan Mappi32. Raspberry Pi bertindak selayaknya komputer mini yang memiliki sistem minimum perangkat keras layaknya komputer sedangkan Ardiono, Node MCU, dan Mappi32 merupakan keluarga mikrokontroler ATmega, ESP8266, dan ESP32. Implementasi *IoT* pada Raspberry Pi dilakukan pada (Cordova & Arief, 2019; Oltean, 2019; Setiyani, 2019). Raspberry memiliki kapabilitas untuk dikembangkan lebih lanjut karena dapat terhubung ke *web server* seperti Apache dan pemrograman berbasis *artificial intelligence (AI)* dapat dilakukan karena didukung oleh bahasa pemrograman python.

Penelitian yang pernah dilakukan dengan Arduino dan Node MCU dilakukan oleh (Chamdun et al., 2014; Kedoh et al., 2019; Mabrouki et al., 2021; Sarhan, 2020; Singgeta & Manembu, 2018; Syams & Suhartini, 2018; Wicaksono & Rahmatya, 2020; Yusman et al., 2019). Implementasi



Arduino pada skenario *IoT* sering melibatkan penggunaan modul lain karena Arduino tidak memiliki modul Wifi seperti halnya Node MCU. Dilain sisi, Node MCU dan Mappi32 dengan konektivitas Wifinya dapat langsung untuk aplikasi *IoT* namun terbatas pada library pemrograman untuk sensor dan aktuator.

Artikel ini mengulas standar operasi mikrokontroler *IoT* Raspberry Pi, Arduino, Node MCU, dan Mappi32 serta memaparkan kelebihan dan kekurangan masing-masingnya beserta platform *IoT* yang dapat mendukung mikrokontroler ini. Hal ini perlu dilakukan guna mencari alternatif-alternatif pengembangan penelitian dalam ranah *IoT*. Secara umum pembahasan paper ini dibagi menjadi beberapa bagian; bagian pertama adalah pendahuluan. Bagian kedua adalah pemaparan masing-masing fitur mikrokontroler. Bagian ketiga adalah pembahasan *IoT platform*. Bagian keempat adalah diskusi dan analisis perbandingan tiap-tiap mikrokontroler dengan *IoT platform* dan ditutup dengan kesimpulan pada bagian kelima.

MIKROKONTROLLER BERBASIS IOT

Raspberry Pi

Salah satu mikrokontroler *IoT* yang bersifat *open-source* adalah Raspberry Pi. Mikrokontroler ini secara fisik merupakan sebuah komputer dengan sistem operasi Linux. Raspberry Pi tidak terlihat seperti komputer pada umumnya, ketika dihubungkan dengan monitor, keyboard, dan mouse barulah tampilan fisiknya mirip komputer. Fitur-fitur yang melekat pada Raspberry Pi diantaranya *random access memory* (RAM), USB-C sebagai *port* catu daya, dua *port microSD*. Gambar 1 menunjukkan bentuk fisik dari Raspberry Pi.



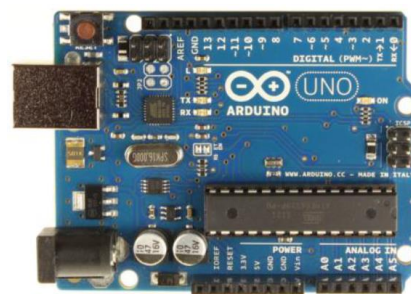
Gambar 1. Bentuk fisik Raspberry Pi ((Pi, 2020)

Raspberry Pi dapat terhubung ke *web server* memungkinkan platform ini bertindak sebagai *server*. Komunikasi sensor-sensor dan aktuator dapat terhubung dengan baik karena konektivitas terpusat pada Raspberry Pi dan dimonitor langsung melalui *server* secara daring.

Arduino

Arduino merupakan mikrokontroler yang lebih dulu ada dibandingkan mikrokontroler *IoT* yang lain. Tidak seperti

Raspberry Pi, Arduino tidak memiliki sistem operasi layaknya komputer. Arduino merupakan mikrokontroler berbasis ATmega328 8 bit. Awalnya Arduino didesain untuk membantu membuat proyek elektronika berbasis bahasa pemrograman C. Pemrograman dilakukan menggunakan *integrated development environment (IDE)* Arduino. Seiring berkembangnya teknologi mikrokontroler, Arduino kini mendukung untuk implementasi *IoT*. Dengan modul tambahan seperti ESP8266, Arduino dapat terhubung dengan internet memudahkan dalam menerapkan proyek berbasis *IoT*. Gambar 2 menunjukkan bentuk fisik Arduino.



Gambar 2. Bentuk fisik Arduino (Farnell, 2013)

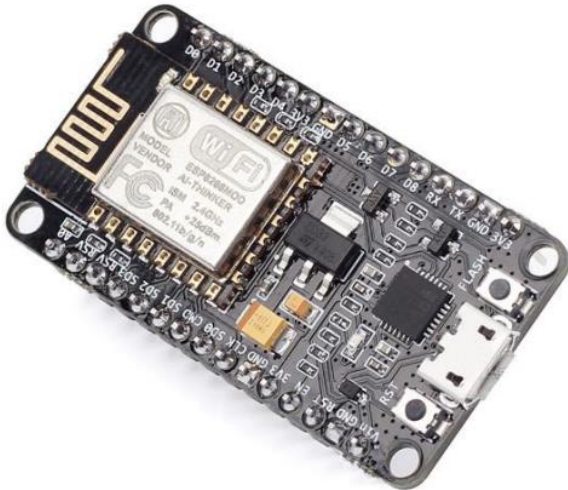
Arduino berkembang pesat dalam hal *IoT*, hal ini ditunjukkan dengan diluncurkannya *cloud server* sendiri sehingga pengguna Arduino dapat mengembangkan proyek Arduino dengan lebih mudah. *Board-board* yang mendukung aplikasi *IoT* diluncurkan satu persatu sehingga kini Arduino juga memiliki produk yang dapat menghubungkan *board* Arduino utama dengan *cloud server*. Komunikasi masukan dan keluaran Arduino dapat dipantau secara realtime. Hubungan antara sensor-sensor dan aktuator dibuat melalui modul Wifi. Dalam hal ini, dapat digunakan Arduino *cloud compatible board* ataupun ESP8266/ESP32. *Application programming interface (API)* digunakan untuk komunikasi data antara *cloud server* dengan sensor/aktuator. Data yang berhasil dikirim ke *cloud server* akan ditampilkan pada *dashboard* Arduino *cloud*. Gambar 3 menunjukkan *dashboard* Arduino *IoT cloud*.



Gambar 3. *Dashboard* Arduino *IoT Cloud* (Arduino, 2019)

Node MCU

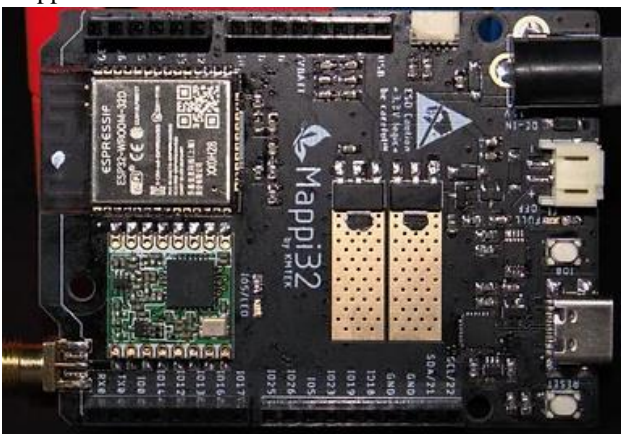
Mikrokontroler *IoT* yang lain adalah Node MCU yang berbasis mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan Wifi sehingga memiliki kapabilitas untuk terhubung dengan jaringan internet. Node MCU dapat dikembangkan menggunakan Arduino *IDE* seperti halnya Arduino. Gambar 4 menunjukkan bentuk fisik dari Node MCU.



Gambar 4. Bentuk fisik Node MCU (Rahmawati, 2017)

Mappi32

Mappi32 merupakan mikrokontroler yang berasal dari Indonesia (KMtek, 2021). Mappi32 adalah mikrokontroler berspesifikasi tinggi yang mendukung untuk terhubung ke jaringan LoRa (*long range area*). Tidak seperti Arduino yang hanya dapat tersambung melalui kabel USB dan NodeMCU yang dapat terhubung lewat kabel USB dan Wifi, Mappi32 dapat terhubung ke *Wifi*, *Bluetooth* dan *LORA*. Mikrokontroler mappi32 dapat diprogram menggunakan Arduino *IDE*, *ESP*, *IDF* dan *microPhyton*. Gambar 5 menunjukkan bentuk fisik dari Mappi32.



Gambar 5. Bentuk fisik Mappi32 (KMTEK, 2021)

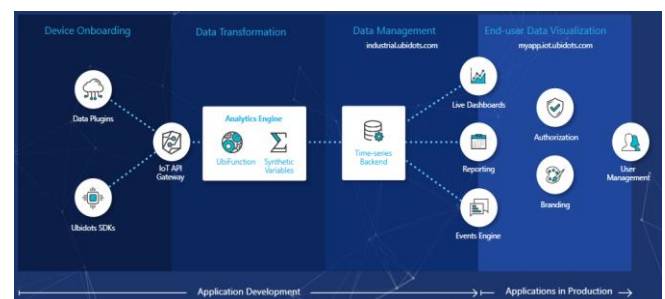
IOT PLATFORM

Secara umum *IoT platform* merupakan wadah dimana data yang dibaca oleh mikrokontroler disimpan dan divisualisasikan melalui perangkat lunak berbasis *cloud server*. Secara fungsi, *IoT platform* terbagi menjadi dua; *IoT platform* yang memiliki peranan untuk menghimpun, mengolah, dan menampilkan data dari mikrokontroler dan *IoT platform* yang memiliki peranan untuk mengendalikan aktuator yang dikontrol oleh mikrokontroler. Pada bagian ini akan dipaparkan berbagai macam *IoT platform* yang dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler pada bahasan diatas.

Ubidots

Platform *IoT* yang cukup terkenal dan banyak dipakai industri adalah Ubidots. Ubidots memungkinkan integrasi antara berbagai macam mikrokontroler dengan *API* dan *SDK (Software Development Kit)*. Mikrokontroler yang membaca data dari sensor dan aktuator akan mengirimkan datanya melalui dua jalur; Ubidots *SDKs* dan *data plugins*. Protokol integrasi data dapat menggunakan *HTTP (Hypertext Transfer Protocol)*, *MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)*, *TCP (Transmission Control Protocol)*, *UDP (User Datagram Protocol)* dan lain sebagainya pada digunakan pada jalur Ubidots *SDKs*. Sedangkan, untuk data *plugins API* dapat dibuat sendiri menggunakan *Node.js*. Gambar 6 menunjukkan proses pembuatan aplikasi berbasis *IoT platform* Ubidots mulai dari tahap pengembangan sampai produksi.

Data yang sudah dihimpun selanjutnya dikirimkan ke server Ubidots menggunakan *IoT API gateway*. Data yang sudah sampai server Ubidots ditransformasikan untuk diolah lebih lanjut seperti normalisasi, kalkulasi aritmatika, filter, data agregasi, data optimalisasi dan lain sebagainya. Tujuan pengolahan ini untuk membantu *end-user* dalam visualisasi data dan sebagai sarana untuk membuat keputusan.



Gambar 6. Proses pembuatan aplikasi berbasis *IoT platform* Ubidots mulai dari tahap pengembangan sampai produksi

Selanjutnya, data yang sudah ditransformasikan dibagi sesuai kategorinya. Melalui fungsi *time-series backend*,

data dapat disimpan di server cloud Ubidots selama 2 tahun penuh. Ada data yang diolah menjadi data live dashboards yang berfungsi untuk menampilkan data *realtime* dari *actuator* dan *sensor*. Sebagian ada yang diolah untuk reporting yang sifatnya ditampilkan pada waktu tertentu saja misalnya mingguan atau bulanan yang dapat diunduh ke dalam format pdf atau excel. Sebagian lainnya melalui fitur events engine, Ubidots dapat membuat logika bisnis yang kompleks melalui perangkat keras *sensor* dan *actuator* seperti mengirimkan alert melalui SMS, telegram, email, dan sebagainya jika ada kondisi tertentu yang dibaca oleh perangkat keras. Fitur terakhir Ubidots, *end-users* dapat mengelola aplikasinya sendiri melalui fitur *user management*. Alokasi pembatasan akses *end-user* dapat dikustomisasi sesuai kebutuhan.

Antares

Antares merupakan IoT platform di bawah PT Telkom Indonesia Tbk yang memiliki fitur yang serupa dengan Ubidots (Antares, 2023). Antares dapat terhubung ke berbagai koneksi seperti Wifi, 4G, LoRa, NB-IoT dan lain sebagainya. Antares tidak hanya menyediakan *IoT platform* namun juga *IoT device* seperti mikrokontroler, sensor, dan aktuator. Konektivitas Antares menggunakan LoRaWAN yang menggunakan arsitektur jaringan dengan topologi star. Topologi LoRa ditunjukkan pada gambar 7.

Topology LoRa Connectivity in Antares



Gambar 7. Topologi LoRa pada Antares

LoRaWAN memungkinkan sensor dan aktuator untuk dapat terkoneksi dengan server Antares melalui gateway pada jarak 5-10 KM. Antares dapat terhubung dengan berbagai *library* mikrokontroler seperti ESP8266, Arduino, ESP32, Raspberry Pi, NB-IoT.

Thingspeak

Thingspeak merupakan *IoT platform* yang dapat memvisualisasikan data untuk kebutuhan analisis dan membuat keputusan (Thingspeak, 2023). Secara konsep, *platform* ini memiliki fitur yang hampir sama dengan *platform* lain pada umumnya. Perbedaan mendasar adalah Thingspeak memiliki fitur untuk analisis dan visualisasi data dengan Matlab dan Simulink. Data yang tersimpan dari *cloud server* dapat diolah menggunakan Simulink dengan *toolbox* yang sudah disediakan oleh Matlab.

RemoteXY

RemoteXY merupakan *IoT platform* yang berfokus pada pengontrolan mikrokontroler berbasis perangkat lunak. Tidak seperti Ubidots, Antares, dan Thingspeak yang menampung data dari sensor serta aktuator untuk kebutuhan analisis dan visualisasi data, RemoteXY mengendalikan sensor dan aktuator melalui *interface mobile* atau *pc*. RemoteXY mendukung mikrokontroler Arduino, ESP8266, dan ESP32 agar dapat saling terintegrasi. Pada *platform* ini, *graphical user interface* (GUI) dapat dibuat sesuai kebutuhan dan digunakan untuk aplikasi mikrokontroler pengontrolan aktuator. Jenis-jenis aktuator yang dapat dikendalikan menggunakan *platform* ini antara lain saklar, *joystick*, lampu, *buzzer*, dan lain sebagainya. *Platform* ini dapat dijalankan pada sistem operasi telepon genggam seperti Android dan iOS.

Blynk

Blynk merupakan IoT platform yang memiliki kapabilitas untuk memvisualisasikan data serta mengendalikan sensor dan aktuator secara bersamaan. Secara konsep, platform ini sama dengan Ubidots, Antares, dan Thingspeak. Namun, kemampuan untuk mengontrol aktuator menyamai RemoteXY. Platform ini dapat beroperasi pada *mobile* dan *pc*. Blynk dapat dioperasikan dengan lebih dari 400 hardware termasuk didalamnya Arduino, Raspberry Pi, NodeMCU, Mappi32, ESP32, dan ESP8266 serta konektivitasnya tidak hanya Wifi, USB dan Ethernet saja melainkan jaringan seluler seperti (GSM, 2G, 3G, dan 4G).

HASIL DAN DISKUSI

Satu-satunya platform yang memiliki cakupan luas dalam pengembangan perangkat keras dan lunak adalah Raspberry Pi. Bertindak layaknya komputer, perencanaan arsitektur aplikasi *IoT* dapat dilakukan dengan baik sebelum dieksekusi. Raspberry pi dapat terhubung ke internet dan bertindak sebagai server karena tersambung dengan *web server*. Hal ini membuat Raspberry pi dapat independen tanpa platform IoT sekalipun. Selain itu, ditambah kemampuan pemrograman Python dalam mendukung AI membuat Raspberry Pi menjadi platform yang kokoh. Sebagai contoh, aplikasi deteksi wajah menggunakan kamera yang terhubung secara daring dapat dilakukan tidak hanya oleh Raspberry Pi tetapi juga Node MCU. Namun, Node MCU hanya memiliki kemampuan untuk menampung satu pengenalan wajah saja. Raspberry Pi dengan pemrograman Python memiliki library OpenCV yang dapat menyimpan dan mendeteksi banyak pengenalan wajah.

Di samping memiliki kelebihan, Raspberry Pi juga memiliki beberapa kelemahan, diantaranya adalah harga

perangkat yang relatif mahal. Layaknya sebuah komputer, Raspberry Pi dilengkapi dengan *processor*, RAM, ROM, serta media penyimpanan *microSD*. Jika dibandingkan dengan Arduino dan Node MCU, jelas sekali perangkat keras Raspberry Pi jauh lebih mahal. Selain itu kelemahan lainnya adalah rumitnya setting dasar serta operasi Raspberry Pi. Bagi para pemula yang baru ingin mencoba *IoT*, Raspberry Pi akan menjadi mikrokontroler yang menyulitkan karena secara teknis sistem operasi Linux perlu dipasang terlebih dahulu. Lalu, kurangnya dokumentasi dalam hal *setting* perangkat keras dan perangkat lunak membuat sulit para pemula ketika berhadapan dengan Phyton.

Arduino merupakan mikrokontroler tertua dengan dukungan komunitas yang tinggi membuatnya mudah untuk membuat berbagai macam proyek dengan berbagai macam sensor dan aktuator. *Library* pemrograman dengan berbagai macam kasus dan kondisi sebagian besar sudah tersedia dan sifatnya *open-source*. Namun, jika kaitannya dengan proyek *IoT*, Arduino membutuhkan perangkat keras lain yang dapat membantunya untuk terhubung ke jaringan internet. Modul ESP8266 yang merupakan mikrokontroler dari Node MCU biasa digunakan untuk aplikasi *IoT* berbasis Arduino dan modul ini *standalone* dari Arduino. Aplikasi *IoT* menggunakan Arduino menjadi lebih mudah sejak diluncurkannya *cloud platform* Arduino ditahun 2019. Proyek Arduino dapat dihubungkan dengan cloud platform tersebut melalui API.

Tabel 1. Perbandingan Aspek Teknis Raspberry Pi, Arduino, dan Node MCU

	Arduino	Raspberry Pi	Node MCU	Mappi32
Developer	Arduino	Raspberry Pi Foundation	ESP8266 Open Source Comm.	KMTek
Type	Single Board Microcontroller	Mini Computer	Single Board Microcontroller	Single Board Microcontroller
Operating System	None	Linux	XTOS	None
CPU	Atmel	ARM	LXT106	ESP32-WROOM-32E
Operating Voltage	5V	5V	3.3V	3-5 V
Clock Speed	16 MHz	1.2 GHz	26 MHz – 52 MHz	
System Memory	2 KB	1 GB	< 4.5 KB	
Flash Memory	32 KB	-	Up to 128 MB	
EEPROM	1 KB	-	-	
Development environment	Arduino IDE	Any linux compatible IDE	Arduino IDE, Lua Loader	Arduino IDE, ESP IDF, microPyhton
Programming Language	Wiring, C	Phyton, C, C++, Java	Wiring, C, C++	Wiring, C
I/O Connectivity	SPI I2C UART GPIO	SPI DSI UART SDIOCSI GPIO	UART, GPIO	

Sumber: (Ooko, 2019; Patnaikuni, 2017)

Selain memiliki berbagai kelebihan, Node MCU juga memiliki kelemahan. Kelemahan yang cukup terlihat adalah kurangnya *library* untuk sensor-sensor dan aktuator. Pada awalnya, Node MCU dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Lua. Lalu, seiring berjalannya waktu, Node MCU dapat dikembangkan melalui Arduino *IDE*. Saat ini dukungan komunitas untuk mengembangkan Node

Kelebihan Arduino lainnya adalah kendali masukan/keluaran yang dapat dipantau secara realtime, karena data pembacaan sensor dibaca dan secara simultan dikirimkan ke *cloud server* sehingga monitoring dapat lebih presisi. Selain itu, Arduino yang hanya mikrokontroler dapat beroperasi dengan satu daya dari baterai, menungkinkan untuk membuat proyek-proyek *IoT* yang sifatnya diluar ruangan. Selanjutnya, secara harga Arduino relatif lebih murah dibandingkan Raspberry Pi. Raspberry Pi agar dapat beroperasi harus menggunakan *microSD* sebagai media penyimpanan sistem operasi dan program sehingga biaya-biaya tambahan diluar *board* Raspberry Pi juga banyak.

Tidak seperti Raspberry Pi dan Arduino yang tujuan awal dikembangkannya adalah untuk mendukung pengembangan elektronika dan sistem digital, Node MCU dan Mappi32 datang dengan fokus utama pada pengembangan aplikasi *IoT*. Datang dengan fitur Wifi dan Bluetooth membuat Node MCU dan Mappi32 menjadi salah satu mikrokontroler pesaing. Node MCU juga dapat diprogram menggunakan Arduino IDE sehingga memiliki opsi untuk berkolaborasi dengan Arduino. Sama halnya dengan Arduino, dalam hal konektivitas ke *cloud server* Node MCU dan Mappi32 menggunakan API. *IoT platform* yang dapat digunakan pun beragam seperti Ubidots, Antares, Blynk, RemoteXY, ThingSpeak dan lain sebagainya.

MCU melalui *IDE* cukup tinggi. Bukan hal yang mustahil, dalam beberapa tahun kedepan Node MCU juga akan memiliki *library* yang banyak seperti halnya Arduino.

Dari segi aspek teknis, perbandingan Raspberry Pi, Arduino, dan Node MCU dipaparkan pada tabel 1. Secara umum, perbedaan antara Raspberry Pi dengan Arduino, Node MCU dan Mappi32 adalah tipe *processornya*.

Raspberry Pi merupakan *minicomputer* sedangkan Arduino, Node MCU, dan Mappi32 merupakan mikrokontroler yang masing-masing menggunakan ATmega, ESP8266, dan ESP32.

KESIMPULAN

Pada makalah ini telah disampaikan empat macam mikrokontroler yang dapat digunakan pada aplikasi *IoT* yaitu Raspberry Pi, Arduino, Node MCU, dan Mappi32. Fitur-fitur setiap *mikrokontroler* dibahas dan dianalisis perbandingan antara keempatnya. Lebih jauh lagi, keempat mikrokontroler saat ini memungkinkan untuk saling bersinergi dan terkoneksi satu sama lain dengan *platform IoT* yang sudah ada. Pengembangan aplikasi *IoT cross platform* dapat dilakukan agar kelebihan satu-sama lain dapat dieksploitasi guna perkembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ang, K. L. M., & Seng, J. K. P. (2019). Application Specific Internet of Things (ASIoTs): Taxonomy, Applications, Use Case and Future Directions. *IEEE Access*, 7, 56577–56590. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2907793>
- Antares. (2023, 28 Maret). Antares connectivity LoRaWAN. <https://antares.id/connectivity>
- Arduino. (2019). *Getting started with the Arduino*. <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Blynk. (2023, 28 Maret). Low-Code IoT Software Platform for Electronics Manufacturers. <https://blynk.io/blynk-iot-low-code-software-platform>
- Chamdun, M., Rochim, A. F., & Widiyanto, E. D. (2014). Sistem Keamanan Berlapis pada Ruang Menggunakan RFID (Radio Frequency Identification) dan Keypad untuk Membuka Pintu Secara Otomatis. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 2(3), 187–194. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2.3.2014.187-194>
- Cordova, M. D., & Arief, S. N. (2019). Implementasi IOT Pada Smartgreenhouse Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Aplikasi Android. *Seminar Informatika Aplikatif Polinema*, 13–17.
- Farnell. (2013). *Arduino Uno Datasheet*. Datasheets. <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
- Kedoh, A. R., Nursalim, N., Djahi, H. J., & Pollo, D. E. D. G. (2019). Sistem Kontrol Rumah Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Media Elektro*, 1–6. <https://doi.org/10.35508/jme.v8i1.1403>
- KMtek. (2021, 2 Mei). Mikrokontroler: Seputar Mappi32 dan Arduino Uno. <https://www.kmtech.id/post/mikrokontroler-seputar-mappi32-dan-arduino-uno>
- Mabrouki, J., Azrou, M., Dhiba, D., Farhaoui, Y., & Hajjaji, S. El. (2021). IoT-based data logger for weather monitoring using arduino-based wireless sensor networks with remote graphical application and alerts. *Big Data Mining and Analytics*, 4(1), 25–32. <https://doi.org/10.26599/BDMA.2020.9020018>
- Oltean, S. E. (2019). Mobile Robot Platform with Arduino Uno and Raspberry Pi for Autonomous Navigation. *Procedia Manufacturing*, 32, 572–577. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.254>
- Ooko, S. O. (2019). A Comparison of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 Boards. *December*, 3–5.
- Patnaikuni, D. R. P. (2017). A Comparative Study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT Development Board. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(5), 2350–2352.
- P., Zuhri, K., & Ihkwan, A. (2020). Perancangan Sistem Keamanan Ganda Brangkas Berbasis Telegram Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM. *Jurnal Teknologi Dan Informatika (JEDA)*, 1(2), 1. <http://jurnal.umitra.ac.id/index.php/JEDA/article/view/470>
- Pi, R. (2020). *Raspberry Pi 4 Computer Model B*. Raspberrypi.Org. www.raspberrypi.org
- Rahmawati, V. (2017). Nodemcu V3. *Eprints.Akakom.ac.id*.
- RemoteXY. (2023, 28 Maret). About RemoteXY. <https://remotexy.com/>
- Sarhan, Q. I. (2020). Systematic Survey on Smart Home Safety and Security Systems Using the Arduino Platform. *IEEE Access*, 8, 128362–128384. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008610>
- Setiyani, L. (2019). Perancangan dan Implementasi IoT (Internet of Things) pada Smarthome Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Android. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 10(2), 459–466.
- Singgeta, R. L., & Manembu, P. (2018). *Sistem Pengamanan Pintu Rumah Dengan Rfid Berbasis Wireless Esp8266*. 2018(Ritektra), 2–3. <https://doi.org/10.31219/osf.io/9q4z7>
- Syams, A. M. N., & Suhartini. (2018). Prototipe Sistem Keamanan Menggunakan Rfid Dan Keypad Pada Ruang Penyimpanan Di Bank Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 23(2), 144–153. <https://doi.org/10.35760/ik.2018.v23i2.2356>
- Thingspeak. (2023, 28 Maret). About ThingSpeak. <https://thingspeak.com/>
- Ubidots. (2023, 28 Maret). IoT and Cloud tools to build your business. <https://ubidots.com/platform/>
- Wicaksono, M. F., & Rahmatya, M. D. (2020). Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home. *Jurnal Teknologi Dan Informatika*, 10(1), 40–51. <https://doi.org/10.34010/jati.v10i1.2836>
- Yusman, Y., Bakhtiar, B., & Sari, U. (2019). Rancang Bangun Sistem Smart Home dengan Arduino Uno R3 Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Litek: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 16(1), 25. <https://doi.org/10.30811/litek.v16i1.1466>