

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah radioaktif merupakan limbah berbahaya yang mengandung atau terkontaminasi zat radioaktif dan tidak lagi memiliki nilai guna (Tochaikul et al., 2022). Limbah ini mencakup zat radioaktif, serta bahan dan peralatan yang telah terpapar atau menjadi radioaktif akibat pengoperasian instalasi nuklir. Oleh karena itu, limbah radioaktif harus dikelola dengan baik dan benar sesuai ketentuan yang berlaku (Pemerintah Republik Indonesia, 2013).

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, pengelolaan limbah radioaktif merupakan aspek yang sangat krusial dilaksanakan untuk mencegah timbulnya bahaya radiasi terhadap pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup (Pemerintah Republik Indonesia, 1997). Tanggung jawab pengelolaan limbah radioaktif di Indonesia dilaksanakan oleh Instalasi Pengelolaan Limbah Radioaktif (IPLR).

Salah satu bentuk limbah yang perlu ditangani secara serius adalah efluen aktif, yaitu cairan sisa dari proses pengolahan limbah radioaktif cair yang masih mengandung aktivitas radioaktif rendah. Meskipun tingkat aktivitasnya tergolong rendah, efluen aktif tetap harus dikelola secara ketat karena berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan jika dibuang tanpa pengendalian.

Pelepasan zat radioaktif ke lingkungan menjadi masalah global akibat risiko yang ditimbulkannya terhadap kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan (Sharma et al., 2024). Peraturan Kepala Bapeten Nomor 3 Tahun 2014 tentang Penyusunan Dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Bidang Ketenaganukliran menyatakan bahwa pembuangan efluen ke badan air yaitu sungai, waduk, laut, dan lain-lain dapat mempengaruhi kualitas air pada badan air tersebut (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2014). Pembuangan efluen aktif ke badan air dapat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup ekosistem perairan, sehingga pemantauan efluen aktif yang ada di IPLR secara berkala sangat penting untuk dilakukan. Pemantauan mencakup ketinggian/level dan nilai pH efluen serta radioaktivitas pada tangki efluen aktif untuk

memastikan parameter limbah selalu dalam batas yang diizinkan sebelum dibuang. Pemantauan efluen aktif di IPLR hingga saat ini masih dilakukan secara konvensional, yaitu melalui observasi langsung ketinggian efluen dalam tangki, pemantauan panel, serta pengukuran pH di lapangan secara berkala. Proses konvensional ini memakan waktu, tidak efisien, dan memiliki risiko keselamatan karena petugas harus berada di area yang memiliki potensi terkena paparan radiasi.

Melihat permasalahan pemantauan efluen aktif di IPLR yang hingga saat ini masih dilakukan secara konvensional, maka dalam tugas akhir ini dikembangkan sebuah sistem yang mampu melakukan pemantauan efluen aktif secara otomatis dan dari jarak jauh. Perkembangan teknologi yang pesat, telah mendorong pemanfaatan konsep *Internet of Things* (IoT), yaitu konsep yang memperluas konektivitas internet ke perangkat fisik dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu penerapan IoT yang relevan adalah sistem pemantauan berbasis sensor dan komunikasi data nirkabel, yang dinilai potensial untuk meningkatkan efisiensi serta keselamatan kerja (Supriyadi, Arifin, & Wijaya, 2021).

Tugas akhir ini dibuat dengan sebuah prototipe sistem pemantauan level dan pH efluen cair berbasis IoT pada tangki efluen aktif di IPLR. Sistem terdiri atas sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian permukaan efluen, sensor pH-4502c untuk mengukur tingkat keasaman efluen, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, serta integrasi pengiriman data secara nirkabel melalui aplikasi Telegram. Selain fungsi pemantauan, sistem ini juga dapat mengontrol *valve* (katup) keluaran ke PBT secara otomatis berdasarkan rekomendasi teknis dari Kelompok Keselamatan dan Pemantauan Lingkungan IPLR, sehingga efluen yang dialirkan telah melalui evaluasi dan dinyatakan aman bagi masyarakat maupun lingkungan hidup.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Mengevaluasi sistem pemantauan efluen aktif yang sedang berjalan
2. Merancang dan membangun prototipe sistem pemantauan efluen aktif berbasis *Internet of Things* (IoT)
3. Mengirimkan dan menerima data hasil pemantauan melalui aplikasi Telegram

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Sistem mendeteksi level efluen pada tiga titik referensi, yaitu 55%, 65%, dan 75%, sebagai bentuk peringatan bertahap: 55% menunjukkan kondisi awal peringatan, 65% menunjukkan peringatan menengah, dan 75% menunjukkan batas maksimum operasional untuk kegiatan sampling sebelum proses pengaliran, sesuai dengan SOP Pengaliran Efluen Cair di IPLR.
2. Parameter kimia efluen cair yang dipantau adalah nilai pH
3. Parameter radioaktivitas efluen ditentukan berdasarkan hasil pengujian sampel yang dilakukan di laboratorium IPLR
4. Sistem menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor pH-4502c dan mikrokontroler ESP32 dengan konektivitas Wi-Fi
5. Sistem mengirimkan data hasil pemantauan melalui aplikasi Telegram sebagai media komunikasi
6. Kontrol *valve* keluaran Kolam Pemantauan Buangan Terpadu (PBT) dilakukan berdasarkan input/rekomendasi teknis pihak berwenang
7. Jika efluen tidak memenuhi syarat untuk dibuang ke PBT, maka ditandai dengan lampu indikator sebagai simbol pengembalian ke tangki penampungan
8. Sistem akan menghentikan proses kendali dan memberikan peringatan apabila level efluen terdeteksi berada pada batas minimum 10% sebagai bentuk pengamanan sistem.

1.4 Tujuan Penelitian

Pembuatan tugas akhir ini memiliki beberapa tujuan, yaitu:

1. Merancang dan membangun sistem pemantauan efluen aktif berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi ketinggian dan nilai pH efluen secara otomatis.
2. Mengintegrasikan sistem komunikasi berbasis Telegram dengan mikrokontroler ESP32 dan sensor pemantauan efluen untuk mengirimkan dan menerima data hasil pengukuran

3. Mengembangkan fitur kendali otomatis pada sistem yang memungkinkan pengoperasian *valve* keluaran Kolam Pemantauan Buangan Terpadu (PBT) berdasarkan masukan rekomendasi teknis dari pengguna.

1.5 Metodologi Penelitian

1.5.1 Studi Literatur

Bahan studi literatur yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan
2. Studi pengelolaan limbah radioaktif cair di IPLR
3. Pemahaman mengenai *Internet of Things* (IoT), sensor HC-SR04, sensor pH-4502C, mikrokontroler ESP32 dan platform Telegram Bot
4. Bimbingan dan arahan dosen pembimbing
5. Diskusi dengan pihak terkait
6. Penyusunan laporan tugas akhir secara sistematis dan terstruktur

1.5.2 Perancangan

Perancangan pada penulisan tugas akhir ini terdiri dari:

1.5.2.1 Perancangan *Hardware*

Merancang *hardware* Prototipe Sistem Pemantauan Ketinggian Efluen Cair dan pH dalam Tangki Efluen Aktif di IPLR berbasis IoT.

1.5.2.2 Perancangan Program

Merancang program pada mikrokontroler untuk Prototipe Sistem Pemantauan Ketinggian Efluen Cair dan pH dalam Tangki Efluen Aktif di IPLR berbasis IoT.

1.5.2.3 Perancangan Elektronik

Modul elektronik yang digunakan diintegrasikan dengan perancangan *hardware* dan pemrograman mikrokontroler, serta pengujian fungsi sistem pemantauan secara keseluruhan.

1.5.2.4 Implementasi Hasil

Membuat tugas sesuai dengan desain yang sudah dirancang baik perancangan *hardware*, program, maupun elektronik.

1.5.3 Pengujian

Pengujian dan analisis yang akan dilakukan pada Prototipe Pemantauan Ketinggian Efluen Cair dan pH dalam Tangki Efluen Aktif di IPLR berbasis IoT ini adalah :

1. Pembacaan sensor HC-SR04
2. Pembacaan sensor pH-4502C
3. Kinerja Sistem

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini secara keseluruhan terdiri dari lima bab, masing-masing terdiri dari beberapa sub bab. Adapun pokok pembahasan dari masing-masing bab secara garis besar sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batas masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan beberapa hasil penelitian terdahulu dan landasan teori yang diperlukan untuk merancang alat.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang perancangan sistem yang akan dibangun.

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian sistem, proses kalibrasi sensor, serta pembahasan mengenai kinerja prototipe berdasarkan hasil pengujian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan rangkuman temuan utama yang diperoleh dari penelitian yang telah dilaksanakan, serta memuat rekomendasi dan masukan yang ditujukan untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya.