

## KARAKTERISTIK SENSOR MQ-7 UNTUK PENGUJIAN PADA GAS BUANG MESIN KAPAL

Arif Rakhman Suharso<sup>1</sup>, Ario Hendartono<sup>\*2</sup>, Ariani Diah Setyoningtum<sup>3</sup>, Amthori Anwar<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Politeknik Maritim Negeri Indonesia, Jl. Pawiyatan Luhur I, Bendan Duwur, Gajahmungkur,  
Semarang, (024) 86457895  
Jurusan Teknik Nautika, Politeknik Maritim Negeri Indonesia  
e-mail: \*ariohend@polimarin.ac.id

### Abstrak

Sensor MQ-7 merupakan sensor yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap karbon monoksida (CO) yang dapat digunakan untuk mengukur emisi gas buang mesin kapal. Gas CO merupakan salah satu dari beberapa jenis gas yang dihasilkan oleh mesin kapal. Emisi gas buang kapal tersebut perlu dikendalikan melalui peraturan untuk mengontrol emisi melalui Marine Pollution atau Marpol. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya yang menggunakan sensor MQ-135 namun kali ini menggunakan sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas buang mesin kapal dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik sensor MQ-7 digunakan sebagai sensor pendeteksi gas buang kapal. Hasil pembacaan dari sensor MQ-7 dikirim ke komputer oleh arduino untuk dibaca melalui serial monitor yang terdapat pada software arduino IDE dan Visual Basic. Titik pengukuran dari sensor MQ-7 adalah ujung cerobong dari mesin induk kapal yang terdapat di laboratorium real engine Politeknik Maritim Negeri Indonesia. Untuk membandingkan hasil pengukuran maka dilakukan beberapa perbandingan objek penelitian antara lain menggunakan asap kertas yang dibakar, sepeda motor berbahan. Hasil pengujian sensor MQ-7 pada mesin induk kapal menunjukkan respon kenaikan dari 2,53 menjadi 3,09 kemudian dilakukan perbandingan dengan kertas yang dibakar terjadi kenaikan dari 2,53 menjadi 7,37 dan jika dibandingkan dari pengukuran sepeda motor terjadi kenaikan dari 2,53 menjadi 14,41. Respon waktu dari sensor ini bekerja dengan cepat dari nilai rendah ke tinggi dan lambat pada saat nilai tinggi ke rendah.

**Kata kunci :** sensor, MQ-7, gas buang, kapal, diesel.

### Abstract

The MQ-7 sensor is a sensor that has high sensitivity to carbon monoxide (CO) which can be used to measure ship engine exhaust emissions. CO gas is one of several types of gas produced by ship engines. Ship exhaust emissions need to be controlled through regulations to control emissions through Marine Pollution or Marpol. This study is a continuation of previous research using the MQ 135 sensor but this time using the MQ-7 sensor to detect ship engine exhaust gas with the aim of determining the characteristics of the MQ-7 sensor used as a ship exhaust gas detector sensor. The reading results from the MQ-7 sensor are sent to the computer by Arduino to be read via the serial monitor found in the Arduino IDE and Visual Basic software. The measurement point of the MQ 7 sensor is the tip of the chimney of the ship's main engine located in the real engine laboratory of the Indonesian State Maritime Polytechnic. To compare the measurement results, several comparisons of research objects were carried out, including using burnt paper smoke, motorcycles made of. The test results of the MQ-7 sensor on the ship's main engine showed an increase in response from 2.53 to 3.09, then a comparison was made with burned paper, an increase from 2.53 to 7.37 and when compared to motorcycle measurements, an increase from 2.53 to 14.41. The response time of this sensor works quickly from low to high values and slowly when the value is high to low.

**Keywords :** sensors, MQ-7, exhaust, ship, diesel.

## 1. PENDAHULUAN

Kapal pada umumnya menggunakan mesin penggerak utama mesin diesel untuk menghasilkan daya dorong dengan memutar baling-baling sehingga kapal dapat bergerak. Mesin induk tersebut menghasilkan gas buang sebagai hasil dari pembakaran bahan bakar yang dapat berupa MFO (Marine Fuel Oil) di dalam silinder yang dikeluarkan melalui cerobong. Emisi gas buang yang dihasilkan dari hasil pembakaran tersebut biasanya disebabkan karena pembakaran yang tidak sempurna. Emisi gas buang yang dihasilkan antara lain seperti Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC) menyebabkan polusi yang mempengaruhi kualitas pada air kolam pelabuhan dan dapat berdampak bagi kesehatan manusia. [1] Polusi udara berdasarkan sumber pencemarnya terbagi menjadi dua jenis yaitu polutan primer sebagai contoh gas SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HC dan polutan sekunder sebagai contoh O<sub>3</sub> atau ozon. Gas CO dan NO<sub>2</sub> merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sementara gas SO<sub>x</sub> merupakan gas yang berwarna dan berbau tajam. [2] Sulfur oksida (SO<sub>x</sub>) adalah beberapa macam zat gas buang yang dihasilkan oleh motor diesel sebagai penggerak utama kapal antara lain seperti gas CO, gas HC, gas CO<sub>2</sub>, gas NO<sub>x</sub>, PM, serta gas SO<sub>x</sub> dimana gas tersebut sangat berbahaya bagi kesehatan dan berdampak terhadap pemanasan global. [3] Gas detektor di kapal merupakan sebuah alat untuk mendeteksi keberadaan gas tertentu yang diatur melalui peraturan Solas Bab XI peraturan 1/7 untuk membawa alat instrumen pengukur gas portable yang telah dikalibrasi sebelumnya untuk mengukur gas yang mudah terbakar, Hidrogen Sulfida dan Karbon Monoksida. Keberadaan gas detektor sangat penting di kapal untuk mendeteksi gas yang mudah terbakar, gas beracun dalam ruang tertutup dengan tujuan untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja. [4] Sementara alat detektor gas juga perlu dikaji dalam rangka menegukur emisi gas buang kapal sebagaimana yang diatur dalam aturan yang ada pada peraturan Marine Pollution (MARPOL) 73/78 Annex VI yang merupakan suatu konvensi internasional yang mengatur tentang pengendalian pencemaran yang dihasilkan dari mesin diesel pada kapal. [5] Salah satu sensor yang ingin dikembangkan untuk diteliti dalam mendeteksi gas buang mesin kapal adalah sensor gas MQ-7 dengan mengetahui terlebih dahulu karakteristik. Sensor MQ-7 sangat sensitif terhadap Carbon Monoksida (CO) menggunakan catu daya 5 VDC dengan output berupa sinyal analog dan compatible dengan pin analog arduino. [6].



Gambar 1. Sensor MQ-7

Perancangan alat pendeteksi gas carbon monoksida menggunakan sensor MQ-7 pada penelitian sebelumnya diujikan pada gas buang knalpot motor menunjukkan bahwa sensor MQ-7 pada alat monitoring dapat mendeteksi kadar Karbon Monoksida dengan baik dan memiliki tingkat error sebesar 0,72% dalam melakukan beberapa kali pengambilan data. [7] Sensor MQ-7 juga diujikan pada garasi tertutup dengan menggunakan mobil yang dinyalakan kemudian dilakukan pengukuran menggunakan sensor MQ-7 untuk mengukur nilai dari karbon monoksida. [8] Sensor MQ-7 telah diujikan untuk mendeteksi Karbon Monoksida menggunakan asap rokok untuk mendeteksi asap rokok di toilet. Hasil pengujian sensor MQ-7 didapatkan bahwa semakin besar konsentrasi gas Karbon Monoksida semakin besar tegangan yang dihasilkan. [9] Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin dekat sumber gas CO maka semakin cepat sensor mendeteksi. Kemampuan jarak maksimal sensor dapat dilihat sejauh 50 cm dan pada jarak 55 cm suda

tidak mendeteksi. [10] Pengujian sensor gas MQ-7 telah dilakukan dengan membandingkan pada pengukuran gas Karbon Monoksida pada gas buang kendaraan dan asap rokok. [11] Sistem pendeteksi asap dengan sensor MQ-7 diterapkan pada alat pendeteksi kebakaran dengan mengkombinasikan antara sensor MQ-7, sensor MQ-2, dan sensor flame. [12] Sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi gas CO yang dikombinasikan dengan sensor flame untuk mendeteksi adanya api dalam sebuah alat pendeteksi kebakaran. [13]

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa tahapan yang dimulai dengan tahap observasi hingga adanya laporan akhir penelitian yang dilaksanakan di Politeknik Maritim Negeri Indonesia dengan menggunakan mesin induk kapal. Karakterisasi dari sensor MQ-7 merupakan roadmap awal dari penelitian mengenai detektor gas untuk mendeteksi gas baik pada gas buang mesin kapal maupun pengembangan selanjutnya seperti untuk mendeteksi gas beracun pada kapal. Pengamatan dengan cermat dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian yaitu mendapatkan karakteristik sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas buang kapal. Percobaan yang dilakukan yaitu percobaan langsung dengan mengukur gas buang kapal di mesin induk kapal di laboratorium engine Politeknik Maritim Negeri Indonesia. Tahapan yang digunakan dalam penelitian dilihat menurut bagan di bawah ini



Gambar 2. Alur Penelitian

Beberapa alur yang harus dilakukan dalam tahapan perencanaan penelitian untuk mendeteksi gas buang kapal antara lain :

### 1) Observasi

Tahap observasi merupakan tahapan untuk memperoleh informasi mengenai deteksi gas buang kapal serta potensinya untuk diteliti sehingga menghasilkan alat deteksi gas buang kapal.

Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) dari penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian dasar

dimana akan menguji sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas buang mesin kapal sehingga akan menghasilkan roadmap akhir penelitian berupa alat deteksi gas buang mesin kapal.

2) Studi Pustaka

Kegiatan studi pustaka meliputi pencarian literatur dari penelitian sebelumnya yang relevan terhadap penelitian terdahulu tentang penggunaan sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas buang serta referensi terkait peraturan yang mengatur mengenai pencemaran udara di laut dan penggunaan gas detektor di kapal. Penggunaan gas detektor pada kapal diatur melalui peraturan Solas Bab XI sedangkan peraturan mengenai pencegahan pencemaran di laut diatur oleh Marine Pollution (MARPOL) 73/78 Annex VI.

3) Penetapan Konsep

Langkah-langkah pada tahap ini meliputi pemilihan konsep alat yang akan dibuat menurut roadmap yang telah disusun dari TKT awal sampai dengan TKT akhir. Konsep awal dari penelitian ini adalah menguji beberapa sensor gas untuk dilanjutkan ke dalam prototipe sebuah alat deteksi gas buang kapal dan pada tahap akhir diwujudkan dalam sebuah alat deteksi gas buang kapal serta pendeteksian gas-gas beracun pada kapal.

4) Perancangan Alat

Peralatan untuk penelitian merupakan hal utama yang harus disediakan untuk dapat melakukan penelitian yang memerlukan perancangan alat. Peralatan yang akan digunakan untuk keperluan penelitian mendeteksi gas buang kapal antara lain adalah sensor MQ-7, Arduino Uno, dan Komputer. Sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi gas buang kapal. Output dari sensor MQ-7 adalah data analog 0 VDC sampai dengan 5 VDC yang dihubungkan ke pin analog Arduino. Oleh Arduino data analog diproses dengan program yang telah dibuat menggunakan software arduino IDE untuk dirubah menjadi data digital yang akan dibaca oleh serial monitor Arduino.



Gambar 3. Perancangan Alat

a. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor yang responsif terhadap karbon monoksida dengan input tegangan 5 VDC dan output berupa tegangan analog yang terhubung ke pin analog arduino. Nilai resistansi MQ-7 berbeda untuk berbagai jenis dan berbagai konsentrasi gas. [14]

b. Arduino

Arduino pada penelitian ini digunakan untuk merubah sinyal analog yang berasal dari sensor MQ-7 menjadi sinyal digital berupa data serial yang dapat diterima oleh komputer. Pada arduino terdapat pin analog yang terhubung dengan *Analog to Digital Converter*/ADC dengan input berupa sinyal analog 0 VDC sampai dengan 5 VDC dengan output konversi digital 0 sampai dengan 1023.

c. Komputer

Komputer digunakan sebagai display untuk menampilkan pembacaan sensor MQ-7 melalui software serial monitor yang terdapat pada arduino. Untuk menampilkan grafik serta menyimpan database hasil pengukuran digunakan software visual basic yang terhubung dengan microsoft access. Database diperlukan untuk dapat mengetahui respon waktu sensor MQ-7 dari hasil pengukuran.

#### 5) Pengujian Alat

Tahap ini merupakan tahap pengujian sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas buang mesin kapal kapal. dengan lokasi pengujian adalah di laboratorium engine Politeknik Maritim Negeri Indonesia dengan menggunakan mesin induk kapal. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali yaitu dengan menggunakan mesin induk kapal, kertas yang dibakar dan sepeda motor sebagai pembanding.



Gambar 4. Mesin Induk Kapal

#### 6) Pengolahan Data

Pengambilan data yaitu melakukan pencatatan pengambilan data sesuai dengan hasil pengujian sensor MQ-7 pada gas buang mesin induk kapal di Laboratorium real engine Politeknik Maritim Negeri Indonesia guna mengumpulkan data sehingga dapat diambil kesimpulan dari hasil pengujian tersebut. Untuk mengetahui data respon waktu dari sensor MQ-7 maka diperlukan pembanding menggunakan gas buang sepeda motor dari hasil pengukuran menunjukkan kenaikan yang cukup tinggi dibandingkan pengukuran pada mesin diesel.

#### 7) Publikasi Jurnal

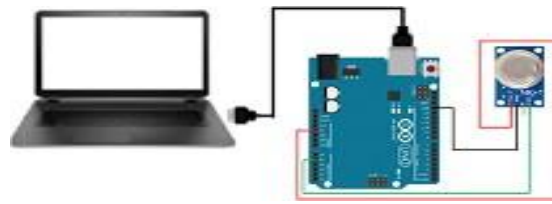
Tahap publikasi jurnal dengan mempublikasikan hasil penelitian ini ke dalam artikel untuk dipublikasikan ke dalam jurnal penelitian agar penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

#### 8) Laporan Akhir

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah pembuatan laporan akhir merupakan laporan hasil penelitian yang tidak dipublikasikan dan tersimpan di perpustakaan Politeknik Maritim Negeri Indonesia.

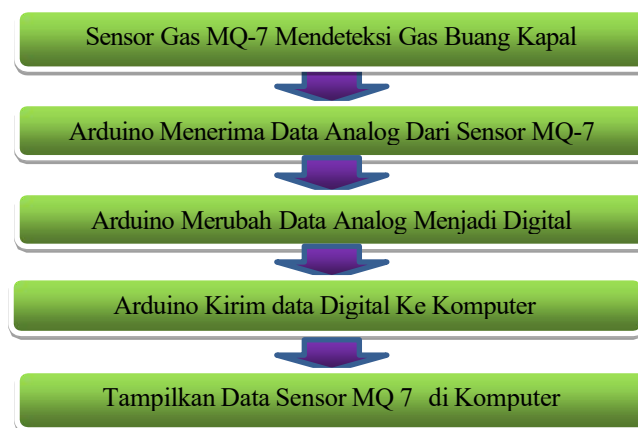
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain perancangan alat pengujian rangkaian sensor MQ-7 untuk deteksi gas buang kapal selain dibutuhkan perangkat lunak juga dibutuhkan perangkat keras. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas sensor MQ-7 yang berfungsi untuk mendeteksi gas buang mesin induk kapal. Arduino menerima data analog berupa tegangan 0 sampai dengan 5 VDC untuk diteruskan ke komputer via USB. Sementara perangkat lunak yang digunakan adalah software arduino IDE yang berfungsi untuk membuat program arduino dan menguploadnya ke Arduino. Hasil dari pembacaan sensor gas MQ-7 selanjutnya akan ditampilkan di serial monitor arduino IDE dan software visual basic yang terhubung dengan database microsoft access.



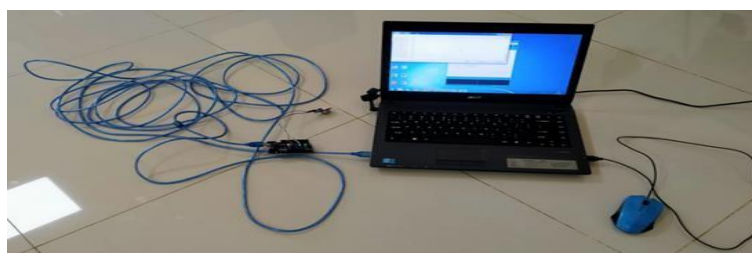
Gambar 5.

Urutan kerja dari alat uji sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas buang mesin kapal dapat dijelaskan melalui alur program atau flowchart yang menggambarkan jalannya sistem dari pembacaan sensor MQ-7 dalam mendeteksi gas buang mesin induk kapal hingga pada akhirnya data ditampilkan pada komputer. Flowchart pada gambar 6 menggambarkan kerja sistem yang dimulai dengan sistem menginisialisasi dan mengkonfigurasi pin-pin antara lain pin power, pin analog, pin digital dan komunikasi serial.. Setelah arduino dan komponen lainnya telah aktif, arduino kemudian membaca inputan dari sensor MQ-7. Jika sensor menunjukkan gas buang mesin kapal maka data akan ditampilkan di serial monitor arduino IDE dan visual basic. Untuk cara kerja dari perancangan alat pengujian gas buang kapal disajikan dalam bentuk tahapan-tahapan yang terdapat pada gambar di bawah ini :



Gambar 6.

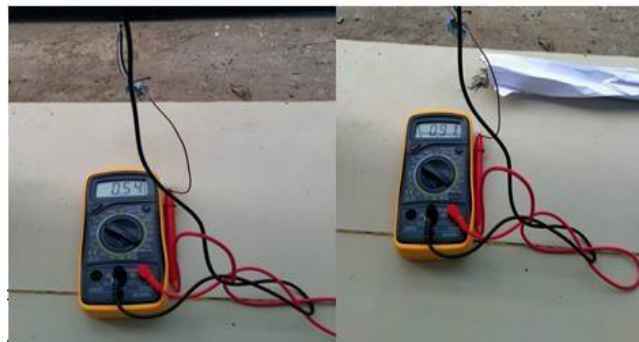
Pengukuran dilakukan dengan menggunakan laptop yang terkoneksi dengan arduino uno untuk mengukur dan melihat fungsi dan kinerja dari sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas buang kapal. Pengukuran dilakukan dengan melihat kinerja dari sensor apakah telah dapat berjalan dan mendeteksi gas yang berupa asap. Kabel yang digunakan adalah kabel printer dengan panjang 10 meter yang terkoneksi dari arduino uno ke komputer untuk dapat menjangkau ujung dari cerobong pembuangan mesin induk kapal.



Gambar 7. Tampilan Alat

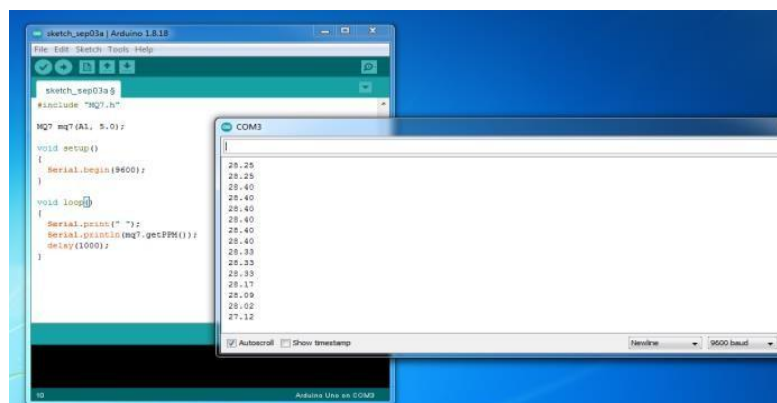


Pengujian sensor MQ-7 dilakukan tes awal dengan memberikan asap pada sensor kemudian mengamati di komputer apakah sensor dapat mendeteksi adanya asap di udara. Pengiriman data serial menggunakan kabel printer sepanjang 10 meter dari komputer ke arduino masih bisa terkirim dengan baik. Untuk melihat efektifitas sensor dalam mendeteksi asap dilakukan dengan melihat nilai resistansi sensor pada serial monitor pada Arduino IDE. Pengukuran dilakukan dengan mengukur gas buang mesin induk kapal di ujung cerobong pembuangan gas.



Gambar 8. Pengukuran Tegangan

Untuk memastikan sensor MQ-7 bekerja dengan maka dilakukan pengetesan dengan mengukur keluaran dari output analog dengan menggunakan multitester. Pada mulanya tegangan output sensor MQ-7 terukur 0,54 VDC setelah itu diberikan asap menggunakan kertas yang dibakar mengalami kenaikan tegangan menjadi 0,91 VDC. Tegangan ini nantinya akan digunakan sebagai input analog pada arduino untuk dirubah ke dalam tegangan digital yang dapat dibaca oleh komputer.



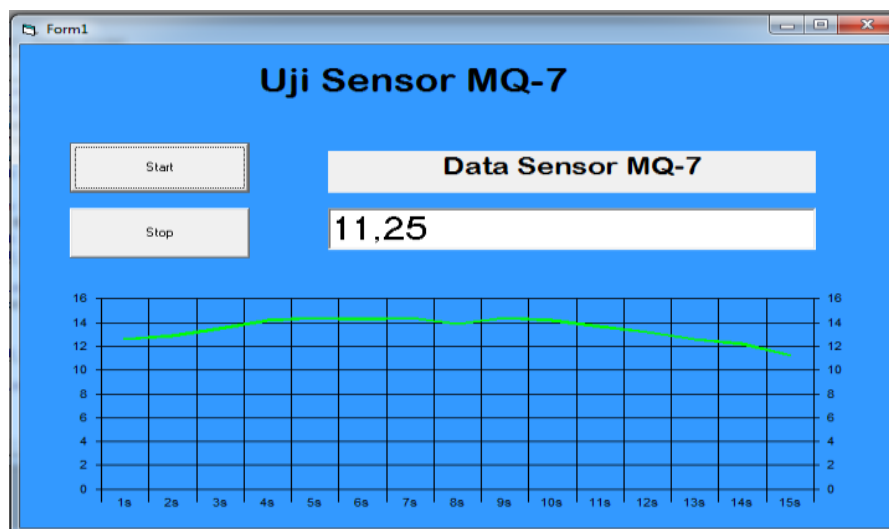
Gambar 9. Pembacaan Serial Monitor

Output dari sensor MQ-7 dengan menggunakan asap dari pembakaran kertas dapat dilihat pula menggunakan serial monitor yang ada pada salah satu menu software Arduino IDE. Hasilnya terjadi kenaikan nilai dari 2,52 menjadi 7,37. Pengujian tegangan output dari sensor MQ-7 untuk menguji output analog dari sensor MQ-7 dengan mengukur menggunakan multimeter untuk dibandingkan dengan tampilan di komputer dengan menggunakan perhitungan dimana resolusi dari Arduino uno adalah sebesar 10 bit maka nilai pembacaan pada serial monitor arduino IDE adalah 0 sampai dengan maksimum 1023 untuk tegangan 5 VDC sehingga digunakan rumus  $V = \text{sensorvalue} \times 5.00/1024$ . Variable V akan menghitung sesuai rumus tersebut dan menampilkanya di komputer. [15]



Gambar 10. Lokasi Pengukuran

Pengujian sensor gas MQ-7 untuk mendeteksi gas buang mesin induk kapal di laboratorium engine jurusan teknik Politeknik Maritim Negeri Indonesia dengan titik pengukuran di ujung cerobong gas buang mesin induk kapal dengan hasil berupa nilai pada serial monitor arduino IDE terjadi sedikit peningkatan dari 2,53 menjadi 3.09. Sensor MQ-7 kurang responsif ketika digunakan untuk mendeteksi gas buang mesin diesel. Mesin diesel sedikit menghasilkan gas karbon monoksida karena perbandingan udara dengan pemakaian bahan bakar berjalan seimbang sedangkan pada mesin bensin menghasilkan banyak karbon monoksida dikarenakan perbandingan udara dan pemakaian bahan bakar tidak seimbang. [16]



Gambar 11. Pembacaan Visual Basic

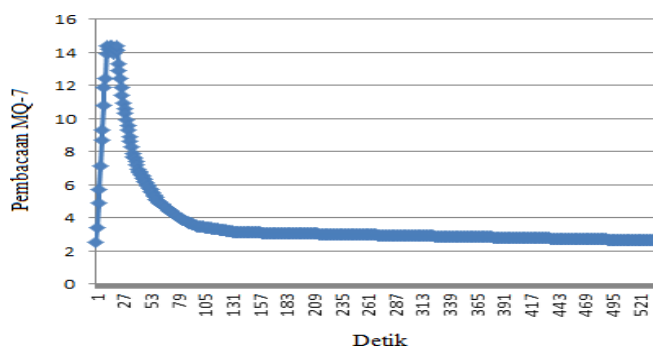
Untuk menampilkan grafik dari pembacaan sensor MQ-7 secara real time digunakan software visual basic dengan tujuan untuk memonitor respon time dari sensor MQ-7 tersebut. Untuk dapat mengakses MS Chart digunakan komponen Microsoft chart control 6.0 (OLEDB) dan untuk menampilkan garis digunakan tipe 2D line. Untuk membuka komunikasi serial dengan arduino digunakan komponen MS Comm dengan mengatur beberapa konfigurasi salah satunya adalah baudrate 9600 bps. Untuk merecord hasil pembacaan dari sensor MQ-7 digunakan microsoft access dengan menggunakan ADODB pada bahasa pemrograman Visual Basic. Database ini dibuat agar dapat mengetahui respon time dari sensor MQ-7 sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai maksimal dan kembali lagi ke nilai awal dapat dilihat dengan grafik.





Gambar 12. Pengujian Sepeda Motor

Sebagai pembandingan pengukuran sensor MQ-7 pada mesin induk kapal digunakan gas buang pada sepeda motor dikarenakan hasil pengukuran pada mesin induk kapal didapatkan selisih yang sedikit. Hasilnya sebelum pengukuran didapatkan nilai 2,53 dan pada saat pengukuran didapatkan nilai 14,41.



Gambar 13. Grafik pengukuran pada sepeda motor

Dari grafik di atas nilai awal sebelum pengukuran pada gas buang sepeda motor adalah 2,53 dan pada saat pengukuran untuk mencapai nilai maksimal 14,41 dibutuhkan waktu 10 detik dan untuk kembali ke semula dibutuhkan waktu 498 detik.

#### 4. KESIMPULAN

Pengujian sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas buang kapal ini merupakan roadmap awal dari sebuah penelitian untuk menghasilkan alat detektor gas untuk mendeteksi gas buang maupun gas berbahaya pada kapal dengan yang diatur melalui peraturan Solas Bab XI peraturan 1/7 untuk membawa alat instrumen pengukur gas portable. Rangkaian alat uji sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas buang mesin induk kapal ini terdiri atas sensor MQ-7, Arduino dan komputer. Pengujian dilakukan di ujung cerobong pada mesin induk kapal yang ada laboratorium real engine Politeknik Maritim Negeri Indonesia. Hasil pengujian ditampilkan di komputer pada software visual basic menunjukkan sedikit perubahan dari 2,53 pada saat pengukuran menjadi 3,09 pada saat pengukuran sehingga perlu pembandingan yaitu dengan mengujinya pada sepeda motor. Hasil pengujian pada sepeda motor menunjukkan perubahan yang besar dari 2,53 sebelum pengukuran menjadi 14,41 pada saat pengukuran. Sementara respon waktu pengukuran sensor MQ-7 menunjukkan respon yang baik pada dari nilai minimal ke maksimal atau pada saat pengukuran sedangkan pada saat kembali dari nilai maksimal ke nilai minimal atau setelah pengukuran membutuhkan waktu yang cukup lama.

## 5. SARAN

Penelitian ini diharapkan mampu menjadi roadmap selanjutnya tentang pengukuran gas buang pada mesin kapal dan gas berbahaya pada kapal dengan berpedoman pada aturan Solas dan Marpol.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Maritim Negeri Indonesia yang telah mendukung kegiatan penelitian ini dengan fasilitas untuk penelitian yang telah diberikan semoga memberikan manfaat bagi dunia pendidikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. K. Utami, F. S. Puriningsih, “Penghitungan Kadar Emisi Gas Buang Di Pelabuhan Belawan Emission Calculation At Belawan Port”, *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 26, no. 5, pp. 285-292, 2014
- [2] S. Irfan, H. Purnomo, “Studi Komparasi Emisi Gas Buang Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Dan Minyak Kelapa (Virgin Coconut Oil)”, *Jurnal 7 Samudra*, vol. 3, no. 1, pp. 18-25, 2018, <https://doi.org/10.54992/7samudra.v3i1.26>.
- [3] H. Palebangan, “Analisis Kapal Berbahan Bakar LNG Sebagai Marine Fuel Dalam Mengurangi Emisi Gas Buang Terhadap Lalu Lintas Kapal Di Pelabuhan Bitung”, *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 31, no. 1, pp. 25–34, 2019, <https://doi.org/10.25104/warlit.v31i1.912>.
- [4] W. Santoso, “Manajemen Mitigasi Bahaya Enclosed Space Di Kapal”, *Unitech*, vol. 1, no. 2, pp. 42-59, Oktober 2022
- [5] A.R. Suharso, A. Hendartono, S. Supriyadi, “Characteristics of the MQ-135 Sensor for Testing Medium Speed Ship Engine Exhaust Gases”, *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology (ASSET)*, vol. 6, no. 3, pp. 1-8, July 2024, doi: <https://doi.org/10.26877/asset.v6i3.615>.
- [6] F. Ardiansyah, Misbah, Pressa, “Sistem Monitoring Debu Dan Karbon Monoksida Pada Lingkungan Kerja Boiler Di PT. Karunia Alam Segar”, *Ikra-Ith Teknologi*, vol. 2, no. 3, pp. 62-71 (November 2018)
- [7] M.A.A. Prakoso, “Sistem Monitoring Kadar Karbon Monoksida (CO) Pada Cerobong Asap Industri Dengan Komunikasi Bluetooth Melalui Smartphone Android”, *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 23 – 30, 2018.
- [8] M. Lestari, U. Nurbaiti, dan Fianti, “Efektivitas Penggunaan Sensor MQ-7 Terintegrasi Aplikasi Blynk Untuk Mendeteksi Keberadaan Gas CO Di Udara”, *EnviroScienteeae*, vol. 17, no. 1, pp. 76-82, April 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.20527/es.v17i1.11358>.
- [9] F.H. Mahdalena, N. Firmawati, R. Rasyid, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Asap Rokok di Toilet Sekolah Menggunakan Sensor MQ-7 dan Transceiver nRF24L01+ dengan Output Suara Berbasis Modul ISD 1820”, *Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA*, vol. 6, no. 2, pp. 144-150, 2020, doi: 10.15548/nsc.v6i2.1703.
- [10] D. Kurniawan, E.E. Prasetyo, M.F. Alfatih, “Rancangan Purwarupa Pendeteksi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Pesawat Tanpa Awak Secara Nirkabel Berbasis Mikrokontroler”, *Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 8, no. 2, pp. 214-219, Desember 2022, <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.626>.
- [11] M. Mustafa, Supriadi, A. Mutmainnah, “Pengembangan Alat Monitoring Kadar Gas Karbon Monoksida (CO) Berbasis Internet Of Things”, *JETC*, vol. 15, no. 2, Desember 2020.
- [12] A.P. Zikrullah, R. Tamara, I. Fitri, “Prototipe Sistem Monitoring Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Fitur Looping”, *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)* 7, no. 1, pp. 224 – 230, Maret 2022.

- 
- [13] F. Bimantara, M.A. Masril, “Implementasi Arduino Uno Untuk Deteksi Kebakaran Hutan”, *Jurnal Quancom*, vol. 1, no. 1, 1-6, Juni 2023.
- [14] MQ-7 Semiconductor Sensor for Carbon Monoxide. Available at: <https://www.pololu.com/file/0J313/MQ7.pdf/> (Accessed: 20 September 2024)
- [15] (2018) Cara Menggunakan Modul Deteksi Gas CO MQ7 Dengan Arduino. Available at: <https://www.cronyos.com/cara-menggunakan-modul-deteksi-gas-co-mq7-dengan-arduino/> (Accessed: 20 September 2024)
- [16] M.S. Banne, “Analisis Kandungan Karbon Monoksida (CO) Pada Mesin Diesel Dan Bensin”, *ARIKA*, , vol. 5, no. 2, 2011.
-