

REVIEW APLIKASI SENSOR PADA SISTEM MONITORING DAN KONTROL BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

Anantajaya, I. M. R. A., Kumara, I. N. S., Divayana, Y.
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Badung, Bali
abhiyuda.anantajaya@student.unud.ac.id

ABSTRAK

Mikrokontroler Arduino yang dilengkapi satu atau lebih sensor telah banyak digunakan dalam riset dan aplikasi riil di masyarakat. Tulisan ini meninjau sensor, jenis Arduino, dan aplikasinya sebagai suatu sistem monitoring. Data diperoleh dari platform yang membahas proyek-proyek Arduino online, artikel ilmiah, situs pabrikan komponen elektronika / mikro-elektronika, dan sumber terpercaya lainnya. Hasil peninjauan menunjukkan bahwa sensor - sensor yang umum dipakai antara lain sensor suhu dan kelembaban DHT11, DHT22, Thermistor dan LM35, sensor sentuh limit switch; sensor jarak HC-SR04 dan Parallax PIR, sensor gas MQ2, MQ3, MQ5, MQ6, MQ7, MQ8, dan MQ135 sesuai dengan gas yang dideteksi, sensor percepatan dan magnet ADXL345 dan A3144, sensor warna TCS3200 dan TCS 34752; sensor api KY-026 dan Robotdyn IR; sensor Infra merah KY-022 dan KY-005, sensor cahaya LDR dan TSL2561, sensor arus tegangan ACS712 dan PZEM-004T, dan sensor detak jantung KY-039 dan MAX30102. Sedangkan pada mikrokontroler yang sering dipakai antara lain Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega dan mikrokontroler lainnya. Aplikasi yang sudah dikembangkan antara lain ditujukan pada aplikasi dibidang kesehatan, pertanian, peternakan, penciptaan robot, keamanan hingga kendaraan.

Kata kunci : Mikrokontroler, Sensor, Aplikasi Arduino, Sensor dan Arduino

ABSTRACT

Arduino microcontrollers have been widely used in research and society. The Arduino is equipped with one or more physical sensors to convert physical quantities into electrical signals that can be processed by the microcontroller. This paper reviews sensors, types of Arduino, and their application as a monitoring system. Data were obtained from platforms discussing online Arduino projects, scientific articles, electronic/micro-electronic component manufacturer sites, and other reliable sources. The results show that the sensors that are commonly used include temperature and humidity sensors DHT11, DHT22, Thermistor and LM35, limit switch touch sensors, proximity sensors HC-SR04, and Parallax PIR, gas sensors MQ2, MQ3, MQ5, MQ6, MQ7, MQ8, and MQ135 correspond to detected gases, ADXL345 and A3144 acceleration and magnet sensors, TCS3200 and TCS 34752 color sensors, KY-026 and Robotdyn IR fire sensors, KY-022 and KY-005 Infrared sensors, LDR and TSL2561 light sensors, voltage-current sensors ACS712 and PZEM-004T, and heart rate sensors KY-039 and MAX30102. While the microcontrollers that are often used include Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega, and other microcontrollers. Applications that have been developed include applications in the fields of health, agriculture and farm, creation of robots, security to vehicles.

Keywords: Microcontroller, Sensor, Arduino Application, Sensor and Arduino

1. PENDAHULUAN

Efisiensi waktu dan energi dalam penciptaan suatu alat dapat dicapai dengan mikrokontroler. Mikrokontroler adalah hasil reduksi sistem elektronik yang pada awalnya membutuhkan banyak komponen pendukung. Komponen-komponen tersebut diperkecil dan dipusatkan agar dapat dikendalikan oleh mikrokontroler. Hal ini memungkinkan penciptaan alat dengan sistem otomatis dan hemat tenaga.

Sensor dipasang dengan mikrokontroler untuk mendeteksi gejala eksternal. Terdapat tiga hal yang harus diperhatikan sebelum memilih sensor sebagai komponen alat [1], yaitu: (1) linearitas sensor yang dapat dilihat dari hasil sinyal output yang berubah-ubah secara dinamis sesuai dengan transisi input yang mengalami perubahan secara kontinyu, (2) sensitivitas sensor yang merupakan kepekaan sensor dalam pengukuran, dan (3) tanggapan waktu pada sensor yang menunjukkan kecepatan sensor dalam menerima perubahan masukan.

Dalam tulisan ini akan diuraikan jenis sensor yang sering digunakan pada mikrokontroler Arduino. Beberapa literatur sudah membahas bagaimana instrumen menggunakan multi-sensor dan mikrokontroler. Tulisan ini akan fokus untuk *me-review* penggunaan sensor pada mikrokontroler serta melihat bagaimana sensor tersebut diaplikasikan dalam suatu instrumen.

2. MIKROKONTROLER

Mikrokontroler merupakan komponen elektronik terintegrasi yang diprogram guna menyelesaikan dan mengendalikan suatu pekerjaan tertentu [2]. Mikrokontroler memungkinkan terciptanya suatu alat yang berfungsi otomatis. Pada dasarnya, mikrokontroler bekerja dengan program atau perangkat lunak yang dirangkai padanya. Program tersebut biasanya disesuaikan dengan aplikasi yang diinginkan.

Mikrokontroler terdiri dari bagian penyusun dasar berupa CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access*

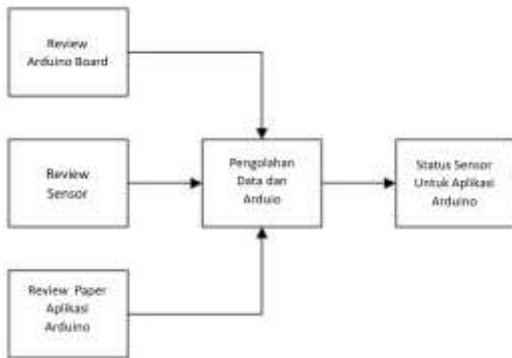
Memory), ROM (*Read Only Memory*), porta masuk (*input*) dan keluar (*output*), serta pengendali USB (*Universal Serial Bus*), dan ADC (*Analog to Digital Converter*) pada mikrokontroler tertentu [3]. Mikrokontroler bekerja dengan prinsip dasar memulai pekerjaan dengan mengambil data pada ROM dengan address yang ada pada *program counter* (PC) dan ditambahkan 1 (*increment*) secara otomatis [2].

Mikrokontroler dibagi menjadi beberapa kelompok, yaitu: (1) Arsitektur Mikrokomputer, (2) Keluarga 8051, (3) Keluarga PIC, (4) Keluarga AVR, dan (5) Arduino [3]. Setiap kelompok mikrokontroler memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Tulisan ini akan berfokus pada aplikasi sensor pada mikrokontroler Arduino.

Arduino adalah *prototyping platform* yang bersifat *open source*. Pada pengaplikasiannya, Arduino dapat menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan [3]. Dalam beberapa tahun terakhir, mikrokontroler sudah banyak digunakan dalam penciptaan alat otomatis. Mikrokontroler dapat pula diaplikasikan dengan komponen sensor yang dapat memberi data input pada mikrokontroler. Oleh karenanya, diperlukan uraian terkait pengaplikasian sensor pada mikrokontroler mutlak diperlukan.

3. METODE PENELITIAN

Tulisan ini merupakan *review* artikel yang bertujuan untuk menguraikan aplikasi berbagai macam sensor pada mikrokontroler Arduino. Langkah – langkah pengambilan data dalam penelitian ini digambarkan dalam skema Gambar 1.



Gambar 1. Skema penelitian

Pengumpulan data merupakan tahap awal dalam penyusunan tulisan. Data diperoleh melalui studi literatur. Literatur yang digunakan berupa buku, artikel jurnal, dan artikel website. Artikel berasal dari jurnal ilmiah yang diperoleh melalui *google*

scholar, Proquest, Elsevier, Researchgate, medianaeliti.com, dan IEEEExplore. Literatur yang ditemukan kemudian dianalisis dan disusun menjadi suatu artikel review yang sistematis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sekarang ini telah tersedia banyak sensor yang bisa digunakan untuk membangun sistem kontrol pada beragam aplikasi. Beberapa Arduino juga memiliki beragam fitur yang dapat disesuaikan dengan sifat dan kompleksitas aplikasi rancangan. Hasil survei terhadap aplikasi sensor dan jenis Arduino yang tersedia disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Aplikasi Sensor dan Arduino 1

Arduino	Besaran Fisik	Sensor	Aplikasi
Arduino Uno (ATmega328P), Arduino Mega (ATmega2560), Arduino Nano (ATmega328), NodeMCU (ESP32, ESP8266), Raspberry Pi,	Api	KY-026	Pendeteksian Api
		Robotdyn IR	
	Arus Listrik	ACS172	Pengukuran arus listrik DC
		INA219	Pengukuran arus listrik AC
		PZEM-004T	
	Cahaya	TS12561	Pengukuran intensitas cahaya
		Photodiode LDR	
	Debu	GP2Y1010AU0F	Pendeteksian keberadaan dan kepekatkan debu
	Detak Jantung	MAX30102	Pendeteksian kadar oksigen dalam darah (SpO2) serta detak jantung per menit (BPM)
		KY-039	
		HGJVBFHG1	
	Gas	MQ2	Pendeteksian gas LPG, i-butane, propane, methane, alcohol, Hydrogen, smoke
		MQ3	Pendeteksian gas alkohol
		MQ5	Pendeteksian gas CO, metana
		MQ6	Pendeteksian gas LPG, propane, butana
		MQ7	Pendeteksian gas CO karbon monoksida dengan sensitivitas tinggi
		MQ8	Pendeteksian gas hidrogen
	Gerak	HC-SR501	Pendeteksi pergerakan dengan passive infrared
		Infra Merah	KY-022 (Receiver)
	KY-005 (Transmitter)		Pengiriman data menuju inframerah penerima
	Jarak	HC-SR04	Pengukuran jarak atau ketinggian suatu benda terhadap dasar yang ditentukan
		Parallax PIR	Pengukuran ketinggian atau level air
		WL705 (Water Level)	
	Kelembapan	SHT20	Pengukuran kelembapan udara
		SHT15	
		DHT22	
		DHT11	
BME680			
SHT3x			
HYT939			
BME280			
Soil Moisture	Pengukuran kelembapan tanah		
Magnet	A3144	Pendeteksian kedekatan (proximity), Pendeteksian posisi (positioning), Pendeteksian kecepatan (speed), Pendeteksian pergerakan arah (directional) dan Pendeteksian arus listrik (current sensing)	
	MPU-9250	Pendeteksian pergerakan	
	AK8963	Pengukuran atau mempertahankan orientasi dan kecepatan sudut	

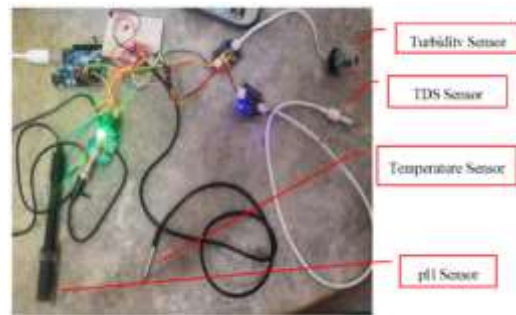
Tabel 2. Aplikasi Sensor dan Arduino 2

Arduino	Besaran Fisik	Sensor	Aplikasi
Arduino Uno (ATmega328P), Arduino Mega (ATmega2560), Arduino Nano (ATmega328), NodeMCU (ESP32, ESP8266), Raspberry Pi,	Percepatan	ADXL345	Pembacaan nilai akselerasi pada putaran mesin
		393A03 358B18	Pembacaan efek piezoelektrik untuk Pengukuran perubahan percepatan
	Posisi	NEO-6M (GPS)	Pendeteksian posisi alat
		MPU-6050 (Gyro) MPU-9250 (Gyro)	Pendeteksian bahwa kendaraan dalam kondisi kemiringan tertentu Pembacaan nilai sudut kemiringan sumbu x, y, dan z
	Suara	KY-037	Pembacaan besar dan kecilnya gelombang suara
		FC-04	Pembacaan kebisingan lingkungan sekitar
	Sentuh	MAX9814	Pendeteksian sentuhan yang terjadi terhadap alat
		Limit Switch LM35	
	Suhu	DHT 11	Pengukuran suhu ruangan maupun lingkungan pada medium udara
		DHT22	
		SHT20	Pengukuran suhu ruangan maupun lingkungan pada medium udara dan suhu air
		NTC-PR103J2 (Thermistor)	Pengukuran suhu AC
		DS18B20	Pengukuran suhu air
		BME680	
		KY-015	Pengukuran suhu ruangan dan lingkungan pada medium udara
		SHT3x	
	Tegangan Listrik	GS3	Pengukuran suhu tanah
		INA219 PZEM-004T	Pengukuran tegangan listrik DC Pengukuran tegangan listrik AC
	Tekanan	BME680	
		BMP180 BMP280	Pengukuran tekanan atmosfer
Waktu	DS3231	Pembacaan data waktu dan tanggal	
	DS3234		
Warna	TC534725	Pendeteksian warna dengan filter IR dan LED putih	
	TC53200	Pendeteksian warna	



Gambar 2. Detektor Detak Jantung [4]

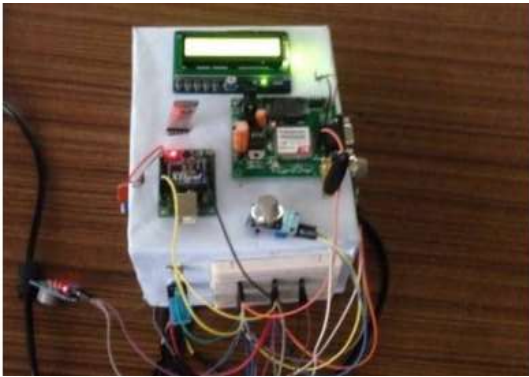
Pada bidang kesehatan, Arduino digunakan untuk aplikasi detektor detak jantung [4],[5], detektor kualitas air [6], dan detektor kualitas udara [7],[8] dan. Pada aplikasi detektor detak jantung, digunakan sensor detak jantung model KY-039 yang berfungsi untuk membaca detak jantung pengguna dengan interval sepuluh detik tiap pembacaan. Detektor detak jantung ini seperti yang terlihat pada Gambar 2, ditempatkan pada tangan dan dapat berguna untuk menemukan gangguan dengan keadaan perasaan atau emosional pengguna.



Gambar 3. Detektor Kualitas Air [6]

Pada aplikasi detektor kualitas air, digunakan sensor pH RELAND SUN yang dapat bekerja pada rentang suhu $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, sensor suhu DS18B20 yang dapat beroperasi pada suhu $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan ketepatan mencapai $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan sensor kekeruhan The ReYeBu digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air dan dapat beroperasi pada temperature $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan waktu respon kurang dari 500 ms [6]. Detektor kualitas air seperti pada Gambar 3, diperlihatkan komponen dan rangkaian yang dirancang. Dapat berguna sebagai alat untuk mengetahui suatu kondisi sungai yang terdampak bencana alam maupun dampak buatan manusia. Berkurangnya

kualitas air pada sungai akan berpengaruh pada kondisi lingkungan sekitarnya.



Gambar 4. Detektor Kualitas Udara [7]

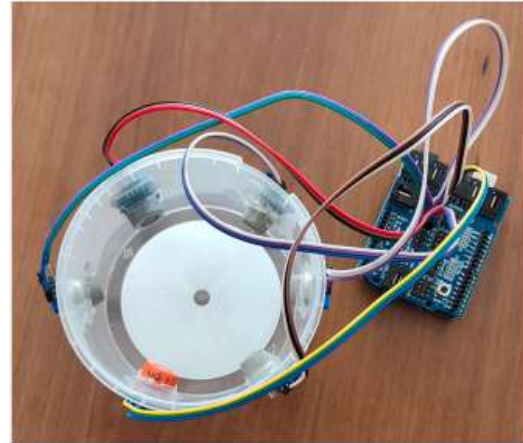
Pada aplikasi detektor kualitas udara, digunakan sensor karbondioksida MQ-135 untuk mendeteksi kadar polusi udara di lingkungan tersebut. Detektor gas LPG menggunakan sensor gas LPG MQ-2 dan sensor gas karbon monoksida MQ-7 [7]. Detektor kualitas udara diperlihatkan pada Gambar 4, digunakan untuk mendeteksi ruangan pada bangunan yang terdegradasi selama beberapa periode. Berkurangnya kualitas ventilasi menyebabkan polusi udara dalam ruangan.



Gambar 5. Monitoring Perkebunan Dan Pertanian [9]

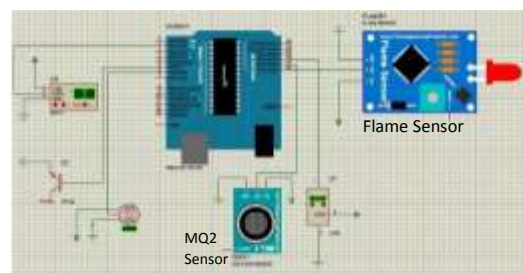
Pada bidang perkebunan, pertanian, dan peternakan, Arduino dapat digunakan sebagai monitoring perkebunan dan pertanian [9], penentuan parameter kualitas ikan [10], dan peringatan dini kebakaran [11]. Sensor suhu LM-35 juga dapat dimanfaatkan pada sektor perkebunan dan pertanian. Pada paper Sihombing dan Listiari tahun 2018 [9], digunakan sensor suhu DHT-22 dan sensor pH pada tanah. Tujuan dari aplikasi Arduino pada bidang perkebunan dan pertanian ini digunakan

untuk memonitoring suhu udara, kelembaban tanah dan ph tanah yang cocok untuk menanam stroberi [9]. Ditunjukkan pada Gambar 5, bentuk dari alat monitoring suhu udara, kelembaban tanah dan ph tanah.



Gambar 6. Kualitas Ikan [10]

Pada paper Yavuzer tahun 2021 [10], dilakukan penelitian mengenai kualitas ikan siap olah. Digunakan sensor gas berupa sensor gas alkohol (MQ3), gas metana (MQ4), *isobutane* dan *porpane* (MQ5), *hydrogen* (MQ8), *flammable* gas (MQ9), dan amonia (MQ135). Diperlihatkan pada Gambar 6, sensor – sensor tersebut ditempatkan pada sisi wadah dimana ikan disimpan. Fungsi dari sensor ini nantinya akan mengukur kondisi kualitas ikan yang siap diolah [10].



Gambar 7. Peringatan Dini Kebakaran [11]

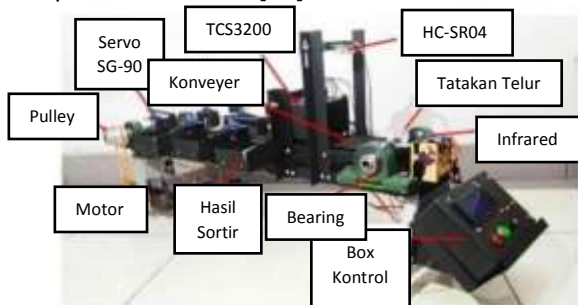
Pada penelitian yang menggunakan pengaplikasian sensor api KY-026, sensor asap MQ-2, sensor suhu LM-35, dan sensor kelembaban DHT11 pada pendeteksian kebakaran dini [11]. Masing-masing sensor bertugas memberikan data pada Arduino lalu diterjemahkan sebagai perintah pada transistor untuk menyalakan

pompa air jika terdeteksi ada api atau kelembaban dibawah batas normal [11]. Gambar 7 merupakan rancangan rangkaian dari pendeteksian dini kebakaran.



Gambar 8. Robot Pembersih PV [12]

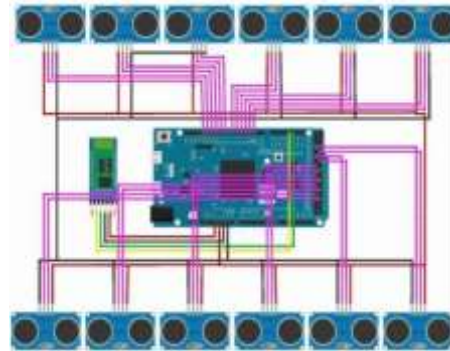
Pada aplikasi robotik. Dirancang aplikasi Arduino pada robot pembersih PV [12], pemilihan telur [13], dan simulasi gamelan digital [14]. Pada robot pembersih PV, digunakan sensor sentuh (*limit switch*) dan sensor kompas. Terlihat pada Gambar 8, robot melakukan pembersihan PV akan bergerak menggunakan roda dan bergerak sesuai arahan kompas. Sensor sentuh digunakan sebagai penanda ujung modul PV agar tidak melewati batas permukaan PV. Dengan bantuan sikat halus dan semburan air, robot melakukan pembersihan PV [12].



Gambar 9. Pemilihan Telur [13]

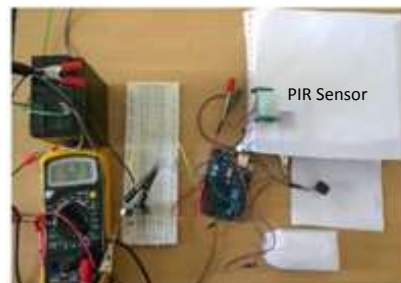
Pada aplikasi pemilihan telur, digunakan sensor infra merah untuk mendeteksi kehadiran telur, sensor jarak (HC-SR04) untuk mendeteksi diameter telur dan sensor warna (TCS3200) untuk membaca warna dari telur. Gambar 9 merupakan bentuk dari alat pemilihan telur yang berguna sebagai alat penyortir telur. Dapat diketahui telur yang jumbo dan berukuran sedang secara otomatis. Kualitasnya sendiri dapat di sortir pula

berdasarkan warna dari cangkang telur yang dideteksi. Sensor infra merah dapat menggunakan sensor KY-022 sebagai penerima dan sensor KY-005 sebagai pengirim data [15],[16]. Pada sensor warna selain TCS3200 dapat pula digunakan sensor TCS34725 [8].



Gambar 10. Gamelan Digital [14]

Pada aplikasi simulasi gamelan digital, digunakan sejumlah sensor jarak (HC-SR04) sebagai media pengganti gamelan. Menggunakan media datar maupun telapak tangan, gamelan digital ini dapat dimainkan. Ditunjukkan pada Gambar 10, rangkaian sensor alat gamelan digital. Rangkaian sensor tersebut saat mendapat pembacaan bidang datar akan mengirimkan data ke mikrokontroler kemudian diteruskan ke aplikasi berbasis *Android* melalui komunikasi *Bluetooth*, yang pada selanjutnya menghasilkan suara melalui speaker pada smartphone. Gamelan digital ini dapat menggantikan gamelan asli secara mobilitas dan ukuran [14].



Gambar 11. Pengamanan Rumah [17]

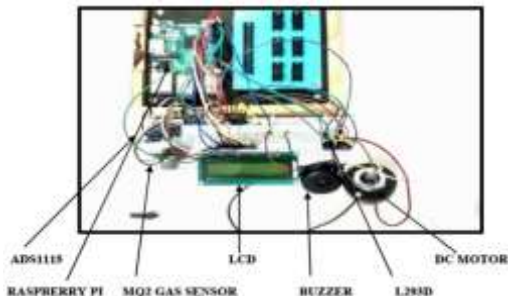
Aplikasi pada ranah domestik seperti pengamanan rumah dan bangunan bersifat otomatis dapat digunakan sensor jarak (HC-SR04) dan sensor gerak *Parallax PIR*

[17] yang dapat dilihat pada Gambar 11. *Parallax PIR* akan mendeteksi pergerakan benda di depan sensor, sedangkan sensor ultrasonik akan mengukur jarak objek dengan menggunakan gelombang suara lalu menyalakan kamera keamanan untuk merekam pergerakan objek.



Gambar 12. Pendeteksi Kebocoran Gas [18]

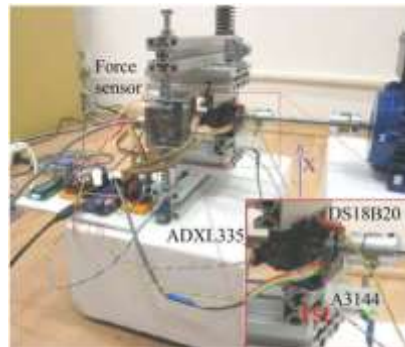
Aplikasi lainnya dapat dimanfaatkan dalam mendeteksi kebocoran gas. Sensor Gas mendeteksi keberadaan gas dengan mengubah informasi kimia menjadi informasi digital. Setiap sensor terdiri dari elemen pemanas yang menghasilkan tegangan keluaran analog sebanding dengan konsentrasi gas. Sensor gas yang dapat digunakan yaitu MQ2, MQ3, MQ5, MQ6, MQ7, MQ8 dan MQ135 seperti yang terlihat pada Gambar 12. Sensor ini sensitif terhadap berbagai gas seperti *Methane*, *Butane*, LPG, Alkohol, Asap, Gas Alam, Karbon Monoksida [18]. Kualitas Udara Sensor-sensor ini berguna untuk mengidentifikasi konsentrasi gas di udara pada bangunan *restaurant*, perkantoran maupun rumahan dalam pendeteksian dini kebocoran gas dan menanggulangi kemungkinan terjadinya kebakaran.



Gambar 13. Pendeteksi Polusi Kendaraan [19]

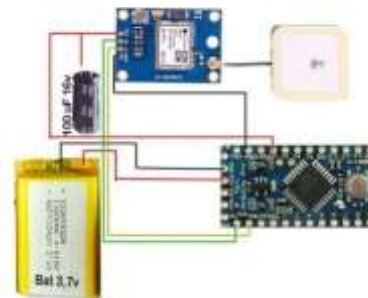
Aplikasi Arduino pada kendaraan dapat berupa pendeteksi polusi kendaraan

[19], pendeteksi putaran bearing [20] dan sistem pelacakan GPS [21]. Pada aplikasi pendeteksi polusi udara, digunakan sensor gas (MQ2) dalam pendeteksian asap dan karbon dioksida pada knalpot kendaraan. Sensor yang diperlihatkan pada Gambar 13 dapat ditempatkan langsung pada saluran pembuangan mesin kendaraan agar pembacaan polusi udara dapat langsung diterima oleh sensor. Aplikasi ini dapat membantu mengurangi dampak polusi kendaraan pada tolak ukur uji emisi.



Gambar 14. Pendeteksi Putaran Bearing [20]

Aplikasi pendeteksi putaran bearing dapat dimanfaatkan sebagai pendeteksi kecepatan kendaraan. Menggunakan sensor *Hall Effect* (A3144) untuk mendeteksi perputaran pada roda [20]. Pada Gambar 14, sensor *Hall Effect* (A3144) ditempatkan pada bidang datar roda dan dibuatkan titik hitam sebagai pembacaan 1 revolusi putaran roda. Pada paper ini, dilakukan uji coba pada perputaran motor listrik. Selain menggunakan sensor A3144, dapat juga menggunakan sensor MPU-9250 [22],[23] atau sensor AK8963 [22].



Gambar 15. Sistem Pelacakan GPS [21]

Pada aplikasi sistem pelacakan GPS, digunakan modul sensor GPS (NEO-6M). Alat ini diuji berdasarkan pesan yang dikirim ke ponsel, pesan dengan alamat Google Maps saat GPS tidak menerima sinyal, pesan saat GPS menerima sinyal dan pesan saat alat pelacak direset melalui SMS [21]. Dengan bentuk yang kompak seperti yang terlihat pada Gambar 15, alat sistem pelacakan GPS ini dapat ditempatkan pada posisi yang tersembunyi. Alat pelacakan GPS ini dapat digunakan pada kendaraan bermobil maupun bermotor.

5. KESIMPULAN

Tulisan ini telah membahas penggunaan Arduino yang dikombinasikan berbagai sensor untuk berbagai aplikasi dalam kehidupan masyarakat modern. Arduino yang biasa digunakan adalah Arduino Nano, Arduino Uno, Arduino Mega, ESP32, ESP8266 dan mikrokontroler lainnya dengan sensor yang biasa digunakan berupa sensor jarak, sensor suhu dan kelembapan, sensor sentuh (*Limit Switch*), sensor arus tegangan, sensor cahaya, sensor detak jantung, sensor gas sensor infra merah, sensor magnet, sensor posisi, sensor suara, dan sensor warna. Aplikasi Arduino dengan penggunaan sensornya sudah dimanfaatkan dalam berbagai bidang kehidupan, mulai dari kesehatan, pertanian, peternakan, rumah dan bangunan hingga kendaraan dengan menggunakan sensor yang sesuai dengan kebutuhan atau spesifikasi aplikasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdurrazaq, A., Ihsan, M., Syahputra, A., Ghani, R. I., Siddiq, R. F., Ramadhani, R. S., & Sitompul, D. Jurnal - Sensor dan Pengaplikasiannya. Sensor. 2017.
- [2] Dahlan, A., Christalomegatli, V., Haryansyah, & Prayogi, D. Implementasi Perangkat Berbasis Mikrokontroler Sebagai Sistem Pengendali Kursi Roda. Journal of Applied Microcontrollers and Autonomous System. 2017 : 3(1), 1–13.
- [3] Dharmawan, H. A. Mikrokontroler: Konsep Dasar dan Praktis. UB Press. 2017.
- [4] Francese, R., Risi, M., & Tortora, G. A user-centered approach for detecting emotions with low-cost sensors. Multimedia Tools and Applications. 2020 : 79(47–48), 35885–35907.
- [5] Afifah, M. S. Z., Robihah, R. N., & Fadli, F. M. Development of multi-purpose heart rate and fall detector. AIP Conference Proceedings. 2020 : 2291.
- [6] Hong, W. J., Shamsuddin, N., Abas, E., Apong, R. A., Masri, Z., Suhaimi, H., Gödeke, S. H., Noh, M. N. A. Water Quality Monitoring with Arduino Based Sensors. Environments. 2021 : 8(1), 1-15.
- [7] Kaur, N., Mahajan, R., Bagai, D., & Student, P. G. Air quality monitoring system based on Arduino microcontroller. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2016 : 5(6), 9635-9646.
- [8] Rahmawati, D., Haryanto, H., & Sakariya, F. the Design of Coconut Maturity Prediction Device With Acoustic Frequency Detection Using Naive Bayes Method Based Microcontroller. JEEMECs (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science). 2019 : 2(1), 15–20.
- [9] Sihombing, Y. A., Listiari, S. Detection of air temperature, humidity and soil pH by using DHT22 and pH sensor based Arduino nano microcontroller. AIP Conference Proceedings. 2020 : 2221(1), 1-6.
- [10] Yavuzer, E. Determination of fish quality parameters with low cost electronic nose. Food Bioscience. 2021 : 41.
- [11] Hakim, L., & Halim, J. Peringatan Kebakaran Hutan Menggunakan

- Sensor Api, Suhu Dan Asap. In Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SEMNASITIK). 2018 : vol. 1, no. 1, pp. 26-38.
- [12] Riawan I. P. G., Kumara, I. N. S., & Partha C. G. I. Robot for Cleaning Solar PV Module to Support Rooftop PV Development. ICSGTEIS. 2018.
- [13] Lailatufath, N., Rahmah, M., Sutanto, W., Nadhira, V. Prototipe Alat Penyortir Telur Berdasarkan Warna dan Ukuran. Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi. 2021 : 13(2), 93-100.
- [14] Siregar, B., Hesananta, M. B., Seniman, & Fahmi. Development of Gamelan music instruments using HC-SR04 sensor on arduino and operated using android-based applications. Journal of Physics: Conference Series. 2021 : 1882(1), 1-7.
- [15] Aly Afandi, M., Nurandi, S., Ketut, I., & Enriko, A. Automated Air Conditioner Controller and Monitoring Based on Internet of Things. Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS). 2021 : 11(1), 83-92.
- [16] Perumal, B., Deny, J., Alekhya, K., Maneesha, V., & Vaishnavi, M. Air Pollution Monitoring System by using Arduino IDE. Proceedings of the 2nd International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems, ICESC. 2021 : 797-802.
- [17] Ranjit, S. S. S., & Abbod, M. Research and integration of IoT based solar photovoltaic panel health monitoring system. 2018.
- [18] Narkhede, P., Walambe, R., Mandaokar, S., Chandel, P., Kotecha, K., & Ghinea, G. Gas detection and identification using multimodal artificial intelligence based sensor fusion. Applied System Innovation. 2021 : 4(1), 1-14.
- [19] Gautam, A., Verma, G., Qamar, S., & Shekhar, S. Vehicle Pollution Monitoring, Control and Challan System Using MQ2 Sensor Based on Internet of Things. Wireless Personal Communications. 2021 : 116(2), 1071-1085.
- [20] Kostek, R. Arduino based diagnostics system dedicated to rolling bearings. Engineering Mechanics. 2018 : 409-412.
- [21] Kharisma, O. B., Dzikra, A. A., Mustakim, Vebrianto, R., Novita, R., Hasbullah, Irawati, Novita, Y., Zaitun, Nazir, A., Iskandar, I., Vitriani, Y., Rehayati, R., & Andriani, T. Development of location tracking system via short message service (SMS) based on GPS unblox neo-6m and sim 800l module. Journal of Physics: Conference Series. 2019 : 1363(1), 1-8.
- [22] P. Sakthivel and B. Anbarasu, "Integration of Vision and LIDAR for Navigation of Micro Aerial Vehicle," 2020 Third International Conference on Multimedia Processing, Communication & Information Technology (MPCIT). 2020 : pp. 14-18,
- [23] Parlindungan, S. D., Raharjo, A. S., Purboyo, T. W., & Telkom, U. Perancangan Perangkat Keras Untuk Permainan Engklek Hardware Design For Hopscotch Game. E-Proceeding of Engineering. 2021 : 8(5), 6520-6527.