

MODEL SENSOR *PRESSURE TRANSMITTER* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK MENDETEKSI KEBOCORAN PIPA AIR

Hans Nova Santosa^{*1)}, Wiwin Sulisty²⁾

1. Universitas Kristen Satya Wacana, Indonesia
2. Universitas Kristen Satya Wacana, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: *Internet of Things*; PPDIOO; *Sensor Pressure Transmitter*; *Smarthome*

Keywords: *Internet of Things*; PPDIOO; *Pressure Transmitter Sensors*; *Smarthome*

Article history:

Received 20 August 2024

Revised 5 September 2024

Accepted 2 October 2024

Available online 1 September 2025

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v10i3.6491>

* Corresponding author.

Hans Nova Santosa

E-mail address:

hansnova12@gmail.com

ABSTRAK

Dalam era digital saat ini, kebutuhan akan manajemen sumber daya air yang efisien semakin mendesak, terutama untuk mendeteksi kebocoran pipa air yang sering kali sulit terdeteksi secara manual, terutama dalam jaringan pipa yang luas. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan model sensor *pressure transmitter* berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi inovatif untuk mendeteksi kebocoran pipa air secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk mengukur tekanan air dengan akurat dan mengirimkan data ke platform IoT melalui modul ESP8266 yang terhubung dengan jaringan WiFi. Dengan menetapkan ambang batas tekanan tertentu, sistem ini mampu mendeteksi perubahan tekanan yang signifikan yang mengindikasikan kebocoran dan secara otomatis mengirimkan notifikasi melalui Telegram kepada pengguna. Penelitian ini menggunakan metode PPDIOO, yang terdiri dari enam tahapan utama: *prepare, plan, design, implement, operate, dan optimize*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *pressure transmitter* dapat mendeteksi tekanan air dengan akurat dalam berbagai kondisi, dan integrasinya dengan ESP8266 memastikan bahwa perangkat dapat terhubung dengan jaringan WiFi secara stabil. Pengujian notifikasi sistem juga membuktikan bahwa ketika tekanan air berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi "Bocor" melalui Telegram. Sistem ini tidak hanya efektif dalam mendeteksi kebocoran pipa secara *real-time*, tetapi juga menawarkan potensi pengembangan lebih lanjut dalam integrasi IoT dengan teknologi *smarthome*.

ABSTRACT

In the current digital era, efficient water resource management is increasingly urgent, especially to detect water pipe leaks which are often difficult to detect manually, especially in extensive pipe networks. Therefore, this research develops a pressure transmitter sensor model based on the Internet of Things (IoT) as an innovative solution for detecting water pipe leaks in real time. This system is designed to measure water pressure accurately and send data to the IoT platform via an ESP8266 module connected to a WiFi network. By setting a certain pressure threshold, the system can detect significant pressure changes that indicate a leak and automatically send a notification via Telegram to the user. This research uses the PPDIOO method, which consists of six main stages: prepare, plan, design, implement, operate, and optimize. Test results show that the pressure transmitter sensor can detect water pressure accurately in various conditions, and its integration with the ESP8266 ensures that the device can connect to the WiFi network stably. System notification testing also proved that when the water pressure is below a predetermined threshold, the system automatically sends a "Bocor" notification via Telegram. This system is not only effective in detecting pipe leaks in real time but also offers the potential for further development in IoT integration with smart home technology.

I. PENDAHULUAN

D i era digital ini, kebutuhan akan manajemen sumber daya air yang efisien semakin diperlukan, terutama dalam mendeteksi kebocoran pipa air. Kebocoran pipa dapat terjadi secara tiba-tiba dan sulit untuk dideteksi secara manual, terutama pada jaringan pipa yang luas. Sistem deteksi konvensional sering kali kurang responsif, sehingga memungkinkan terjadi kerusakan yang serius sebelum kebocoran terdeteksi. Kebocoran pipa air memiliki dampak yang serius dalam manajemen sumber daya air, kerusakan lingkungan dan kerugian finansial[1]. Dengan itu, diperlukan sebuah sistem pemantauan dan deteksi kebocoran secara *real-time* pada saluran air untuk mengurangi tingkat kerugian air yang signifikan[2]. Pemantauan ini juga dilakukan untuk mengurangi kesalahan pengguna dalam membaca data yang telah diperoleh[3]. Salah satu cara untuk mempermudah pekerjaan dalam mendeteksi kebocoran pipa secara efisien adalah melalui penggunaan teknologi *Internet of Things* yang telah dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan tertentu[4]. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Siregar dkk, yang membahas tentang rancangan saluran pipa menggunakan sensor *water flow* yang dapat membantu petani memantau pipa irigasi bibit kelapa sawit[5]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Dwi Prasetya dkk, juga membahas tentang sistem pendeteksi kebocoran pipa berdasarkan pemantauan aliran air yang didukung IoT[2]. Selain itu, penelitian yang dilakukan Widianti dkk, dan Shafitri dkk, yang membahas tentang pemanfaatan Nodemcu menggunakan IoT untuk mempermudah penggunaan lampu rumah[6][7]. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi pemantauan. Dari penelitian sebelumnya juga menggunakan *water flow sensors* yang cenderung kurang ideal dalam mendeteksi kebocoran kecil. Sedangkan *Pressure Transmitter Sensors* lebih unggul karena mampu mendeteksi kebocoran kecil dengan akurasi tinggi melalui perubahan tekanan. Dengan daya tahan tinggi dan fleksibilitas aplikasi, *Pressure Transmitter* dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan ekstrem dan sistem pipa yang kompleks yang menjadikannya lebih handal dan serbaguna dibandingkan sensor lainnya.

Dengan hal tersebut, penelitian ini berfokus pada penerapan sensor *pressure transmitter* sebagai komponen utama dalam sistem deteksi kebocoran pipa air yang terhubung dengan IoT. Dengan sensor ini, pengukuran tekanan air dapat memungkinkan identifikasi kebocoran dengan lebih tepat. Selain itu, penggunaan sensor ini juga memberikan manfaat tambahan dalam pengelolaan sumber daya yang lebih efisien dan integrasi dengan konsep *smarthome*. *Smarthome* merupakan sebuah rumah yang menghubungkan jaringan komunikasi yang membuatnya cerdas dengan perangkat listrik yang dapat dikontrol, dipantau dan diakses dari jarak jauh[8][9]. Dengan kata lain *smarthome* adalah rumah yang menggunakan teknologi canggih untuk memantau, mengendalikan, dan mendukung penghuni, meningkatkan kualitas hidup dan mendukung kehidupan mandiri[10]. IoT sendiri adalah ide dimana objek dapat mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan keterlibatan langsung manusia, baik antar manusia maupun antara manusia dan komputer[11][12][13]. Salah satu perangkat dalam merancang IoT pada penelitian ini adalah sensor *pressure transmitter*. Sensor *pressure transmitter* adalah suatu perangkat yang berfungsi mengonversi perubahan pada elemen sensor menjadi sinyal yang dapat diinterpretasikan oleh sebuah kontroler[14][15]. Sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Afrizal dkk, yang menggunakan beberapa sensor *pressure transmitter* untuk membandingkan tekanan antara dua sensor yaitu sensor *voltage* dan sensor *current ACS712* dalam mendeteksi kebocoran[16]. Penelitian oleh Sumanto dkk, juga menggunakan sensor *pressure transmitter* untuk menggabungkan PLTMG dan PLTU yang menghasilkan uap sebagai pelumas mesin[17]. Dalam penelitian ini juga menggunakan sensor *pressure transmitter* yang tidak hanya mencoba meningkatkan aspek teknis tetapi juga bertujuan memberikan solusi konkret untuk masalah yang nyata. Penerapan sensor *pressure transmitter* berbasis IoT akan memungkinkan respon yang lebih cepat terhadap kebocoran, membantu mengoptimalkan penggunaan air, dan mendukung visi keseluruhan dari pengelolaan cerdas.

Dalam upaya mengatasi masalah kebocoran air, dirancang sebuah penelitian terkait model sensor *pressure transmitter* berbasis IoT untuk mendeteksi kebocoran pipa air menggunakan metode PPDIIO (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, dan Optimize*)[18]. Dari penelitian sebelumnya menunjukkan implementasi sensor tanpa ada perancangan yang dapat mengakibatkan kurangnya akurasi dan efisiensi deteksi, masalah dalam penyesuaian dan integrasi, serta kurangnya pengujian, dan optimasi berkelanjutan. Metode PPDIIO menawarkan pendekatan yang lebih terstruktur dibanding metode-metode lainnya seperti metode RnD yang digunakan pada penelitian sebelumnya. Metode PPDIIO memastikan perancangan yang menyeluruh, pengujian yang mendalam, implementasi yang terencana, serta pemantauan dan optimasi berkelanjutan. Ini menghasilkan sistem deteksi kebocoran yang lebih akurat, efisien, dan dapat diandalkan, mengatasi kelemahan yang sering terjadi pada sistem tanpa perancangan mendalam. Penggunaan model sensor *pressure transmitter* dan metode PPDIIO berguna untuk mendeteksi kebocoran pipa air yang mampu dikembangkan ke arah teknologi berbasis IoT, sehingga teknologi ini mampu memberikan deteksi kebocoran pipa air dan diinformasikan secara *real-time* kepada pengguna dan lebih terstruktur yang mampu memberikan keunikan dan inovasi terbaru dari penelitian sebelumnya. Hal tersebut

diharapkan mampu memberikan solusi yang sesuai pada permasalahan yang ada dalam masyarakat dan industri. Dengan mendeteksi kebocoran lebih awal, sistem ini mengurangi kerugian ekonomi yang terkait dengan perbaikan dan kehilangan air. Selain itu, teknologi ini membantu konservasi sumber daya air, meningkatkan keamanan dan kualitas air, serta mengurangi dampak lingkungan. Dalam industri, efisiensi operasional meningkat karena perbaikan dapat dilakukan lebih cepat dan gangguan berkurang. Secara keseluruhan, sistem ini mendukung pengelolaan sumber daya yang lebih baik dan biaya yang lebih rendah. Berdasarkan uji coba pada penelitian ini menunjukkan hasil bahwa model sensor *pressure transmitter* berbasis IoT mampu mendeteksi kebocoran pipa air yang dikoneksikan dengan teknologi IoT menggunakan metode PPDIIO.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, digunakan metode PPDIIO (*Prepare, plan, design, implement, operate, dan optimize*). Metode PPDIIO merupakan pendekatan perancangan berkelanjutan yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem dan menciptakan implementasi yang kokoh secara konsisten. Berikut adalah tahapan dari penelitian ini yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

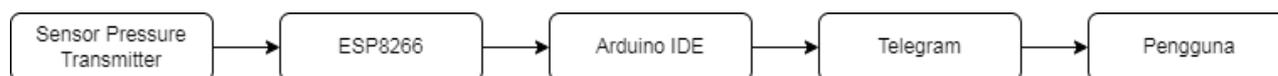
Metode PPDIIO terdiri dari 6 tahapan antara lain :

1. *Prepare*

Tahapan ini merupakan langkah awal dalam penelitian yaitu mencari informasi yang terkait dengan model sensor *pressure transmitter* berbasis *internet of things* untuk mendeteksi kebocoran pipa air. Ini mencakup kajian tentang penelitian sebelumnya, pemilihan jenis sensor *pressure transmitter* dan spesifikasinya, serta platform IoT yang akan digunakan seperti aplikasi Telegram, beserta protokol komunikasi yang sesuai.

2. *Plan*

Tahapan ini akan menentukan komponen yang diperlukan untuk model sensor *pressure transmitter* berbasis *internet of things* untuk mendeteksi kebocoran pipa air. Sensor *Pressure Transmitter* dipilih karena kemampuannya untuk mendeteksi perubahan tekanan kecil dengan akurasi tinggi, yang penting untuk mengidentifikasi kebocoran pipa yang mungkin tidak mempengaruhi aliran secara signifikan. Selain itu sensor ini mudah ditemukan dan diimplementasikan dalam desain sistem. Komponen selanjutnya yang digunakan adalah ESP8266 karena memiliki kemampuan dalam menghubungkan sensor dengan jaringan WiFi sehingga dapat menjalankan aplikasi Telegram[19][20]. Aplikasi Telegram dipilih karena terdapat fitur bot yang memungkinkan pengoperasian sensor setelah dikonfigurasi menggunakan Arduino IDE. Arduino IDE mendukung berbagai perangkat, dan memiliki library yang memudahkan integrasi dengan platform IoT. Diagram blok interkoneksi antar komponen pada tahap *plan* dapat dilihat pada gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Diagram blok interkoneksi antar komponen

3. Design

Pada tahap ini akan merancang sistem IoT dari komponen yang telah ditentukan. Desain sistem ini melibatkan sensor *pressure transmitter* yang mengukur tekanan pipa dan mengirimkan data ke ESP8266. Data kemudian dikirim ke platform IoT melalui protokol HTTP, yang memproses dan menyimpan informasi tersebut. Notifikasi dan data *real-time* dikirim ke aplikasi Telegram, memungkinkan pengguna untuk memantau sistem dan menerima pemberitahuan kebocoran secara efektif. Desain ini memastikan pengumpulan data yang akurat, komunikasi efisien, dan akses informasi sistem yang cepat.

4. Implement

Tahapan ini merupakan tahapan konfigurasi alat deteksi kebocoran air dari desain yang telah dibuat. Konfigurasi sistem meliputi pengkodean melalui Arduino IDE yang mencakup beberapa langkah penting. Pertama, penulisan kode untuk membaca data dari sensor *pressure transmitter* termasuk pengaturan pin input dan metode untuk mengonversi sinyal menjadi data tekanan yang dapat diproses. Selanjutnya, pengaturan koneksi WiFi pada ESP8266 perlu dikonfigurasi dengan menyertakan alamat server untuk komunikasi dengan platform IoT. Kode juga harus mencakup pengiriman data ke platform IoT menggunakan protokol komunikasi HTTP, serta penerimaan data dari platform IoT untuk mengirimkan notifikasi ke aplikasi Telegram.

5. Operate

Tahapan ini merupakan tahap pengujian sistem yang mana sistem sudah dapat berfungsi dengan baik atau belum. Beberapa skenario pengujian dilakukan pada tahap ini yang berguna untuk memastikan kinerja sistem yang optimal. Pengujian sensor *pressure transmitter* bertujuan untuk memverifikasi akurasi pengukuran tekanan dengan membandingkan data sensor dengan tekanan yang diketahui dan menguji berbagai tingkat tekanan. Metrik yang digunakan adalah akurasi pengukuran dan rentang pengukuran. Pengujian rangkaian alat memastikan bahwa mikrokontroler dan sensor terhubung dengan benar, serta data dikirim ke platform IoT dengan akurat. Metrik yang digunakan mencakup keandalan koneksi dan akurasi data pengiriman. Terakhir, pengujian notifikasi sistem memverifikasi bahwa notifikasi kebocoran diterima dan ditampilkan dengan benar di aplikasi Telegram. Metrik yang digunakan adalah akurasi notifikasi dan waktu pengiriman notifikasi.

6. Optimize

Tahapan ini merupakan tahap revisi atau perbaikan dari implementasi *smarthome* yang telah berjalan. Perbaikan dilakukan dengan menyesuaikan ulang sensor, mengoptimalkan kode mikrokontroler, dan memperkuat koneksi WiFi untuk meningkatkan stabilitas. Platform IoT juga diatur untuk mempercepat pemrosesan data dan notifikasi. Hasil perbaikan ini meningkatkan akurasi pengukuran, mempercepat waktu respons notifikasi, dan mengurangi gangguan dalam pengiriman data, sehingga sistem menjadi lebih efisien dalam mendeteksi dan menangani kebocoran pipa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prepare

Model sensor *pressure transmitter* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi kebocoran pipa air merupakan solusi teknologi canggih yang meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya air. Sistem ini menggunakan sensor tekanan yang dipasang pada jaringan pipa untuk memantau tekanan air secara *real-time* dan mengirimkan data ke platform IoT melalui mikrokontroler. Sistem IoT ini memantau air yang dilakukan secara

real-time yang memungkinkan pengguna untuk segera mengetahui jika terjadi perubahan atau masalah pada kondisi air[21]. Dengan ambang batas tekanan yang ditentukan, sistem dapat mendeteksi kebocoran secara otomatis dan mengirimkan notifikasi kepada pengelola melalui aplikasi, memungkinkan tindakan cepat. Teknologi ini tidak hanya menghemat air dengan mendeteksi kebocoran dini, tetapi juga menawarkan manajemen sumber daya yang lebih cerdas dan responsif.

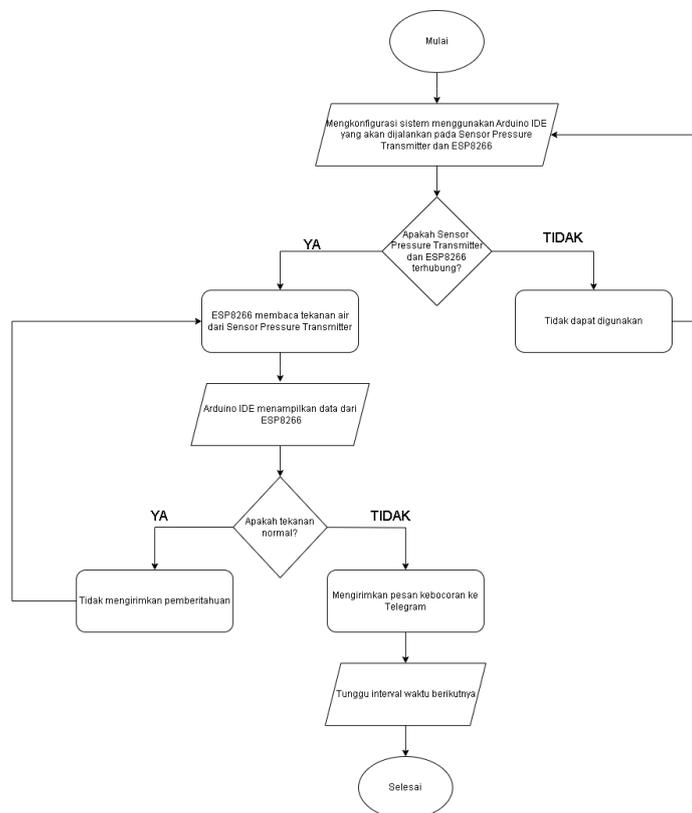
Dalam merancang dan mengimplementasikan sistem ini, analisis kebutuhan mencakup pemilihan sensor yang akurat, mikrokontroler yang mendukung komunikasi data, serta konektivitas internet yang stabil. Pengembangan *firmware*, pemilihan platform IoT yang aman, dan integrasi algoritma canggih untuk deteksi kebocoran juga penting. Selain itu, pemasangan sensor yang tepat, infrastruktur jaringan yang kuat, dan protokol keamanan data memastikan keandalan sistem. Penyediaan pelatihan pengguna dan dukungan teknis menjamin pemeliharaan sistem yang efektif, mengoptimalkan penggunaan sumber daya air, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan ekonomi.

B. Plan

Berikut adalah komponen-komponen yang diperlukan dalam model sensor *pressure transmitter* berbasis *internet of things* untuk mendeteksi kebocoran pipa air yaitu pipa air, sensor *pressure transmitter*, ESP8266, *breadboard*, kabel *uploading*, kabel *jumper*, dan keran air.

C. Design

Dalam perancangan sistem IoT untuk mendeteksi kebocoran pipa air menggunakan sensor *pressure transmitter*, sistem terdiri dari beberapa komponen utama. Sensor *pressure transmitter* dipasang pada pipa untuk mengukur tekanan air secara terus-menerus. Data tekanan yang terkumpul dikirimkan oleh ESP8266, ke *gateway* IoT melalui jaringan nirkabel seperti WiFi. *Gateway* IoT berperan sebagai titik masuk data ke dalam *cloud* platform yaitu telegram yang di mana data disimpan, diproses, dan dianalisis. Pengguna dapat mengakses informasi melalui aplikasi *mobile* atau antarmuka web untuk memantau kondisi pipa, menerima pemberitahuan otomatis jika terjadi kebocoran, dan mengelola penggunaan air secara efisien. Desain sistem IoT dapat dilihat pada gambar 3.

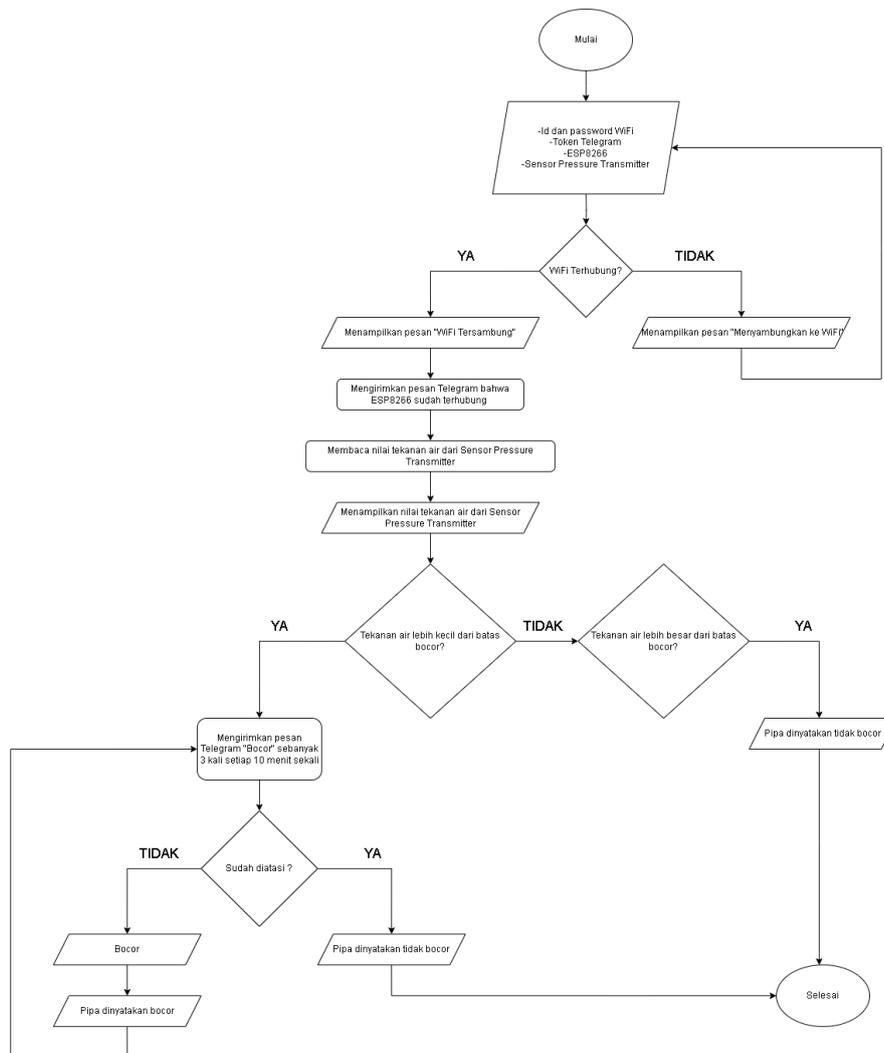


Gambar 3. Desain sistem IoT

Proses dimulai dengan menyiapkan alat dan mengkonfigurasi sistem yang terdiri dari modul ESP8266 dan sensor *pressure transmitter*. Setelah sistem siap, dilakukan pemeriksaan untuk memastikan bahwa sensor dan ESP8266

terhubung dan dapat digunakan. Jika terhubung, ESP8266 akan membaca tekanan air dari sensor *pressure transmitter*. Data yang dibaca oleh ESP8266 kemudian ditampilkan oleh Arduino IDE. Selanjutnya, sistem akan memeriksa apakah tekanan yang terbaca berada dalam kondisi normal. Jika tekanan normal, sistem tidak akan mengirimkan pemberitahuan dan akan menunggu interval waktu berikutnya sebelum kembali membaca data dari sensor. Namun, jika tekanan tidak normal, ESP8266 akan mengirimkan pemberitahuan kebocoran ke Telegram dan menunggu interval waktu berikutnya sebelum kembali membaca data dari sensor. Jika pada tahap awal sensor dan ESP8266 tidak terhubung, maka alat perlu disiapkan kembali dan dilakukan pemeriksaan ulang hingga koneksi berhasil. Proses ini berlanjut hingga semua langkah berhasil diselesaikan.

Dapat dilihat pada gambar 4 menggambarkan alur kerja dari sebuah sistem pemantauan tekanan air yang menggunakan sensor dan modul ESP8266 untuk mengirimkan notifikasi melalui Telegram jika terdeteksi adanya kebocoran. Sistem dimulai dengan mengatur koneksi WiFi dengan memasukkan nama, *password*, serta token Telegram, kemudian melakukan inisialisasi ESP8266 dan sensor *pressure transmitter*. Setelah itu, sistem akan mencoba terhubung ke WiFi. Jika berhasil, pesan "WiFi Tersambung" ditampilkan, dan notifikasi bahwa ESP8266 telah terhubung akan dikirimkan melalui Telegram. Sistem kemudian membaca nilai tekanan air dari sensor dan menampilkan hasilnya. Selanjutnya, sistem memeriksa apakah tekanan air yang terbaca berada di bawah batas yang telah ditentukan sebagai indikasi kebocoran. Jika tekanan air lebih rendah dari batas tersebut, sistem akan mengirimkan pesan "Bocor" melalui Telegram sebanyak tiga kali setiap 10 menit sekali hingga masalah teratasi, dan pipa dinyatakan bocor. Jika tekanan air berada di atas batas kebocoran maka pipa dinyatakan tidak bocor.



Gambar 4. Desain Alur kode program

D. Implement

Dari tahap sebelumnya telah dihasilkan rancangan sistem IoT yang menyusun komponen yang dapat dilihat pada

gambar 5.



Gambar 5. Rancangan Komponen

Model sensor *pressure transmitter* berbasis IoT untuk mendeteksi kebocoran pipa air mengintegrasikan ESP8266 dengan jaringan WiFi untuk mengirim notifikasi langsung ke bot Telegram saat kebocoran terdeteksi. Proses dimulai dengan perencanaan sistem, termasuk penentuan lokasi strategis pemasangan sensor dan pemilihan komponen seperti sensor *pressure transmitter*, mikrokontroler ESP8266, serta modul komunikasi. Sensor dipasang dengan cermat pada pipa untuk memastikan pengukuran tekanan yang akurat dan terhubung ke ESP8266 melalui *breadboard*. Konfigurasi dasar dan pengujian dilakukan untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik, dan notifikasi kebocoran dikirim melalui bot Telegram.

Pengembangan *firmware* ESP8266 menggunakan Arduino IDE memungkinkan mikrokontroler membaca dan mengolah data tekanan dari sensor *pressure transmitter* untuk mendeteksi kebocoran. Konfigurasi jaringan WiFi memungkinkan data tekanan dikirim ke bot Telegram, yang dibuat melalui BotFather menggunakan API Telegram. Integrasi ESP8266 dan bot Telegram dilakukan menggunakan perpustakaan UniversalTelegramBot untuk notifikasi otomatis.

Prototipe diuji dengan simulasi kondisi tekanan untuk memastikan sensor bekerja dan notifikasi dikirim secara stabil. Pengembangan *dashboard* memungkinkan pemantauan *real-time* dan riwayat data tekanan, serta penerimaan notifikasi melalui aplikasi. Pengujian lapangan dan pelatihan pengguna dilakukan untuk validasi sistem. Pemeliharaan rutin dan umpan balik pengguna digunakan untuk meningkatkan sistem, memastikan pengelolaan dan pemantauan air yang efektif melalui notifikasi kebocoran langsung ke Telegram.

E. Operate

Pada tahap *operate*, sistem diuji menggunakan *blackbox testing* untuk memastikan fungsi sesuai spesifikasi. Pengujian mencakup tiga aspek utama yaitu sensor *pressure transmitter* untuk akurasi deteksi tekanan air, konektivitas ESP8266 ke jaringan WiFi, dan notifikasi Telegram saat tekanan air di bawah batas yang ditetapkan. Hasil pengujian memastikan semua komponen berfungsi dengan baik dan sistem memberikan hasil yang akurat.

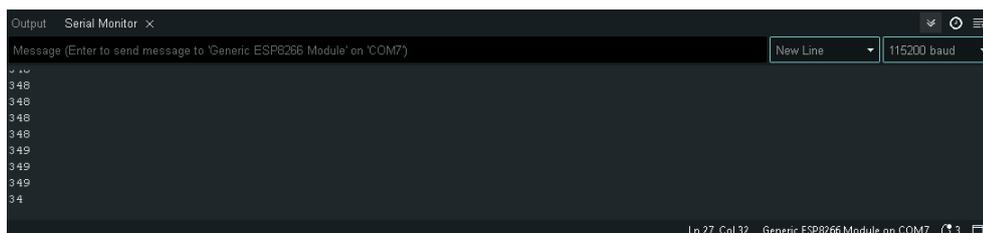
1) Pengujian Sensor *Pressure Transmitter*

Dalam pengujian sensor ini bertujuan untuk memastikan sensor *pressure transmitter* yang digunakan dapat mendeteksi tekanan air pada sistem. Penggunaan sensor ini dihubungkan ke pipa air sehingga dapat membaca nilai tekanan air yang terdeteksi oleh sensor. Konfigurasi sistem sensor *pressure transmitter* dapat dilihat pada kode program 1.

Kode Program 1 Konfigurasi sistem sensor *pressure transmitter*

```
int tekanan = analogRead(A0);  
Serial.println(tekanan);
```

Dari konfigurasi yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya, didapatkan hasil tekanan air yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Hasil Pengujian Sensor *Pressure Transmitter*

Pada gambar 6 diatas merupakan hasil pengujian sensor *pressure transmitter* dengan berbagai kondisi tekanan air yang dapat dilihat pada tabel 1 dibawah.

TABEL I
 PENGUJIAN SENSOR PRESSURE TRANSMITTER

Tekanan Air	Nilai	Status
Tidak ada tekanan	0	Terbaca
Tekanan rendah	100-150	Terbaca
Tekanan normal	151-178	Terbaca
Tekanan tinggi	>178	Terbaca

Dari hasil tersebut, dapat dilihat bahwa sensor tersebut dapat membaca nilai tekanan air dengan kondisi yang berbeda

2) Pengujian rangkaian alat

Dalam pengujian rangkaian alat ini bertujuan untuk memastikan rangkaian alat terhubung dan berfungsi dengan benar. Dalam pengujian ini akan diuji respon rangkaian alat terhadap sinyal sensor dan konektivitas WiFi. Dengan menghubungkan ESP8266 dan sensor *pressure transmitter* akan menghasilkan status koneksi WiFi. Konfigurasi rangkaian alat dapat dilihat pada kode program 2.

Kode Program 2 Konfigurasi rangkaian alat

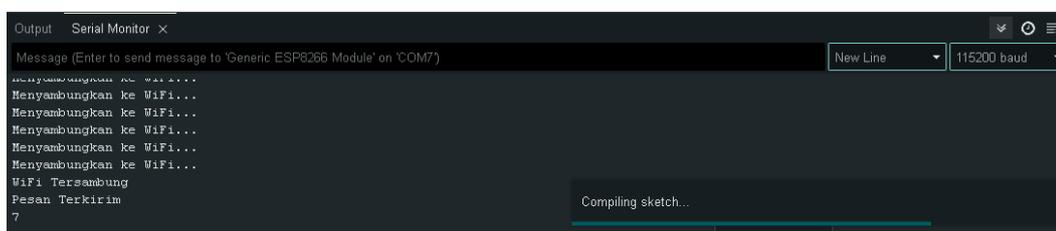
```

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
    delay(1000);
    Serial.println("Menyambungkan ke WiFi...");
}

Serial.println("WiFi Tersambung");
    
```

Hasil pengujian rangkaian alat yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 7 dibawah.



Gambar 7 Pengujian Rangkaian Alat

Dari pengujian rangkaian alat yang telah diuji sebelumnya, didapatkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 2 dibawah.

TABEL II
 PENGUJIAN RANGKAIAN ALAT

Kondisi	Hasil	Status
Menyambungkan ke wifi	“Wifi tersambung”	Berhasil
Menyambungkan dengan wifi yang salah	Tidak ada pesan	Sesuai

Dapat dilihat pada tabel 2 diatas bahwa pengujian rangkaian alat dengan menghubungkan ESP8266 tersebut dengan sensor *pressure transmitter* dapat terhubung ke WiFi dan komunikasi serial dapat berjalan dengan baik.

3) Pengujian notifikasi sistem

Pengujian notifikasi ini yang akan dikirimkan ke telegram melalui bot yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Notifikasi yang telah dikirimkan oleh telegram akan memberikan informasi bahwa tekanan air berada ditingkat rendah atau mengalami kebocoran. Dengan memastikan ESP8266 terhubung ke wifi yang dimana pada saat terjadi kebocoran maka akan dikirimkan notifikasi ke telegram. Konfigurasi notifikasi sistem dapat dilihat pada kode program 3 dibawah.

Kode Program 3 Konfigurasi notifikasi sistem

```

if (tekanan < batasBocor && flag == 0)
{
    counter++;
    if (counter <= 3) {
        sendTelegramMessage ("Bocor");
        flag = 1;
    }
    else if (tekanan > batasBocor);
    {
        flag = 0;
        counter = 0; //Reset counter jika tekanan kembali normal
    }
    delay(600000);
    
```

Dari konfigurasi yang telah dilakukan untuk menguji notifikasi sistem, didapat hasil pengujian notifikasi sistem yang dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Pengujian notifikasi sistem

Dari hasil notifikasi sistem yang telah dirancang, di dapat hasil pengujian yang telah diamati yang dapat dilihat pada tabel 3 dibawah.

TABEL III
PENGUJIAN SISTEM NOTIFIKASI

Kondisi Tekanan Air	Pesan dikirim ke Telegram	Status
<178	“Bocor”	Berhasil
>178	Tidak ada pesan	Berhasil

Dari hasil pengujian notifikasi sistem dapat dilihat bahwa ketika kondisi tekanan air berada dibawah 178, maka sistem akan mengirimkan notifikasi telegram dengan pesan “Bocor” dan bila kondisi tekanan air diatas 178, maka sistem tidak akan mengirimkan notifikasi pesan kebocoran. Dengan menggunakan nilai ambang 178, sistem mendeteksi kebocoran pipa air berdasarkan tekanan yang diukur oleh sensor. Tekanan di bawah 178 dianggap sebagai indikasi kebocoran, sementara tekanan di atasnya dianggap normal. Kesalahan deteksi diukur melalui dua parameter yaitu *false positive*, ketika sistem mendeteksi kebocoran yang tidak ada, dan *false negative* ketika sistem gagal mendeteksi kebocoran yang sebenarnya terjadi. Tingkat kesalahan ini dihitung untuk mengevaluasi keakuratan sistem, dan penyesuaian dapat dilakukan jika diperlukan untuk meningkatkan performa deteksi.

Dari pengujian *blackbox* yang telah dilakukan pada tahap ini, dapat disimpulkan bahwa pengujian ini berhasil memverifikasi fungsi keseluruhan sistem deteksi kebocoran pipa air berbasis IoT dengan sensor *pressure transmitter*. Dari 20 kasus yang telah diujikan, sistem deteksi kebocoran dengan *sensor pressure transmitter* menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Terdapat 3 kasus *false positive* dimana sistem memberikan notifikasi kebocoran meskipun tidak ada kebocoran dalam pipa yang menghasilkan *false positive rate* sebesar 15%. Di sisi lain, terdapat 1 kasus dimana kebocoran pipa tidak terdeteksi oleh sistem dan menghasilkan *false negative rate* sebesar 5%. Sistem ini terbukti dapat secara akurat mendeteksi berbagai tingkat tekanan air, memproses data dengan tepat melalui modul ESP8266, dan mengirimkan notifikasi yang diperlukan ke Telegram saat kondisi kebocoran terdeteksi. Konktivitas WiFi juga terbukti stabil dan dapat diandalkan, memungkinkan sistem untuk beroperasi dengan baik dalam lingkungan nyata walaupun terdapat beberapa kesalahan kecil dalam pengidentifikasian kebocoran.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa deteksi kebocoran pipa berbasis sensor *pressure transmitter* memberikan hasil yang akurat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Siregar, dkk. Sensor *pressure transmitter* dalam penelitian ini menunjukkan *false positive rate* sebesar 15% dan *false negative rate* sebesar 5% yang menandakan akurasi lebih tinggi dalam mendeteksi kebocoran dengan sensitivitas yang lebih baik dibandingkan sensor *water flow* yang digunakan oleh Siregar, dkk yang memiliki nilai *error* rata-rata sebesar 5,59% dan akurasi 94,41%. Pada pengujian ini dilakukan menggunakan metode *blackbox*, sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Siregar, dkk. Penelitian ini dan penelitian yang dilakukan oleh Siregar, dkk menggunakan pengujian yang serupa untuk menguji notifikasi sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa meskipun Siregar, dkk menerapkan metode *black box* untuk sistem deteksi kebocoran pipa berbasis sensor *water flow* dengan notifikasi melalui Telegram, sistem tersebut memiliki keterbatasan dalam hal latensi notifikasi dan akurasi deteksi. Sebaliknya, penelitian ini menggunakan sensor *pressure transmitter* dan metode *black box*, tetapi menunjukkan keunggulan yang signifikan dalam sensitivitas dan akurasi dalam mendeteksi kebocoran. Sistem notifikasi berbasis Telegram dalam penelitian ini menawarkan latensi yang lebih rendah dan responsivitas yang lebih tinggi, meningkatkan efektivitas pemantauan dan memberikan informasi yang lebih cepat dan tepat dibandingkan dengan sistem sensor *water flow* yang diteliti oleh Siregar, dkk.

F. Optimize

Pada tahap *optimize* ini, sistem telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik, memungkinkan deteksi kebocoran pipa air secara efisien melalui sensor *pressure transmitter* berbasis IoT. Namun, tantangan yang dihadapi adalah transfer data dari ESP8266 ke *database* sering mengalami gangguan karena koneksi internet yang tidak stabil, yang menjadi fokus utama untuk diperbaiki ke depan. Salah satunya adalah akurasi deteksi yang dapat terpengaruh oleh kondisi lingkungan seperti variasi tekanan eksternal atau gangguan pada sensor. Sensor *pressure transmitter* mungkin tidak selalu memberikan pembacaan yang akurat di luar rentang yang ditentukan atau dalam kondisi ekstrem. Selain itu, sistem sangat bergantung pada kualitas koneksi internet, gangguan atau kelemahan sinyal WiFi dapat mempengaruhi kemampuan sistem dalam mengirimkan data dan notifikasi secara *real-time*. Pemrosesan data di platform IoT juga bisa terhambat jika ada keterlambatan dalam pemrosesan atau pengolahan data di server. Keterbatasan ini perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan keandalan dan efektivitas sistem dalam berbagai kondisi operasional.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan dan menguji model sensor *pressure transmitter* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi kebocoran pipa air. Menggunakan metode PPDIIO, yang terdiri dari enam tahapan yaitu *prepare, plan, design, implement, operate, dan optimize*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *pressure transmitter* mampu mendeteksi tekanan air dengan akurat dalam berbagai kondisi. Integrasi sensor *pressure transmitter* dengan modul ESP8266 menunjukkan keberhasilan dalam menghubungkan perangkat ke jaringan WiFi dan memastikan komunikasi serial berjalan dengan baik. Pengujian notifikasi sistem menunjukkan bahwa ketika tekanan air berada di bawah 178, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi "Bocor" melalui Telegram, sementara pada tekanan di atas 178, tidak ada notifikasi yang dikirim. Dengan demikian, sistem ini memberikan solusi yang efektif untuk mendeteksi kebocoran pipa air secara *real-time*. Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam integrasi IoT dengan teknologi *smarthome* guna mencapai manajemen air yang lebih cerdas dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Zulkarnaen, F. Budiman, and N. Prihatiningrum, "Sistem Monitoring Keadaan Air Berbasis Internet of Things (Iot)," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 1029–1038, 2021.
- [2] A. D. Prasetya, H. Haryanto, and K. A. Wibisono, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pendeteksi Lokasi Kebocoran Pipa Berdasarkan Analisis Debit Air Berbasis IoT," *Elektrika*, vol. 12, no. 1, p. 39, 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i1.2338.
- [3] U. Ulumuddin, M. Sudrajat, T. D. Rachmildha, N. Ismail, and E. A. Z. Hamidi, "Prototipe Sistem Monitoring Air Pada Tangki Berbasis Internet of Things Menggunakan Nodemcu Esp8266 Sensor dan Ultrasonik," *Semin. Nas. Tek. Elektro 2017*, no. 2016, pp. 100–105, 2017, doi: 978-602-512-810-3.
- [4] Haeruddin, D. M. Sari, M. F. Rustan, and M. R. Rasyid, "Pengembangan Sistem Alat Pendeteksi Kebocoran Pipa Tanaman Hidroponik Menggunakan Sensor WaterFlow," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 279–285, 2022.
- [5] H. Siregar *et al.*, "Rancang Bangun Monitoring Kebocoran Pipa Air Pada Sistem Irigasi Bibit Kelapa Sawit Berbasis IoT," pp. 428–439, 2023.
- [6] S. Widiyanti, P. and I. Setiadi, "Berbasis Internet Of Things (IOT) Menggunakan Nodemcu," *Media Inf. Penelit. Kabupaten Semarang*, vol. 5, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55606/sinov.v5i1.587>
- [7] A. Shafitri, Suhardianto, A. Mashuri, and A. Aditya, "Perancangan Pengendali Lampu Kantor Berbasis Internet of Thing," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 53–59, 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4672.
- [8] R. A. Saputra, "Implementasi Internet Of Things Pada Smart Home," *Log. J. Ilmu Komput. dan Pendidik.*, vol. 1, no. 7, pp. 1727–1734, 2023.
- [9] A. Dogman and M. Jewiley, "Design and Implement IoT Smart Home via Cisco Packet Tracer : Applications & Simulations," *Sixth Int. Conf. - Smart Cities State Map -Libya*, no. December, p. 2, 2020.
- [10] D. Marikyan, S. Papagiannidis, and E. Alamanos, "A systematic review of the smart home literature: A user perspective," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 138, no. June 2018, pp. 139–154, 2019, doi: 10.1016/j.techfore.2018.08.015.
- [11] P. A. V. T. Nailah Ramadhani Laboy and M. Rizki, "Analisis Penerapan Internet Of Things (Iot) Dalam Smart Home System," vol. 1, no. 2, pp. 283–285, 2024.
- [12] A. R. Agusta, J. Andjarwirawan, and R. Lim, "Implementasi Internet of Things Untuk Menjaga Kelembaban Udara Pada Budidaya Jamur," *J. Infra*, vol. 7, no. 2, pp. 95–100, 2019, [Online]. Available: <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-informatika/article/view/8761>
- [13] J. Wang, M. K. Lim, C. Wang, and M. L. Tseng, "The evolution of the Internet of Things (IoT) over the past 20 years," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 155, 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107174.
- [14] Lara, "Kalibrasi Differential Pressure Transmitter Pada Pt. Pln (Persero) Unit Pelaksanaan Pemabangkit Pltu Teluk Sirih", no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022, [Online]. Available: www.aging-us.com
- [15] Damara Achmad Fenanda, Imam Wahyudi Farid, and Ciptian Wieried Priananda, "Kontrol Flow Gas pada Pengembangan Sistem Distribusi Gas Rumah Tangga Menggunakan PLC dan Metode Fuzzy Logic," *J. Tek. Its*, vol. 10, no. 2, pp. 191–196, 2021.
- [16] A. Afrizal, U. A. Ahmad, and J. S. Wicaksana, "Desain Dan Implementasi Alat Deteksi Kebocoran Pipa Air Menggunakan Sensor Pressure Transmitter Studi Kasus PDAM Kabupaten Madiun," *eProceedings Eng.*, vol. 9, no. 3, pp. 966–973, 2022, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/17931/17565%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/17931>
- [17] B. Sumanto, "Analisis Kinerja Pressure Transmitter Sistem Pelumasan Mesin Pada Gas Engine Combine Cycle Lombok (Peaker) 130-150 Mw" 2020.
- [18] G. A. Pratama, "Desain dan Manajemen Jaringan MTsN Kota Madiun Menggunakan Cisco Packet Tracer dengan Metode PPDIIO," vol. 1, no. 2, pp. 298–306, 2024.
- [19] A. Lestari and A. Zafia, "Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet Of Things," *LEDGER J. Inform. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–24, 2022, doi: 10.20895/ledger.v1i1.776.
- [20] S. A. Kurniatuty and K. A. Widodo, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Pakan Ikan dan Kekurangan Air yang Dilengkapi dengan Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet of Things (IoT)," *Informatika*, vol. 02, no. 01, pp. 1–5, 2015.
- [21] S. Pasika and S. T. Gandla, "Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT," *Heliyon*, vol. 6, no. 7, p. e04096, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04096.