

Rancang Bangun Sistem Monitoring Stabilitas Dan Kinerja Mesin Kapal Polbeng 2

Budhi Santoso¹, Muhammad Helmi², Edy Haryanto³,
^{1,2,3}Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis
Email budhisantoso@polbeng.ac.id¹, helmi@polbeng.ac.id², edyharyanto@polbeng.ac.id³,

Abstract

This research aims to design and develop an IoT-based monitoring system to monitor the stability and performance of the Polbeng 2 ship's engine. Background: Ensuring ships' safety and operational efficiency through real-time condition monitoring is crucial. The objective of this research is to develop a system that can detect the ship's tilt using the MPU6050 sensor and monitor the engine temperature using the DS18B20 sensor.

Methods: The approach involves collecting data from these sensors, processing the data with an ESP32 microcontroller, and transmitting the data to a server for real-time analysis and monitoring. The collected data allows continuous monitoring of the ship's condition, providing accurate and timely information to the ship's operator.

Results: The testing results indicate that this system can provide accurate information about the ship's condition, which is essential for ensuring safety and operational efficiency. Further development is recommended to add more sensors, integrate the system with alarms, conduct more extensive field testing, improve network connectivity, and provide training to ship operators. Implementing these recommendations is expected to make the monitoring system for the stability and performance of the Polbeng 2 engine more effective in enhancing the ship's safety and operational efficiency.

Keywords: Ship Stability, IoT-based Monitoring, Engine Performance, Real-time Data Analysis, Sensor Integration

1. PENDAHULUAN

Penelitian yang dilakukan pada tahun 2023 oleh Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis menghasilkan "Kapal Polbeng 2," sebuah kapal multifungsi yang telah berhasil diintegrasikan ke dalam kehidupan kampus sebagai sarana pembelajaran dan transportasi. Keberhasilan ini menandai titik balik dalam penerapan teori kejuruan ke dalam praktik nyata, membawa teknologi perkapalan yang dipelajari di kelas menjadi aplikasi langsung yang mendukung aktivitas sehari-hari civitas akademika. Kapal ini dirancang tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan transportasi antar area kampus yang berada di tepi sungai, tetapi juga sebagai laboratorium bergerak yang memberikan peluang bagi mahasiswa untuk mempelajari dinamika operasional kapal, dari navigasi hingga manajemen keselamatan. Penggunaan kapal ini dalam skala nyata memberikan kesempatan yang belum pernah ada sebelumnya untuk menguji teori dalam kondisi operasional sebenarnya, sehingga meningkatkan relevansi dan kualitas pendidikan teknik perkapalan yang disajikan. (Velasco et al., 2012)

Mengingat pentingnya aspek keselamatan dan efisiensi, terdapat kebutuhan yang mendesak untuk melanjutkan peningkatan kapal dengan melengkapi sistem navigasi yang lebih canggih. Penelitian dan pengembangan sistem navigasi ini tidak hanya akan meningkatkan keamanan dalam operasional kapal, tetapi juga akan memberikan data berharga tentang performa kapal yang dapat diolah lebih lanjut untuk penelitian dan pengajaran. Sistem navigasi yang ditingkatkan akan mencakup teknologi terdepan dalam pemantauan stabilitas kapal, sistem peringatan dini, serta integrasi alat-alat yang mendukung pengambilan keputusan cerdas di dalam kokpit kapal. Memantau stabilitas kapal adalah salah satu aspek

krusial dalam manajemen keselamatan maritim. Stabilitas kapal tidak hanya menyangkut kemampuan kapal untuk mengarungi berbagai kondisi laut, tetapi juga keamanan semua yang berada di atasnya. Dengan implementasi sistem pemantauan stabilitas secara real-time, kapal akan dilengkapi dengan sensor canggih yang mampu mendeteksi perubahan keadaan kapal yang berpotensi membahayakan. (Santiago Caamaño et al., 2019) Data yang dikumpulkan oleh sensor ini kemudian akan dianalisis untuk memberikan rekomendasi dan peringatan dini kepada nahkoda dan kru kapal, memungkinkan mereka untuk melakukan koreksi kurs atau penyesuaian beban dengan cepat. Sistem ini juga akan memainkan peran penting dalam kondisi darurat, seperti pada saat kapal mengalami kebocoran atau kerusakan struktural, memungkinkan tindakan evakuasi dan pengendalian situasi yang lebih efektif.

Memantau kinerja mesin adalah sama pentingnya untuk operasi kapal yang efisien dan ekonomis. (Liang & Chen, 2022) Dengan sistem pemantauan kinerja mesin yang terintegrasi, akan terjadi pengawasan terus-menerus atas parameter operasional mesin, seperti suhu, tekanan, dan konsumsi bahan bakar. Hal ini tidak hanya membantu dalam mengoptimalkan output dan efisiensi mesin tetapi juga vital dalam mendeteksi tanda-tanda awal kegagalan atau keausan komponen. Dengan mendeteksi masalah ini lebih awal, kapal dapat menghindari kerusakan yang lebih serius dan mahal, serta meminimalisir downtime yang tidak terduga. Selanjutnya, sistem ini dapat berkontribusi pada inisiatif keberlanjutan kapal dengan membantu mengurangi emisi karbon melalui penggunaan bahan bakar yang lebih efisien dan pengoperasian mesin yang optimal. (Karatuğ & Arslanoğlu, 2022)

Investasi dalam teknologi canggih ini akan memungkinkan "Kapal Polbeng 2" untuk beroperasi dengan tingkat keandalan yang lebih tinggi, memperkuat protokol keselamatan, dan menjamin efisiensi operasional. Dengan kapal yang sepenuhnya dilengkapi, Politeknik Negeri Bengkalis tidak hanya menetapkan standar baru dalam pendidikan teknik perkapalan, tetapi juga memperkuat komitmennya terhadap inovasi dan keberlanjutan dalam teknologi maritim. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi signifikan pada peningkatan kualitas pendidikan dan operasional kapal di Indonesia, menempatkan Politeknik Negeri Bengkalis sebagai pemimpin dalam pendidikan teknologi perkapalan yang aplikatif dan inovatif.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

- a. Penggunaan Sensor MPU6050 dalam Pemantauan Stabilitas Kapal:
 - o Penelitian ini membahas penggunaan sensor MPU6050 untuk memantau gerakan dan orientasi kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor ini dapat memberikan data yang akurat untuk analisis stabilitas kapal. (Ratnawati et al., 2023)
 - o Studi ini mengkaji implementasi sensor MPU6050 dalam sistem monitoring kapal dan menemukan bahwa sensor ini efektif dalam mendeteksi perubahan kemiringan kapal secara real-time. (Albaghdadi & Ali, 2019)
- b. Pemantauan Suhu Mesin dengan Sensor DS18B20:
 - o Penelitian ini mengevaluasi kinerja sensor DS18B20 dalam memantau suhu mesin kapal. Hasilnya menunjukkan bahwa sensor ini memiliki akurasi tinggi dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras. (Wu et al., 2011)
 - o Studi ini menguji keandalan sensor DS18B20 dalam berbagai kondisi operasional kapal dan menemukan bahwa sensor ini dapat diandalkan untuk pemantauan suhu mesin secara kontinu. (Wenli & Linlin, 2012)
- c. Sistem Monitoring Berbasis IoT:

- Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT untuk aplikasi maritim, termasuk pemantauan stabilitas dan kinerja mesin kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem IoT dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan kapal. (Aslam et al., 2020)
- Studi ini membahas arsitektur sistem IoT untuk pemantauan real-time kondisi kapal, termasuk penggunaan sensor dan mikrokontroler untuk pengumpulan dan pengolahan data. (Michala et al., 2022)

2.2 Teori Pendukung

a. Teori Stabilitas Kapal:

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi tegak setelah mengalami kemiringan akibat pengaruh luar seperti gelombang, angin, atau beban yang tidak merata. (Hossain et al., 2023) Stabilitas ini sangat penting untuk keselamatan kapal dan penumpangnya. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Stabilitas Kapal

- Pusat Gravitasi (G): Titik di mana berat total kapal dianggap terkonsentrasi. Posisi pusat gravitasi yang lebih rendah meningkatkan stabilitas kapal.
- Pusat Apung (B): Titik di mana gaya apung dianggap bekerja. Posisi pusat apung berubah sesuai dengan bentuk dan muatan kapal.
- Metasentrum (M): Titik di mana garis vertikal melalui pusat apung memotong garis vertikal melalui pusat gravitasi saat kapal miring. Jarak antara pusat gravitasi dan metasentrum disebut tinggi metasentrum (GM), yang merupakan indikator utama stabilitas kapal.

Uji Kemiringan (Inclining Test): Metode ini melibatkan pemberian beban tertentu pada kapal dan mengukur sudut kemiringan yang dihasilkan. Data ini digunakan untuk menghitung tinggi metasentrum (GM). (Woodward et al., 2016) Kurva GZ menunjukkan momen pemulihan kapal pada berbagai sudut kemiringan. Kurva ini digunakan untuk menilai stabilitas kapal dalam kondisi operasional yang berbeda. Memastikan desain kapal memiliki bentuk lambung yang optimal untuk stabilitas. Mengatur distribusi beban di dalam kapal untuk menjaga pusat gravitasi tetap rendah dan stabil. Menambahkan ballast (beban tambahan) di bagian bawah kapal untuk menurunkan pusat gravitasi dan meningkatkan stabilitas. IMO (International Maritime Organization): Mengatur standar internasional untuk stabilitas kapal, baik dalam kondisi utuh (intact stability) maupun kondisi rusak (damage stability). Buku ini juga membahas regulasi IMO yang relevan dan bagaimana kapal harus mematuhi standar tersebut untuk memastikan keselamatan. (KOBYLIŃSKI, 2007)

b. Dinamika Gerakan Kapal

Dinamika gerakan kapal mencakup berbagai gerakan yang dialami kapal saat beroperasi di laut, termasuk:

- Heave: Gerakan vertikal naik-turun kapal.
- Pitch: Gerakan rotasi kapal di sekitar sumbu melintang (depan-belakang).
- Roll: Gerakan rotasi kapal di sekitar sumbu memanjang (kiri-kanan).
- Yaw: Gerakan rotasi kapal di sekitar sumbu vertikal.
- Surge: Gerakan maju-mundur kapal.
- Sway: Gerakan samping kiri-kanan kapal.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Dinamika Gerakan Kapal Gelombang Laut: Gelombang laut dapat menyebabkan berbagai gerakan kapal, terutama roll dan pitch. Angin: Angin yang kuat dapat mempengaruhi stabilitas kapal dan

menyebabkan yaw. Distribusi Beban: Distribusi beban yang tidak merata dapat mempengaruhi pusat gravitasi kapal dan menyebabkan ketidakstabilan.

c. Penggunaan Sensor untuk Memantau Stabilitas Kapal

Sensor MPU6050 ini menggabungkan akselerometer 3-sumbu dan giroskop 3-sumbu, yang memungkinkan pengukuran gerakan dan orientasi kapal secara real-time. Sensor ini dapat mendeteksi perubahan kecil dalam kemiringan dan rotasi kapal, sehingga sangat berguna untuk memantau stabilitas kapal (Pascoal et al., 2017). Sensor Ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak dan mendeteksi perubahan permukaan air di sekitar kapal, yang dapat mempengaruhi stabilitas. Sensor Suhu dan Kelembaban tidak langsung terkait dengan gerakan kapal, sensor ini dapat memberikan informasi tentang kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja mesin dan stabilitas kapal.

Pengolahan Data yang dikumpulkan dari sensor diproses oleh mikrokontroler atau komputer untuk menganalisis pola gerakan kapal. Model Simulasi data sensor digunakan untuk membuat model simulasi yang membantu dalam memahami dinamika gerakan kapal dan mengidentifikasi potensi masalah stabilitas. Pemantauan Real-Time sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan pemantauan kondisi kapal secara real-time, memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu kepada operator kapal.

d. Internet of Things (IoT):

Konsep Internet of Things (IoT), yang merupakan teknologi di mana objek fisik yang biasanya tidak terhubung ke jaringan dapat saling berkomunikasi dan berbagi data melalui internet (Euchner, 2018). Arsitektur IoT terdiri dari beberapa lapisan utama persepsi yang melibatkan sensor dan perangkat untuk mengumpulkan data dari lingkungan, lapisan jaringan yang mentransmisikan data ke pusat pengolahan, lapisan pengolahan yang menyimpan dan menganalisis data, serta lapisan aplikasi yang menggunakan data tersebut untuk memberikan wawasan dan memungkinkan tindakan berdasarkan informasi yang diperoleh.

Komponen utama dalam ekosistem IoT meliputi sensor, perangkat lunak, dan teknologi komunikasi yang memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data secara efisien. Dalam bidang maritim, IoT digunakan untuk memantau kondisi kapal, seperti stabilitas dan kinerja mesin, serta lingkungan laut, seperti kualitas air dan cuaca. Aplikasi IoT dalam maritim membantu meningkatkan efisiensi operasional, keselamatan, dan keberlanjutan lingkungan dengan menyediakan data real-time yang dapat dianalisis untuk pengambilan keputusan yang lebih baik.

Namun, tantangan seperti keamanan data, privasi, dan skalabilitas harus diatasi untuk memaksimalkan potensi IoT.

e. Sensor dan Mikrokontroler:

Sensor berfungsi sebagai perangkat yang mengumpulkan data dari lingkungan sekitar, seperti suhu, kelembaban, tekanan, dan gerakan. Data ini kemudian dikirim ke mikrokontroler, yang bertindak sebagai otak sistem untuk memproses dan menganalisis data tersebut. Mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino Uno sering digunakan karena kemampuannya untuk mengelola berbagai jenis sensor dan komunikasi data. Teknik integrasi sensor, termasuk penggunaan protokol komunikasi seperti I2C dan SPI untuk memastikan data dapat ditransfer dengan cepat dan akurat antara sensor dan mikrokontroler.

3. METODE PENELITIAN

Berikut adalah ringkasan dari metode penelitian yang dapat digunakan untuk memantau dan mengukur stabilitas kapal menggunakan sensor MPU6050:

- a. Jenis Penelitian: Penelitian eksperimental yang berfokus pada pengukuran gerakan dan orientasi kapal menggunakan sensor MPU6050.
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengukur dan menganalisis stabilitas kapal menggunakan sensor MPU6050. Dalam penelitian eksperimental, peneliti melakukan pengujian dan pengamatan langsung terhadap variabel yang diteliti untuk mendapatkan data yang akurat dan dapat diandalkan.
Langkah-langkah dalam Penelitian Eksperimental:
 - Identifikasi Variabel: Menentukan variabel yang akan diukur, yaitu gerakan dan orientasi kapal.
 - Desain Eksperimen: Merancang eksperimen yang melibatkan pemasangan sensor MPU6050 pada kapal atau model kapal.
 - Pengumpulan Data: Menggunakan sensor untuk mengumpulkan data gerakan dan orientasi kapal dalam berbagai kondisi.
 - Analisis Data: Menganalisis data yang diperoleh untuk memahami pola gerakan dan stabilitas kapal.
 - Interpretasi Hasil: Menarik kesimpulan dari hasil analisis untuk memberikan rekomendasi peningkatan stabilitas kapal.
- b. Lokasi: Penelitian akan dilaksanakan di fasilitas dan laboratorium Politeknik Negeri Bengkalis serta secara langsung di Kapal Polbeng II yang beroperasi di perairan sekitar kampus. Hal ini memungkinkan pengujian sistem dalam kondisi nyata dan dalam simulasi laboratorium.
- c. Peralatan dan Bahan:
 - Sensor MPU6050
 - Modul Wi-Fi ESP8266
 - Konverter USB ke serial
 - Buzzer
 - Sensor ultrasonik HC-SR04
- d. Prosedur:
 - Menghubungkan sensor MPU6050 dengan modul ESP8266 untuk pengumpulan data.
 - Menggunakan data dari sensor untuk membuat model simulasi stabilitas kapal.
 - Menganalisis data untuk memahami dan meningkatkan stabilitas kapal.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Model simulasi stabilitas kapal

Stabilitas kapal adalah aspek penting dalam desain dan operasi kapal untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan penumpang serta efisiensi operasional. Sensor MPU6050, yang menggabungkan akselerometer 3-sumbu dan giroskop 3-sumbu, dapat digunakan untuk memantau dan mengukur gerakan kapal. Untuk memantau dan mengukur stabilitas kapal, kita dapat menggunakan sensor MPU6050. Sensor ini menggabungkan akselerometer 3-sumbu dan giroskop 3-sumbu, yang memungkinkan pengukuran gerakan dan orientasi kapal secara real-time. Dengan data dari sensor ini, kita dapat membuat model simulasi yang membantu dalam memahami dan meningkatkan stabilitas kapal.

a. Komponen Utama

MPU6050: Sensor ini mengukur akselerasi dan kecepatan sudut kapal. Data ini digunakan untuk menentukan orientasi dan gerakan kapal. Mikrokontroler (misalnya, Arduino): Mengolah data dari sensor MPU6050 dan mengontrol aktuator yang menstabilkan kapal. Aktuator (misalnya, Fin Stabilizer): Mengubah sudut kemiringan kapal berdasarkan data yang diterima dari mikrokontroler. MPU6050: Sensor Akselerometer dan Giroskop

MPU6050 adalah sensor yang menggabungkan akselerometer 3-sumbu dan giroskop 3-sumbu dalam satu modul. Berikut adalah beberapa detail penting tentang sensor ini:

- Akselerometer: Mengukur percepatan linear di sepanjang sumbu X, Y, dan Z. Ini membantu dalam mendeteksi perubahan posisi dan orientasi kapal.
- Giroskop: Mengukur kecepatan sudut atau rotasi di sekitar sumbu X, Y, dan Z. Ini penting untuk menentukan orientasi kapal dan mendeteksi gerakan rotasi.
- Komunikasi I2C: Sensor ini menggunakan protokol komunikasi I2C untuk berinteraksi dengan mikrokontroler. Pin penting termasuk VCC (daya), GND (ground), SCL (clock), dan SDA (data).
- DMP (Digital Motion Processor): MPU6050 memiliki prosesor gerakan digital yang dapat melakukan perhitungan kompleks, mengurangi beban kerja mikrokontroler¹.

Mikrokontroler Arduino adalah platform mikrokontroler yang populer dan mudah digunakan untuk berbagai proyek elektronik. Dalam konteks ini, Arduino digunakan untuk: Mengolah Data Sensor: Arduino membaca data dari sensor MPU6050 melalui komunikasi I2C. Data ini kemudian diolah menggunakan algoritma seperti Complementary Filter atau Kalman Filter untuk menghasilkan estimasi sudut yang akurat². Kontrol Aktuator: Berdasarkan data yang diolah, Arduino mengirimkan sinyal ke aktuator (misalnya, fin stabilizer) untuk menyesuaikan sudut kemiringan kapal. Kontroler PID (Proportional-Integral-Derivative) sering digunakan untuk mengatur respon aktuator²

b. Proses Kerja

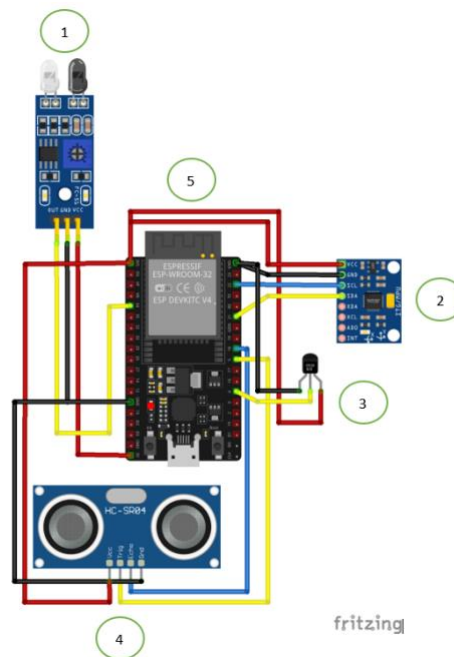
Pengumpulan Data: Sensor MPU6050 dipasang pada kapal untuk mengukur sudut kemiringan (roll dan pitch) serta percepatan. Pengolahan Data: Data dari sensor dikirim ke mikrokontroler. Mikrokontroler menggunakan algoritma filter (misalnya, Complementary Filter atau Kalman Filter) untuk menggabungkan data akselerometer dan giroskop, menghasilkan estimasi sudut yang lebih akurat. Kontrol Aktuator: Berdasarkan data yang diolah, mikrokontroler mengirimkan sinyal ke aktuator untuk menyesuaikan sudut kemiringan kapal, menjaga stabilitasnya. Kontroler PID (Proportional-Integral-Derivative) sering digunakan untuk mengatur respon aktuator.

c. Implementasi

Kalibrasi Sensor: Sebelum digunakan, sensor MPU6050 harus dikalibrasi untuk memastikan akurasi pengukuran. Pemrograman Mikrokontroler: Mikrokontroler diprogram untuk membaca data dari sensor, mengolahnya, dan mengontrol aktuator. Bahasa pemrograman seperti C++ sering digunakan untuk Arduino. Pengujian dan Penyempurnaan: Sistem diuji dalam berbagai kondisi untuk memastikan kinerjanya. Parameter kontroler PID mungkin perlu disesuaikan untuk mencapai performa optimal.

Tabel 1. Peralatan yang digunakan

No	Nama alat	Fungsi
1	Sensor Jarak Inframerah	Untuk mendeteksi putaran mesin kapal
2	Sensor MPU6050	Untuk mendeteksi dan mengukur kemiringan kapal
3	Sensor DS18B20	Sensor yang digunakan untuk membaca suhu mesin kapal
4	Sensor HC-SR04	Sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur jarak, dalam hal ini sebagai level bahan bakar
5	ESP32	Berfungsi sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk pemrosesan data sensor dan mengirimkan data ke server.



Gambar 1. Skema diagram alat-alat

Pembuatan Model simulasi kinerja mesin kapal

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital yang sering digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk pemantauan suhu mesin kapal. Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital yang sangat populer dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan suhu mesin kapal. Sensor ini bekerja dengan mengukur tegangan maju pada dioda silikon yang bergantung pada suhu, kemudian mengubahnya menjadi nilai digital dengan resolusi antara 9-bit hingga 12-bit. DS18B20 menggunakan protokol komunikasi 1-Wire, yang memungkinkan komunikasi data melalui satu jalur data, sehingga hanya memerlukan satu pin mikrocontroller untuk berkomunikasi. Setiap sensor memiliki alamat unik 64-bit, memungkinkan beberapa sensor dihubungkan pada satu jalur data tanpa konflik. Sensor ini dapat beroperasi dalam mode daya parasit atau menggunakan suplai daya eksternal antara 3.0V hingga 5.5V. Setelah menerima perintah konversi suhu, sensor mengukur suhu dan menyimpan hasilnya dalam register 2-byte yang dapat dibaca oleh mikrocontroller. DS18B20 sangat andal dalam lingkungan keras dan lembab, seperti di dalam mesin kapal, dan dapat membantu dalam deteksi dini masalah seperti overheating dengan pemantauan suhu secara real-time. Berikut adalah penjelasan detail tentang cara kerjanya:

Prinsip Kerja DS18B20

a. Pengukuran Suhu:

Sensor DS18B20 menggunakan prinsip band gap silicon untuk mengukur suhu, di mana sensor ini mengukur tegangan maju (forward voltage drop) pada dioda silikon yang bergantung pada suhu. Tegangan ini kemudian diubah menjadi nilai digital dengan resolusi antara 9-bit hingga 12-bit, tergantung pada konfigurasi yang digunakan. Proses ini memungkinkan sensor untuk memberikan pembacaan suhu yang akurat dan dapat diandalkan dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan suhu mesin kapal. Selain itu, sensor ini memiliki kemampuan untuk beroperasi dalam mode daya parasit, di mana ia mendapatkan daya dari jalur data, atau menggunakan suplai daya eksternal antara 3.0V hingga 5.5V. Dengan menggunakan protokol komunikasi 1-Wire, DS18B20 memungkinkan komunikasi data melalui satu jalur data, sehingga hanya memerlukan satu pin mikrocontroller untuk berkomunikasi. Setiap sensor memiliki alamat unik 64-bit, memungkinkan beberapa sensor dihubungkan pada satu jalur data tanpa konflik. Hal ini membuat DS18B20 sangat fleksibel dan mudah diintegrasikan dalam berbagai sistem pemantauan suhu.

- DS18B20 menggunakan prinsip band gap silicon untuk mengukur suhu. Sensor ini mengukur tegangan maju (forward voltage drop) pada dioda silikon yang bergantung pada suhu.

- Sensor ini mengubah suhu menjadi nilai digital dengan resolusi antara 9-bit hingga 12-bit, tergantung pada konfigurasi yang digunakan.

a. Protokol 1-Wire:

Sensor DS18B20 berkomunikasi menggunakan protokol 1-Wire, yang memungkinkan komunikasi data melalui satu jalur data. Ini berarti hanya satu pin mikrocontroller yang diperlukan untuk berkomunikasi dengan sensor, membuatnya sangat efisien dan sederhana untuk diintegrasikan dalam berbagai sistem. Setiap sensor DS18B20 memiliki alamat unik 64-bit, yang memungkinkan beberapa sensor dihubungkan pada satu jalur data tanpa konflik. Dengan demikian, protokol 1-Wire tidak hanya menghemat pin pada mikrocontroller tetapi juga memungkinkan pengaturan jaringan sensor yang lebih kompleks dan fleksibel tanpa masalah interferensi atau alamat yang tumpang tindih.

- DS18B20 berkomunikasi menggunakan protokol 1-Wire, yang memungkinkan komunikasi data melalui satu jalur data. Ini berarti hanya satu pin mikrocontroller yang diperlukan untuk berkomunikasi dengan sensor.
- Setiap sensor memiliki alamat unik 64-bit, memungkinkan beberapa sensor dihubungkan pada satu jalur data tanpa konflik.

b. Mode Daya:

Sensor DS18B20 memiliki fleksibilitas dalam hal sumber daya, karena dapat beroperasi dalam mode daya parasit atau menggunakan suplai daya eksternal. Dalam mode daya parasit, sensor mendapatkan daya langsung dari jalur data, yang mengurangi kebutuhan akan kabel tambahan dan menyederhanakan instalasi. Alternatifnya, sensor ini juga dapat menggunakan suplai daya eksternal dengan tegangan antara 3.0V hingga 5.5V, memberikan fleksibilitas tambahan dalam berbagai aplikasi. Kemampuan ini membuat DS18B20 sangat praktis dan mudah diintegrasikan dalam sistem yang memerlukan pemantauan suhu, seperti mesin kapal, tanpa memerlukan perubahan besar pada infrastruktur daya yang ada.

- Sensor ini dapat beroperasi dalam mode daya parasit, di mana ia mendapatkan daya dari jalur data, atau menggunakan suplai daya eksternal antara 3.0V hingga 5.5V.

c. Konversi dan Penyimpanan Data:

Setelah menerima perintah untuk melakukan konversi suhu, sensor DS18B20 mulai mengukur suhu lingkungan. Hasil pengukuran ini kemudian disimpan dalam register 2-byte di dalam sensor. Data suhu yang telah dikonversi ini dapat diakses dan dibaca oleh mikrocontroller kapan saja diperlukan. Proses ini memastikan bahwa data suhu yang diperoleh selalu akurat dan siap digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti pemantauan suhu mesin kapal, yang memerlukan data suhu real-time untuk deteksi dini masalah seperti overheating. Dengan penyimpanan data yang efisien ini, DS18B20 mampu memberikan performa yang andal dan konsisten dalam berbagai kondisi operasional.

- Setelah menerima perintah konversi suhu, sensor mengukur suhu dan menyimpan hasilnya dalam register 2-byte. Data ini kemudian dapat dibaca oleh mikrocontroller.

Aplikasi pada Mesin Kapal

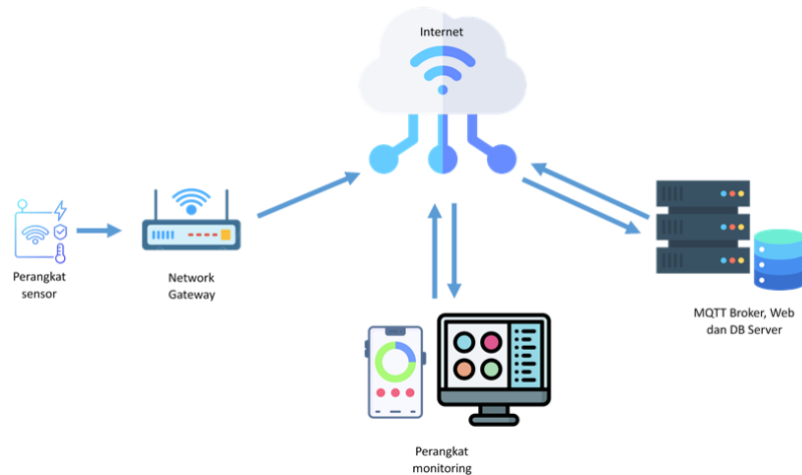
Sensor DS18B20 dapat dipasang pada berbagai bagian mesin kapal Polbeng 2 untuk memantau suhu secara real-time. Pemantauan suhu ini sangat penting untuk mendeteksi dini masalah seperti overheating, yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada mesin. Dengan data suhu yang akurat dan real-time, operator kapal dapat mengambil tindakan preventif sebelum masalah menjadi lebih besar, memastikan mesin kapal beroperasi dengan efisien dan aman.

Selain itu, versi waterproof dari sensor DS18B20 sangat andal dalam lingkungan yang keras dan lembab, seperti di dalam mesin kapal Polbeng 2. Sensor ini dirancang untuk bertahan dalam kondisi ekstrem, sehingga tetap memberikan performa yang konsisten dan akurat meskipun terkena air atau kelembaban tinggi. Keandalan ini membuat DS18B20 menjadi pilihan ideal untuk aplikasi pemantauan suhu di lingkungan maritim yang menantang. Arsitektur sistem monitoring berbasis IoT (Internet of Things) Sistem Monitoring Kemiringan dan Temperatur Mesin kapal polbeng 2

Gambar yang terlampir menggambarkan arsitektur sistem monitoring berbasis IoT (Internet of Things) yang melibatkan beberapa komponen utama, yaitu perangkat sensor, gateway jaringan, internet, server (MQTT Broker, Web, dan DB Server), serta perangkat monitoring. Berikut adalah penjelasan detail dari elemen-elemen yang terdapat pada gambar:

a. Perangkat Sensor:

- Perangkat ini bertanggung jawab untuk mengumpulkan data dari lingkungan atau sistem tertentu. Data yang dikumpulkan oleh perangkat sensor bisa berupa berbagai jenis informasi, seperti suhu, kelembaban, tekanan, atau status sistem.
 - Setelah data dikumpulkan, perangkat sensor ini mengirimkan datanya ke jaringan melalui Network Gateway.
- b. Network Gateway:
- Gateway ini berfungsi sebagai penghubung antara perangkat sensor dan jaringan internet. Gateway menerima data dari sensor dan meneruskannya melalui internet ke server yang relevan untuk diproses lebih lanjut.
 - Network Gateway ini sering kali terhubung melalui teknologi komunikasi nirkabel (wireless), seperti Wi-Fi, untuk mengirimkan data secara efisien ke internet.
- c. Internet:
- Internet berfungsi sebagai media transmisi data antara Network Gateway dan server atau platform monitoring yang ada. Data dari perangkat sensor dikirimkan ke server melalui jaringan internet untuk diproses dan disimpan.
- d. MQTT Broker, Web, dan DB Server:
- MQTT Broker: Digunakan untuk menangani komunikasi berbasis **Message Queuing Telemetry Transport** (MQTT), yang merupakan protokol ringan untuk mengirimkan pesan antara perangkat IoT.
 - Web Server: Digunakan untuk mengelola tampilan dan pengelolaan data yang dapat diakses melalui perangkat monitoring berbasis web.
 - DB Server: Berfungsi sebagai tempat penyimpanan data yang diambil dari sensor, sehingga data bisa diolah lebih lanjut atau diakses secara historis.
- e. Perangkat Monitoring:
- Antarmuka yang digunakan pengguna untuk memantau data yang dikirim oleh perangkat sensor. Monitoring bisa dilakukan melalui **perangkat mobile** seperti smartphone atau melalui **komputer** yang terhubung ke server melalui internet.
 - Perangkat monitoring ini menampilkan data dalam bentuk yang mudah dibaca, seperti grafik, tabel, atau indikator visual lainnya, sehingga pengguna dapat memahami kondisi sistem yang dipantau.
- f. Alur Kerja:
- Perangkat sensor berfungsi untuk mengumpulkan data dari lingkungan atau sistem yang dipantau, seperti suhu, kelembaban, atau tekanan. Setelah data berhasil dikumpulkan, perangkat sensor mengirimkan informasi tersebut ke **Network Gateway**. Gateway ini bertugas sebagai penghubung antara sensor dan internet, memastikan data yang diterima dari sensor dapat diteruskan ke jaringan. Selanjutnya, **Network Gateway** akan mengirimkan data tersebut ke internet, di mana data tersebut diarahkan ke **MQTT Broker**, **Web Server**, dan **DB Server**. Di sini, data diproses, disimpan, dan diolah lebih lanjut. Setelah itu, pengguna dapat memantau data secara real-time melalui perangkat monitoring, seperti smartphone atau komputer, yang terhubung ke internet. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi sistem yang dipantau kapan saja dan dari mana saja, memanfaatkan jaringan internet untuk akses yang lebih fleksibel dan efisien. Secara urut dapat dilihat seperti dibawah ini:
- Perangkat sensor mengumpulkan data dari lingkungan atau sistem.
 - Data dikirim ke Network Gateway.
 - Network Gateway mengirimkan data ke internet.
 - Data dikirim ke MQTT Broker, Web, dan DB Server untuk pemrosesan dan penyimpanan.
 - Pengguna dapat memantau data secara real-time melalui perangkat monitoring yang terhubung ke internet.



Gambar 2 Arsitektur sistem monitoring berbasis IoT (Internet of Things) Sistem Monitoring Kemiringan dan Temperatur Mesin kapal polbeng 2

Berdasarkan data uji coba sistem yang telah disusun dalam tabel, kita dapat melakukan pengujian sistem monitoring kemiringan dan temperatur mesin kapal dengan lebih terstruktur.

a. Sensor Kemiringan

Sensor kemiringan akan diuji dengan memvariasikan sudut kemiringan mesin kapal dari 0° hingga lebih dari 5° . Sensor ini diharapkan dapat mendeteksi perubahan sudut dengan akurasi $\pm 0.1^\circ$ dan melakukan pembacaan setiap detik. Sudut kemiringan normal diharapkan berada dalam rentang 0° hingga 5° , sedangkan sudut yang melebihi 5° akan dianggap sebagai anomali.

b. Sensor Suhu

Sensor suhu akan diuji dengan memvariasikan suhu mesin kapal dari 20°C hingga lebih dari 80°C . Sensor ini diharapkan dapat mendeteksi perubahan suhu dengan akurasi $\pm 0.5^\circ\text{C}$ dan melakukan pembacaan setiap detik. Suhu operasional normal diharapkan berada dalam rentang 20°C hingga 80°C , sedangkan suhu di luar rentang tersebut akan dianggap sebagai anomali.

c. Konektivitas Jaringan

Konektivitas jaringan akan diuji untuk memastikan gateway dapat menghubungkan perangkat sensor ke internet dengan kecepatan upload dan download masing-masing 1 Mbps, serta latensi jaringan kurang dari 100 ms. Reliabilitas koneksi diharapkan mencapai 99.9% untuk memastikan data dapat ditransmisikan dengan stabil dan tanpa gangguan.

d. Cloud Services

Layanan cloud akan diuji untuk memastikan MQTT Broker dapat menangani hingga 1000 pesan per detik, sementara server web dan database mampu menangani hingga 1000 permintaan per detik dan menyimpan hingga 1 juta data per hari. Hal ini penting untuk memastikan bahwa data dari sensor dapat diproses dan disimpan dengan efisien.

e. Perangkat Monitoring

Perangkat monitoring seperti smartphone dan komputer akan diuji untuk memastikan aplikasi monitoring dapat menampilkan data real-time dengan refresh rate setiap 1 detik. Smartphone yang digunakan diharapkan memiliki koneksi internet 4G, sementara komputer menggunakan koneksi internet broadband.

f. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem akan dilakukan selama 24 jam non-stop dengan menggunakan 10 sensor kemiringan dan 10 sensor suhu yang terhubung ke satu gateway. Data dari sensor akan dipantau melalui 2 smartphone dan 1 komputer untuk memastikan integrasi dan reliabilitas sistem secara keseluruhan.

Tabel 2. Data Uji Coba Sitem Monitoring

Kategori	Parameter	Nilai Uji Coba
Sensor Kemiringan	Sudut Kemiringan Normal	0° hingga 5°
	Sudut Kemiringan Anomali	> 5°
	Frekuensi Pembacaan	Setiap 1 detik
	Akurasi Sensor	±0.1°
Sensor Suhu	Suhu Operasional Normal	20°C hingga 80°C
	Suhu Anomali	< 20°C atau > 80°C
	Frekuensi Pembacaan	Setiap 1 detik
	Akurasi Sensor	±0.5°C
Konektivitas Jaringan	Kecepatan Upload	1 Mbps
	Kecepatan Download	1 Mbps
	Latensi Jaringan	< 100 ms
	Reliabilitas Koneksi	99.9%
Cloud Services	MQTT Broker	Mampu menangani 1000 pesan per detik
	Web Server	Mampu menangani 1000 permintaan per detik
	DB Server	Mampu menyimpan 1 juta data per hari
Perangkat Monitoring	Smartphone	Android/iOS dengan koneksi internet 4G
	Komputer	Windows/Mac dengan koneksi internet broadband
	Aplikasi Monitoring	Mampu menampilkan data real-time dengan refresh rate 1 detik
Pengujian Keseluruhan	Durasi Pengujian	24 jam non-stop
	Jumlah Sensor	10 sensor kemiringan dan 10 sensor suhu
	Jumlah Gateway	1 gateway
	Jumlah Perangkat Monitoring	2 smartphone dan 1 komputer

Rangkaian elektronik alat sistem monitoring berbasis IoT (Internet of Things) Sistem Monitoring Kemiringan dan Temperatur Mesin kapal polbeng 2. Rangkaian elektronik yang kemungkinan digunakan untuk proyek berbasis IoT atau sensorik. Rangkaian ini tampaknya terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk modul sensor, board microcontroller, dan breadboard sebagai platform untuk merangkai komponen. Berikut adalah penjelasan detail dari gambar tersebut dan cara kerjanya:

a. Microcontroller (ESP8266 atau ESP32):

Bagian tengah terlihat sebuah microcontroller, kemungkinan ESP8266 atau ESP32, yang berfungsi sebagai pusat pengolahan dan komunikasi data. Microcontroller ini sering digunakan dalam proyek IoT karena dilengkapi dengan Wi-Fi untuk mengirim data ke server atau cloud.

b. Sensor Suhu dan Kelembaban:

Bagian atas terlihat sensor berbentuk logam panjang, yang mungkin adalah sensor suhu dan kelembaban. Sensor ini digunakan untuk mengukur kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban di sekitarnya.

c. Sensor Ultrasonik:

Terdapat juga komponen yang menyerupai sensor ultrasonik, yang digunakan untuk mengukur jarak dengan memancarkan gelombang suara ultrasonik dan mengukur waktu pantulan gelombang tersebut untuk mendeteksi jarak objek di depannya.

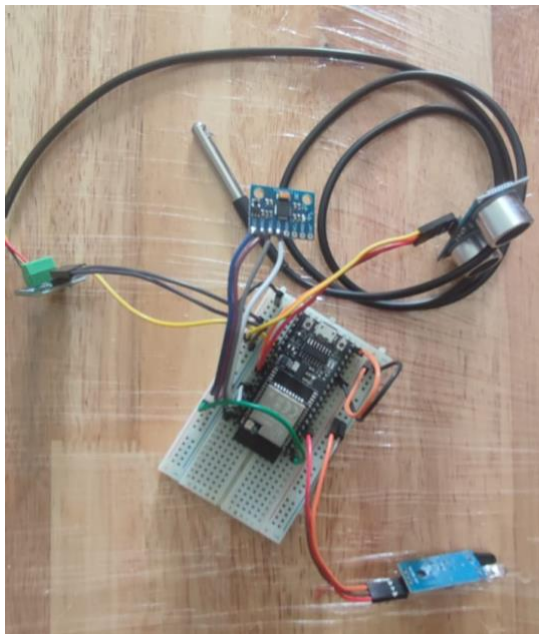
d. Breadboard:

Rangkaian disusun di atas breadboard, yang merupakan papan uji yang digunakan untuk merangkai dan menghubungkan komponen tanpa perlu solder. Breadboard ini memungkinkan komponen saling terhubung secara sementara untuk pengujian.

e. Modul Komunikasi:

Terdapat juga modul kecil yang mungkin berfungsi sebagai komunikasi atau interface untuk menghubungkan microcontroller dengan perangkat lainnya, seperti modul Wi-Fi atau Bluetooth untuk komunikasi nirkabel.

- f. Kabel Jumper:
Kabel jumper menghubungkan setiap komponen di breadboard ke microcontroller, memungkinkan pertukaran data antara sensor dan microcontroller.
- g. Cara Kerja:
Pengumpulan Data dari Sensor: Sensor-sensor yang terhubung, seperti sensor suhu dan kelembaban serta sensor ultrasonik, akan mengumpulkan data dari lingkungan sekitarnya. Misalnya, sensor suhu akan mengukur suhu ruangan, sedangkan sensor ultrasonik akan mengukur jarak dari objek terdekat. Pengolahan Data oleh Microcontroller: Data yang dikumpulkan dari sensor akan dikirim ke microcontroller. Microcontroller ini berfungsi sebagai otak sistem yang memproses data yang diterima dari sensor-sensor tersebut. Pengiriman Data ke Server atau Monitoring Setelah data diproses, microcontroller dapat mengirimkan data ke server melalui Wi-Fi atau Bluetooth. Dalam sistem IoT, data ini bisa dikirim ke cloud atau platform monitoring untuk dianalisis lebih lanjut atau ditampilkan dalam aplikasi. Monitoring dan Pengendalian: Jika sistem ini terhubung ke platform monitoring, pengguna dapat memantau nilai-nilai yang dikirim oleh sensor secara real-time. Selain itu, sistem ini bisa diatur untuk melakukan tindakan otomatis berdasarkan kondisi tertentu, seperti mengirimkan notifikasi ketika suhu melebihi ambang batas. Secara keseluruhan, rangkaian ini adalah contoh klasik dari sistem IoT sederhana yang menggabungkan sensor, microcontroller, dan komunikasi nirkabel untuk pemantauan data secara real-time.



Gambar 3. Rangkaian elektronik alat sistem monitoring berbasis IoT (Internet of Things) Sistem Monitoring Kemiringan dan Temperatur Mesin kapal polbeng 2

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem monitoring berbasis IoT untuk memantau stabilitas dan kinerja mesin kapal Polbeng 2. Sistem ini menggunakan sensor MPU6050 untuk mendeteksi kemiringan kapal dan sensor DS18B20 untuk memantau suhu mesin. Data yang dikumpulkan oleh sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan ke server untuk analisis dan monitoring real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu mengenai kondisi kapal, yang sangat penting untuk memastikan keselamatan dan efisiensi operasional.

5.2 Saran

1. Pengembangan Lebih Lanjut: Disarankan untuk mengembangkan sistem ini dengan menambahkan lebih banyak sensor untuk memantau parameter lain seperti tekanan dan kelembaban, yang juga dapat mempengaruhi kinerja mesin dan stabilitas kapal.
2. Integrasi dengan Sistem Alarm: Mengintegrasikan sistem monitoring dengan sistem alarm yang dapat memberikan peringatan dini kepada operator kapal jika terdeteksi kondisi anomali, seperti suhu yang terlalu tinggi atau kemiringan yang berlebihan.
3. Optimasi Konektivitas: Meningkatkan kecepatan dan reliabilitas konektivitas jaringan untuk memastikan data dapat dikirim dan diterima tanpa gangguan, terutama dalam kondisi laut yang menantang.
4. Pelatihan Operator: Memberikan pelatihan kepada operator kapal mengenai penggunaan sistem monitoring ini, termasuk cara membaca data dan mengambil tindakan preventif berdasarkan informasi yang diberikan oleh sistem.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Albaghdadi, A., & Ali, A. (2019). An Optimized Complementary Filter For An Inertial Measurement Unit Contain MPU6050 Sensor. *Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering*, 15(2), 71–77. <https://doi.org/10.37917/ijeee.15.2.8>
- Aslam, S., Michaelides, M. P., & Herodotou, H. (2020). Internet of Ships: A Survey on Architectures, Emerging Applications, and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(10), 9714–9727. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2993411>
- Euchner, J. (2018). The Internet of Things. *Research-Technology Management*, 61(5), 10–11. <https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1495971>
- Hossain, K. A., Hasan, N., Sohan, T. A., & Mahmud, S. M. I. (2023). Effect of Length on the Stability of a Ship. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4443824>
- Karatuğ, Ç., & Arslanoğlu, Y. (2022). Importance of early fault diagnosis for marine diesel engines: a case study on efficiency management and environment. *Ships and Offshore Structures*, 17(2), 472–480. <https://doi.org/10.1080/17445302.2020.1835077>
- KOBYLIŃSKI, L. (2007). System and risk approach to ship safety, with special emphasis of stability. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 7(4), 97–106. [https://doi.org/10.1016/S1644-9665\(12\)60228-3](https://doi.org/10.1016/S1644-9665(12)60228-3)
- Liang, M., & Chen, M. (2022). Monitoring the Performance of a Ship's Main Engine Based on Big Data Technology. *Polish Maritime Research*, 29(3), 128–140. <https://doi.org/10.2478/pomr-2022-0033>
- Michala, A. L., Vourganas, I., & Coraddu, A. (2022). Vibration Edge Computing in Maritime IoT. *ACM Transactions on Internet of Things*, 3(1), 1–18. <https://doi.org/10.1145/3484717>
- Pascoal, R., Perera, L. P., & Guedes Soares, C. (2017). Estimation of directional sea spectra from ship motions in sea trials. *Ocean Engineering*, 132, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.01.020>
- Ratnawati, F., Subandri, M. A., & Afridon, M. (2023). Sistem Monitoring Keselamatan Kapal Nelayan Berbasis Internet Of Things. *INOVTEK Polbeng - Seri Informatika*, 8(2), 464. <https://doi.org/10.35314/isi.v8i2.3751>

- Santiago Caamaño, L., Galeazzi, R., Nielsen, U. D., Míguez González, M., & Díaz Casás, V. (2019). Real-time detection of transverse stability changes in fishing vessels. *Ocean Engineering*, *189*, 106369. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106369>
- Velasco, F. J., Revestido, E., Moyano, E., & López, E. (2012). Remote laboratory for marine vehicles experimentation. *Computer Applications in Engineering Education*, *20*(4), 728–740. <https://doi.org/10.1002/cae.20444>
- Wenli, H., & Linlin, H. (2012). *Study on Timing Sequences of Interface Program of Digital Temperature Sensor DS18B20* (pp. 1329–1334). https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2467-2_157
- Woodward, M. D., Rijsbergen, M. van, Hutchinson, K. W., & Scott, A. (2016). Uncertainty analysis procedure for the ship inclining experiment. *Ocean Engineering*, *114*, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2016.01.017>
- Wu, Y. X., Liu, D., & Kuang, X. H. (2011). A Temperature Detecting System Based on DS18B20. *Advanced Materials Research*, *328–330*, 1806–1809. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.328-330.1806>