

## **PENGEMBANGAN SISTEM OTOMASI TERINTEGRASI DENGAN ALAT SAFETY DARURAT UNTUK MENGATUR START/STOP MESIN DIESEL DI KAPAL YANG MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS**

**Agoes Santoso<sup>1</sup>, Indra Ranu Kusuma<sup>1</sup>, Muhammad Irsyad Saihilmi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
agoes295@gmail.com

**Abstrak:** Perkembangan pesat dari sistem otomasi di teknologi perkapalan memberikan kontribusi berbagai keuntungan dari aspek-aspek seperti; kemudahan pengoperasian kapal, perawatan rendah, umur mesin semakin panjang, awak kapal semakin sedikit, dan dampak ekonomis terhadap biaya operasionalnya. Integrasi sistem otomasi akan menghasilkan tingkat keselamatan yang semakin tinggi. Pada riset ini dikembangkan alat safety darurat yang terintegrasi didalam sistem otomasi untuk mengendalikan fungsi start dan stop mesin induk di kapal. Kemampuan ini dapat dikembangkan dengan sistem kendali jauh sebagai teknologi pendamping di kapal otonom atau drone laut. Pada penelitian ini pengembangan sistem untuk alat safety darurat hanya ditujukan untuk mendukung safety di mesin diesel yang berbahan bakar gas. Penggunaan gas sebagai bahan bakar motor diesel beresiko terhadap kerusakan material, ledakan, dan kebakaran. Alat safety darurat yang dirancang diharapkan dapat mencegah secara lebih dini terjadinya bencana tersebut. Alat Safety Darurat dikembangkan didalam sistem otomasi terintegrasi yang meliputi *module board*, PLC, *data acquisition*, dan *GUI-based programming*.

**Kata kunci:** motor diesel, dual fuel, CNG, Integrated Automation, Alat Safety Darurat

### **PENDAHULUAN**

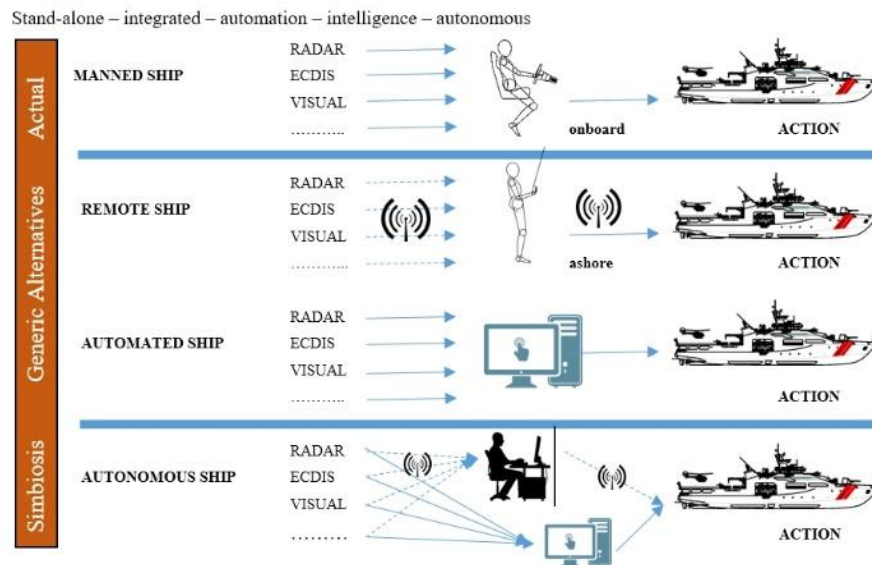
Teknologi pada saat didominasi oleh sistem elektronik, termasuk juga di kapal. Kapal-kapal modern dilengkapi kontrol otomatis yang mengatur setiap komponen dan peralatan pada kapal selama pelayarannya. Ada beberapa level dari sistem otomatisasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 (Santoso, 2017). Pesatnya pengguna otomasi menjadikan harga sistem ini semakin murah. Teknologi canggih ini sudah menjadi standard saat ini. Hirarki tertinggi dari sistem otomasi terintegrasi adalah kapal otonom atau drone laut (Saihilmi, 2019). Hal ini ironis dengan penerapan teknologi otomatis di kapal-kapal buatan dalam negeri. Berbagai komponen kapal umumnya diimpor dari negara lain dan memiliki fitur dasar otomasi. Namun kenyataannya setiap peralatan kapal beroperasi sendiri-sendiri. Kemampuan mengintegrasikan semua komponen kapal akan meningkatkan level kapal-kapal nasional menjadi setara dengan produk-produk kapal impor (Santoso, 2017). Hasilnya tentu akan meningkatkan daya saing produk kapal buatan Indonesia untuk sejajar dengan produk-produk galangan internasional yang dalam ukuran berapapun umumnya memiliki sistem otomasi elektronik yang terintegrasi.

Keuntungan yang nyata adalah kemudahan operasi, perawatan rendah, umur mesin semakin panjang, awak kapal sedikit, dan biaya operasional rendah. Integrasi akan meningkatkan keselamatan dan keamanan kapal yang semakin tinggi (Santoso, 2018). Penelitian ini adalah satu dari implementasi pada sistem otomasi terintegrasi atau *Vessel Integrated Automation System* (VIAS) dengan membangun satu sub-program yang disebut Alat Safety Darurat atau *Emergency Safety Device* (ASD). Basis dari ASD ini akan digunakan untuk mendukung penelitian kami

## Seminar Nasional Kelautan XIV

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

didalam memodifikasi sebuah motor diesel bersilinder tunggal yang dapat menggunakan bahan bakar gas dan solar (*Santoso,2019*).



**Gambar 1.** Hirarki pada Teknologi Otomasi

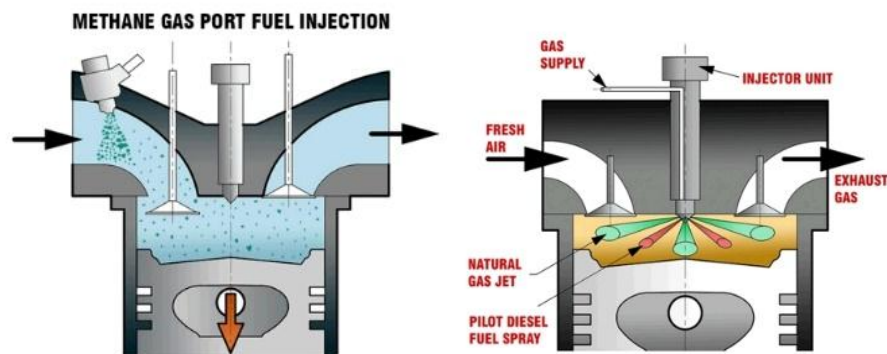
Bekerja dengan bahan bakar gas memberikan potensi resiko terkait dengan safety dari mesin dan lingkungan kerja sekitarnya, termasuk kepada operator dan peneliti. Pada situasi normal saja telah disebutkan bagaimana pembakaran gas beresiko terhadap kerusakan material mesin (*Semin,2019a*). Memodifikasinya dan menargetkan keluaran tenaga yang lebih besar pada riset ini tentu akan lebih berbahaya (*Tiwari,2015*). Sebuah ide yang bagus untuk menerapkan ESD dalam mengantisipasi segala bahaya yang mungkin muncul. ESD dapat mendeteksi berbagai tanda bahaya secara lebih awal dan bereaksi cepat dengan mematikan mesin secara otomatis. Keberadaan ESD adalah sangat penting pada riset ini. ESD akan dipasang terintegrasi dengan sistem pengendali dan monitoring performan kerja motor diesel selama percobaan. Sehingga penelitian ini selama mesin beroperasi, monitoring, dan pengumpulan data hasil percobaan dapat berlangsung pada lingkungan kerja yang aman.

## REVIEW PERKEMBANGAN TEKNOLOGI TERKAIT

Tier III MARPOL Regulasi 13 setiap saat akan diberlakukan secara global meskipun masih terjadi penundaan pada saat ini (*Bakas,2015*). Salah satu metode agar motor diesel dapat memenuhi Tier III tersebut adalah menggunakan gas sebagai bahan bakar. Terkait dengan redundansi pada jaminan ketersediaan gas, maka keberadaan minyak solar kapal tetap dituntut oleh Regulasi sehingga teknologi *dual-fuel* menjadi pilihan terbaik. Hal ini dikarenakan sifat gas yang mengalami *ageing* jika tersimpan terlalu lama di tangkinya.

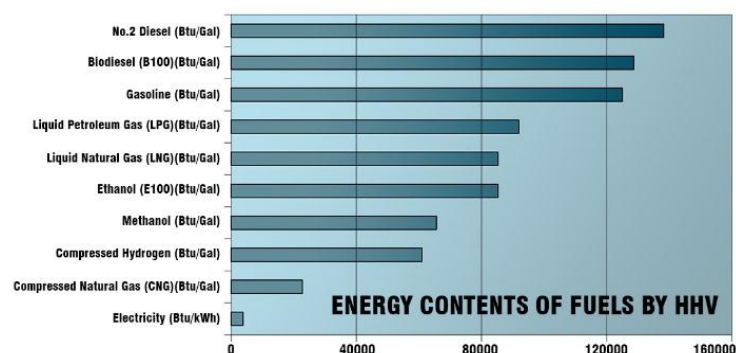
Terdapat beberapa penelitian tentang mengkonversikan motor diesel menjadi sistem *dual-fuel* (*Tiwari,2015*). Gas seperti LNG dan CNG tidak dapat dibakar langsung didalam ruang pembakaran motor diesel. Ada 2 teknik untuk itu; pertama adalah teknik injeksi awal minyak solar hingga terbakar akibat kompresi setelah itu dimasukkan gas bersama udara hisap kedalam

ruang bakar (Gambar 2 kiri), (Herdzik,2011), dan teknik kedua dinamakan injeksi langsung gas dan minyak solar sesuai sekuen tertentu melalui sebuah unit injector yang sama namun memiliki dua saluran yang berbeda (Gambar 2 kanan) (Elgohary,2014).



**Gambar 2.** Minyak diesel sebagai pembakar awal (kiri) dan Teknik Injeksi Gas Langsung (kanan)

Terkait adanya peluang secara kimiawi dan *transport phenomenon* bahwa kandungan energi dari gas yang lebih rendah dari bahan bakar diesel (Gambar 3), maka untuk mencapai tenaga luaran yang sama, disini peneliti memiliki hipotesa adanya kemungkinan untuk meningkatkan kuantitas gas kedalam ruang bakar yaitu dengan memperbesar volumenya. Untuk itu piston baru dibuat dengan volume *bowl* yang lebih besar (Santoso,2019) (Semin,2019a). Usaha ini secara mekanis dapat beresiko terhadap kerusakan komponen mesin disekitar ruang bakar terutama piston crown sebagai komponen yang paling lemah. Berbagai informasi juga telah menyebutkan bahwa bekerja dengan bahan bakar gas dapat merusak komponen di ruang bakar seperti retak dan pecah (Santoso,2017). Inilah yang menjadi dasar pemikiran pentingnya ESD didalam percobaan ini. ESD akan menjaga semua sistem agar aman terhadap potensi masalah seperti peningkatan temperatur, *pressure drop*, *over pressure*, kebocoran gas, getaran berlebih, kebisingan, *overspeed*, *overload*, dan lain-lain.



**Gambar 3.** Perbandingan Kandungan Energi pada Beberapa Tipe Bahan Bakar

## METODE PENELITIAN DAN RANCANGAN SISTEM

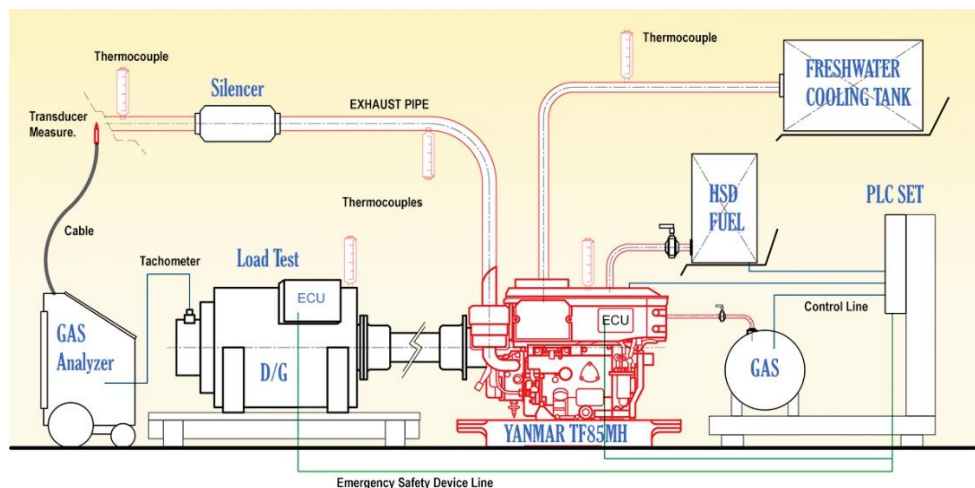
Perancangan sistem otomasi sudah tidak serumit seperti sepuluh tahun lalu. Software berbasis GUI (*Graphical User Interface*) dan program komputer modern membuat berbagai hal menjadi mudah dan cepat (Santoso, 2018). ESD disini dikembangkan berdasarkan VIAS (properti Praxis Automation di Belanda) yang telah mapan dan terbukti produk-produknya telah terpasang di lebih dari 4500 unit kapal di seluruh dunia. Sistem ini secara penuh juga terpasang di kapal perang PKR-105 milik TNI Angkatan Laut.

### Aransemen Dasar dari ESD

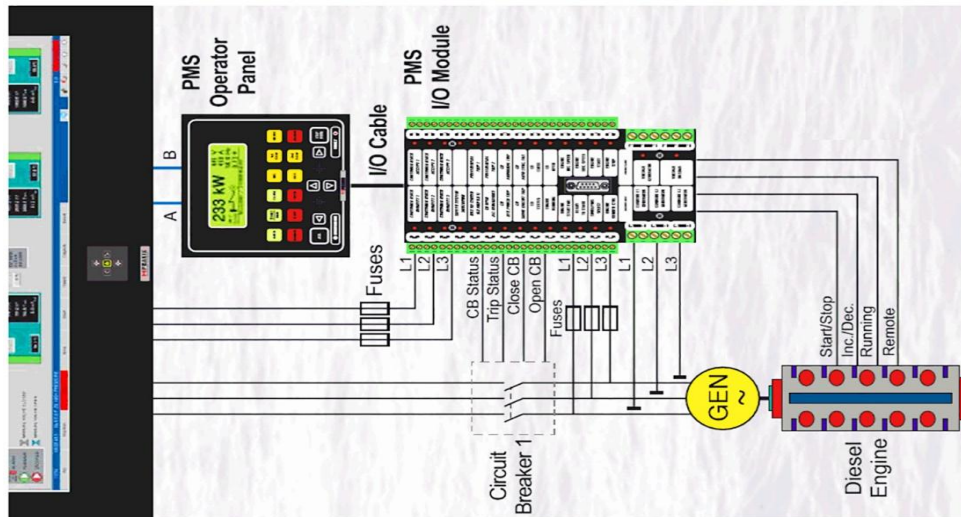
Kebanyakan ESD tersedia secara permanen pada motor diesel kapal. Namun pada Engine test-bed ini dibuat dengan menggunakan motor diesel silinder tunggal standard dengan merk Yanmar tipe TF85MH-DI (Semin, 2019b) yang kemudian dimodifikasi untuk dapat juga menggunakan bahan bakar gas. Motor diesel direncanakan untuk memutar beban dari sebuah generator listrik selama pengujian. Dua set piston baru yang merupakan hasil modifikasi akan diuji pada tenaga pembakaran yang lebih besar dan ditekan pada tegangan maksimal sesuai batas safety-nya.

### Pengaturan Sistem

Berdasarkan pada engine test-bed sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 maka ESD rencananya dipasang dan diintegrasikan dengan PLC yang sudah ada yang juga akan berfungsi untuk mengendalikan operasional dan *data acquisition* dari *test bench* (Santoso, 2019). Kemampuan ESD dan VIAS didalam menangani multiple-data input dan output memungkinkan untuk mengawasi dan mengendalikan sampai 396 titik pengukuran.



**Gambar 4.** Susunan Motor Diesel untuk Percobaan (Santoso, 2019)



**Gambar 5.** Contoh Skema diagram pada Sistem ESD Pengendali Mesin Bantu Kapal

Unit distribusi pemrosesan data akan menghubungkan ke sistem alarm dan semua data dapat divisualisasikan pada layar monitor yang dibangun secara *built-in* dengan marine PC yang dapat saja beroperasi sebagai layar sentuh. Ide ini dapat diusulkan menjadi sistem pengembangan pada skala tertentu sesuai dengan anggaran penelitian yang ada. Contoh dari skema diagram PLC dapat dilihat pada Gambar 5. Dimana terdapat bagian-bagian utama seperti monitor screen, Operator panel, I/O module, circuit breaker, dan sensor-sensor yang ditempatkan pada mesin.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Safety harus ditempatkan di prioritas tertinggi didalam pekerjaan riset modifikasi ini. Berbagai kemungkinan terjadinya kecelakaan secara nyata harus telah terprediksi pada beragam keadaan. Penggunaan komponen mesin yang tidak orisinil kemungkinan akan munculnya berbagai resiko tersembunyi sehingga pencegahan dini harus dilakukan dengan memilih pabrik pengecoran yang tersertifikasi dan berpengalaman untuk membuat komponen serupa. Pelaksanaan pengujian harus menetapkan standard keselamatan sesempurna mungkin.

ESD harus dapat mengendalikan situasi berbahaya tanpa mengganggu tujuan utama dari riset. Hal ini akan menjadi tantangan besar didalam menetapkan batas darurat pada berbagai parameter yang diukur. Akurasi dari ESD sangat mempengaruhi kebutuhan akan penelitian terhadap kekuatan maksimum dari model piston baru yang dirancang. Hal ini membutuhkan pengaturan yang bertahap untuk mampu menangkap hasil-hasil percobaan yang semaksimal mungkin namun masih tetap dalam lingkup teraman. Pola seperti ini akan memakan waktu dan biaya, namun yang harus selalu diutamakan tentunya adalah *safety first*.

Pada skup pekerjaan penelitian ini belum menggunakan sistem ESD pabrikan seperti VIAS dari Praxis. Merk umum seperti *Arduino PLC* akan dirangkai dan akan diintegrasikan dengan teknik yang sama seperti halnya sistem ESD. Ide mendasar dari paper ini adalah untuk mencegah berbagai potensi kecelakaan di pekerjaan riset utama (Santoso,2019). Dan ide yang ada tersebut dapat dikembangkan pada skala yang jauh lebih besar seperti aplikasi VIAS-ESD didalam kapal untuk meningkatkan level safety dan security sebagaimana dituntut oleh ISPS Code

## Seminar Nasional Kelautan XIV

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

(Zaman, 2019). Misalnya, kemampuan mematikan mesin kapal dari kantor pusat di belahan bumi yang berbeda secara jarak jauh berbasis jaringan internet atau satelit ketika terjadi tindak pembajakan atau penyanderaan kapal.

## KESIMPULAN

Panel virtual dari VIAS yang hanya ditampilkan dalam sebuah layar monitor akan memberikan berbagai keuntungan teknis dan ekonomis. Sistem menjadi jauh lebih murah dan dapat dengan mudah menampilkan berbagai sistem dan peralatan secara virtual tanpa terbatas oleh ketersediaan ruang di *dashboard* kapal. Alarm dan sinyal-sinyal yang datang dari berbagai situasi darurat dapat ditampilkan diatas layar dimanapun alarm dan sinyal itu terjadi. ESD yang dioptimalkan dengan sistem *backup* yang handal akan menjadi mata dari keseluruhan sistem kontrol sehingga dapat mencegah lambatnya tindakan-tindakan yang mengakibatkan potensi awal sebuah kecelakaan dapat betul-betul terjadi. Khususnya pada sistem yang memiliki resiko tinggi seperti motor diesel yang menggunakan gas sebagai bahan bakar.

Integrasi pada keseluruhan sensor yang terpasang di *engine test bed* akan diolah sebagai input data untuk ESD dan ketika terjadi kondisi yang teridentifikasi memberikan resiko maka sesuai *logic controller* yang diprogramkan, selanjutnya sistem akan mematikan motor uji secara otomatis. Mode manual juga tersedia agar operator dapat mematikan mesin secara langsung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakas I. 2015, Module 5 Propulsion and Power Generation of LNG driven Vessels (23th to 27th November 2015- University of Piraeus, Greece), Presentation "*Principles of Marine Main Engines running on LNG*", 23th of September 2015.
- Elgohary MM, Seddiek IS, Salem AM, 2014, *Overview of alternative fuels with emphasis on the potential of liquefied natural gas as future marine fuel*, Proc IMechE Part M: J Engineering for the Maritime Environment 1–11.
- Herdzik J. 2011, *LNG as a Marine Fuel – Possibilities and Problems*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 18, No. 2.
- Saihilmi MI, 2019, *Integration of Machinery System to Support Damage Control Flooding System (DCFS) in Order to Fulfill Unattended Machinery Space (UMS) Notation Applied to 80 Meter Offshore Patrol Vessel*, Final Project draft report in the Department of Marine Engineering ITS, Surabaya, Indonesia
- Santoso A. 2017, *Technical Report of the design of Gas Powered RoPax in part of Feasibility Study of the Project Development Dual Fuel Roro Ferry in the Route Merak Bakahueni*, PT. Gajah, Bandung.
- Santoso A, Lin J, Kusuma IR, Koenhardono ES. 2017, *Penerapan Sistem Elektronik Terintegrasi Pada Rancang Bangun Kapal Patroli Buatan Dalam Negeri untuk Meningkatkan Kemandirian Bangsa didalam Menjaga Kedaulatan Maritim*, Seminar Nasional Maritim, Sains, Teknologi Terapan 2017, 21 November 2017, p.227, PPNS Surabaya, Indonesia
- Santoso A, Kusuma IR, Lin J. 2018, *The Application of Vessel Integrated Automation Systems to Improve Ship Safety and Security*, p.32, 1<sup>st</sup> Maritime Safety International Conference (MASTIC), Bali, Indonesia

- Santoso A. 2019, *Pengembangan Baru Pada Piston Crown Motor Diesel Dual Fuel untuk Meningkatkan Efisiensi dan Menurunkan Emisi Gas Buang*, Draft Disertasi Program S3 Pascasarjana Teknik Sistem Perkapalan, ITS, Surabaya, Indonesia
- Semin, Santoso A, Cahyono B, Sampurno B, 2019a, *New Development of Piston Crown for Dual Fuel Diesel Engines to Improve Efficiency and Reduce NOx Emissions: A Review*, International Journal on Engineering Application (IREA), under review
- Semin, Zaman MB, Santoso A, 2019b, *Effect of Compression Ratio Improvement on the Performance of Dual Fuel Engine*, International Review of Mechanical Engineering (IREME), Vol.13 (3)
- Tiwari A. 2015, *Converting a Diesel Engine to Dual-Fuel Engine Using Natural Gas*, Int. Journal of Energy Science and Engineering 1(5), 163-169 <http://www.aiscience.org/journal/ijese>
- Zaman MB, Santoso A, Kobayashi E, Wakabayashi N, Maimum A, 2015, *Formal Safety Assessment (FSA) for Analysis of Ship Collision Using AIS Data*, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 9 No. 1., March 2015, Poland
- Zaman MB, Santoso A, Semin, 2019, *Aspek Safety didalam Perancangan Sistem dan Permesinan di Kapal*, p.340, Penerbit Airlangga University Press (AUP), Surabaya (under printing).