

Deskripsi**AQORTA (Air Quality and Noise Real Time Data Acquisition)
Sistem Telemetri Kualitas Udara dan Kebisingan Terintegrasi
Solar Power System**

5

Bidang Teknik Invensi

Invensi sistem AQORTA ini berkaitan dengan implementasi sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan yang dapat merekam data pengukuran ke dalam *database MySQL*, serta menampilkan data hasil pengukuran melalui *Graphical User Interface (GUI)* secara waktu nyata. Lebih khusus lagi invensi ini berhubungan dengan penggunaan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

10

Bagian hardware diletakkan di lokasi pengukuran dan berfungsi untuk merekam data kualitas udara (CO , O_3 , temperatur, kelembaban) dan kebisingan serta mengirimkan data ke database MySQL yang ter-*install* pada *web server*. Bagian perangkat lunak diakses melalui GUI berbasis halaman website dan aplikasi pada *smartphone android* guna memvisualisasikan data hasil pengukuran dalam bentuk indikator *gauge*, grafik, tabel, dan *geolocation data* berbasis *google maps Application Programming Interface (API)*.

15

20

Kelebihan dari AQORTA adalah sistem ini memantau kualitas udara dan kebisingan yang menampilkan data secara waktu nyata (*real time*) melalui koneksi internet dengan memanfaatkan *website* dan *smartphone android* sebagai *Graphical User Interface (GUI)* sangat dibutuhkan bagi masyarakat perkotaan saat ini guna memberikan kemudahan dan kenyamanan dalam mengakses informasi mengenai kualitas udara dan kebisingan serta dapat mengambil keputusan publik secara tepat dan akurat.

25

30

Latar Belakang Invensi

Kualitas udara merupakan perhatian utama bagi kesehatan masyarakat, lingkungan dan ekonomi dari seluruh negara-negara industri (Brienza, et al., 2015). Permasalahan terbesar yang dihadapi dunia mengenai kualitas udara adalah polusi udara. *World Health Organization (WHO)* mencatat pada tahun 2012 terdapat 7 juta jiwa meninggal dunia akibat gangguan pernapasan (*respiratory diseases*) yang disebabkan oleh polusi udara dimana wilayah Pasifik Barat dan Asia Tenggara adalah wilayah dengan persentase kematian terbesar. Penyakit-penyakit pada gangguan pernapasan tersebut tergolong sebagai 10 penyakit penyebab kematian terbesar di dunia pada tahun 2012 seperti penyakit jantung iskemik dan *stroke*, Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK), infeksi saluran pernapasan akut dan kanker paru-paru.

Ada banyak kota dan kabupaten di Indonesia yang memiliki masalah kebakaran lahan hampir setiap tahunnya. Sistem bercocok tanam dengan perladangan berpindah menjadi salah satu faktor pembukaan lahan dengan membakar hutan atau belukar. Kebakaran terjadi di seluruh jenis penggunaan lahan, kawasan hutan dan APL serta di perkebunan kelapa sawit dan HTI juga. UU Republik Indonesia No. 32 tahun 2009, mengizinkan petani untuk membakar hingga 2 hektar lahan dengan otorisasi dari pemerintah daerah. Pembakaran menawarkan beberapa keuntungan kepada petani seperti: (1) pembakaran merupakan cara termudah untuk mengurangi biomassa dan membuka lahan untuk bercocok tanam; (2) abu bertindak sebagai pupuk, melepaskan unsur hara dari biomassa; (3) pembakaran memperbaiki struktur tanah, memungkinkan pembentukan tanaman secara lebih cepat, dan memberikan kebebasan dari spesies semak belukar saingan; (4) pembakaran mengurangi kejadian hama dan penyakit. Akibat dari kebakaran lahan adalah meningkatnya polusi udara. Polutan yang berasal

dari kendaraan bermotor dan industri dibuang ke lingkungan menjadi perangkap radiasi matahari menyebabkan suhu meningkat dan efek iklim mikro menguat.

Selain kebakaran lahan, emisi gas buang kendaraan bermotor adalah satu diantara sumber utama penyebab polusi udara (Kumar, et al., 2015). Tingginya populasi kendaraan bermotor di Indonesia yang tercatat sekitar 121,39 juta unit pada tahun 2015 dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 6,4% setiap tahunnya menyebabkan Indonesia selalu menghadapi permasalahan polusi udara.

Sebagai bentuk upaya pengendalian pencemaran udara, informasi mengenai kualitas udara wajib diumumkan kepada masyarakat melalui Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sebagaimana tertuang pada Pasal 15 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Akan tetapi dalam pengoperasiannya, ISPU sering mengalami gangguan dan tidak dapat menampilkan informasi mengenai kualitas udara secara periodik, akurat dan *real time*. Masyarakat mengalami kesulitan dalam mengakses ISPU dikarenakan *display* ISPU terletak pada lokasi-lokasi tertentu yang mengharuskan masyarakat menuju ke lokasi tersebut untuk mengetahui informasi mengenai kualitas udara.

Selain ISPU, parameter penting yang ditetapkan oleh pemerintah sebagai dasar perlindungan mutu udara ambien adalah ambang batas kebisingan kendaraan bermotor sebagaimana dijelaskan pada Pasal 3 dan 10 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Kumar, et al. (2015) mendeskripsikan bahwa banyak kota di seluruh dunia menggunakan *mobile laboratory* dalam mengumpulkan data mengenai kualitas udara untuk tujuan spesifik seperti menguji pelaksanaan perencanaan mitigasi,

melaksanakan studi kelayakan, maupun mengambil data spasial dan variabilitas sementara yang terdapat dalam konsentrasi zat polutan. Misalnya pada Wang, et al. (2009) menggunakan *mobile laboratory* untuk melakukan pemantauan kualitas udara di sepanjang jalan pada Olympic Games tahun 2008 di Beijing. Sama halnya pada Padró-Martínez, et al. (2012) yang juga melakukan pengukuran menggunakan *mobile laboratory* mengenai tingkat pencemaran udara di lingkungan perkotaan yaitu pada jalan raya 2,3-km² Somerville, Massachusetts (USA) yang dilalui 150.000 kendaraan per hari. Pemanfaatan *mobile laboratory* dalam memonitoring kualitas udara bersifat *portable* yang memerlukan biaya relatif besar dari segi investasi, operasional maupun pemeliharaan peralatan serta data pengukuran tidak dapat ditampilkan secara waktu nyata ke masyarakat umum dan pihak-pihak terkait.

Sedangkan pada Baxter & Bush (2014), Evangelatos & Rolim (2015) dan Villa, et al. (2016) menggunakan sebuah sistem telemetri kualitas udara dengan memanfaatkan *Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)*. Data hasil pengukuran ditampilkan secara waktu nyata, akan tetapi sistem yang dibuat tidak dapat berjalan secara otomatis dikarenakan *UAVs* memerlukan manusia dalam pengoperasiannya dan kemampuan pengukuran tidak dapat berjalan secara kontinu akibat *UAVs* memiliki batasan waktu operasional (*flight time*) karena tergantung dengan kapasitas baterai yang digunakan.

Sistem telemetri kualitas udara menggunakan metode komunikasi SMS Gateway diusulkan oleh Dubey, et al. (2013) yaitu memonitoring kualitas udara di area persimpangan jalan perkotaan yang padat kemacetan. Data hasil pengukuran dikirim menggunakan koneksi SMS Gateway ke GSM device melalui perangkat modem GSM. Sistem telemetri dengan komunikasi SMS Gateway memerlukan delay waktu dalam pengiriman pesan dan memiliki antarmuka yang tidak

bersahabat bagi pengguna (*not user-friendly*) serta biaya operasional yang lebih besar dibandingkan dengan metode komunikasi menggunakan internet.

Dari sekian banyak penelitian tentang sistem telemetri kualitas udara yang telah dipaparkan, sistem telemetri menggunakan metode komunikasi internet adalah yang paling tepat dan handal untuk digunakan dikarenakan sistem yang dibuat pada invensi ini diimplementasikan untuk mengukur kualitas udara dan kebisingan di luar ruangan (*outdoor*) serta data hasil pengukuran ditampilkan ke *Graphical User Interface (GUI)* secara waktu nyata. Beberapa penelitian tentang sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan menggunakan metode komunikasi internet yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Sistem Pengukuran Kualitas Udara dan Kebisingan Menggunakan Metode Komunikasi Internet

Referensi	Protokol Internet yang Digunakan	Parameter yang Diukur (Sensor yang Digunakan)	Mikrokontroler	Power Source
(Baranov, et al., 2015)	ZigBee	CO (NAP-505) Nemoto gas Sensor	ATXMTGA32A4	Hybrid power supply (Wind, Solar, Battery)
(Chaiwatpongsakorn, et al., 2014)	MICAz Wireless Radio Board	CO (sensor CO model RCO100F)	MDA 300CA data acquisition board	Solar cell
(Guthi, 2016)	wifi	CO dan Noise, (MQ7 dan Sound Sensor)	Arduino UNO R3	Battery
(Mohammad, 2016)	GSM module (SIM900)	CO ₂ , SO, NO (sensor gas)	PIC 16F877A	Battery
(Mydlarz, et al., 2016)	wifi	Noise (MEMS microphones)	Tronsmart MK908ii mini PC	Power supply (5 Volt)
(Vidap & Shahane, 2015)	ZigBee	CO (MQ7)	ARM Mikrokontroler LPC2148	The Regulated power supply (3,3-5 Volt)
(Yang, et al., 2015)	wifi	CO (sensor pyroelectric)	low-power mikroprosesor ADUC7020	Power supply (5 Volt)
Sistem yang dirancang dalam invensi ini	microchip ENC28J60	CO, O₃, Noise, Suhu & Kelembaban (MQ7, MQ131, KY038 dan DHT11)	ATmega328P (Atmel)	Solar cell dan Battery

Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa setiap peneliti menggunakan metode atau cara yang berbeda-beda dalam pengiriman data pengukuran, perbedaan perangkat keras maupun perangkat lunak dan parameter yang diukur serta sumber (power source) yang digunakan.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi serta uraian singkat di atas, sebuah sistem pemantauan kualitas udara dan kebisingan yang menampilkan data secara waktu nyata (*real time*) melalui koneksi internet dengan memanfaatkan *website* dan *smartphone* android sebagai *Graphical User Interface (GUI)* sangat dibutuhkan bagi masyarakat perkotaan saat ini guna memberikan kemudahan dan kenyamanan dalam mengakses informasi mengenai kualitas udara dan kebisingan serta dapat mengambil keputusan publik secara tepat dan akurat.

Uraian Singkat Invensi

Tujuan utama dari invensi ini adalah untuk merancang sebuah sistem pengukuran jarak jauh (*online measurement*) kualitas udara dan kebisingan, dimana invensi ini menggunakan a) Mikrokontroler AVR ATmega328P; b) *Microchip* ENC28J60 sebagai protokol internet yang digunakan; c) Sensor MQ7 untuk parameter CO, sensor MQ131 untuk parameter O₃, sensor KY-038 untuk parameter kebisingan, juga sensor DHT11 untuk parameter temperatur dan kelembaban; d) Solar cell dan aki sebagai power source; dan e) *Cover* sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan dengan tinggi 2,5 meter dan terintegrasi dengan panel surya yang memiliki kemiringan sudut 45⁰ (sudut bisa diatur). Mikrokontroler, sensor, aki, *solar charge controller* dan peralatan pendukung lainnya diletakkan di dalam *box panel* berukuran 0,4 x 0,3 meter.

Tujuan lain dari invensi ini adalah merekam data pengukuran ke dalam database MySQL serta menampilkan langsung ke antarmuka *website* dan *smartphone* android dalam

bentuk visualisasi *gauge*, grafik, tabel dan google maps API secara waktu nyata (*real time*). Selain itu invensi ini juga bertujuan mengimplementasikan pemanfaatan panel surya sebagai sumber daya (*solar power system*) guna membuat suatu teknologi yang pintar dan ramah lingkungan (*smart and green technology*).

Uraian Singkat Gambar

Gambar 1, adalah diagram skematik pandangan perspektif sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan dari AQORTA (Air Quality and Noise Real Time Data Acquisition) sesuai dengan invensi ini. Gambar 2, adalah dimensi *cover* sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan dengan lebar 0,3 m, dan tinggi 2,5 m. Gambar 3, Skema hubungan antar penggunaan software. Gambar 4, adalah tampilan antarmuka *dashboard* (halaman utama). Gambar 5, adalah blok diagram AQORTA (Air Quality and Noise Real Time Data Acquisition). Sedangkan Gambar 6, adalah diagram alir (flowchart) program utama.

Uraian Lengkap Invensi

Invensi ini akan secara lengkap diuraikan dengan mengacu kepada gambar-gambar yang menyertainya. Mengacu pada Gambar 1, yang memperlihatkan skema secara lengkap perangkat keras sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan, yang terdiri dari 8 (delapan) bagian, yaitu: (1) *solar power system*, (2) sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega328P, (3) antarmuka *Microchip* ENC28J60 dengan ATmega328P, (4) antarmuka sensor MQ7 dengan ATmega328P, (5) antarmuka sensor MQ131 dengan ATmega328P, (6) antarmuka sensor KY-038 dengan ATmega328P, (7) antarmuka sensor DHT11 dengan ATmega328P, (8) transmisi data ke *web server*.

Catu daya utama pada sistem telemetri ini menggunakan panel surya dan aki dengan tegangan 12 volt DC yang

dikendalikan oleh *solar charge controller* sebagai pengatur arus searah dari panel surya ke aki dan diambil dari aki ke beban. Bebannya adalah mikrokontroler AVR ATmega328P dengan tegangan 5 volt. Oleh karena itu dibutuhkan IC regulator tegangan (*Low-Dropout Regulator*) dengan tipe LM2596.

Mikrokontroler ATmega328P memerlukan sumber clock eksternal agar bekerja lebih cepat memproses instruksi yang diperintahkan. Sumber clock berupa XTAL 16MHz dengan kapasitor 22pF. Nilai XTAL diperoleh dari lembar data ATmega328P dengan rentang nilai antara 8MHz hingga 16MHz menggunakan kapasitor dengan rentang nilai antara 12pF hingga 22pF. Rangkaian sistem minimum Mikrokontroler AVR ATmega328P yang ditambahkan IC *USB to Serial Converter* yang terhubung ke port serial mikrokontroler. IC ini digunakan sebagai jalur komunikasi antara laptop atau komputer dengan mikrokontroler dan juga memiliki fungsi sebagai jalur pemrograman utama menggantikan jalur *In System Programming (ISP)*. Agar rangkaian sistem minimum yang dibuat dapat diprogram langsung melalui port USB diperlukan sebuah *firmware* yang disebut *bootloader*. *Bootloader* inilah yang menangani komunikasi data melalui port USB. *Bootloader* yang digunakan adalah *USBasploader*. *USBasploader* merupakan pengembangan *firmware* dari *downloader* *USBasp* yang ditambahkan fitur *bootloader* agar bisa melakukan fungsi *self programming* pada IC mikrokontroler sehingga nantinya rangkaian sistem minimum yang dibuat dapat diprogram melalui *Compiler* Arduino IDE.

Mengacu pada Gambar 2, sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan dirancang untuk diimplementasikan di persimpangan lampu lalu lintas (*outdoor*) sehingga diharuskan memiliki *cover* atau bagian pelindung agar sistem dapat terpasang di lokasi dan terhindar dari cuaca ekstrim atau cuaca yang tidak sesuai dengan spesifikasi operasional dari

sistem ini. *Cover* sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan memiliki tinggi 2,5 meter dan terintegrasi dengan panel surya yang memiliki kemiringan sudut 45° (sudut bisa diatur). Mikrokontroler, sensor, aki, *solar charge controller* dan peralatan pendukung lainnya diletakkan di dalam *box panel* berukuran 0,4 x 0,3 meter.

Merujuk pada Gambar 3, dapat dilihat skema hubungan antar penggunaan *software* perangkat lunak sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan yang terdiri dari perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler dan pemrograman pada *Graphical User Interface (GUI)*. Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler diprogram dengan menggunakan *software* Arduino IDE dan memanfaatkan 5 buah *library* yang menyesuaikan dengan kebutuhan sistem yang dirancang. *Library* tersebut adalah ethernet, MQ7, MQ131, KY038 dan DHT11. Kode pemrograman yang ditulis pada *software* Arduino IDE selanjutnya ditanamkan pada mikrokontroler sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan sehingga pada kondisi aktual di lapangan sistem dapat bekerja sesuai perintah dan dapat mengirimkan data ke *server* serta ditampilkan pada *GUI*.

Perancangan perangkat lunak pada *GUI* terbagi menjadi 2 buah antarmuka (*interface*) yaitu *website interface* dan *android interface*. Perancangan pada *website interface* menggunakan *software* Sublime Text versi 2.0.2 yang berfungsi sebagai editor untuk setiap kode pemrograman yang dirancang dan XAMPP versi 1.8.3 yang berfungsi sebagai *server* lokal (*Apache Web Server*) sehingga pada saat pengujian perangkat lunak sistem tidak harus membeli *hosting server* dari pihak luar. Berbeda halnya pada perancangan *android interface* yang memanfaatkan *Framework* Ionic Cordova sebagai *platform open source* yang dapat membuat aplikasi *mobile* dengan bantuan teknologi web.

Flowchart pada Gambar 6, dideskripsikan bahwa alur pemrograman terbagi menjadi 3 (tiga) tahap yaitu inisialisasi, pengaturan (*setup*) dan pengulangan (*loop*). Perangkat lunak yang ditanamkan pada mikrokontroler diprogram dengan menggunakan *software* Arduino IDE yang terdiri atas beberapa fungsi utama yaitu mengakuisisi data yang dibutuhkan dan mengirimkannya ke *server*.

Dari hasil pengujian sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan, maka dapat disimpulkan bahwa: 1) Sistem telemetri berbasis mikrokontroler AVR ATmega328P dan *microchip* ENC28J60 dapat memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pengguna untuk mengakses informasi mengenai kualitas udara dan kebisingan di beberapa lokasi pengukuran; 2) Data hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan alat ukur untuk setiap parameter kecuali gas O₃ dikarenakan tingginya harga *ozone meter*. *Error* terbesar terhadap alat ukur dari sensor MQ7 adalah sebesar 3 ppm dan *error* terkecil sebesar 1 ppm. Untuk sensor KY-038, *error* terbesar dan terkecil terhadap alat ukur masing-masing adalah sebesar 6 dB dan 1 dB. Sedangkan untuk DHT 11, *error* terbesar dan terkecil terhadap alat ukur untuk parameter temperatur masing-masing adalah sebesar 0,8°C dan 0,1°C, sedangkan *error* terbesar dan terkecil untuk parameter kelembaban masing-masing adalah sebesar 1%. Konsumsi energi listrik perangkat keras adalah 78,49 Wh selama 1 hari. Berdasarkan hasil pengujian, perangkat keras dan perangkat lunak sistem telemetri dapat beroperasi dengan baik.

Klaim

Suatu sistem pengukuran jarak jauh (*online measurement*) kualitas udara dan kebisingan, dimana invensi ini menggunakan a)Mikrokontroler AVR ATmega328P; b)Microchip ENC28J60 sebagai protokol internet yang digunakan; c) Sensor MQ7 untuk parameter CO, sensor MQ131 untuk parameter O₃, sensor KY-038 untuk parameter kebisingan, juga sensor DHT11 untuk parameter temperatur dan kelembaban; d) Solar cell dan aki sebagai power source; dan e) Cover sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan yang memiliki tinggi 2,5 meter dan terintegrasi dengan panel surya yang memiliki kemiringan sudut 45⁰ (sudut bisa diatur). Mikrokontroler, sensor, aki, solar charge controller dan peralatan pendukung lainnya diletakkan di dalam box panel berukuran 0,4 x 0,3 meter.

Invensi ini mampu merekam data pengukuran ke dalam database MySQL serta menampilkan langsung ke antarmuka website dan smartphone android dalam bentuk visualisasi gauge, grafik, tabel dan google maps API secara waktu nyata (*real time*). Invensi ini memanfaatkan panel surya sebagai sumber daya (*solar power system*) guna membuat suatu teknologi yang pintar dan ramah lingkungan (*smart and green technology*).

25

30

Abstrak**AQORTA (Air Quality and Noise Real Time Data Acquisition)
Sistem Telemetri Kualitas Udara dan Kebisingan Terintegrasi
Solar Power System**

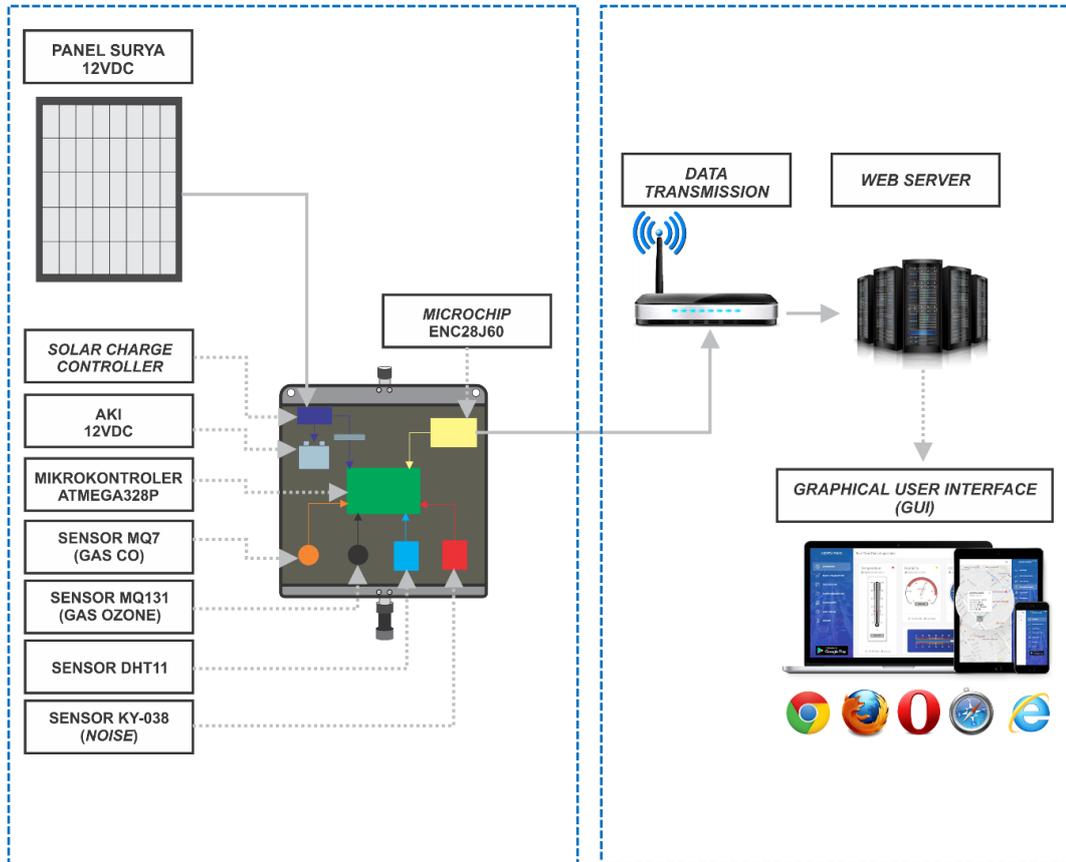
5

Invensi sistem AQORTA ini berkaitan dengan implementasi sistem telemetri kualitas udara dan kebisingan yang dapat merekam data pengukuran ke dalam *database MySQL*, serta menampilkan data hasil pengukuran melalui *Graphical User Interface (GUI)* secara waktu nyata. Sistem ini terdiri dari dua bagian, yaitu bagian perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Bagian hardware diletakkan di lokasi pengukuran dan berfungsi untuk merekam data kualitas udara (CO , O_3 , temperatur, kelembaban) dan kebisingan serta mengirimkan data ke database *MySQL* yang ter-*install* pada *web server*. Bagian perangkat lunak diakses melalui GUI berbasis halaman website dan aplikasi pada *smartphone android* guna memvisualisasikan data hasil pengukuran dalam bentuk indikator *gauge*, grafik, tabel, dan *geolocation data* berbasis *google maps Application Programming Interface (API)*. Catu daya utama pada AQORTA ini menggunakan panel surya dan *accu* dengan tegangan 12 volt DC yang dikendalikan oleh *solar charge controller*. Data hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan alat ukur untuk setiap parameter kecuali gas O_3 dikarenakan tingginya harga *ozone meter*. *Error* terbesar terhadap alat ukur dari sensor MQ7 adalah sebesar 3 ppm dan *error* terkecil sebesar 1 ppm. Untuk sensor KY-038, *error* terbesar dan terkecil terhadap alat ukur masing-masing adalah sebesar 6 dB dan 1 dB. Sedangkan untuk DHT 11, *error* terbesar dan terkecil terhadap alat ukur untuk parameter temperatur masing-masing adalah sebesar $0,8^\circ\text{C}$ dan $0,1^\circ\text{C}$, sedangkan *error* terbesar dan terkecil untuk parameter kelembaban masing-masing adalah sebesar 1%. Konsumsi energi listrik perangkat keras adalah 78,49 Wh selama 1 hari. Berdasarkan hasil pengujian, perangkat keras dan perangkat lunak sistem telemetri dapat beroperasi dengan baik.

35

Gambar Alat/Produk Teknologi

5



GAMBAR 1. Diagram skematik sistem pengukuran kualitas udara dan kebisingan

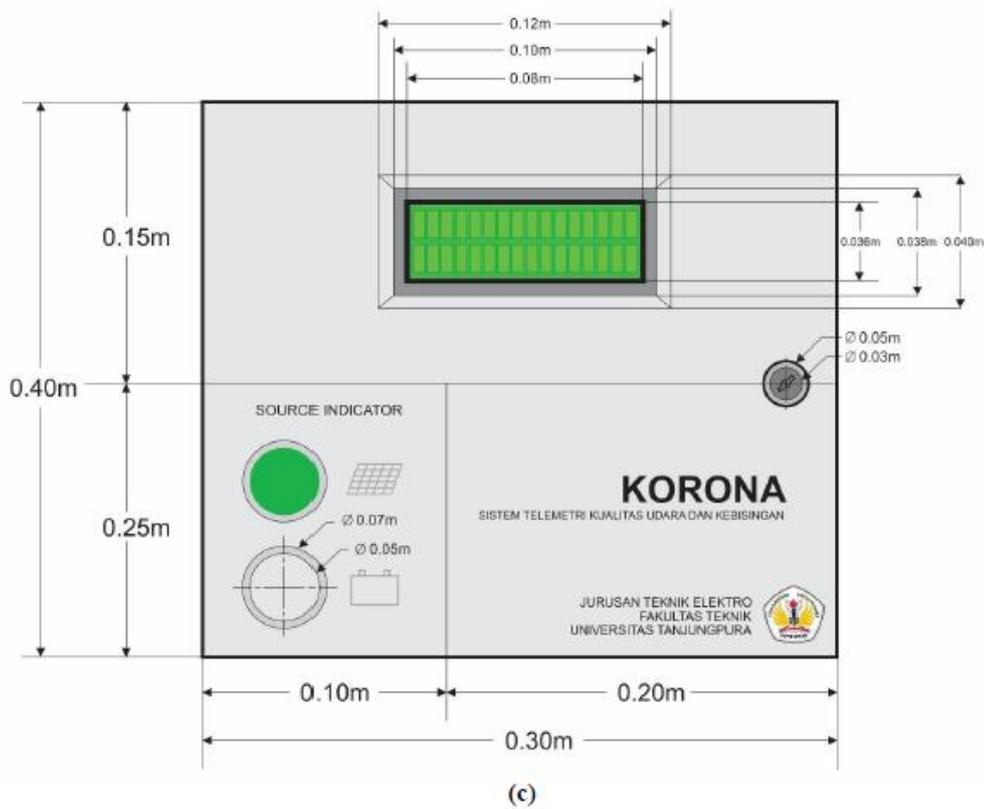
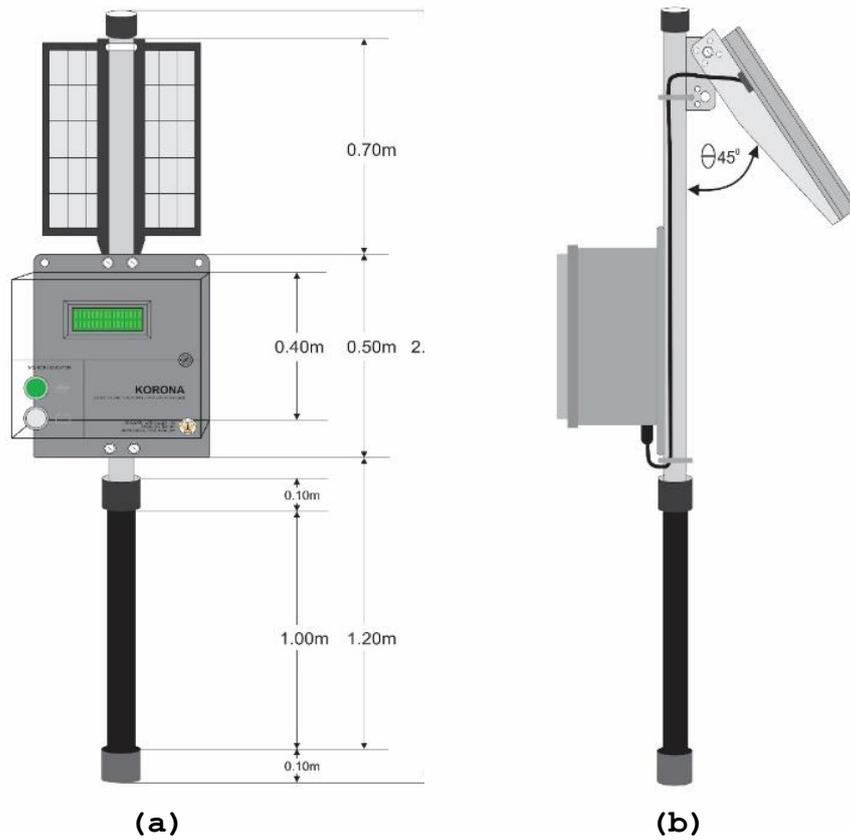
10

15

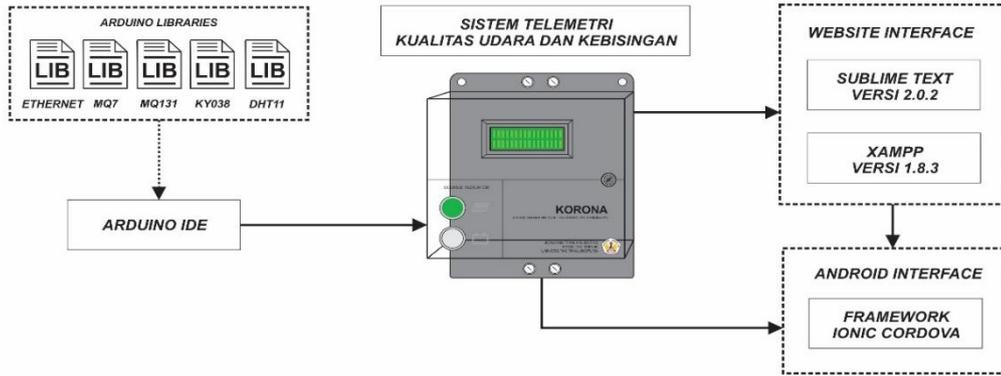
5

10

15



GAMBAR 2. Dimensi Cover Sistem Telemetri Kualitas Udara Dan Kebisingan



GAMBAR 3. Skema Hubungan Antar Penggunaan Software



5

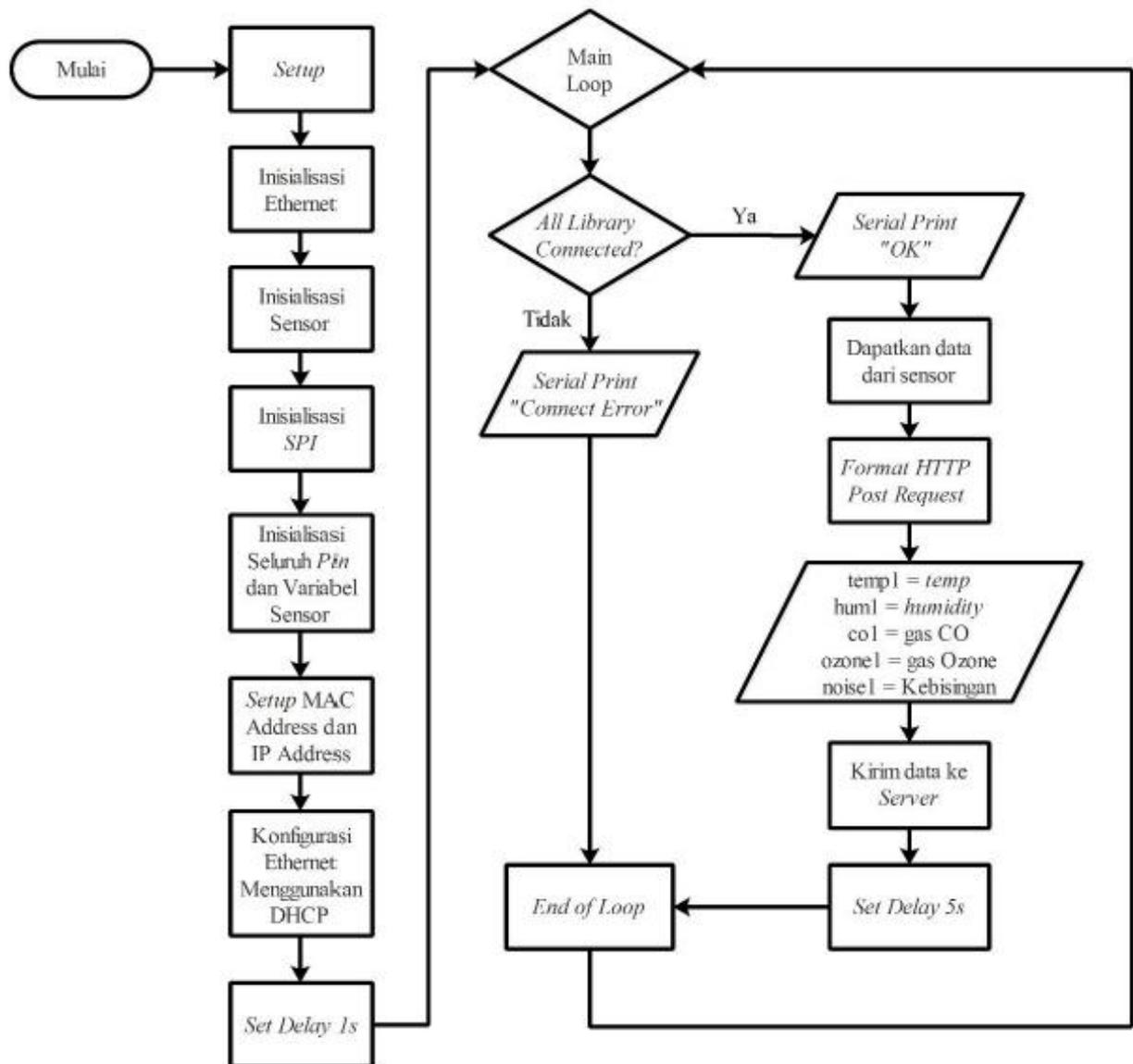
GAMBAR 4. Tampilan Antarmuka Dashboard (Halaman Utama)



GAMBAR 5. Diagram Blok Kendali Sistem Pengukuran Kualitas Udara Dan Kebisingan

10

15



GAMBAR 6. Flowchart Program Utama