

# Desain Sistem Pendeteksi Pencurian di Museum Purbakala Patiayam Kudus

Fandi Surya Adinata  
Departemen Teknik Elektro  
Universitas Sebelas Maret  
Surakarta, Indonesia  
09.fandisurya@gmail.com

**Abstrak**—Museum merupakan sebuah tempat yang didalamnya terdapat berbagai barang kuno, antik, hingga bersejarah. Sistem keamanan museum yang telah ada sebagian besar memanfaatkan satpam dan juga kamera CCTV. Pencurian masih rentan terjadi ketika satpam sedang tidak bertugas dan pengawas CCTV sedang tidak memantau hasil tangkapan CCTV. Sistem pendeteksi pencurian ini memanfaatkan prinsip *node* dan *gateway* dengan memanfaatkan jarak komunikasi nRF24L01 yang relatif pendek. Sistem mendeteksi terjadinya pencurian ketika sinyal dari *node* tidak sampai ke *gateway*. Sistem ini juga dilengkapi dengan sensor pembacaan lingkungan berupa sensor suhu ruangan. Data informasi ini dikirimkan node ke *gateway* menggunakan komunikasi radio 2.4GHz sebelum kemudian diteruskan *gateway* ke database menggunakan jaringan GSM,

**Keywords**—Sistem keamanan, museum, nRF24L01

## I. PENDAHULUAN

Pencurian merupakan kegiatan mengambil milik orang lain dengan secara diam-diam [1]. Kasus pencurian telah terjadi di berbagai tempat seperti pencurian di perumahan, pusat perbelanjaan, hingga tempat wisata. Museum yang merupakan sebuah tempat untuk menyimpan berbagai barang-barang kuno, antik, hingga bersejarah sebagai cagar budaya [2] tidak luput dari kemungkinan terjadinya pencurian. Beberapa kasus pencurian di museum pun telah banyak diberitakan [3] [4] [5] [6].

Sistem keamanan yang sebagian besar dipakai di Indonesia adalah berupa satpam dan *closed-circuit television* (CCTV). CCTV menjadi salah satu perangkat penting dalam sistem keamanan karena dapat digunakan sebagai barang bukti ketika terjadi suatu pencurian ataupun berbagai hal lainnya [7]. Namun, CCTV hanya sering digunakan ketika suatu kasus ‘telah’ terjadi atau dengan kata lain sebagai barang bukti.

Untuk menjaga keamanan benda koleksi museum tetap terjamin, pengawas harus selalu memantau monitor yang menampilkan tangkapan CCTV. Hal ini tentunya menjadi tidak efisien ketika pengawas sedang tidak bisa memantau monitor ataupun ketika pengawas sedang tidak fokus. CCTV tidak bisa langsung memutuskan apakah ‘sedang’ terjadi pencurian atau tidak berdasarkan tangkapan kamera. Melainkan, pengawas lah yang memutuskan apakah kegiatan yang sedang ditampilkan di layar merupakan sebuah pencurian atau tidak.

## II. KONSEP DAN ARSITEKTUR

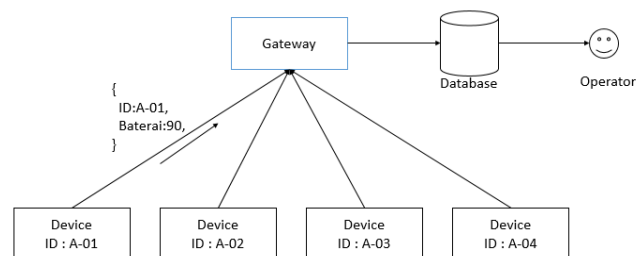
### A. Konsep Desain

Sistem ini memanfaatkan prinsip *node* dan *gateway*. Setiap *node* nantinya dipasang di setiap objek yang disimpan di museum. Setiap objek yang dipasang *node* (dinamakan

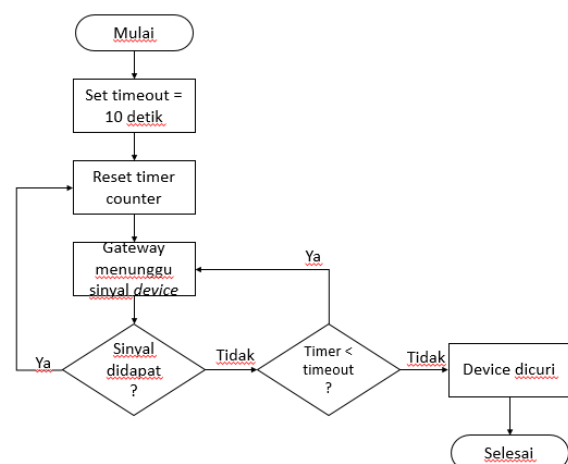
*device*) memiliki ID (*device ID*) yang berbeda-beda. Sama seperti *device*, perangkat *gateway* juga memiliki ID (*gateway ID*) yang berbeda-beda untuk membedakan *gateway* satu dengan *gateway* yang lain.

Dalam kurun waktu tertentu, *device* mengirimkan paket data ke *gateway* yang berisi berbagai informasi yang diperlukan, seperti *device ID*. *Gateway* kemudian menangkap paket data ini untuk diolah. Apabila dalam kurun waktu tertentu *gateway* tidak mendapat paket data dari *device*, maka *gateway* menganggap bahwa *device* sudah tidak berada di lokasi. Hal ini yang menentukan apakah objek di dalam museum dicuri atau tidak.

Kemudian, *gateway* mengirimkan informasi ini ke operator melalui monitor maupun alarm bahwa besar kemungkinan objek dicuri. Proses ini dilakukan secara realtime tepat setelah *gateway* tidak menerima paket data dari *device*.



Gambar 1. Topologi Sistem



Gambar 2. Diagram alir sistem

### B. Arsitektur IoT

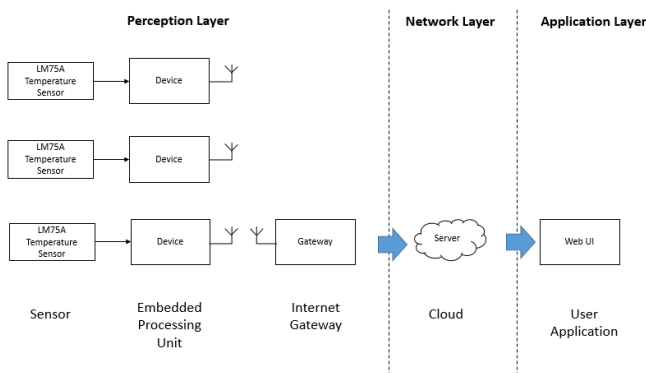
*Internet of Things* atau IoT memungkinkan objek fisik untuk melihat, mendengarkan, berpikir, dan melakukan tugas-tugas dengan cara berbagi informasi. IoT mengubah

objek tradisional menjadi lebih ‘pintar’ dengan menambahkan beberapa teknologi seperti sensor, perangkat tertanam, teknologi komunikasi, dan kemampuan komputasi [8]. IoT menjadikan benda ‘pintar’ terkoneksi dengan internet dan saling berkomunikasi dengan perangkat yang lainnya tanpa banyak campur tangan manusia [9].

Arsitektur suatu sistem IoT terdiri dari setidaknya 3 layer, yaitu *perception layer*, *network layer*, dan *application layer*. *Perception layer* atau layer persepsi merupakan bagian dimana perangkat menangkap informasi mengenai lingkungan perangkat. Dalam sistem ini, perangkat membaca suhu di sekitar objek yang di-‘jaga’ oleh *device*. Informasi yang telah didapat ini kemudian dikirimkan ke *gateway* menggunakan jaringan komunikasi radio 2.4GHz. Informasi yang dikirimkan ini berupa suhu di sekitar objek dan juga sisa baterai *device* (dikarenakan *device* menggunakan sumber listrik dari baterai) serta ditambah dengan nomor id setiap *device*.

*Gateway* yang telah menerima paket data dari *device* yang berisi informasi suhu lingkungan, sisa baterai, dan juga id setiap *device* yang telah terdaftar di *gateway* kemudian di-*publish* ke *broker* MQTT menggunakan SIM800L dengan jaringan GSM. Kegiatan ini terjadi di layer *network* dimana layer *network* merupakan layer yang menjadi penghubung antara layer fisik (*perception layer*) dengan pengguna melalui internet.

Layer aplikasi (*application layer*) merupakan layer yang menjadi tempat informasi dari *perception layer* digunakan oleh pengguna. Pengguna mengambil informasi dari *gateway* dengan cara melakukan *subscribe* ke *broker*. Layer aplikasi dalam sistem ini menggunakan website yang menampilkan berbagai informasi dari *gateway* untuk keperluan monitoring objek-objek purbakala di museum. Serta sebagai pemberi tahu apabila terjadi suatu kasus pencurian di museum secara *realtime*.



Gambar 3 Arsitektur IoT yang digunakan

### III. DESAIN SISTEM

#### A. Desain Device

Perangkat *device* menggunakan sumber daya berupa baterai sehingga perangkat *low power* lebih diutamakan dalam mendesain *device*. Perangkat utama yang digunakan berupa nRF24L01 sebagai perangkat komunikasi antara *device* dengan *gateway*, ATmega328P dengan tegangan 3,3V dan frekuensi *clock* di 8MHz serta sebuah baterai *lithium polymer* bertegangan 3,7V.

Modul nRF24L01 memiliki daya 11.3mA ketika berfungsi sebagai *transmitter* dengan daya keluaran sinyal sebesar 0dBm. Modul komunikasi radio ini memiliki range tegangan input 1,9V sampai 3,6V [10]. Sedangkan ATmega328P menggunakan arus sebesar 5mA dan beroperasi di tegangan 2,7V hingga 5,5V [11]. Dengan kedua rujukan tersebut, perangkat *device* didesain menggunakan tegangan 3,3V.

Perangkat *device* dilengkapi dengan beberapa sensor seperti sensor suhu LM75A yang dapat berkerja pada tegangan 3,3V menggunakan komunikasi I2C. Dengan arus konsumsi maksimum hanya sampai 0,5mA, menjadikan sensor ini cocok untuk digunakan di *device* [12].

Baterai yang digunakan merupakan baterai *lithium polymer* dengan tegangan nominal sebesar 3,7V. Walaupun demikian, tegangan dari baterai *lithium polymer* berada di range 2,7V atau 3,0V hingga 4,2V [13] tergantung dari sistem baterai. Sehingga ketika baterai sedang penuh, menjadi berbahaya bagi nRF24L01. Sehingga diperlukan konverter dari tegangan baterai menjadi 3,3V.

Dengan menggunakan data-data sebelumnya, maka dapat diketahui besar arus yang diperlukan oleh Atmega328P dan nRF24L01 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Arus} &= \text{arus Atmega328P} + \text{arus maksimum nRF24L01} \\ &\quad + \text{arus LM75A} \\ &= 5\text{mA} + 11,3\text{mA} + 0,5\text{mA} \\ &= 16,8\text{mA} \end{aligned}$$

Konverter yang digunakan harus mampu untuk menyediakan arus untuk perangkat tersebut (>16,8mA). Dalam hal ini, penulis menggunakan linear regulator berupa MCP1700 yang mampu menyediakan arus keluaran sebesar 250mA dengan konsumsi arus sebesar 4uA [14].

Dengan menggunakan baterai, operator perlu tahu kapan harus melakukan pengisian ulang baterai. Maka dari itu diperlukan sistem pembacaan tegangan baterai yang nantinya dibaca oleh mikrokontroler. Sistem pembacaan tegangan menggunakan *voltage divider* untuk menghemat biaya. Dengan tegangan maksimum dari baterai adalah 4,2V dan tegangan maksimum keluaran *voltage divider* yang dibaca oleh ATmega328P dirancang sebesar 3V, maka didapatkan perbandingan nilai R1 dengan R2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{out} &= \frac{R2}{R1 + R2} \times V_{in} \\ \frac{R2}{R1 + R2} &= \frac{V_{out}}{V_{in}} \\ \frac{R2}{R1 + R2} &= \frac{3V}{4,2V} \\ R1 : R2 &= 1 : 2,5 \end{aligned}$$

Pembacaan arus didesain supaya tidak mengonsumsi arus yang besar, sehingga digunakan resistor dengan nilai resistansi yang besar. Dengan memperhatikan perbandingan nilai R1 dan R2, penulis menggunakan R1 dengan nilai 20k dan R2 sebesar 47k. Dari nilai ini, didapatkan arus konsumsi dari sistem pembacaan tegangan baterai sebesar,

$$I = \frac{V}{R1 + R2}$$

$$I = \frac{4,2V}{20k + 47k}$$

$$I = 62 \mu A$$

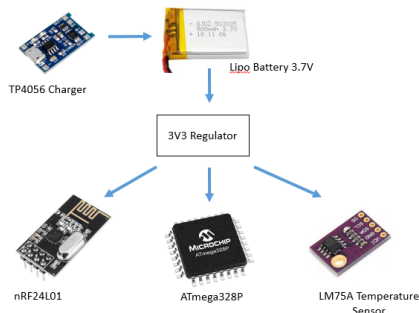
Perangkat *device* didesain untuk bertahan selama 30 hari tanpa di-charge. Maka diperlukan baterai dengan kemampuan yang mampu menyediakan arus yang dibutuhkan *device* selama 30 hari.

*mAh baterai = Lama pemakaian × arus konsumsi*

*mAh baterai = (30 hari × 24 jam) × (4  $\mu A$  + 62  $\mu A$ )*

*mAh baterai = 47,52 mAh*

Maka baterai yang digunakan memiliki kapasitas minimum 47,52mAh. Dengan mempertimbangkan perhitungan besar kapasitas baterai, penulis menggunakan baterai *lithium polymer* ATC402030 dengan kapasitas 300mAh. Dimana baterai ini memiliki ukuran dimensi 20mm x 20mm dengan ketebalan 4,0mm.



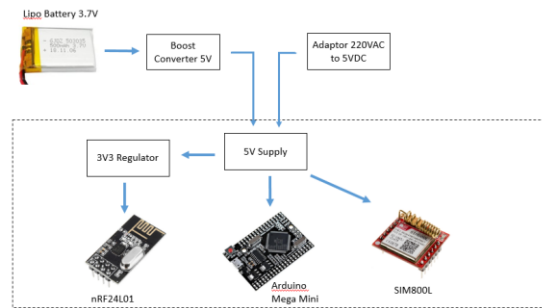
Gambar 4. Desain Device

### B. Desain Gateway

Perangkat *gateway* tidak jauh berbeda dengan perangkat *device*. Hanya saja, *gateway* menggunakan dua buah media komunikasi, yaitu nRF24L01 dan SIM800L dan sumber daya listriknya berasal dari listrik PLN dengan cadangan baterai. Modul nRF24L01 digunakan sebagai media komunikasi antara *device* dengan *gateway* sedangkan modul SIM800L digunakan sebagai media komunikasi dengan database. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega Mini 5V. Mikrokontroler ini dipilih karena memiliki lebih dari satu saluran komunikasi UART sehingga dapat digunakan untuk SIM800L dan komputer. Selain itu, board mikrokontroler ini telah dilengkapi dengan regulator 3,3V yang dapat digunakan nRF24L01.

Perangkat *gateway* dirancang bekerja pada tegangan 5V. Tegangan ini didapat dari keluaran adaptor yang terhubung dengan jaringan listrik AC 220V.

Dalam beberapa penelitian, SIM800L mampu untuk mengirimkan paket data ke server menggunakan protokol MQTT [15] [16]. Maka pengiriman data dari *gateway* yang berupa informasi tiap *device* dikirim ke database melalui SIM800L dengan protokol MQTT. MQTT berjalan di atas TCP/IP dan memiliki ukuran paket data yang kecil sehingga konsumsi daya yang dipakai relatif kecil [17].



Gambar 5. Desain Gateway

### IV. ANALISIS PENGUJIAN SISTEM

Pengujian dilakukan dengan menggunakan satu buah *device* dan satu buah *gateway*. *Device* dan *gateway* masing-masing terdiri dari satu buah Arduino Uno dengan nRF24L01. Salah satu diprogram sebagai *device*, sedangkan satu lainnya diprogram sebagai *gateway*.



Gambar 6. Device dan Gateway

*Device* dihubungkan ke *gateway* dengan menggunakan alamat yang sama dengan alamat yang digunakan *gateway*. *Device* memiliki ID tersendiri yang kemudian di daftarkan di database ID *device* di dalam *gateway*.

Konfigurasi alamat *gateway* dan *device id*

```
const byte address[6] = "00001";
const String node_id = "A1-01";
```

Konfigurasi alamat *gateway* dan database *device id*

```
const byte address[6] = "00001";

// Lite database

int jumlah_member = 1;
String node_terdaftar[] = {"A1-01"};
int node_status[] = {0};
```

*Device* mengirimkan informasi yang diperlukan beserta ID *device* ke *gateway* setiap lima detik dalam bentuk paket data.

```
if (current_time - prev_time >= interval)
{
    // send message to gateway

    prev_time = current_time;
}
```

Data ini diterima oleh *gateway* dan disimpan untuk sementara dalam bentuk status biner 1 dan 0. "1" menandakan bahwa *device* berhasil menirinkan paket data ke *gateway*, sedangkan "0" mengindikasikan bahwa *device* gagal mengirimkan paket data ke *gateway*. Data status ini kemudian direset setiap 10 detik.

```
if (current_time - prev_time >= interval)
{
    // print
    for (int i = 0; i < jumlah_member; i++)
    {
        Serial.print("Device ID : ");
        Serial.print(node_terdaftar[i]);
        Serial.print(" ");

        if (node_status[i] == 1)
        {
            Serial.println("Ada");
        }
        else
        {
            Serial.println("Hilang");
        }
    }

    // reset lite database
    for (int i = 0; i < jumlah_member; i++){
        node_status[i] = 0;
        node_voltage[i] = 0;
    }

    prev_time = current_time;
}
```

Dalam waktu ini, seharusnya *device* telah mengirimkan dua kali paket data. Apabila dalam dua kali pengiriman tersebut tidak sampai ke *gateway*, maka *gateway* memutuskan bahwa *device* sudah berpindah lokasi menjauh dari *gateway*.

TABLE I. TABEL KEPUTUSAN GATEWAY

Paket Data 1	Paket Data 2	Output
1	1	Ada
0	1	Ada
1	0	Ada
0	0	Hilang

Teknik dengan pengiriman dua kali paket data ini dilakukan untuk mengurangi error dari *gateway* ketika terjadi koneksi yang buruk antara *gateway* dengan *device*. Dengan teknik ini, *gateway* menganggap bahwa *device* masih berada di lokasi apabila dalam dua kali pengiriman masih terdapat paket data yang berhasil terkirim ke *gateway*. Dan *gateway* akan benar-benar memutuskan bahwa *device* hilang ketika terjadi dua kali pengiriman paket data yang gagal.

## V. PENUTUP

Sistem pendeteksian pencurian benda koleksi di museum purbakala patiyam Kudus telah didesain dengan memanfaatkan prinsip *node* dan *gateway* serta dengan memanfaatkan jarak komunikasi nRF24L01 yang relatif pendek. Tiap *node* (*device*) mengirimkan sinyal kepada *gateway* melalui komunikasi radio 2.4GHz dengan memanfaatkan modul nRF24L01. Pencurian terdeteksi ketika sinyal yang dikirimkan *device* tidak mencapai *gateway* dikarenakan keterbatasan jarak komunikasi nRF24L01.

*Device* berkomunikasi dengan *gateway* untuk mengirimkan informasi mengenai pembacaan sensor dan sisa baterai ke *gateway* melalui jaringan komunikasi radio 2.4GHz. *Gateway* yang telah mendapat paket data dari *device* kemudian mem-publish informasi ini ke *broker* MQTT. Pengguna mendapatkan informasi yang telah dikumpulkan oleh *device* dengan melakukan *subscribe* ke *broker* MQTT.

## REFEERENSI

- [1] "KBBI Daring: cu.ri," Kemdikbud, [Online]. Available: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/cu.ri>. [Accessed 13 Juni 2021].
- [2] "KBBI Daring: mu.se.um," Kemdikbud, [Online]. Available: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/museum>. [Accessed 13 Juni 2021].
- [3] "Kisah di balik pencurian ratusan koleksi Museum Sulawesi Tenggara - 'Kami tidak punya satpam, pegawai ronda sendiri'," BBC News Indonesia, [Online]. Available: <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-55970339>. [Accessed 10 Juni 2021].
- [4] "Pencurian Koleksi Museum Radya Pustaka Diketahui Sudah Lama," Tempo.co, 14 November 2007. [Online]. Available: <https://nasional.tempo.co/read/111550/pencurian-koleksi-museum-radya-pustaka-diketahui-sudah-lama>. [Accessed 11 Juni 2021].
- [5] "Kasus Pencurian Benda Bersejarah di Museum Sering Terjadi," REPUBLIKA.co.id, 13 September 2013. [Online]. Available: <https://republika.co.id/berita/nasional/umum/13/09/13/mt2ar9-kasus-pencurian-benda-bersejarah-di-museum-sering-terjadi>. [Accessed 13 Juni 2021].
- [6] "Museum Gajah Kemalingan, Kemendikbud Selidiki Penyebab Matinya Alarm," detiknews, 16 September 2013. [Online]. Available: <https://news.detik.com/berita/d-2359366/museum-gajah-kemalingan-kemendikbud-selidiki-penyebab-matinya-alarm>. [Accessed 13 Juni 2021].
- [7] W. Abraham and H. Firmansyah, "Analisis Pembuktian Alat Bukti Closed Circuit Television (CCTV) Sebagai Alat Bukti Petunjuk," *Jurnal Hukum Adigama*, vol. 1, no. 2, pp. 153-177, 2018.
- [8] Nordic Semiconductor, nRF24L01 Single Chip 2.4 GHz Transceiver: Product Specification, Nordic Semiconductor, 2007.
- [9] Atmel, ATmega328P Automotive - Complete Datasheet.
- [10] Texas Instrument, LM75A Digital Temperature Sensor and Thermal Watchdog With Two-Wire Interface, Texas Instrument, 2014.
- [11] EEMB Co., Ltd., "Lithium-ion Battery Datasheet; Battery Model : LIR18650 2600mAh," [Online]. Available: <https://www.ineltro.ch/media/downloads/SAAItem/45/45958/36e3e7f3-2049-4adb-a2a7-79c654d92915.pdf>. [Accessed 13 Juni 2021].
- [12] Microchip, MCP1700, 2020.
- [13] I. Sugiyanti, "Design of ATM Crime Monitoring System Based on MQTT Protocol Using SIM800L and Arduino Mega 2560," 21 Juli 2019. [Online]. Available: <https://osf.io/preprints/inarxiv/jwqgn/>. [Accessed 13 Juni 2021].
- [14] F. Aryaviocholda, M. H. H. Ichsan and A. S. Budi, "Rancangan Sistem Pendeteksian Pencurian Helm Menggunakan Protokol MQTT dan Bluetooth HC-05 Berbasis Arduino," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 517-525, 2020.
- [15] R. A. Atmoko, R. Riantini and M. K. Hasin, "IoT Real Time Data Acquisition using MQTT Protocol," in *International Conference on Physical Instrumentation and Advanced Materials*, 2017.
- [16] K. Yelamathi, M. S. Aman and A. Abdelgawad, "An Application-Driven Modular IoT Architecture," *Wireless Communication and Mobile Computing*, vol. 2017, pp. 1-16, 2017.
- [17] Soumyalatha and S. G. Hegde, "Study of IoT: Understanding IoT Architecture, Application, Issues and Challenges," *International Journal of Advanced Networking Application (IJANA)*, pp. 477-482, 2016.