

DESAIN DAN IMPLEMENTASI DETEKTOR PENCEMARAN AIR SUNGAI MENGUNAKAN WIRELESS SENSOR NETWORK

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF RIVER POLLUTION DETECTORS USING WIRELESS SENSOR NETWORK

AR. Margans Tanjung¹, Dr. Ir. Rendy Munadi S.T.,M.T.², Danu Dwi Sanjoyo S.T.,M.T.³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1margans1@gmail.com](mailto:margans1@gmail.com), [2rendy_munadi@yahoo.co.id](mailto:rendy_munadi@yahoo.co.id), [3danudwi@telkomuniversity.ac.id](mailto:danudwi@telkomuniversity.ac.id)

Abstrak

Air merupakan kebutuhan paling dasar bagi manusia dan menjadi sumber penghidupan bagi manusia. Kurangnya kesadaran manusia untuk menjaga kualitas air, menyebabkan air menjadi tercemar. Penyebab tercemarnya air adalah budaya membuang sampah dan pembuangan limbah ke sungai ataupun laut. Pencemaran air menyebabkan matinya ekosistem yang ada di air. Dampak pencemaran air contohnya keracunan dan penyakit kulit. Karena itu pemanfaatan *Wireless Sensor Network* (WSN) sangat dibutuhkan untuk *monitoring* pencemaran air. Dengan menggunakan sensor *node*, koordinator, dan *monitoring* melalui aplikasi *smartphone* diharapkan dapat mengatasi pencemaran air, karena dapat diketahui dengan cepat sebelum air yang terindikasi pencemaran digunakan oleh masyarakat untuk kebutuhan hidup mereka. Sehingga tidak terdapat korban ataupun kerugian yang ditimbulkan akibat air yang tercemar.

Abstrack

Water is the most basic need for human beings and a source of livelihood for humans. Lack of human consciousness to maintain water quality, causing water to become polluted. The cause of contaminated water is the culture of disposing of waste and disposal of waste into rivers or the sea. Water pollution causes the death of ecosystems in the water. Impact of water pollution for example poisoning and skin diseases. Therefore, the utilization of Wireless Sensor Network (WSN) is needed for monitoring water pollution. Using node sensors, coordinators, and monitoring through smartphone applications is expected to address water pollution, since it can be quickly identified before the water indicated by pollution is used by the community for their livelihood needs. So there are no casualties or losses caused by polluted water.

1. Pendahuluan

Pencemaran air bisa terjadi dimana saja dan sangat cepat meluas. Penyebab pencemaran air pun sangat banyak, diantaranya limbah rumah tangga, limbah pabrik yang menggunakan bahan kimia, limbah pupuk sawah, maupun limbah dari sampah – sampah yang dibuang sembarangan ke sungai. Berdasarkan laporan dari Direktorat Jenderal Pengendalian dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), sebanyak 68 persen mutu air sungai di 34 provinsi Indonesia dalam keadaan tercemar berat sepanjang tahun 2015 [1]. Dampak yang didapat dari pencemaran air bagi manusia secara langsung adalah keracunan dan penyakit kulit. Maka dari itu dibutuhkannya pengawasan untuk mengetahui pencemaran air yang terjadi, namun jika hanya dilakukan patroli oleh manusia dengan segala keterbatasannya untuk mendeteksi pencemaran air dirasa akan sangat sulit, maka penting dibutuhkannya teknologi yang dapat memonitoring pencemaran air secara otomatis dan cepat dengan digunakannya teknologi WSN.

Oleh karena itu dibuatlah detektor pencemaran air dengan mengadaptasi teknologi WSN yang dapat memonitoring dengan cepat dan efisien. Pada detektor pencemaran air, dibutuhkannya sensor ph air dan sensor suhu yang dihubungkan ke koordinator dan tersambung ke layanan server untuk menyimpan data – data dari sensor jika terjadi pencemaran air.

2. Dasar Teori

2.1 Kualitas Air

Kualitas air menggambarkan kondisi air yang dilihat dari karakteristik fisik, biologi, dan kimia yang berkaitan dengan tujuan yang akan digunakan, misalnya untuk kebutuhan konsumsi, pengairan, ataupun budidaya

ikan [2]. Kualitas air dapat menurun jika didalamnya terkandung zat – zat yang berbahaya. Kualitas suatu air bisa dilihat dari besar atau kecilnya nilai pH. Air yang memiliki kualitas yang baik adalah air dengan nilai pH 7. Jika nilai pH melebihi batas tersebut, maka air tersebut dianggap basa. Jika air memiliki nilai pH dibawah batas, maka air bisa dikatakan asam.

2.2 Wireless Sensor Network (WSN)

Wireless Sensor Network atau Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah sebuah infrastruktur jaringan yang menggunakan sensor untuk *memonitoring* suatu keadaan lingkungan dan pertukaran datanya menggunakan jaringan nirkabel. Setiap sistem WSN dilengkapi oleh peralatan komunikasi untuk saling bertukar data. Pada arsitektur dasar WSN dibangun dari akses poin dan sensor poin. Pada akses poin memiliki fungsi untuk menyajikan data analog yang kemudian diubah menjadi data digital lalu dikirim ke akses poin.



Gambar 1. Arsitektur WSN

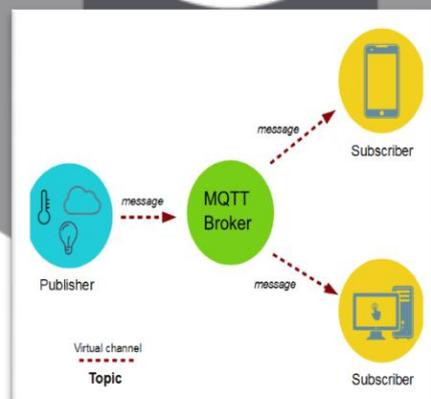
WSN memiliki dua macam komunikasi yaitu *ad-hoc* dan *multi-hop*, *ad-hoc* melakukan pertukaran data tanpa menggunakan perantara, sedangkan *multi-hop* melakukan pertukaran data menggunakan perantara [3]. WSN memberikan kemudahan bagi penggunanya untuk *memonitoring* suatu tempat tanpa memerlukan pengawasan secara langsung.

2.3 Smart Home

IoT (*Internet of Things*) merupakan teknologi yang mengintegrasikan sesuatu hal atau alat yang dihubungkan dengan internet secara berkala atau terus menerus. IoT sendiri memiliki banyak cabang, diantaranya *Smart City* dan *Smart Home*. *Smart Home* adalah teknologi yang dikhususkan pada lingkungan rumah, seperti *memonitoring* dan *controlling* untuk memberikan kenyamanan dan kemudahan dari pemilik rumah. *Smart Home* sendiri terdiri dari satu atau lebih node dan *gateway* yang terhubung dengan perangkat internet dimana tiap node diletakkan diberbagai ruangan dan dari tiap – tiap node tersebut akan terhubung ke *gateway* yang akan memproses seluruh informasi yang ditangkap oleh node – node yang telah disebar. Contoh dari *Smart Home* sendiri yaitu *Fire Detector Automation*, *Smart Alarm*, *Heatpump Control*, dan lainnya.

2.4 MQTT

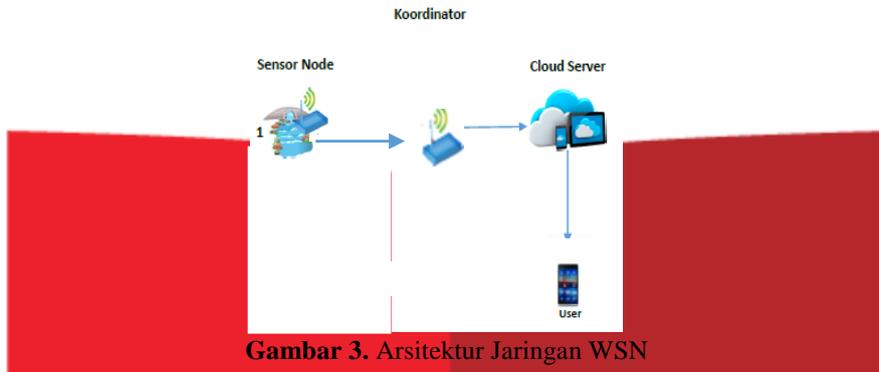
MQTT atau *Message Queuing Telemetry Transport* bertujuan untuk membuat protokol yang sangat efisien dari sudut pandang bandwidth yang hemat daya. Sangat cocok digunakan untuk IoT. Protokol ini menggunakan paradigma *subscriber* HTTP berdasarkan paradigma *request / response* [4]. Ini menggunakan pesan biner untuk bertukar informasi dengan overhead rendah. MQTT sendiri sangat mudah untuk diimplementasikan dan *open source*. MQTT juga menggunakan TCP stack sebagai media transmisinya.



Gambar 2. Arsitektur MQTT

3. Pembahasan
3.1 Perancangan

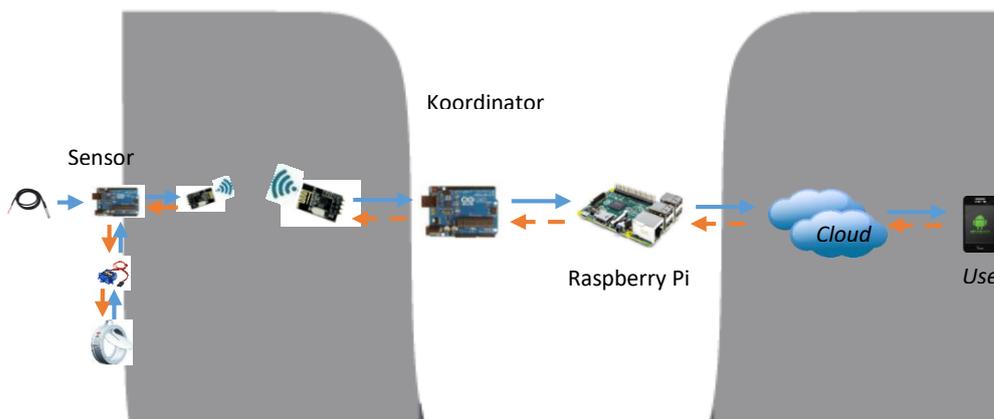
Arsitektur yang digunakan pada WSN kali ini adalah menggunakan topologi *star* dimana sensor *node* langsung terhubung dengan koordinator. Pada perancangan sistem detektor pencemaran air terdiri dari sensor *node*, koordinator, *cloud* server dan aplikasi android (user) dengan penjelasan spesifikasi alat dibawah ini [5].



Gambar 3. Arsitektur Jaringan WSN

Sensor *node* yang langsung terhubung dengan koordinator. Kemudian data yang diterima oleh koordinator akan diolah dan dikirimkan ke server VPS. Pengguna yang menggunakan air untuk keperluan budidaya ikan tidak akan mengalami kerugian jika dilakukan pemasangan sistem detektor pencemaran air. Karena jika terdeteksi suatu pencemaran, maka akan langsung dilakukan automasi, berupa relay yang langsung terhubung dengan pompa air. Begitu pula untuk kebutuhan hidup sehari – hari dapat ditangani dengan sitem detektor tersebut.

3.2 Desain Sistem



Gambar 4. Sistem Detektor Pencemaran Air

Gambar 4 memperlihatkan bahwa sistem detektor pencemaran air terdiri dari beberapa alat yaitu, sensor Ph, Sensor Suhu, Arduino Uno, NRF24L01, Servo, dan Raspberry Pi Model B. Sistem yang telah dibangun mempunyai dua cara kerja, yaitu *monitoring* dan *controlling*. Pada saat sistem melakukan *monitoring*, itu berarti bahwa sensor sedang mengirimkan informasi data yang sensor tangkap, kemudian dikirimkan melalui NRF24L01 yang kemudian diterima oleh server lokal (Raspberry Pi) dan diteruskan kepada server utama (VPS). User dapat melihat hasil dari database server melalui MQTT. Kemudian saat sistem melakukan *controlling*, itu berarti bahwa sensor menangkap sebuah informasi bahwa sedang terjadinya pencemaran air, yang kemudian pada koordinator memerintahkan kepada aktuator berupa relay untuk menghidupkan atau mematikan pompa penyedot air.

Tabel 1. Spesifikasi dari Sistem Pencemaran Air

Nama	Fungsi	Spesifikasi
Sensor Node	End Device untuk mendeteksi dan membaca data dari sensor pH air, sensor Suhu.	NRF24L01, 1 Arduino Uno, 1 Sensor Suhu DS18B20, 1 Sensor pH Meter (SKU:SEN0161), 1 Relay

Koordinator	Sebagai pusat koordinasi data – data yang diterima dari sensor <i>node</i>	1 Raspberry Pi, 1 NRF24L01
Server	Database dari pembacaan sensor, yang kemudian akan ditampilkan pada aplikasi smartphone	VPS

3.3 Pengujian NRF24L01

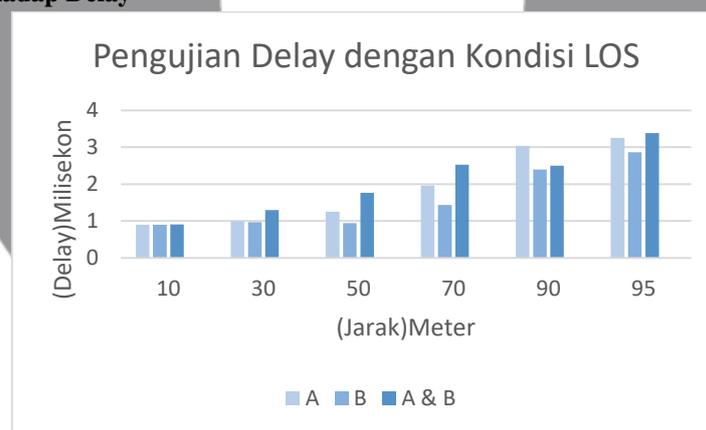
Pengujian dalam kondisi LOS ini dilakukan agar dapat diketahui jangkauan maksimum NRF24L01 jika tidak terdapat halangan di antara NRF24L01 sensor *node* dan *node* koordinator.

Tabel 2. Pengujian Jarak Jangkauan NRF24L01 dengan Kondisi LOS

Jarak (m)	Packet Receive (%)	Status
10	100%	LAYAK
30	96,66%	LAYAK
50	100%	LAYAK
70	66%	LAYAK
90	60%	LAYAK
95	43,3%	LAYAK
96	3,33%	TIDAK LAYAK

Dari Tabel 2, diketahui bahwa pada saat proses pengiriman data jarak jangkauan NRF24L01 antara sensor *node* dengan *node* koordinator sebesar 95 meter, namun pada jarak 96 meter hanya satu data saja yang terkirim, dan 29 data yang lain dalam status RTO (Response Timed Out). Ini menunjukkan bahwa saat NRF24L01 sensor *node* dan NRF24L01 *node* koordinator melakukan komunikasi hanya satu data saja yang terkirim saat berada di jarak 96 meter. Berarti dapat disimpulkan bahwa komunikasi *wireless* sistem detektor pencemaran air memiliki jangkauan maksimum data delay dari NRF24L01 sensor *node* ke NRF24L01 *node* koordinator sepanjang 95 meter.

3.3.1 Pengujian Terhadap Delay

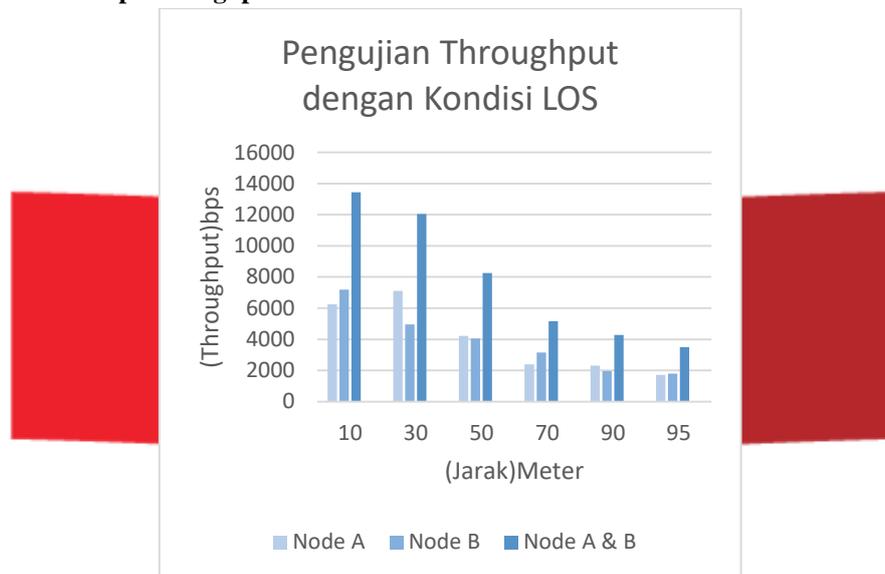


Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Delay

Gambar 5 diatas memperlihatkan kenaikan pada pengujian delay tiap jarak pengujian. Namun pada saat jarak mencapai 90 meter delay pada satu sensor *node* saja lebih besar daripada menggunakan dua sensor *node*. Itu terjadi karena saat pengujian di jarak 90 meter keatas terdapat banyak benda yang dapat memantulkan sinyal sehingga data lebih cepat tiba pada *node* koordinator. Hasil dari pengukuran pengukuran nilai rata - rata delay per meter pada node A sebesar 0,0247ms/m, node B sebesar 0,0212ms/m, dan jika menggunakan dua sensor node

sekaligus menghasilkan delay sebesar 0,0260ms/m. Dari percobaan diatas diketahui bahwa jumlah sensor *node* mempengaruhi besarnya delay komunikasi *wireless* NRF24L01.

3.3.2 Pengujian terhadap Throughput



Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian Throughput *Monitoring*

Pada gambar 6 diatas dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak antara sensor *node* dan *node* koordinator mengakibatkan semakin kecilnya nilai throughput. Itu dikarenakan semakin besar delay yang dihasilkan dari rentang jarak pengujian. Hasil dari pengukuran nilai rata-rata throughput per meter pada node A sebesar 47,852(bytes/sec)/m, node B sebesar 56,769(bytes/sec)/m, dan jika menggunakan dua sensor node sekaligus menghasilkan delay sebesar 104,621(bytes/sec)/m. Nilai throughput pada *node* A & B memiliki hasil yang tinggi dikarenakan semakin banyaknya *node* sensor yang aktif maka semakin banyak pula paket data yang dihasilkan dan diterima oleh *node* koordinator.

3.4 Analisis Pengujian QoS Sistem pada Server Internet

Pada pengujian QoS server internet dilakukan dengan mencari nilai delay dan throughput pada saat proses *monitoring* berjalan

3.4.1 Delay

Pengukuran delay dilakukan dengan cara melakukan pengukuran waktu pengiriman paket data oleh *node gateway* (Raspberry Pi) dengan waktu paket data yang diterima pertama kali oleh server VPS.

3.4.2 Throughput

Pengukuran nilai throughput dilakukan dengan cara mengambil nilai paket data pada server VPS menggunakan wireshark. *Monitoring* dilakukan dengan melihat paket data yang terkirim dari *node gateway* (Raspberry Pi) ke server VPS yang kemudian diteruskan ke user android dengan bantuan protokol MQTT.

3.5 Realibility dan Availability

Berdasarkan dari sistem yang dibangun, maka akan diketahui seberapa besar nilai dari realibility dan *availability* dari sistem yang telah dibangun tersebut. Pengujian dilakukan dengan mengamati pemrosesan data yang masuk ke *node gateway* dengan proses *capturing* menggunakan pemrograman pada arduino uno, dengan melihat pada serial monitornya. Dari *capture* tersebut akan dihasilkan berapa data yang terkirim dan gagal diterima oleh *node gateway*.

Tabel 3 Nilai Realibility dan Available

<i>Sent</i>	<i>Failed</i>	Realibility (%)	Available (%)
1393	2	99,85%	99,85%

Nilai realibility dan *availability* yang didapat yaitu sebesar 99,85% dengan jumlah kegagalan sebanyak 2 dengan pengiriman paket data total berjumlah 1395.

3.6 Delay End to End Sistem

Karena pada tugas akhir ini dibangun sistem yang dapat mengirim dan menerima data dari *node* sensor ke user android begitu pula sebaliknya, maka *delay end to end* ini dibutuhkan untuk melihat seberapa lamanya waktu yang dibutuhkan sebuah sistem untuk melakukan *monitoring* dan *controlling* automasinya. *delay* tersebut dihitung dari saat sensor *node* melakukan pembacaan sensor, dan kemudian paket data tersebut dikirimkan ke *node gateway* (Raspberry Pi) kemudian dikirimkan ke server VPS dan diteruskan ke tampilan android. Dari android paket data yang telah diterima tersebut dikirim lagi ke Raspberry Pi yang kemudian dilakukan automasi ke sistem mikrokontrolernya. Kemudian nilai tersebut dijadikan sebagai nilai *end to end* dari sistem detektor pencemaran air. Dan pengujian tersebut dilakukan sebanyak 15 kali percobaan.

Tabel 4. Delay *End to end*

Percobaan	Delay (second)
1	1,0326
2	0,9626
3	0,9756
4	0,9566
5	0,9616
6	0,9576
7	0,9556
8	0,9646
9	0,9806
10	1,0286
11	0,9776
12	0,9636
13	0,9656
14	0,9646
15	1,0236

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai dari *delay end to end* sebuah sistem dan didapatkan rata – rata dari 15 kali percobaan sebesar 0,978 sekon. Nilai *delay* yang dihasilkan tersebut merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan pengiriman data secara keseluruhan yang meliputi *user*, server VPS, server lokal pada Raspberry Pi, dan mikrokontroler.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang didapat, maka dapat diambil kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Prototype dari sistem detektor pencemaran air yang dibuat dapat bekerja dengan baik dan berfungsi sesuai dengan diinginkan.
2. Prototype sistem detektor pencemaran air yang telah dibuat dapat melakukan dengan parameter detektor diantaranya parameter suhu dan pH air.
3. Prototype sistem detektor pencemaran air yang dibuat dapat melakukan *controlling* dengan cara mengaktifkan atau mematikan pompa penyedot air.
4. Jarak jangkauan NRF24L01 sensor *node* dan NRF24L01 *node gateway* dalam kondisi LOS (*Line Of Sight*) sebesar 95 meter.

5. Pada pengujian kualitas jaringan server dalam 15 kali percobaan, didapatkan nilai rata – rata delay *monitoring* sebesar 22 milisekon, dan nilai rata – rata *controlling* sebesar 49 milisekon.
6. Pada pengujian kualitas jaringan server dalam 15 kali percobaan, didapatkan nilai rata – rata throughput *monitoring* sebesar 5323,23 bytes/sec serta *monitoring* dan *controlling* sebesar 1958,559 bytes/sec.
7. Semakin banyak jumlah sensor *node* yang digunakan akan semakin besar pula delaynya pada jarak optimum throughputnya. Dan begitupula trouhgputnya, semakin banyak jumlah sensor *node*, semakin besar pula nilai trouhputnya.
8. Besarnya nilai realibility dan *availability* keseluruhan sistem adalah 99,85%.
9. Topologi *star* menyebabkan kegagalan beberapa paket yang sampai ke penerima, karena semua *node* terhubung langsung ke koordinator. Kegagalan tersebut terjadi karena koordinator tidak bisa menerima menerima paket- paket yang melakukan transmisi ulang saat melewati batas waktu tunggu.
10. Rata – rata delay *end to end* yang dihasilkan sistem detektor pencemaran air sensor *node* sebesar 0,978 sekon.

Daftar Pustaka

- [1] Wendyartaka. A. Air Sungai di Indonesia Tercemar Berat. <http://print.kompas.com/baca/opini/duduk-perkara/2016/04/29/Air-Sungai-di-Indonesia-Tercemar-Berat>. Diakses pada tanggal 18 November 2016.
- [2] RIZATIVA, I. M. (2010). Deteksi Kadar Ph Air Untuk Monitoring Kualitas Air Berbasis Sensor Nirkabel. *Deteksi Kadar Ph Air*, 1–6. Retrieved from <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12765-Presentation.pdf>
- [3] H, M. Y., Gunawan, A., Azwar, H., Bambang, H., & P, A. S. (2011). Prototype Wireless Sensor Network (WSN) sebagai Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan, 2–6. [4] AZZOLA. F. MQTT Protocol Tutorial: Step by step guide, Mosquitto and MQTT Security. <https://www.survivingwithandroid.com/2016/10/mqtt-protocol-tutorial.html>
- [5] Day. D. WSN (Wireless Sensor Network). <http://dodyal.blogspot.co.id/2015/10/penjelasan-wsn.html>. Diakses pada tanggal 20 November 2016