

Perbandingan Analisis SWOT Antara Platform *Arduino UNO* dan *Raspberry Pi*

Irfan Ardiansah*, Selly Harnesa Putri

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian,
Universitas Padjadjaran
*E-mail: irfan@unpad.ac.id

Abstrak

Kecenderungan penggunaan *Internet of Things (IoT)* dalam otomasi rumah tangga telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir yang dipengaruhi oleh koneksi internet yang semakin cepat dan murah juga akibat peningkatan jumlah pengguna *smartphone* dunia. Perangkat *IoT* yang tersedia di pasaran biasanya memiliki fitur yang terbatas dan sulit dikustomisasi. Salah satu alternatif yang ditawarkan untuk masalah tersebut adalah dengan mengembangkan sendiri *IoT* menggunakan platform *Arduino UNO* atau *Raspberry Pi*, dua platform yang biasanya digunakan dalam pengembangan purwarupa perangkat keras. Kedua platform ini memiliki harga yang murah, mudah dikustomisasi, dan memiliki komunitas pengguna yang luas. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan spesifikasi, fitur dan kemampuan kedua platform dengan menggunakan analisis SWOT. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan untuk memilih platform mana yang paling cocok saat melakukan pengembangan purwarupa perangkat keras terutama perangkat *Internet of Things*. Penelitian yang dilakukan memperlihatkan bahwa *Arduino UNO* memiliki keunggulan dalam penggunaan pin analog dan digital serta port *USB* aktif, sedangkan *Raspberry Pi* memiliki keunggulan pada variasi peripheral yang dapat dihubungkan melalui port *USB* dan spesifikasi perangkat keras. Berdasarkan temuan tersebut maka solusi yang ditawarkan adalah menggabungkan platform *Arduino UNO* dan *Raspberry Pi* melalui koneksi port *USB* yang tersedia pada kedua platform.

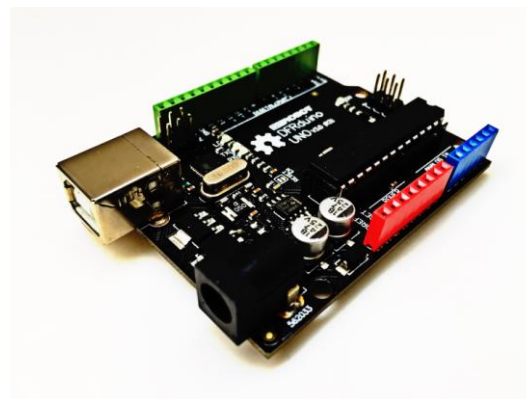
Kata Kunci: *Embedded System, Single Board Computer, Komparasi, Mikrokontroler, Internet of Things*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi telah mencapai sebuah era dimana mulai dikembangkan perangkat yang dapat diotomasi secara *remote* melalui internet, era ini dinamakan era *Internet of Things (IoT)*. Dalam era ini sistem informasi dan komunikasi akan saling terhubung satu dengan lainnya melalui media internet dan merupakan era dimana kecepatan transaksi data melalui internet semakin tinggi sehingga pengguna dapat menggunakan internet sebagai perangkat monitoring, media penyimpanan, kakas analitik, platform visualisasi dan pengaksesan dapat dilakukan kapan dan dimana saja. *IoT* sendiri dapat dikembangkan oleh perorangan dengan menggunakan berbagai platform, diantaranya *Arduino UNO* dan *Raspberry Pi*. (Gubbi, Buyya, Marusic, & Palaniswami, 2013).

Mikrokontroler *Arduino* diperkenalkan pada tahun 2005 dengan konsep pengembangan mikrokontroler yang murah dan mudah digunakan. Platform ini memiliki berbagai varian jenis dan bentuk dengan varian yang paling populer adalah *Arduino UNO* dan *Arduino MEGA 2560* (Wheat, 2012). Alasan pemilihan *Arduino UNO* karena platform ini menggunakan chipset *ATmega8U2* yang keunggulannya adalah dapat terdeteksi sebagai perangkat *USB* saat dihubungkan dengan komputer, platform ini juga dapat dengan mudah dikembangkan melalui penambahan *module* atau *shield* (Evans, Noble, & Hochenbaum, 2013).

Penggunaan *Arduino UNO* sebagai kakas untuk mengajarkan mata kuliah elektronika dasar di *Universidad de Granada* Spanyol menghasilkan kesimpulan bahwa 61% mahasiswa yang mengambil mata kuliah tersebut menganggap bahwa materi mengenai *Arduino* mudah dimengerti dan 53% diantaranya menganggap bahwa materi mengenai *Arduino* ini sangat menarik untuk dieksplorasi (Rubio, Hierro, & Pablo, 2013).



Gambar 1. DFRduino UNO
(Dokumen Pribadi, 2016)

Raspberry Pi adalah sebuah komputer mini yang dikembangkan di Inggris oleh *Raspberry Pi Foundation* dengan ukuran sebesar kartu kredit dan memiliki harga yang sangat murah, sudah

diproduksi lebih dari sepuluh juta unit dan teknologinya sudah diperbaharui sebanyak tiga kali. Platform ini merupakan platform yang siap pakai dengan ketersediaan konektor USB, konektor HDMI, konektor Ethernet, slot SD atau MicroSD, pasokan listrik melalui konektor Micro USB dan menggunakan sistem operasi Raspbian yang diinstall ke kartu SD atau MicroSD (Norris, 2015). *Processor* yang digunakan pada *Raspberry Pi* adalah Broadcom BCM2835 *System-on-chip* (SOC), yang berarti bahwa berbagai komponen dalam platform ini disatukan dalam sebuah chip yang terintegrasi dengan *Random Access Memory* (RAM) dan menggunakan arsitektur ARM. Teknologi inilah yang membuat *Raspberry Pi* dapat bekerja hanya dengan pasokan tegangan sebesar 5 volt dan arus sebesar 1 ampere (Upton & Halfacree, 2014).



Gambar 2. Raspberry PI Type B
(Dokumen Pribadi, 2016)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman dari masing-masing platform sehingga hasil yang didapatkan bisa menjadi acuan dalam pemilihan platform mikrokontroler terutama untuk pengembangan IoT.

2. Metode

Metode yang digunakan adalah metode kualitatif, dengan fokus pada kualitas informasi untuk mendapatkan kejelasan alasan dan motivasi dalam memilih platform *Arduino* atau *Raspberry Pi*. Teknik yang digunakan adalah teknik observasi secara langsung terhadap fitur dan fungsi yang dimiliki kedua platform tersebut sehingga didapatkan parameter *Strength*, *Weakness*, *Opportunity* dan *Threat*.

2.1 Analisis SWOT

Analisis *SWOT* adalah kaskas yang efektif untuk mengumpulkan informasi dan mengambil keputusan berdasarkan analisis tersebut. *SWOT* menjabarkan kekuatan dan kelemahan sebuah sistem dilihat dari sisi internal, sedangkan peluang dan ancaman adalah penjabaran sebuah sistem dilihat dari sisi eksternal (Wu, 2009).

STRENGTH

Melihat keunggulan berdasarkan fitur-fitur yang dimiliki internal sistem bila dibandingkan dengan kompetitor. Kekuatan ini perlu diidentifikasi untuk mengenali bagian sistem mana saja yang bekerja dengan baik.

WEAKNESS

Menampilkan kelemahan yang dimiliki oleh internal sistem bila dibandingkan dengan kompetitor. Mencari kelemahan merupakan hal yang paling sulit karena kelemahan dipandang sebagai hal negatif dan diperlukan kejujuran dalam pemaparannya.

OPPORTUNITIES

Entitas yang dilihat dalam analisis ini bukan hanya entitas dalam sistem, tetapi juga entitas luar sistem. Peluang digunakan oleh sistem untuk memprediksi masa depan, terutama dalam memaksimalkan fungsi sistem dan isu ekonomi.

THREAT

Mengidentifikasi ancaman dapat membantu sistem dalam menangani masalah yang akan terjadi di kemudian hari, karena ancaman bersifat eksternal maka cakupannya lebih luas dan sulit diidentifikasi tapi ancaman dapat dilawan dengan strategi "what if".

Analisis *SWOT* ini dapat menyajikan sebuah kerangka ideal mengenai sebuah sistem karena menggambarkan sistem tersebut secara sederhana namun akurat. Pengembangan sistem yang terbaik adalah dengan memaksimalkan *strengths* dan *opportunities* sembari meminimalisir *weaknesses* dan *threats*, sehingga dapat menganalisis sistem yang berjalan dan merencanakan sistem di masa depan dalam waktu bersamaan (Hazelbaker, 2006).

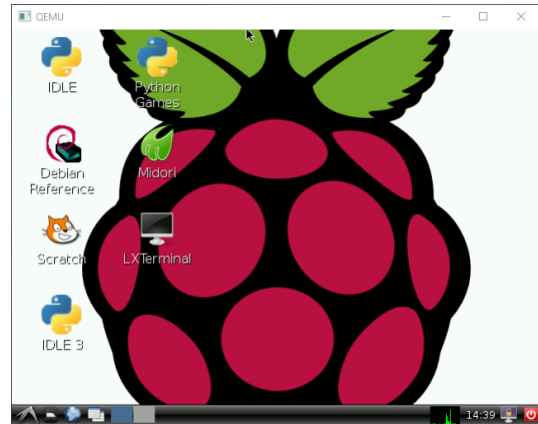
2.2 Instrumen Penelitian

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah:

1. DFRduino UNO Rev 3.0, merupakan sebuah *clone Arduino UNO* yang memiliki perangkat keras dan fungsi yang sama,
2. *Raspberry Pi 3 Type B*, model yang sudah dilengkapi dengan koneksi nirkabel dan prosesor terbaru,
3. *Breadboard* 400 pin, digunakan untuk merakit komponen elektronik yang akan dihubungkan pada mikrokontroler tanpa perlu melalui proses *soldering*,
4. *Ethernet Shield*, perangkat yang memberikan fitur koneksi internet melalui kabel pada *Arduino UNO*,



Gambar 3. DFRduino UNO + Ethernet Shield
(Dokumen Pribadi, 2016)



Gambar 5. Raspbian Jesse OS
(Dokumen Pribadi, 2016)

5. Kabel *Jumper*, penghubung antara mikrokontroler dan *breadboard* biasanya berjenis kabel tunggal dan memiliki konektor *male* atau *female*.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah:

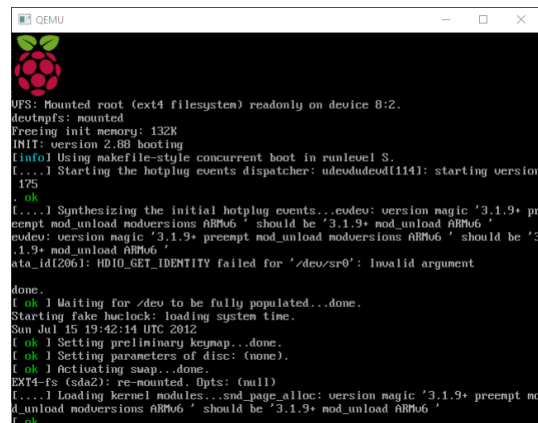
1. *Arduino IDE*, aplikasi yang digunakan untuk menulis dan mengunggah kode program yang ditulis untuk *Arduino*,



Gambar 4. Arduino IDE
(Dokumen Pribadi, 2016)

2. *Raspbian Jesse Lite OS*, sistem operasi berbasis Linux Debian yang sudah dioptimalkan untuk *Raspberry Pi*, versi *Lite* merupakan versi yang tidak memiliki *window manager*.
3. *QEMU*, emulator *Raspbian Jesse OS* berbasis *Windows*,
4. *Processing IDE*, aplikasi pemrograman yang merupakan dasar dari *Arduino IDE* dan dapat menjadi antarmuka bagi koneksi *Arduino* dan komputer,
5. *Python*, bahasa scripting yang digunakan oleh *Raspberry Pi* untuk melakukan transaksi data dengan komponen elektronika,

6. *Notepad/Nano*, teks editor yang digunakan untuk menuliskan script perintah,
7. *Partition Manager*, aplikasi gratis yang digunakan untuk menghapus dan membuat partisi pada kartu memori *Raspberry Pi*,
8. *Win32DiskImager*, aplikasi yang digunakan untuk menginstallkan sistem operasi ke dalam kartu memori *Raspberry Pi*,
9. *Putty*, aplikasi *Windows* yang digunakan untuk mengakses linux terminal *Raspberry Pi* melalui *ssh server*,
10. *WinSCP*, aplikasi *Windows* yang digunakan untuk mengakses file dan direktori pada *Raspberry Pi* melalui *ssh server*,
11. *Fritzing*, aplikasi *open source* yang digunakan untuk merancang perangkat elektronik dengan konsep *WYSIWYG*,



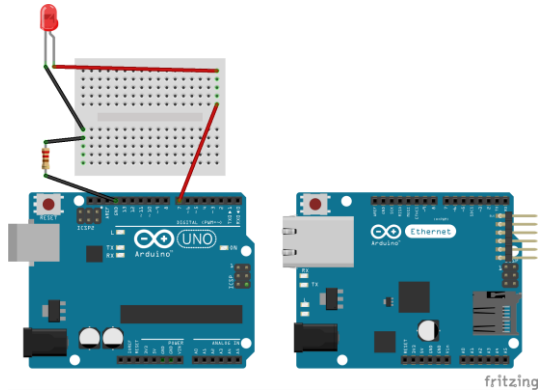
Gambar 6. Booting Raspberry Pi
(Dokumen Pribadi, 2016)

3. Hasil dan Pembahasan

Platform *Arduino UNO* dan *Raspberry Pi* membutuhkan komputer untuk menjalankan fungsinya. Platform *Arduino UNO* membutuhkan aplikasi *Arduino IDE* yang terinstal di dalam komputer untuk menulis dan mengunggah kode program. Kode program diunggah ke dalam *Arduino UNO* dengan menggunakan kabel *USB Type-B*, setelah kode diunggah maka *Arduino UNO* dapat bekerja tanpa bantuan komputer

selama memiliki pasokan daya, dapat melalui listrik AC menggunakan adaptor USB atau *AC to DC converter*, alternatif lainnya adalah dengan menggunakan listrik DC melalui penambahan baterai eksternal.

Alur Kerja platform *Arduino UNO* dilihat dari sisi perangkat keras adalah sebagai berikut: Komponen Elektronika → *Breadboard* → *Shield* (Optional) → *Arduino UNO*



Gambar 7. Alur Kerja Perangkat Keras *Arduino UNO*
(Dokumen Pribadi, 2016)

Struktur kode program *Arduino UNO* membutuhkan minimal 2 (dua) buah prosedur wajib yaitu *void setup()* dan *void loop()*. Prosedur *void setup()* digunakan sebagai tahap persiapan, prosedur ini hanya akan dieksekusi 1 (satu) kali saat *Arduino* menyala atau reset. Fungsinya adalah untuk menginisialisasi variabel, menyiapkan pin yang akan digunakan, dan memanggil library *Arduino*. Prosedur *void loop()* digunakan untuk menuliskan kode program yang akan dikerjakan berulang-ulang oleh *Arduino*, selama *Arduino* menyala maka semua kode program di dalam *void loop()* akan dieksekusi tanpa henti.

```
Blink | Arduino 1.6.11
File Edit Sketch Tools Help
Blink $
int pinNum;

void setup() {
  pinNum = 7;
  pinMode(pinNum, OUTPUT);
}

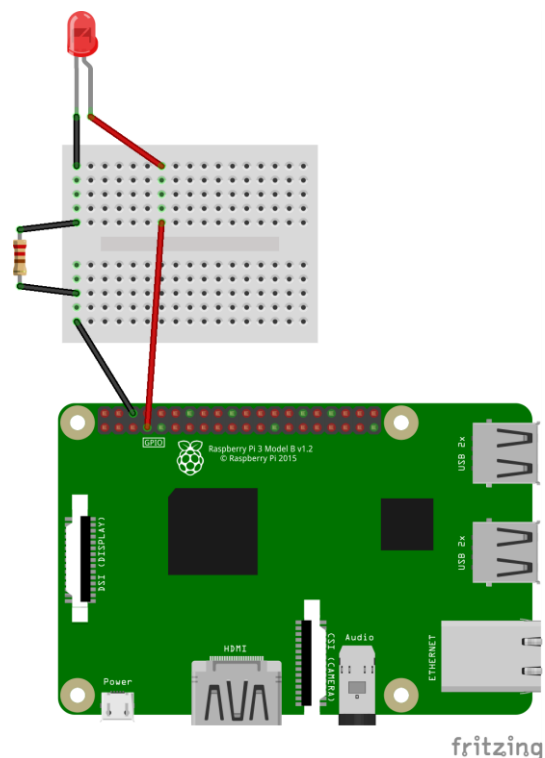
void loop() {
  digitalWrite(pinNum, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(pinNum, LOW);
  delay(1000);
}

Done uploading.
Sketch uses 958 bytes (2%) of program storage space. Maximum is 32,256.
Global variables use 11 bytes (0%) of dynamic memory, leaving 2,037 B free.
12 Arduino/Genuino Uno on COM3
```

Gambar 8. Contoh Kode Program *Arduino UNO*
(Dokumen Pribadi, 2016)

Platform *Raspberry Pi* membutuhkan komputer yang terinstal beberapa aplikasi di dalamnya, bila menggunakan komputer dengan sistem operasi *Windows*, maka yang diperlukan adalah aplikasi *Partition Manager* yang mendukung pembacaan partisi Linux seperti Ext3, Ext4 atau *LinuxSwap* serta aplikasi untuk menuliskan sistem operasi *Raspbian OS* ke dalam kartu memori. Setelah kedua hal tersebut dilakukan maka *Raspberry Pi* dapat bekerja tanpa bantuan komputer selama memiliki pasokan daya yang diberikan melalui konektor *MicroUSB*.

Alur Kerja platform *Raspberry Pi* dilihat dari sisi perangkat keras adalah sebagai berikut: Komponen Elektronika → *Breadboard* → *Raspberry Pi GPIO Pin*



Gambar 9. Alur Kerja Perangkat Keras *Raspberry Pi*
(Dokumen Pribadi, 2016)

Penggunaan sistem operasi pada *Raspberry Pi* membuat pilihan bahasa pemrograman atau scripting yang dapat digunakan dalam platform ini pun menjadi semakin banyak seperti *BASH*, *Python*, *C*, *C++*, *Perl*, *PHP*, *Ruby* dan lain-lain dengan *Python* sebagai pilihan utama untuk mengendalikan *GPIO pin* karena *Python* sudah memiliki pustaka untuk mengakses *GPIO pin*.

```
pi@raspberrypi:~$ nano light.py
GNU nano 2.2.6 File: light.py
import RPi.GPIO as GPIO
import time

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setup(7, GPIO.OUT)
GPIO.setwarnings(False)

while True:
    GPIO.output(7, True)
    time.sleep(1)
    GPIO.output(7, False)
    time.sleep(1)
```

Gambar 10. Contoh Kode Program Dalam Python
(Dokumen Pribadi, 2016)

3.1 Analisis SWOT Arduino UNO

STRENGTH

1. Pin Analog dan Digital, Pin analog pada Arduino digunakan untuk mengirim nilai antara 0 (0v) – 1(5v), sedangkan pin digital digunakan untuk membaca dan mengirim nilai mutlak 0 atau 1,
2. Pin *Pulse Width Modulation* (PWM), pin PWM merupakan pin digital khusus pada Arduino yang mampu memanipulasi sinyal digital sehingga menghasilkan sinyal analog, pin yang mendukung PWM adalah pin nomor 3, 5, 6, 9, 10 dan 11,
3. *Real Time Response*, Arduino tidak memiliki sistem operasi dan hanya dapat mengerjakan satu buah pekerjaan dalam satu waktu maka pekerjaan tersebut dapat langsung dikerjakan tanpa perlu menunggu antrian,
4. USB Data dan Power, koneksi USB pada Arduino dapat digunakan untuk menyalakan Arduino, mengirim atau menerima data sehingga memungkinkan untuk dilakukan transaksi data antara Arduino dan komputer.

WEAKNESS

1. Pin Arduino hanya dapat digunakan untuk menghubungkan 1 (satu) komponen saja yang menyebabkan jumlah komponen yang dapat dihubungkan ke dalam Arduino menjadi terbatas,
2. Memory terbatas, Arduino UNO hanya memiliki *Flash Memory* sebesar 32k, *SRAM* sebesar 2k dan *EEPROM* sebesar 1k. Manajemen memori yang kurang tepat akan menyebabkan aplikasi tidak bekerja atau bekerja dengan tidak sempurna.
3. Pustaka *Shield*, *Arduino UNO* dapat dikembangkan dengan menambahkan *Shield* pada bagian atasnya, tetapi tidak semua *Shield* memiliki pustaka sehingga perlu waktu untuk mempelajari cara kerja *Shield* sebelum menggabungkannya dengan Arduino,
4. Akses jaringan, *Arduino UNO* tidak memiliki kartu jaringan didalamnya kecuali dengan menambahkan *Ethernet Shield* atau *WiFi*

Shield, dan kedua *Shield* ini memiliki harga yang lebih tinggi dibandingkan Arduino UNO.

OPPORTUNITY

1. *Shield Expansion*, kemampuan Arduino UNO yang terbatas dapat dikembangkan dengan menambahkan berbagai *Shield* yang sesuai dengan kebutuhan. *Shield* dapat dipasang bertumpuk dengan syarat bahwa *Shield* tersebut tidak menggunakan pin yang sama,
2. Sifat *Arduino UNO* yang *open source* membuat banyak pabrikan membuat *Arduino UNO* dengan merk yang beragam, selain itu pengguna dapat merakit sendiri Arduino menggunakan komponen yang tersedia di pasaran karena skemanya diberikan secara gratis,
3. Penambahan *Ethernet Shield* atau *WiFi Shield* akan membuat Arduino dapat melakukan komunikasi melalui media internet sehingga memiliki potensi untuk menjadi bagian dari IoT.
4. Semakin banyaknya layanan *cloud* dan web yang memberikan akses *Application Programmable Interface* (API) bagi Arduino maka semakin mempermudah untuk pengembangan IoT menggunakan Arduino.

THREAT

1. Penggunaan *Arduino UNO* yang semakin luas menyebabkan banyak pesaing yang membuat mikrokontroler yang mirip dengan harga yang murah atau fitur yang lebih lengkap, seperti *Launchpad*, *Teensy*, *Netduino* atau *Particle Photon*,
2. *Single Board Computer* (SBC), semakin banyaknya komputer mini seperti *Raspberry Pi*, *Beaglebone Black* atau *Intel Galileo Gen2* membuat beberapa orang beralih dari *Arduino UNO* ke SBC karena harganya yang sedikit lebih mahal tetapi memiliki fitur yang jauh lebih lengkap.

3.2 Analisis SWOT Raspberry Pi

STRENGTH

1. Spesifikasi perangkat keras *Raspberry Pi*, ukurannya yang portable dan ketersediaan pin *General Purpose Input Output* (GPIO) membuat platform ini dapat dikembangkan sebagai komputer mini ataupun mikrokontroler,
2. Ketersediaan *Full Size* USB Port membuat *Raspberry Pi* lebih mudah dikembangkan dengan berbagai peripheral yang memiliki port USB,
3. Versi terbaru *Raspberry Pi* memiliki koneksi nirkabel yang lengkap dibandingkan dengan versi sebelumnya, koneksi nirkabel dapat dilakukan dengan menggunakan *WiFi* dan *Bluetooth*,



4. Beragam sistem operasi berbasis Linux tersedia untuk Raspberry Pi sehingga memudahkan pengguna untuk menggunakan berbagai aplikasi yang dimiliki oleh Linux, selain itu Microsoft juga mengembangkan sistem operasi untuk Raspberry Pi dengan nama *Windows 10 IoT Core*.

WEAKNESS

1. Posisi pin GPIO yang tidak berurutan membuat pemasangan komponen elektronik menjadi lebih sulit karena kemungkinan kesalahan pemasangan dan potensi kerusakan perangkat keras semakin besar,
2. *Raspberry Pi* hanya menyediakan arus sebesar 50mA untuk seluruh pin GPIO dan sebuah pin hanya dapat dipasok maksimal 16mA saja, sehingga bila keseluruhan pin digunakan maka setiap pin hanya akan mendapat maksimal 3mA saja.
3. Selain pin GPIO, port USB pada *Raspberry Pi* juga memiliki pasokan arus yang rendah, dengan pasokan daya sebesar 100mA untuk setiap port, sehingga peripheral yang membutuhkan pasokan daya besar seperti *WiFi Dongle* atau *USB Harddisk* diperlukan tambahan daya melalui USB Hub dengan *power supply* eksternal.
4. Desain *System-on-chip* (SOC) membuat seluruh perangkat keras *Raspberry Pi* disolder pada papan PCB sehingga menutup kemungkinan untuk melakukan upgrade pada komponen perangkat keras yang umumnya dapat diupgrade seperti *Processor*, *RAM* atau kartu grafis.

OPPORTUNITY

1. *Internet of Things*, ketersediaan koneksi jaringan melalui kabel dan nirkabel membuka peluang yang besar bagi *Raspberry Pi* untuk dikembangkan menjadi teknologi IoT,
2. Sistem operasi Linux, aplikasi yang tersedia dan kapasitas penyimpanan *Raspberry Pi* memungkinkan pengembangan platform ini menjadi server mini seperti *web server*, *file server* atau *cloud server*.

THREAT

1. Semakin banyak komputer mini yang memiliki harga yang murah atau spesifikasi yang lebih tinggi dibandingkan *Raspberry Pi*,
2. Penggunaan sistem operasi memunculkan masalah antrian pekerjaan yang harus diselesaikan oleh *Raspberry Pi*, sehingga untuk beberapa pekerjaan otomasi lebih baik dengan menggunakan mikrokontroler dibandingkan *Raspberry Pi*,
3. Penggunaan pin GPIO pada *Raspberry Pi* membutuhkan pustaka yang dibuat oleh pihak ketiga, bila pihak tersebut menghentikan

dukungan pustaka untuk *Raspberry Pi* maka akan mengurangi fungsi dari *Raspberry Pi*.

4. Kesimpulan

Analisis SWOT pada platform *Arduino UNO* dan *Raspberry Pi* telah memberikan gambaran mengenai kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman pada setiap platform. Keunggulan platform *Arduino UNO* terletak pada penggunaan pin digital dan analog juga port USB yang dapat digunakan untuk pasokan tegangan dan sebagai media transaksi data dengan platform lain. Keunggulan platform *Raspberry Pi* terletak pada ragam sistem operasi yang dapat digunakan, spesifikasi perangkat keras dan ketersediaan *Full Size USB Port* yang dapat menjadi media untuk penambahan peripheral pada *Raspberry Pi*.

Kekurangan media penyimpanan pada *Arduino UNO* dan respon *real time* pada *Raspberry Pi* dapat dipecahkan dengan menggabungkan kedua platform ini dalam satu skema rangkaian yang sama, dengan cara ini maka pekerjaan otomasi dapat dilakukan menggunakan *Arduino UNO*, data yang diakuisisi kemudian dikirimkan melalui koneksi USB menuju *Raspberry Pi*, data yang diterima dapat langsung diolah menggunakan aplikasi yang tersedia, disimpan ke dalam database atau dikirimkan ke server *cloud* melalui *web service*. Solusi yang ditawarkan ini dapat menjadi dasar pengembangan *Internet of Things* (IoT) bagi pengguna rumahan karena menggunakan perangkat keras dan komponen yang tersedia di pasaran.

Daftar Pustaka

- Evans, M., Noble, J. J., & Hochenbaum, J. (2013). *Arduino in Action*. Manning.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Hazelbaker, C. B. (2006). The SWOT Analysis: Simple, yet Effective. *CLINICAL & CORPORATE PERSPECTIVES*, 53.
- Norris, D. (2015). *The Internet of Things: Do-It-Yourself at Home Projects for Arduino, Raspberry Pi and BeagleBone Black*. McGraw-Hill Education.
- Rubio, M., Hierro, C., & Pablo, Á. (2013). Using *Arduino* To Enhance Computer Programming Courses in Science and Engineering. In *Proceedings of the EDULEARN13* (pp. 5127–5133).
- Upton, E., & Halfacree, G. (2014). *Raspberry Pi User Guide*. Wiley.
- Wheat, D. (2012). *Arduino Internals*. Apress.
- Wu, D. (2009). *Measuring Performance in Small and Medium Enterprises in the Information & Communication Technology Industries*.